



**Cleberton Correia Santos**  
(Organizador)

---

**Estudos Interdisciplinares  
nas Ciências e da Terra  
e Engenharias**

---

  
Ano 2019

Cleberton Correia Santos  
(Organizador)

# Estudos Interdisciplinares nas Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Atena Editora  
2019

2019 by Atena Editora  
Copyright © Atena Editora  
Copyright do Texto © 2019 Os Autores  
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora  
Editora Executiva: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Antonella Carvalho de Oliveira  
Diagramação: Natália Sandrini  
Edição de Arte: Lorena Prestes  
Revisão: Os Autores

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. 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.

### **Conselho Editorial**

#### **Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

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

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

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

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª 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. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Prof.ª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista  
Prof.ª Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof.ª Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
E82	<p>Estudos interdisciplinares nas ciências exatas e da terra e engenharias 1 [recurso eletrônico / Organizador Cleberton Correia Santos. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (Estudos Interdisciplinares nas Ciências Exatas e da Terra e Engenharias; v. 1)</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-621-8 DOI 10.22533/at.ed.218191109</p> <p>1. Ciências exatas e da Terra. 2. Engenharias. 3. Tecnologia. I.Santos, Cleberton Correia. II. Série.</p> <p style="text-align: right;">CDD 016.5</p>
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

Atena Editora  
Ponta Grossa – Paraná - Brasil  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
contato@atenaeditora.com.br



## APRESENTAÇÃO

O livro “**Estudos Interdisciplinares nas Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**” de publicação da Atena Editora apresenta em seu primeiro volume 35 capítulos relacionados temáticas de área multidisciplinar associadas à Educação, Agronomia, Arquitetura, Matemática, Geografia, Ciências, Física, Química, Sistemas de Informação e Engenharias.

No âmbito geral, diversas áreas de atuação no mercado necessitam ser elucidadas e articuladas de modo a ampliar sua aplicabilidade aos setores econômicos e sociais por meio de inovações tecnológicas. Neste volume encontram-se estudos com temáticas variadas, dentre elas: estratégias regionais de inovação, aprendizagem significativa, caracterização fitoquímica de plantas medicinais, gestão de riscos, acessibilidade, análises sensoriais e termodinâmicas, redes neurais e computacionais, entre outras, visando agregar informações e conhecimentos para a sociedade.

Os agradecimentos do Organizador e da Atena Editora aos estimados autores que empenharam-se em desenvolver os trabalhos de qualidade e consistência, visando potencializar o progresso da ciência, tecnologia e informação a fim de estabelecer estratégias e técnicas para as dificuldades dos diversos cenários mundiais.

Espera-se com esse livro incentivar alunos de redes do ensino básico, graduação e pós-graduação, bem como pesquisadores de instituições de ensino, pesquisa e extensão ao desenvolvimento estudos de casos e inovações científicas, contribuindo então na aprendizagem significativa e desenvolvimento socioeconômico rumo à sustentabilidade e avanços tecnológicos.

Cleberton Correia Santos

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
CHÁ DE BOLDO: O SABER POPULAR FAZENDO-SE SABER CIENTÍFICO NO ENSINO DE QUÍMICA	
Andressa da Silva Muniz	
Monique Gonçalves	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2181911091</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>13</b>
A ESTRATÉGIA REGIONAL DE INOVAÇÃO DA UNIÃO EUROPEIA PARA IMPLEMENTAÇÃO DE SRIs NA AMÉRICA LATINA	
Guilherme Paraol de Matos	
Clarissa Stefani Teixeira	
Paulo Cesar Leites Esteves	
Solange Maria da Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2181911092</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>26</b>
ENSINO DE TÉCNICAS LABORATORIAIS PELA ELABORAÇÃO DE SORVETE COM A FRUTA BERIBÁ/BIRIBÁ ( <i>Annona hypoglauca</i> )	
Minelly Azevedo da Silva	
Alice Menezes Gomes	
Amanda Carolilna Cândido Silva	
Iasmim Moreira Linhares	
João Vitor Hermenegildo Bastos	
Mel Naomi da Silva Borges	
Rebeca da Costa Rodrigues	
Nilton Fagner de Oliveira Araújo	
Elza Paula Silva Rocha	
Cleber do Amaral Barros	
Jamilé Mariano Macedo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2181911093</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>37</b>
A ETNOMATEMÁTICA COMO RECURSO METODOLÓGICO NO CONTEXTO DA EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA: UMA INVESTIGAÇÃO NO CURSO DE LICENCIATURA EM MATEMÁTICA DA UNICESUMAR	
Eliane da Rocha Rodrigues	
Ivna Gurniski de Oliveira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2181911094</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>52</b>
USO DE GEOTECNOLOGIAS PARA MAPEAMENTO EM ÁREAS AGRICULTÁVEIS	
Ana Paula Brasil Viana	
Railton Reis Arouche	
Pedro Henrique da Silva Sousa	
Edvan Carlos de Abreu	
Dheime Ribeiro de Miranda	
Lineardo Ferreira de Sampaio Melo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2181911095</b>	

**CAPÍTULO 6 ..... 58**

O USO DA CASCA DA BANANA COMO ADSORVENTE RENOVÁVEL DE ÍONS METÁLICOS TÓXICOS

Adriana O. Santos  
Danielle P. Freitas  
Fabiane A. Carvalho  
Fernando S. Melo  
Juliana F. C. Eller  
Stéphanie Calazans Domingues  
Boutros Sarrouh  
Willian A. Saliba

**DOI 10.22533/at.ed.2181911096**

**CAPÍTULO 7 ..... 76**

STATIC MAGNETIC TREATMENT OF IRRIGATION WATER ON DIFFERENTS PLANTS CULTURES IMPROVING DEVELOPMENT

Yilan Fung Boix  
Albys Ferrer Dubois  
Elizabeth Isaac Alemán  
Cristiane Pimentel Victório  
Rosani do Carmo de Oliveira Arruda  
Ann Cuyppers  
Natalie Beenaerts  
Jorge González Aguilera  
Alan Mario Zuffo

**DOI 10.22533/at.ed.2181911097**

**CAPÍTULO 8 ..... 85**

ANÁLISE DE ARQUITETURAS DE *DEEP LEARNING* APLICADO A UM BENCHMARK DE CLASSIFICAÇÃO

Henrique Matheus Ferreira da Silva  
Max Tatsuhiko Mitsuya  
Clayton André Maia dos Santos  
Anderson Alvarenga de Moura Meneses

**DOI 10.22533/at.ed.2181911098**

**CAPÍTULO 9 ..... 96**

ANÁLISE DE VITAMINA C USANDO TÉCNICAS DE FLUORIMETRIA, CROMATOGRAFIA E ELETROFORESE

Luana Gabriela Marmitt  
Sabrina Grando Cordeiro  
Verônica Vanessa Brandt  
Lucélia Hoehne

**DOI 10.22533/at.ed.2181911099**

**CAPÍTULO 10 ..... 106**

RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS DE MATEMÁTICA NO CURSO TÉCNICO EM AGROPECUÁRIA DO IFC – *CAMPUS SANTA ROSA DO SUL*

Julian da Silva Lima  
Cassiano Scott Puhl  
Neiva Ignês Grando

**DOI 10.22533/at.ed.21819110910**

**CAPÍTULO 11 ..... 116**

A VISÃO DOS PROFESSORES DE CIÊNCIAS DE ARAPIRACA-AL SOBRE O ENSINO DE ASTROBIOLOGIA

Janaína Kívia Alves Lima  
Elielma Lucindo da Silva  
Lilian Nunes Bezerra  
Janice Gomes Cavalcante  
Luis Carlos Soares da Silva  
José Edson Cavalcante da Silva  
Jhonatan David Santos das Neves  
Daniella de Souza Santos

**DOI 10.22533/at.ed.21819110911**

**CAPÍTULO 12 ..... 125**

APLICAÇÃO DA GESTÃO DO CONHECIMENTO PARA MELHORIA DO PROCESSO DE ELABORAÇÃO DE PROPOSTAS DE EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA

André Felipe de Almeida Batista  
Ricardo André Cavalcante de Souza

**DOI 10.22533/at.ed.21819110912**

**CAPÍTULO 13 ..... 138**

PRECIPITATION VARIABILITY ON THE STATE OF PARAÍBA IN ATMOSPHERIC CONDITIONS UNDER THE INFLUENCE OF UPPER LEVEL CYCLONIC VORTICES

André Gomes Penaforte  
Maria Marle Bandeira  
Magaly de Fatima Correia  
Tiago Rocha Almeida  
Flaviano Fernandes Ferreira

**DOI 10.22533/at.ed.21819110913**

**CAPÍTULO 14 ..... 148**

AS CONTRIBUIÇÕES DO PLANETÁRIO E CASA DA CIÊNCIA DE ARAPIRACA PARA O ENSINO DE GEOGRAFIA E CIÊNCIAS NATURAIS

Luis Carlos Soares da Silva  
Janaína Kívia Alves Lima  
Janice Gomes Cavalcante  
Jhonatan David Santos das Neves  
Lilian Nunes Bezerra  
Daniella de Souza Santos  
José Edson Cavalcante da Silva  
Elielma Lucindo da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.21819110914**

**CAPÍTULO 15 ..... 157**

POLÍMERO SULFONADO UTILIZADO COMO CATALISADOR HETEROGÊNEO NA REAÇÃO DE ESTERIFICAÇÃO

Victória Maria Ribeiro Lima  
Rayanne Oliveira de Araújo  
Jamal da Silva Chaar  
Luiz Kleber Carvalho de Souza

**DOI 10.22533/at.ed.21819110915**

**CAPÍTULO 16 ..... 167**

ATIVIDADE CRIATIVA (AC): UM MODO ALTERNATIVO PARA MINISTRAR O CONTEÚDO DE UMA DISCIPLINA DO CURSO NOTURNO DE FARMÁCIA DA UFRJ

Aline Guerra Manssour Fraga  
Viviane de Oliveira Freitas Lione

**DOI 10.22533/at.ed.21819110916**

**CAPÍTULO 17 ..... 180**

AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE MATERIAIS MULTIEXTUSADOS: SIMULAÇÃO DO REPROCESSAMENTO DO POLIETILENO DE ALTA DENSIDADE (PEAD)

Fernando A. E Tremoço  
Ricardo S. Souza  
Valéria G. Costa

**DOI 10.22533/at.ed.21819110917**

**CAPÍTULO 18 ..... 186**

CARACTERIZAÇÃO ESTRUTURAL DE ARGILAS BENTONÍTIAS PARA O DESENVOLVIMENTO DE NANOCOMPÓSITOS POLIMÉRICOS

Carlos Ivan Ribeiro de Oliveira  
Nancy Isabel Alvarez Acevedo  
Marisa Cristina Guimarães Rocha  
Joaquim Teixeira de Assis  
Alexei Kuznetsov  
Luiz Carlos Bertolino

**DOI 10.22533/at.ed.21819110918**

**CAPÍTULO 19 ..... 197**

AVALIAÇÃO PELA MODA, MÉDIA OU MEDIANA?

Luiz Fernando Palin Droubi  
Norberto Hochheim  
Willian Zonato

**DOI 10.22533/at.ed.21819110919**

**CAPÍTULO 20 ..... 221**

COMPARAÇÃO ENTRE O MÉTODO DAS SOLUÇÕES FUNDAMENTAIS E O MÉTODO DOS VOLUMES FINITOS APLICADOS A UM PROBLEMA BIDIMENSIONAL DE DIFUSÃO DE CALOR

Bruno Henrique Marques Margotto  
Carlos Eduardo Polatschek Kopperschmidt  
Wellington Betencurte da Silva  
Júlio Cesar Sampaio Dutra  
Luiz Alberto da Silva Abreu

**DOI 10.22533/at.ed.21819110920**

**CAPÍTULO 21 ..... 230**

SINERGISMO DE MISTURAS DE COMPLEXOS ENZIMÁTICOS UTILIZADAS NA HIDRÓLISE DA CELULOSE EXTRAÍDA DO BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR PRÉ-TRATADO COM  $H_2SO_4/H_2O_2$ , EM MEIO ALCALINO

Leila Maria Aguilera Campos  
Luciene Santos de Carvalho  
Luiz Antônio Magalhães Pontes  
Samira Maria Nonato de Assumpção  
Maria Luiza Andrade da Silva  
Heloise Oliveira Medeiros de Araújo Moura  
Anne Beatriz Figueira Câmara

**DOI 10.22533/at.ed.21819110921**

<b>CAPÍTULO 22</b> .....	<b>238</b>
CONCEPÇÕES DE LINGUAGEM E SUAS IMPLICAÇÕES PARA O ENSINO E A APRENDIZAGEM DA LINGUAGEM MATEMÁTICA	
Cíntia Maria Cardoso	
<b>DOI 10.22533/at.ed.21819110922</b>	
<b>CAPÍTULO 23</b> .....	<b>248</b>
DESENVOLVIMENTO E VALIDAÇÃO DE SOFTWARE INTERATIVO PARA PROJETOS CONCEITUAIS DE AERONAVES	
Carlos Antonio Vilela de Souza Filho	
Giuliano Gardolinski Venson	
Jefferson Gomes do Nascimento	
<b>DOI 10.22533/at.ed.21819110923</b>	
<b>CAPÍTULO 24</b> .....	<b>260</b>
ESTÁGIO CURRICULAR SUPERVISIONADO: UM OLHAR PARA O PROCESSO FORMATIVO POSSIBILITADO POR OBSERVAÇÕES DE AULA	
Mariele Josiane Fuchs	
Cláudia Maria Costa Nunes	
Elizangela Weber	
Lucilaine Goin Abitante	
<b>DOI 10.22533/at.ed.21819110924</b>	
<b>CAPÍTULO 25</b> .....	<b>269</b>
OTIMIZAÇÃO DOS CUSTOS FINANCEIROS DE UMA MADEIREIRA UTILIZANDO PROGRAMAÇÃO LINEAR	
Brenno Souza de Oliveira	
Edson Patrício Barreto de Almeida	
Vitor Miranda Sousa Brito	
<b>DOI 10.22533/at.ed.21819110925</b>	
<b>CAPÍTULO 26</b> .....	<b>280</b>
ESTUDO ATUALIZADO E ABRANGENTE DAS APLICAÇÕES PRÁTICAS DE GEOPROSPECÇÃO ELÉTRICA	
Pedro Henrique Martins	
Antonio Marcelino da Silva Filho	
Kaiisson Teodoro de Souza	
Márcio Augusto Tamashiro	
Humberto Rodrigues Macedo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.21819110926</b>	
<b>CAPÍTULO 27</b> .....	<b>292</b>
FIQUE SABENDO: PLATAFORMA ACADÊMICA DE COMUNICAÇÃO	
Marco Antônio Castro Martins	
Lúcio Flávio de Jesus Silva	
George Miler Gomes Farias	
Diego Lisboa Pires	
<b>DOI 10.22533/at.ed.21819110927</b>	

**CAPÍTULO 28 ..... 300**

INVESTIGAÇÃO ESTRUTURAL, MORFOLÓGICA E FOTOCATALÍTICA DE MICROCRISTAIS DE  $\beta$ -(Ag<sub>2-2x</sub>Zn<sub>x</sub>)MoO<sub>4</sub>

Fabiana de Sousa Cunha  
Francisco Henrique Pereira Lopes  
Amanda Carolina Soares Jucá  
Lara Kelly Ribeiro da Silva  
Keyla Raquel Batista da Silva Costa  
Júlio César Sczancoski  
Francisco Eroni Paz dos Santos  
Elson Longo  
Laécio Santos Cavalcante  
Gustavo Oliveira de Meira Gusmão

**DOI 10.22533/at.ed.21819110928**

**CAPÍTULO 29 ..... 325**

PRODUTOS QUÍMICOS PERIGOSOS: EDUCAÇÃO AMBIENTAL E ENSINO DE QUÍMICA ATRAVÉS DA TEMÁTICA SANEANTES

Egle Katarinne Souza da Silva  
Luislândia Vieira de Figueredo  
Felícia Maria Fernandes de Oliveira  
Luiz Antonio Alves Fernandes  
Edilson Leite da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.21819110929**

**CAPÍTULO 30 ..... 339**

INFLUÊNCIA DO SnCl<sub>2</sub> NA COPOLIMERIZAÇÃO DE NORBORNENO E ÁCIDO 5-NORBORNENO-2-CARBOXÍLICO VIA ROMCP CATALISADO POR RuCl<sub>2</sub>(PCy<sub>3</sub>)<sub>2</sub>CHR

Sâmia Dantas Braga  
Aline Aparecida Carvalho França  
Vanessa Borges Vieira  
Talita Teixeira da Silva  
Aline Estefany Brandão Lima  
Ravane Costa e Silva  
Luís Fernando Guimarães Nolêto  
Nouga Cardoso Batista  
José Milton Elias de Matos  
Benedito dos Santos Lima Neto  
José Luiz Silva Sá  
Geraldo Eduardo da Luz Júnior

**DOI 10.22533/at.ed.21819110930**

**CAPÍTULO 31 ..... 347**

MONITORAMENTO DE DESEMPENHO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE ELÉTRICA DO INSTITUTO FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE CAMPUS PAU DOS FERROS

José Henrique Maciel de Queiroz  
José Flávio Timoteo Júnior  
Rogério de Jesus Santos

**DOI 10.22533/at.ed.21819110931**

**CAPÍTULO 32 ..... 357**

REDE FEDERAL EM SANTA CATARINA: ORIGEM, TRAJETÓRIA E ASPECTOS GERENCIAIS

Sônia Regina Lamego Lino

**DOI 10.22533/at.ed.21819110932**

<b>CAPÍTULO 33</b> .....	<b>371</b>
SISTEMA DE EDUCAÇÃO CORPORATIVA: EXPERIÊNCIAS BRASILEIRAS E CHINESAS PARA A INOVAÇÃO	
Regina Wundrack do Amaral Aires	
Cleunisse Aparecida Rauen De Luca Canto	
Patricia de Sá Freire	
<b>DOI 10.22533/at.ed.21819110933</b>	
<b>CAPÍTULO 34</b> .....	<b>385</b>
VARIABILIDADE TEMPORAL DE COMPOSTOS FENÓLICOS EM FOLHAS DE <i>Eucalyptus microcorys</i>	
Gilmara Aparecida Corrêa Fortes	
Pedro Henrique Ferri	
Suzana da Costa Santos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.21819110934</b>	
<b>CAPÍTULO 35</b> .....	<b>397</b>
OXIDAÇÃO SELETIVA DO METANOL A FORMALDEÍDO ASSISTIDA POR N <sub>2</sub> O SOBRE CATALISADOR Co,Ce DERIVADOS DE HIDRÓXIDOS DUPLOS LAMELARES	
Oséas Silva Santos	
Giulyane Felix de Oliveira	
Artur José Santos Mascarenhas	
Heloyza Martins. Carvalho Andrade	
<b>DOI 10.22533/at.ed.21819110935</b>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR</b> .....	<b>408</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO</b> .....	<b>409</b>



## CHÁ DE BOLDO: O SABER POPULAR FAZENDO-SE SABER CIENTÍFICO NO ENSINO DE QUÍMICA

**Andressa da Silva Muniz**

Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ  
Rio de Janeiro – RJ

**Monique Gonçalves**

Instituto Superior de Educação do Rio de Janeiro  
– ISERJ  
Fundação Técnico-Educacional Souza Marques –  
FTESM  
Rio de Janeiro – RJ

**RESUMO:** A associação de conceitos químicos com a vida e o cotidiano é o que os professores de química devem buscar como estratégias de abordagem no ensino. Segundo Resende et al (2010), estudos comprovam que a valorização do conhecimento popular nos currículos de Química traz benefícios aos estudantes, gerando interesse e desenvolvimento de atitudes mais positivas em relação à ciência, no qual através da investigação das culturas, se estudam os princípios científicos que há por detrás dos mesmos. O objetivo do presente trabalho é relatar uma experiência didática baseada nos saberes populares, evidenciando, através da contextualização, seu conhecimento químico, sendo o chá de Boldo escolhido devido seu amplo emprego na medicina popular, bem como trabalhar a ideia da alfabetização científica. A utilização da temática proporcionou a investigação acerca do conhecimento prévio

oriundo do saber popular, através da utilização de questionários, assim como a sua abordagem histórica, trazendo também um alerta em relação aos produtos naturais, ao abordar a toxicidade dos mesmos. Além disso, o preparo dos chás de diferentes procedências possibilitou a construção em conjunto de conceitos físico-químicos e de solubilidade, através dos resultados observados e discutidos em sala de aula. Após a realização da atividade, avaliou-se o conhecimento adquirido, comprovando-se que grande parte do conhecimento referente aos saberes é oriunda da família. Observou-se que as atividades desenvolvidas foram recebidas de forma empolgante pelos estudantes, sendo particularmente gratificante o relato que “*essa Química é fácil*”, contrapondo a visão atomística que é vista por muitos como algo difícil de entender, imaginar e principalmente, aplicar.

**PALAVRAS-CHAVE:** Alfabetização Científica, Saber popular, Chá de Boldo.

### BOLDO TEA: THE POPULAR KNOWLEDGE AS SCIENCE APPLY IN CHEMICAL TEACHING

**ABSTRACT:** The association of chemical concepts with life and daily life is what chemistry teachers should look for as strategies of approach in teaching. According Resende et al

(2010), studies show that the appreciation of popular knowledge in chemistry curriculum brings benefits to students, generating interest and developing more positive attitudes towards science, which through research cultures, studies the principles scientists behind them. The objective of this study is to describe a didactic experience based on the popular knowledge, showing through contextualization, his chemical knowledge, and the Bilberry tea chosen because of its widespread use in folk medicine, as well as working the idea of scientific literacy. The use of the theme provided the investigation about the previous knowledge from the popular knowledge, through the use of questionnaires, as well as its historical approach, also bringing an alert regarding the natural products, when addressing their toxicity. In addition, the preparation of teas from different origins allowed the construction of physical-chemical concepts and solubility together, through the results observed and discussed in the classroom. After the activity was carried out, the acquired knowledge was evaluated, and it was proved that a great part of the knowledge related to the knowledge comes from the family. Also noted is that the activities were received from engaging manner by the students, it is particularly rewarding the account that “this chemistry is easy,” contrasting the atomistic view that is seen by many as something difficult to understand, imagine and mainly apply.

**KEYWORDS:** Scientific Literacy, Popular Knowledge, Boldo Tea.

## 1 | INTRODUÇÃO

Na tentativa de favorecer o processo entre conceitos químicos com a vida e o cotidiano, uma alternativa recomendada pelos Parâmetros Curriculares para o Ensino Médio (Brasil, 2002) é a utilização de temáticas.

Chassot (2002) defende a necessidade de os professores de disciplinas científicas migrarem do esoterismo para o exoterismo, pois essa prática é fundamental para que haja a alfabetização científica, já que a ciência é uma linguagem; assim, ser alfabetizado cientificamente é saber ler a linguagem em que está escrita a natureza. Defende ainda que, há nessa dimensão a busca de se investigar um ensino de ciências que contemple aspectos históricos, dimensões ambientais, posturas éticas e políticas, mergulhadas na procura de saberes populares e nas dimensões das etnociências –, proposta que traz vantagens para uma alfabetização científica mais significativa, como também confere dimensões privilegiadas para a formação de professoras e professores.

Souza (2015) traz a reflexão acerca da preparação de atividades capazes de gerar uma aprendizagem efetiva por parte dos docentes, na qual o interesse por saber programar atividades de aprendizagem deve ser uma das necessidades básicas dos professores. Além disso, assume como estratégias de ensino o uso de atividades que proponham “situações problemáticas que sejam acessíveis e gerem interesse” e ainda, que orientem “o tratamento científico dos problemas (emissão de hipóteses, elaboração de estratégias de resolução e análise dos resultados)”.

As tradições e o conhecimento popular sempre fizeram com que gerações

sobrevivessem à custa de conhecimentos práticos e tradições acumuladas ao longo do tempo, sem uma base científica concreta, o que chamamos de “coisas de avó”.

Com o ensino de química sendo associado a esse conhecimento hereditário, há a possibilidade de melhor assimilação por parte dos alunos em relação ao conteúdo científico e ainda, a valorização dos saberes populares, o que pode contribuir para uma prática educativa mais significativa e exemplificada. A abordagem de conhecimentos populares é uma temática em que dependendo do interesse do aluno, pode ultrapassar as fronteiras da sala de aula e os tornar mais próximos da família, ao perceber que os saberes são concretos e importantes.

Além de permitir que a valorização dos saberes provoque uma aproximação estudante-família, essa prática também permite uma melhor vivência docente-discente, no qual o professor torna o estudante protagonista da aprendizagem, uma vez que o mesmo se identifica com o que é ensinado, por fazer parte da vivência abordada.

Com relação a alguns elementos cotidianos, um elemento muito usual é o chá de Boldo, que possui raízes indígenas e de acordo com Alves et al (2009), é utilizado em locais distintos do Estado do Rio de Janeiro, por pessoas com as mais diferentes escolaridades e idades, e conforme os dados apresentados, foi percebido que a transmissão do saber popular em relação à utilização do boldo vem ocorrendo de forma significativa, na qual as propriedades medicinais do boldo, transmitido por gerações de entrevistados, ainda na atualidade, se mantém viva e confiável por grande parte da população de estudo.

Essa transmissão se mantém tão presente que no estudo de Siqueira et al (2006), que avaliou as crenças populares referentes à saúde, constatou-se que os chás de uma forma geral, possuem a maior aceitação entre a população, no contexto da resolução caseira dos problemas de saúde, estando baseados em informações repassadas ao longo da vida. Entre os depoimentos coletados, se destacaram:

Eu acho que os chás são muito bons, eles resolvem meu problema; quando tem alguma coisa no estômago faz um chá de boldo, melhora também; eu acredito muito nesses remédios caseiros porque minha vó e minha mãe sempre usaram e ajudaram a resolver muitos problemas; minha mãe tem o costume de usar chá de Boldo, de erva Santa-Maria, capim cidreira e a gente sara com esses remédios. (Siqueira et al 2006)

Esse uso do boldo se deve as propriedades que agem contra má digestão, doenças hepáticas e principalmente, após a ingestão de bebidas alcoólicas. É importante destacar que, o boldo do Chile (*Peumus boldus*) vendido em farmácia e supermercados, é diferente do boldo que muitas pessoas cultivam em casa, como o *Plectranthus ornatus*, no qual Ribeiro (2017) alerta sobre a importância de uma correta identificação, onde equívocos entre as diversas espécies podem trazer como consequências graves a inocuidade do fitoterápico e intoxicações.

Ainda sobre o boldo, é imprescindível levantar o debate que, nem tudo que é natural é seguro, pois em relação ao boldo, o uso é contraindicado para pessoas

com cálculos biliares e obstrução dos ductos biliares, doenças hepáticas severas e gestantes, conforme conta no Formulário de Fitoterápicos da Farmacopeia Brasileira (2011, p. 49). Por conseguinte, é dever dos professores de Química a desconstrução de certos termos e ideias, como “se é natural, não tem Química”, ou ainda, “se tem Química, faz mal”.

## 2 | METODOLOGIA UTILIZADA

As atividades didáticas foram desenvolvidas no CIEP 201 Aarão Streinbruch, situado no bairro São Bento, em Duque de Caxias, RJ, durante o ano de 2017, em uma turma da 2ª série do Ensino Médio Regular.

Utilizando o Chá de boldo, uma aula foi preparada para a 2ª série do Ensino Médio (turma 2009), apresentando como objetivo, proporcionar uma investigação acerca do conhecimento prévio, oriundo do saber popular, assim como a sua abordagem histórica, e também um alerta em relação aos produtos naturais, ao apresentar a toxicidade do mesmo. Além disso, o preparo dos chás de diferentes procedências visava à construção em conjunto de conceitos físico-químicos, como a cinética química e os fatores que influenciam um processo químico (temperatura e a superfície de contato); bem como o conceito de solubilidade, que busca explicação pela polaridade das substâncias.

No início da aula, foi distribuído um questionário que avaliaria tanto os conhecimentos prévios dos estudantes em relação a temática quanto questões que integravam parte da demonstração que foi apresentada em um segundo momento. Como parte inicial, as duplas deveriam responder as seguintes perguntas do questionário:

1) Você conhece o chá de boldo? Se sim, quem falou dele para você? E para que é utilizado?

2) Se você ou algum familiar já tiver feito o uso do chá de Boldo, qual dos tipos você utilizou?

( ) Folhas do chá ( ) Chás industrializados (caixinhas)

3) Você acha que a química possa estar presente no chá de boldo? De que forma?

Na lousa, foi feito um breve comentário histórico sobre o Boldo, assim como colocadas informações sobre clima, relevo, nomes científicos, princípios ativos principais e toxicidade. A introdução ao conceito de solubilidade também foi apresentada.

Para a parte demonstrativa, um texto introdutório adaptado do livro “O que Einstein disse ao seu cozinheiro, volume 2” (Wolke, 2005, p. 15-16) foi distribuído para a turma, onde a leitura do mesmo foi feita por um estudante voluntário. Como a escola não dispõe de laboratório em funcionamento, o experimento foi realizado em sala de aula, de forma demonstrativa.

Para a realização da atividade, foram utilizadas três amostras de Boldo: os chás industrializados das marcas Leão e Chinezinho, e uma amostra da folha de Boldo coletada com um vizinho, conforme figura 1a.

Visando a utilização de materiais de baixo custo, os materiais utilizados consistiram em: copos descartáveis transparentes, recipiente para aquecer a água (garrafa plástica), resistência para o aquecimento da água e um termômetro digital.

O chá foi preparado por infusão, entretanto, sem abafar, conforme recomendação da Farmacopéia Brasileira (2011, p. 49). Um paralelo foi feito, onde a água adicionada aos copos estava à temperatura ambiente (20°C, em função de ter ser um dia frio na escola), conforme apresentado na figura 1b.

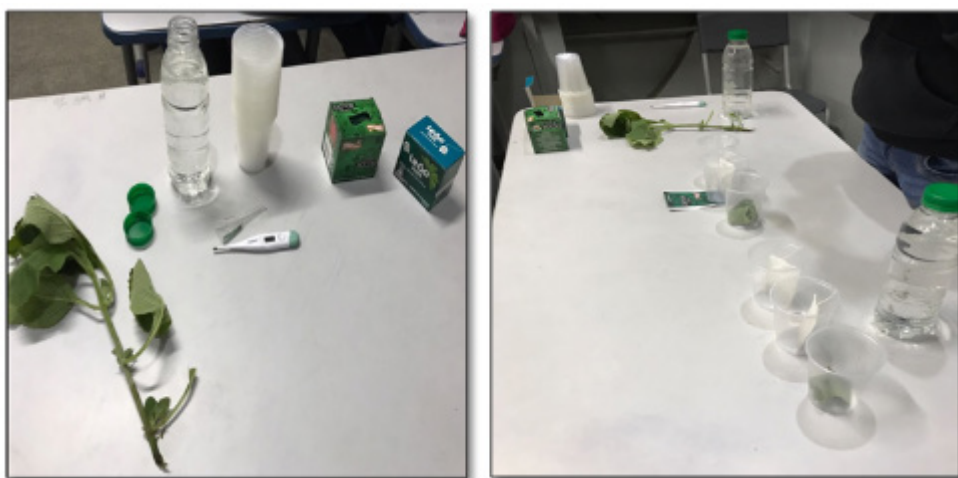


Figura1: (1a) Materiais utilizados. (1b) Montagem da prática.

Fonte: Autor, 2018.

A tabela a seguir contida no questionário previamente distribuído deveria ser preenchida conforme observações feitas pelos alunos (nível de turbidez dos chás, coloração apresentada) com o passar do tempo/diminuição da temperatura.

Solvente	Condições	Aspecto físico observado		
		Boldo industrializado Marca:	Boldo industrializado Marca:	Folhas da vovó
Água quente	0 min - T: ____			
	15 min - T: ____			
	25 min - T: ____			
Água fria	0 min - T: ____			
	15 min - T: ____			
	25 min - T: ____			

Para finalizar a aula e avaliar o processo de aprendizagem, os discentes responderam a última pergunta do questionário, que se tratava do conteúdo químico.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para a temática trabalhada procurou-se incentivar os estudantes no processo ensino-aprendizagem, com a utilização de algumas ações defendidas por Souza (2015), sendo elas:

- Apresentação de atividades desafiadoras que envolvam uma situação-problema e mobilizem os esquemas cognitivos de natureza operativa dos alunos. Os jogos e trabalhos em equipe, por exemplo, estimulam o relacionamento entre os alunos e incrementam a integração da classe.
- Proporcionar atividades de expressão oral, nas quais o aluno possa ouvir e fazer-se ouvir.

Segundo o que defende o autor, cabe ao professor não motivar, e sim, incentivar os estudantes, despertando e polarizando sua atenção e interesse, pois o incentivo da aprendizagem é uma atuação externa. Como consequência, o estudante ficará motivado a aprender, já que a motivação é um estímulo interno, e sendo um processo psicológico, ocorre no interior do indivíduo e varia com as vivências e expectativas de cada um.

Como consequência, o que se esperava era que, através do incentivo, houvesse a motivação e assim, os discentes pudessem apropriar-se dos conhecimentos químicos inseridos no conhecimento popular, trazendo assim uma maior valorização desses conhecimentos, muitas vezes hereditários.

Outro ponto que merece atenção é o fato de se investigar as concepções prévias dos estudantes, visão essa que é defendida por De Souza *et al* (2013), na qual:

“... as orientações construtivistas do processo de ensino e aprendizagem de ciências defendem que os estudantes constroem seus próprios conhecimentos na interação entre os conhecimentos que fazem parte de suas estruturas mentais, as informações que recebem do meio externo e com os outros”.

Ao entrar na classe e colocar o título na lousa, os discentes ficaram eufóricos, perguntando “*o que teria para a aula*”. Com o questionário em mãos, as duplas discutiram sobre as questões iniciais, que eram correspondentes a investigação do conhecimento popular prévio que possuíam em relação ao chá de Boldo.

Como o intuito na primeira parte da questão era investigar a origem do saber adquirido e associar o mesmo com o saber oriundo dos mais velhos, pode-se constatar com a figura 2 que de fato esse conhecimento é obtido em casa, onde a transmissão foi feita pelas avós em 50% dos casos (11 estudantes), seguida das mães (7 estudantes) e pessoas da família (2 estudantes), totalizando 91% (20 estudantes). Siqueira *et al* (2006) aborda que essas práticas populares estão



arraigadas a aspectos sócio-culturais, transmitidos entre diferentes gerações no seio familiar ou na comunidade, no qual a comprovação empírica desses recursos, contribui para sua aceitação e utilidade.

A segunda parte da questão se referia à utilização do chá de Boldo, na qual de forma unânime (22 alunos), os estudantes associaram o uso a dores de barriga/estômago e ressacas, uso devidamente reconhecido pelo Formulário de Fitoterápicos Farmacopeia Brasileira (2011, p. 49).

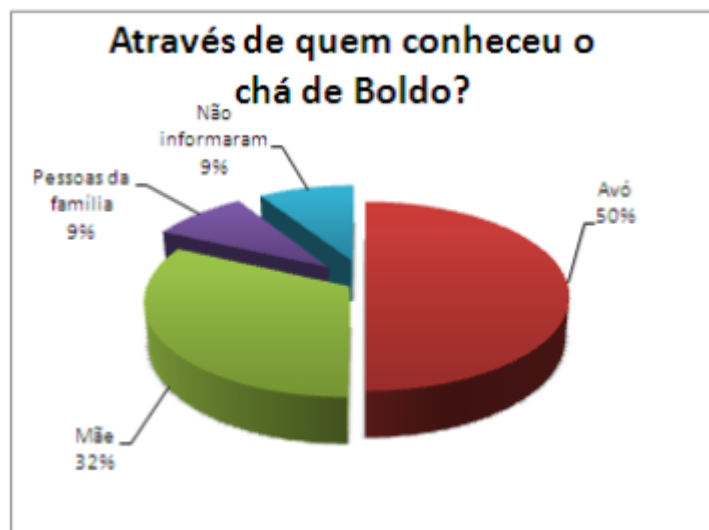


Figura 2: Resposta da primeira pergunta do questionário  
Fonte: Autor, 2018.

A segunda pergunta buscou investigar qual a forma de utilização do chá, e conforme apresentado na figura 3, 64% dos alunos (14 alunos) responderam que as folhas são o meio utilizado em casa, reforçando mais uma vez a justificativa pela proposta do tema.

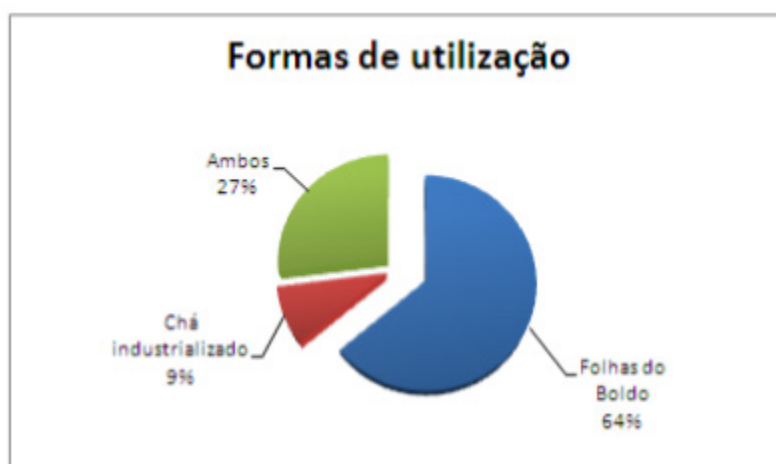


Figura 3: Respostas da segunda pergunta do questionário  
Fonte: Autor, 2018.

Ao apresentar a temática desenvolvida com o chá de boldo no formato de pôster no *Encontro Nacional de Ensino de Química (ENEQ)* no estado do Acre, em 2018, um fato curioso foi que o trabalho despertou interesse em muitos estudantes de Medicina que passavam pelo local. Uma delas questionou sobre o que eram os chás de caixinha/industrializados. Nesse momento foi possível perceber que, as formas de utilização do chá estão associadas diretamente a realidade do estudante, evidenciado por seu local de moradia.

A terceira e última pergunta de caráter investigativo abordou se eles achavam que a Química poderia estar presente no chá de Boldo e de que forma. Com exceção de um aluno, todos responderam que sim, estando algumas respostas transcritas a seguir:

‘Sim, porque em Química tem coisas que tem que se dissolver em outra substância’.

‘Sim, pois as folhas contêm várias substâncias químicas’.

‘Sim, com os métodos de curas com ervas medicinais’.

A última resposta evidencia que existe uma ideia de que o poder de cura das ervas medicinais está atrelado a Química, mostrando assim que ela também é vista de forma positiva pelos discentes, uma vez que a mesma é constantemente associada a coisas ruins pela mídia.

Conforme o conteúdo era disposto na lousa, fui chamada por um grupo de discentes que se espantaram ao saber que o chá de boldo é abortivo. Nesse momento, a discussão foi levada para a classe, onde foi conversado sobre a toxicidade do boldo e apresentado que, nem tudo que é natural é bom, tudo depende de qual composto trabalhamos ou consumimos, e principalmente, a concentração utilizada.

Ao comentar sobre a descoberta do Boldo pelos chilenos, um estudante indagou de que forma eles chegaram a isso, e o próprio sugeriu que “*eles (os chilenos) descobriram que seria testando*”. A intervenção feita por esse estudante foi de grande importância, pois segundo o que Bachelard (1996) defende, é nesse sentido de problema que se caracteriza o verdadeiro espírito científico, no qual “*todo conhecimento é a resposta de uma pergunta. Se não há pergunta, não pode haver conhecimento científico*”.

Quando se deu início ao preparo dos chás, um estudante se voluntariou para ajudar no processo, conforme segue nas figuras 4a e 4b:



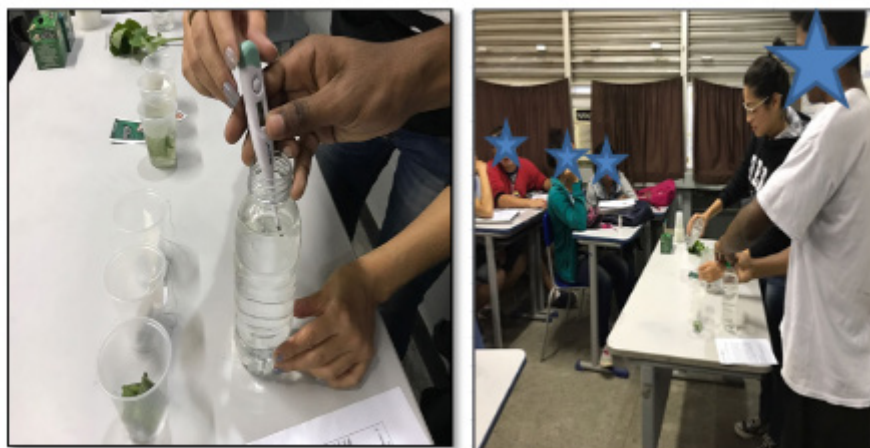


Figura 4: (4a) Preparação dos chás de boldo. (4b) Participação de estudante voluntário.

Fonte: Autor, 2018.

Com o decorrer da prática, os estudantes preencheram a tabela 1 e discutiram sobre o que era observado, fazendo associação com as medições de temperatura que eram feitas pelo colega voluntário.

Um dos discentes observou que “*mesmo com a temperatura ambiente, os chás de caixinha se dissolveram um pouco*”, conforme apresentado na figura 5, nos levando a falar assim sobre a importância da superfície de contato no processo de solubilidade.



Figura 5: Chás após 25 minutos de observação.

(5a) Preparação dos chás com água quente. (5b) com água à temperatura ambiente.

Fonte: Autor, 2018.

Para a conclusão da aula e verificação do conteúdo, os discentes deveriam responder a última pergunta do questionário, que era sobre o que eles haviam entendido por solubilidade. Entre as respostas dadas, as que mais chamaram atenção foram as seguintes:

‘Que quanto mais você espera, mais o produto dissolve’;

‘Aquilo que pode se dissolver ao entrar em contato com uma substância solvente’;

‘Que quanto mais tempo deixar, ele absorve mais e que a temperatura tem que estar mais quente para absorver mais’.

A definição de solubilidade estava no quadro, entretanto as duplas acima elaboraram respostas baseadas no entendimento que elas obtiveram o que tornou a avaliação do processo mais significativa, já que puderam propor suas próprias explicações e argumentações.

Conforme defendido por De Souza *et al* (2013), é preciso que as atividades experimentais desenvolvidas nas aulas de Química possam propiciar aos alunos o desenvolvimento da capacidade de refletir sobre os fenômenos físicos, articulando seus conhecimentos já adquiridos e formando novos conhecimentos, no qual foi possível identificar esse processo durante a atividade executada.

#### 4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

A atividade com o chá de boldo foi surpreendente pelo fato de a turma, a qual se aplicou a proposta, era a mais agitada da escola na opinião de grande parte do corpo docente. Entretanto, manifestou interesse pelo tema e promoveram intensa discussão, pois surgiram muitas dúvidas e curiosidades. Um ponto que deve ser destacado é que o discente que se voluntariou, era dito o mais bagunceiro da classe, e aquele que apresentava o menor interesse durante as aulas no formato classificado como tradicional. Isso mostrou que nem sempre aqueles estudantes dispersos são de fato maus alunos; o que o docente deve buscar constantemente são maneiras de atingir esses estudantes.

É importante ressaltar que nem sempre é possível aplicar algo novo, principalmente numa escola pública estadual como foi o caso, em que a mesma só dispõe de dois tempos semanais de química, cada um com 50 minutos de duração.

Através da contextualização de exemplos práticos ampliaram-se os conceitos químicos, no qual a partir do momento em que o discente reconstrói a compreensão por si mesmo, e encontra motivos para mudar um conceito pré-estabelecido, sente-se capaz de através da apropriação do saber científico, se tornar um propagador de determinada informação, interferindo assim em sua realidade e/ou ambiente familiar, através da valorização de um conhecimento prévio aprendido em casa.

Sendo assim, os estudantes percebem que a Química não é uma ciência só para pessoas de jaleco branco, cabelos para o alto e cara de maluco, e sim, uma ciência para todos, e, conforme defendido por Souza (2015), o objetivo central do ensino de Química para formar o cidadão é preparar o indivíduo para que ele compreenda e faça uso das informações químicas básicas necessárias para a sua

participação efetiva na sociedade tecnológica em que vive.

Um último ponto que vale ser considerado é o fato da importância dos saberes populares e principalmente, a importância em se conhecer a nossa história. No dia 02 de setembro de 2018, ocorreu um trágico incêndio no Museu Nacional, no Rio de Janeiro, que além de ter causado um dano irreparável, consumiu para sempre parte da nossa história, levando-me a refletir sobre o quão sublime é a nossa existência e memória, e como perdemos com a diminuição de certos saberes orais, como era muito comum aos indígenas e o povo do campo. Encerro com a frase de Emília Viotti: *“Um povo sem memória, é um povo sem história”*.

## AGRADECIMENTOS

Aos alunos que colaboraram com a atividade e à coordenação do CIEP 201 Aarão Steinbruch, por ter permitido e aceito a ideia de aulas experimentais no planejamento.

## REFERÊNCIAS

ALVES, Elaine Moreira; CRUZ, Monalise Pinto; MESSEDER, Jorge Cardoso. **Os saberes populares na utilização do boldo (*Plectranthus barbatus* Andrews-Lamiaceae) como fitoterápico nos distúrbios gástricos e hepáticos.** *Ciência em tela*, v. 2, n. 1, 2009.

BACHELARD, Gaston. **A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento** (tradução Esteia dos Santos Abreu). Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Formulário de Fitoterápicos da Farmacopéia Brasileira.** Brasília: Anvisa, 2011.

BRASIL. Ministério da Educação. PCN+: Ensino Médio. **Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias.** 2002.

CHASSOT, A.I. **Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social.** Revista Brasileira de Educação, n. 21, set./dez. 2002, seção Documentos, p. 157-158.

DE SOUZA, Fabio Luiz; AKAHOSHI, Luciane Hiromi; MARCONDES, Maria Eunice Ribeiro et al. **Atividades experimentais investigativas no ensino de química.** São Paulo: Edusp, 2013.

RESENDE, Daniela R. et al, **O Saber Popular nas Aulas de Química:** Química Nova na Escola, n.32, agosto, p. 151-160,2010.

RIBEIRO, Fabiane Fonseca; CONCEIÇÃO, Luena de Oliveria da; OYAMA, Elisa Mitsuko et al. **Boldo verdadeiro x boldo falso: Caracterização morfoanatómica foliar.** *Visão Acadêmica*, [S.l.], v. 18, n. 3, set. 2017.

SIQUEIRA, Karina Machado et al. **Crenças populares referentes à saúde: apropriação de saberes sócio-culturais.** *Texto Contexto Enferm*, v. 15, n. 1, p. 68-73, 2006.

SOUZA, Jorge R. Trindade. **Prática Pedagógica em Química - Oficinas Pedagógicas Para o**

**Ensino de Química.** Belém, PA: EditAed, 2015.

Wolke, Robert L. **O que Einstein disse ao seu cozinheiro, 2: mais ciência na cozinha.** Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed.,2005 (p. 15-16)

## A ESTRATÉGIA REGIONAL DE INOVAÇÃO DA UNIÃO EUROPEIA PARA IMPLEMENTAÇÃO DE SRIs NA AMÉRICA LATINA

### **Guilherme Paraol de Matos**

Universidade Federal de Santa Catarina  
Florianópolis – Santa Catarina - Brasil

### **Clarissa Stefani Teixeira**

Universidade Federal de Santa Catarina  
Florianópolis – Santa Catarina - Brasil

### **Paulo Cesar Leites Esteves**

Universidade Federal de Santa Catarina  
Florianópolis – Santa Catarina – Brasil

### **Solange Maria da Silva**

Universidade Federal de Santa Catarina  
Florianópolis – Santa Catarina – Brasil

**RESUMO:** A União Europeia (UE) desenvolveu na década de 90 a Estratégia Regional de Inovação (ERI) para orientar a implementação de Sistemas Regionais de Inovação. A partir de 2010, a UE iniciou uma série de estudos para identificar e cooperar com a implementação de ERIs na América Latina. Com base em tais estudos, o presente artigo tem como objetivo analisar a Estratégia Regional de Inovação da União Europeia, para a implementação de Sistemas Regionais de Inovação efetivos e a sua parceria com países estudados pela Comissão Europeia: Argentina, Brasil, Chile, Colômbia, Equador, México, Peru e Uruguai. A pesquisa é qualitativa e bibliográfica, a partir de artigos das bases de dados Scopus, Web of Science

e S-Wopec. A pesquisa abordou o conceito de Sistemas Regionais de Inovação, apresentou um panorama da Política Regional da União Europeia e, detalhou o conceito de Estratégia Regional de Inovação, atualmente denominada Especialização Inteligente. Por fim, estudos realizados em cooperação com a América Latina foram apresentados. O artigo conclui que a Estratégia Regional de Inovação é uma abordagem que pode ser aplicada a qualquer região, e que contribui para o fortalecimento de Sistemas Regionais de Inovação.

**PALAVRAS-CHAVE:** Sistemas Regionais de Inovação; Estratégias Regionais de Inovação; Especialização Inteligente.

### EUROPEAN UNION REGIONAL INNOVATION STRATEGY TO GUIDE THE IMPLEMENTATION OF RIS IN LATIN AMERICA

**ABSTRACT:** In the 1990s, the European Union (EU) developed a Regional Innovation Strategy (RIS) to guide the implementation of Regional Innovation Systems. As of 2010, the EU has initiated a series of studies to identify and cooperate with the implementation of RISs in Latin America. Based on these studies, this article aims to analyze the European Union's Regional Innovation Strategy for the implementation of

effective Regional Innovation Systems and its partnership with countries studied by the European Commission: Argentina, Brazil, Chile, Colombia, Ecuador, Mexico, Peru and Uruguay. This research is qualitative and bibliographical, based on articles from the Scopus, Web of Science and S-Wopec databases. In order to achieve the objectives, the research addressed the concept of Regional Innovation Systems, presented an overview of the Regional Policy of the European Union and detailed the concept of Regional Innovation Strategy, now called Intelligent Specialization. Finally, been were presented cooperative studies in Latin America. The article concludes that the Regional Innovation Strategy is an approach that can be it applied to any region, and contributes to the strengthening of Regional Innovation Systems.

**KEYWORDS:** Regional Innovation Systems; Regional Innovation Strategies; Intelligent Specialization.

## 1 | INTRODUÇÃO

Após a segunda Guerra Mundial, a inovação se tornou sinônimo de diferencial competitivo e o principal elemento de desenvolvimento econômico (Godin, 2015). Schumpeter (1988) definiu a inovação como a “destruição criativa” que gera um impulso interno capaz de transformar a economia, promover o desenvolvimento e renovar o capitalismo. Devido a sua relevância a inovação passou a fazer parte da agenda econômica das nações e, a ser tratada como prioridade pelas organizações (Laranja, Uyarra & Flanagan, 2008; Godin, 2015; Kerry & Danson, 2016).

Dentro desse contexto, o nível regional vem se tornando o principal foco de políticas e estratégias públicas para promover a inovação, principalmente com foco na redução das desigualdades regionais (Tödtling, Asheim & Boschma, 2013; Yakovleva, Azarova & Titova, 2015). Segundo Fiore, Grisorio & Prota (2011) as regiões podem ter sucesso em competir com grandes indústrias globais graças a ativos específicos, mesmo em indústrias que se caracterizam por uma intensa concorrência internacional.

Uma abordagem amplamente adotada para destacar políticas e medidas que aumentem a capacidade de inovação das regiões são os Sistemas Regionais de Inovação (SRIs) (Asheim, Grillitsch & Trippl, 2015; Moutinho, Oliveira, Coelho & Manso, 2015). O conceito de Sistemas Regionais de Inovação advém da percepção da inovação como um processo interativo e ligado ao território, estimulado e influenciado por muitos atores, levando à geração, uso e disseminação do conhecimento, facilitando assim a dinâmica de aprendizagem (Cooke, 2004; Doloreux & Parto, 2005; Laranja, Uyarra & Flanagan, 2008; Moutinho et al., 2015).

Políticas regionais para estímulo da economia da União Europeia (UE), por exemplo, estruturam e formalizam o estabelecimento de Sistemas Regionais de Inovação. Partícipe desse movimento, foi criada na década de 90 uma Estratégia Regional de Inovação (ERI) para desenvolver os SRIs da União Europeia (Comissão



Europeia, 2015).

Os projetos da Estratégia Regional de Inovação iniciaram em 1994, para promover a inovação local como parte de seu desenvolvimento econômico e aproximá-las ao desempenho inovador das regiões mais desenvolvidas. Desde então, a ERI foi continuamente melhorada, uma vez que, possuía fragilidades e falta de eficiência na identificação de prioridades e formas de cooperação prática entre as regiões. Esta evolução resultou na fase atual da ERI conhecida como Especialização Inteligente, também denominada por RIS3 (Foray et al., 2012).

Mesmo sendo criada para a Europa, a especialização inteligente não é uma abordagem que se aplica apenas a realidade europeia. A vantagem dessa metodologia é a sua aplicabilidade a qualquer região genérica de um país ou de qualquer Sistema Regional de Inovação (Terra & Plonski, 2006). Este movimento é incentivado pela própria UE, que propõe parcerias com outros países para implementação da especialização inteligente.

Dentre tais relações, destaca-se as interações com a América Latina, que desde 2007 gerou projetos para troca de experiências entre as autoridades regionais da América Latina e Europa. Dentro desse contexto, esta pesquisa tem como objetivo analisar a Estratégia Regional de Inovação da União Europeia, para a implementação de Sistemas Regionais de Inovação efetivos e a sua parceria com países estudados pela Comissão Europeia: Argentina, Brasil, Chile, Colômbia, Equador, México, Peru e Uruguai.

## 2 | METODOLOGIA

O trabalho foi desenvolvido por meio de uma pesquisa qualitativa, bibliográfica e documental. A pesquisa qualitativa compreende um conjunto de técnicas interpretativas que visam descrever e a decodificar os componentes de um sistema complexo de significados. (Lakatos, 2010). A pesquisa bibliográfica abrange toda obra científica já tornada pública em relação ao tema de estudo, desde publicações avulsas, boletins, jornais, revistas, livros, pesquisa, monografias, teses, etc. Sua finalidade é colocar o pesquisador em contato direto com tudo o que foi escrito, dito ou filmado sobre determinado assunto (Lakatos, 2010). A análise documental constitui uma técnica importante na pesquisa qualitativa, seja complementando informações obtidas por outras técnicas, seja desvelando aspectos novos de um tema ou problema (Ludke & André, 1986).

A pesquisa bibliográfica foi efetuada em artigos científicos nas bases de dados: Web of Science; Scopus e na revista Circle da Universidade Lund na base de dados S-WOPEC. A revista Circle foi escolhida por disponibilizar estudos específicos sobre pesquisa em inovação. Para seleção dos artigos foram inseridas as palavras-chave “regional innovation system” e “regional innovation strategies”. Os dados e

documentos recuperados para o estudo sobre a Estratégia Regional de Inovação da União Europeia foram consultados na Plataforma Especialização Inteligente – S3, disponibilizado pela Comissão Europeia. Os estudos sobre a América Latina foram consultados no Portal da Comissão Europeia. O motivo para seleção desses países é baseado nos autores Asheim, Grillitsch e Trippl (2015), que foram críticos quanto a existência de SRIs em países não desenvolvidos.

## 3 | REFERENCIAL TEÓRICO

### 3.1 Sistemas regionais de inovação

As abordagens atuais de desenvolvimento focam na região e no seu potencial competitivo, num ambiente cada vez mais integrado com outras regiões e países. O desenvolvimento regional conecta-se com regiões exteriores, mas é impulsionado cada vez mais, pela capacidade da região em aproveitar seus recursos internos baseados em economias de aglomeração e pela formação de Sistemas Regionais de Inovação (Fochezatto, 2010).

Segundo Doloreux & Parto (2005) um Sistema Regional de Inovação é a interação de um conjunto de interesses privados e públicos, instituições formais e outras organizações que funcionam de acordo com os arranjos e relacionamentos organizacionais e institucionais favoráveis à geração, uso e disseminação do conhecimento.

O conceito de SRI combina insights da literatura sobre Sistemas de Inovação com as contribuições dos modelos de inovação territorial. O primeiro, compreende a inovação como resultado da interação de vários atores, reconhecendo na inovação um processo complexo e interativo. O segundo, corresponde a importância da região e do território para a troca de conhecimento e aprendizagem, facilitadas pela interação próxima e capital humano, além da exploração das características locais como fator de competitividade (Asheim, Grillitsch & Trippl, 2015). A abordagem de Sistemas Regionais de Inovação é apoiada pela União Europeia (UE), que tem promovido ativamente a regionalização e a governança regional nos estados membros, baseados na construção de um forte elo entre o econômico e o político. Baseiam-se para isso, no estabelecimento de uma estrutura institucional regida localmente para apoiar um sistema econômico também localmente orientado (Amin, 2007).

A noção de SRIs têm essencialmente informado este debate, fornecendo um quadro para a concepção e implementação de Estratégias Regionais de Inovação em todo o mundo e abrindo o caminho para políticas amplas e personalizadas de Sistema de Inovação (Asheim, Grillitsch & Trippl, 2015). A abordagem de SRI, portanto, está amplamente guiando as políticas de Ciência, Tecnologia e Inovação (C,T&I) na Europa. A seção 3.2 trará luz sobre tais estratégias e sua relação com a



### 3.2 Estratégia regional de inovação da união europeia

Baseado no conceito de Sistemas Regionais de Inovação, a UE vem desenvolvendo políticas públicas que apoiam o desenvolvimento regional. A estratégia de crescimento Europa 2020 preconiza que a UE deve tornar-se uma economia inteligente, sustentável e inclusiva (Tang et al., 2015). Entre as políticas regionais da União Europeia, a Comissão Europeia tem sido ativa na promoção da definição de Estratégias Regionais de Inovação e no desenvolvimento de Sistemas Regionais de Inovação, com o objetivo de promover a cooperação de valor acrescentado entre países, regiões, empresas e instituições de P&D e universidades (Comissão Europeia, 2015). A seção 2.3 apresenta a Estratégia Regional da Inovação.

Projetos para criação de uma Estratégia Regional de Inovação (ERI) iniciaram em 1994, e sofreu um processo de transformação ao longo desse período. A ERI abriu o caminho para o que se tornou uma sabedoria convencional nos debates contemporâneos, ou seja, a necessidade de uma adaptação das políticas regionais de inovação que sejam sensíveis às pré-condições específicas, potenciais e desafios encontrados em uma região. Essas políticas de inovação, baseadas no local, são uma pedra angular da nova abordagem de especialização inteligente defendida pela Comissão Europeia (Asheim, Grillitsch & Tripl, 2015). A existência da ERI revela as preferências de uma região em termos de sua especialização atual, mas também qual a visão de futuro e o caminho para o desenvolvimento. A este respeito, é mais conclusivo do que um simples olhar para a distribuição do setor de uma economia regional, e pode melhor informar a identificação de oportunidades de cooperação nas áreas de P&D, inovação e desafios regionais (Castilho & Paton, 2016).

A ERI, segundo Oughton (2000), é uma metodologia que se ajusta a projetos regionais baseado em redes de desenvolvimento formadas por diversos atores, onde as empresas definem suas necessidades e definem o plano de ação para atender a tais demandas. A rede desenvolve um consenso regional e estabelece uma estratégia clara e viável para promover a competitividade das empresas estabelecidas da região, por meio da inovação e, define as ações necessárias à implementação dessa estratégia (Szczech-Pietkiewicz, 2013).

Iniciativas ERI produzem como saída uma estratégia de inovação regional, geralmente mobilizando uma combinação de instrumentos para atuar em nível regional, criando o ambiente certo, em particular para as instituições, possibilitando condições para incrementar a capacidade de inovação da economia regional (Terra & Plonski, 2006).

A vantagem dessa metodologia é a sua aplicabilidade a qualquer região genérica de um país ou a qualquer SRI. Isso porque os próprios atores regionais, organizados em redes, serão os responsáveis pelo processo de desenvolvimento estabelecido nas metas estratégicas e nas ações a serem implementadas (Terra &

Plonski, 2006). Exemplo dessa aplicabilidade é a parceria que a UE com a América Latina para aplicação da Estratégia Regional de Inovação nos SRI dos países latinos (Comissão Europeia, 2015).

Estratégias regionais anteriores apresentaram algumas falhas, e como resultado, as políticas regionais de inovação demonstraram falta de eficiência na identificação de prioridades e formas de cooperação prática entre regiões. Além de tudo, recursos governamentais ficaram mais escassos (Foray et al. 2012). A identificação de tais falhas e a proposição de ações para a melhoria da ERI resultaram na construção do conceito de especialização inteligente atual, conhecida como *Regional Innovation Strategy – Smart Specialization (S3)*.

### 3.2.1 Especialização Inteligente – RIS3

Concebida no âmbito da reforma da política de Coesão da Comissão Europeia, a Especialização Inteligente é uma abordagem caracterizada pela identificação de áreas estratégicas de intervenção. A especialização inteligente é uma abordagem inovadora que visa impulsionar o crescimento e o emprego na Europa, permitindo que cada região identifique e desenvolva as suas próprias vantagens competitivas. Por meio da sua parceria e abordagem ascendente, a especialização inteligente reúne autoridades locais, universidades, esferas empresariais e a sociedade civil, trabalhando para a implementação de estratégias de crescimento a longo prazo, apoiadas por fundos da União Europeia (Comissão Europeia, 2018).

A figura 1 apresenta os três pilares da abordagem Especialização Inteligente que constitui seu diferencial em relação às fases anteriores da ERI. Primeiro, é **Inteligente**. Isto significa identificar os pontos fortes e os ativos comparativos da região; Segundo, é **Especializada**. Busca priorizar o investimento em pesquisa e inovação em áreas competitivas; e, por fim, é **Estratégica**, ao definir uma visão compartilhada para a inovação regional.

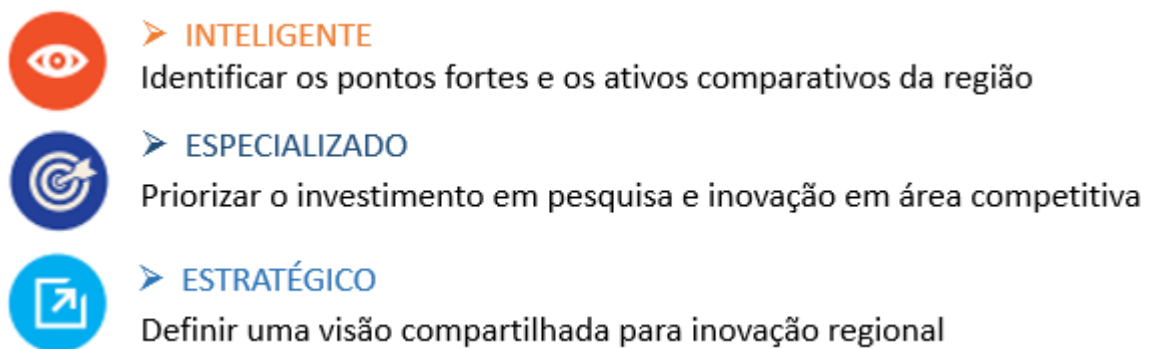


Figura 1: Inteligente, Especializada e Estratégica

Fonte: Adaptado de Comissão Europeia (2018)

O conceito de Especialização Inteligente contém elementos que já eram evidentes na literatura de sistemas de inovação, de empreendedorismo e crescimento, e em literatura (OCDE, 2012). No entanto, o traço distintivo é o seu surgimento na sequência destas literaturas, de modo, a proporcionar uma lógica política de priorização clara, que é adequada para a promoção de inovação em uma ampla variedade de configurações regionais e, em particular no ambiente heterogêneo de regiões da UE (McCann & Ortega-Argilés, 2013).

A plataforma *Smart Specialization Platform* (Plataforma S3), desenvolvida pela Comissão Europeia, disponibiliza documentos sobre a Especialização Inteligente, diversas ferramentas e ações realizadas, assim como, um repositório do conhecimento que apresenta todos os estudos relacionados, realizados pela Comissão Europeia. É possível ter acesso a estudos sobre 28 países da União Europeia e do mundo, como Brasil; Chile; China; Peru; Austrália; México; Noruega; Colômbia; Argentina; Canadá; África do Sul e Chile. Para este estudo foram selecionados os países da América Latina.

O motivo para seleção desses países é baseado nos autores Asheim, Grillitsch e Trippl (2015), que foram críticos quanto a existência de SRIs em países não desenvolvidos. Segundo os autores, podem faltar elementos importantes para a formação de SRIs, como falta de organizações hábeis e atores regionais mal conectados, assim, tais instituições podem mais restringir do que fomentar a inovação. Nesses países, os SRIs caracterizam-se por um baixo nível de capacidade das empresas nacionais, da mão-de-obra, e ainda, das organizações geradoras de conhecimento, como universidades e organizações de pesquisa. Como demonstrado, a ERI oferece uma análise formal, compartilhada e rica, definindo prioridades, conceitos e políticas de ajuste juntamente com os instrumentos mais adequados para a visão de inovação e desenvolvimento da região e, portanto, pode ser aplicada a qualquer região. A Comissão Europeia tem realizado parcerias para realização de estudos para implementar estratégias em países como Chile, Colômbia, México, Brasil, Argentina, Costa Rica, Equador, Peru e Uruguai (Comissão Europeia, 2015).

### **3.3 Especialização Inteligente nos países da América Latina**

Em primeiro lugar, a política regional europeia procura garantir que os benefícios do mercado único na Europa, com base na livre circulação de bens e serviços, trabalho e capital, sejam tão amplamente distribuídos quanto possível. Entre as características da política regional da UE que interessam aos países terceiros, como a China, a Rússia e o Brasil, bem como, às organizações internacionais MERCOSUL e a ASEAN, constam a dimensão financeira e a segmentação geográfica dos recursos entre Estados-Membros e regiões, os objetivos geográficos e estratégicos e, as diferentes dimensões do sistema.

Corina Cretu, comissária da Política Regional da União Europeia cita no relatório

Europa, América Latina e Caraíbas (2015), que um dos objetivos da Comissão Europeia é levar essa metodologia para outras regiões e firmar parcerias. Esse é o caso da cooperação entre América Latina e Europa.

O conceito de Especialização Inteligente, aplicado na União Europeia, está sendo acompanhado por países e regiões da América Latina. O interesse nesta abordagem, baseada no reforço das capacidades de inovação regional, está incentivando uma reflexão territorial, processos participativos e uma visão coletiva relacionados com as perspectivas de inovação da região.

O documento *Eu-Latin America Cooperation on Regional Innovation Strategies in the Framework of Regional Policy*, traz as principais características dos SRIs nos países latino-americanos, vistas no quadro 1.

País	Estratégia
Argentina	A Argentina não possui atualmente estratégias regionais de inovação em andamento. No entanto, algumas regiões contam com ecossistemas de inovação importantes, o que resultou na criação de agências provinciais de inovação. A nível nacional, a Argentina criou o Plano Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação “Argentina Inovadora 2020”. Praticamente todas as regiões contam apenas com um escritório do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação Produtiva, e ferramentas políticas definidas a nível regional, em sua maioria dependentes do governo central.
Brasil	O governo federal concentra os principais órgãos responsáveis pela formulação de políticas e gestão e coordenação do sistema. A atual política de ciência, Tecnologia e Inovação (CTI) visa consolidar e atualizar o Sistema Nacional de Inovação, integrando todas as regiões e crescente apoio público para a política de inovação e P&D. Alguns estados têm desenvolvido as suas próprias ERIs, em nível estadual. É importante notar que o Sistema Nacional de Inovação é altamente formalizado e, neste quadro, é mais fácil para os estados e regiões definirem o seu desenho institucional e político.
Chile	A cooperação europeia foi um marco em relação à criação de Sistemas Regionais de Inovação. No entanto, existem lacunas importantes a serem resolvidos nas relações internas e funções de sistemas regionais de inovação.
Equador	As regiões do Equador não possuem ERIs em andamento. O país está no momento passando por um processo de modificação para agregar valor à sua matriz de produção nacional. Um dos pilares desta matriz é a pesquisa e a inovação, o que resultou na criação do Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia, Inovação e Saberes Ancestrais (SNCTISA).
Colômbia	A partir de 2012, a maior parte das regiões colombianas publicaram os Planos Estratégicos Departamentais para a Ciência, a Tecnologia e a Inovação (PEDCTI). Os PEDCTIs contam há 10 anos com um esquema para o desenvolvimento de políticas e ferramentas voltadas para o fortalecimento de sistemas regionais de inovação e marcam e enfocam os esforços de investimentos futuros pelo setor público. Consequentemente, a maioria das regiões estabeleceu um orçamento e um plano de financiamento em 10 anos.
México	Uma iniciativa nacional, liderou o Conselho Nacional de Ciência e Tecnologia (CONACYT) que realizou a concepção e desenvolvimento das Agendas Regionais de Inovação. Espera-se que estas agendas se tornem um instrumento de política pública para coordenar a interação dos estados com diferentes níveis de apoio à inovação e, em particular, os programas de CONACYT para promover investimentos conjuntos em setores e nichos de grande influência nas economias regionais.
Peru	O Peru não tem estratégias de SRIs para o país. No entanto, em 2014, o Ministério da Indústria, em consonância com o Plano Nacional de diversificação produtiva, iniciou um processo promissor, que poderia impulsionar a estruturação de SRIs e o desenvolvimento dos setores de maior valor agregado. Outra iniciativa é o Programa Nacional de Inovação para a Competitividade e Produtividade, também conhecido como inovar Peru, criado em 2014.

Uruguai	Atualmente não tem estratégias regionais de inovação. No Plano Nacional de Ciência e Tecnologia do Uruguai, um dos objetivos é promover inovações locais dentro de uma estrutura descentralizada de desenvolvimento regional. No entanto, eles não têm sido capazes de avançarem em direção a esta meta de maneira satisfatória.
---------	--

Quadro 1: Principais características dos SRIs nos países latino-americanos

Fonte: Comissão Europeia (2015)

Um novo estudo realizado por Barroeta, Prieto, Paton, & Palazuelos (2017) trouxe novos indicadores sobre os países apresentados no quadro 1. O Chile está avançando rumo a um sistema descentralizado de políticas de inovação. Para prosseguir, é fundamental elaborar planos estratégicos de financiamento que assegurem a aplicação dos programas regionais. No Brasil, o desenvolvimento da coordenação horizontal entre Estados, pode permitir sinergias importantes nos esforços realizados por alguns estados, no sentido da definição das suas estratégias de especialização, bem como, apoiar outros Estados que estejam atrasados. A Colômbia e o Peru podem enfatizar aspectos relacionados com os recursos públicos destinados aos programas de inovação, a consolidação dos sistemas de governação e a definição das prioridades de especialização regional. O México deve redobrar esforços para a coordenação entre o nível nacional de definição das políticas e as iniciativas locais e estatais de especialização. Na Argentina, um enquadramento que estimule o processo de regionalização e as estratégias de inovação, incorporando as províncias mais periféricas no âmbito de aplicação central, pode contribuir para identificar as potencialidades de inovação numa escala subnacional. As especificidades de cada país são elencadas no quadro 2.

País	Documentos seguem a metodologia RIS/RIS3	Principais barreiras/ obstáculos à aplicação de uma estratégia RIS3	Aspectos de êxito identificados	Situação atual	Aspectos a enfatizar para a aplicação de uma RIS3
Argentina	Não	Concentração metropolitana de Buenos Aires e eixo Buenos Aires-Córdoba	-	RIS não faz parte da estratégia	Regionalizar a estratégia nacional de inovação
Brasil	Sim, no caso da estratégia nacional e regional são idênticos às estratégias metropolitanas de Brasília/Pernambuco	Diferenças significativas em termos de desenvolvimento, especialização da produção e estrutura empresarial entre estados	Os polos de especialização regional relacionados com grandes empresas	Significativa diversidade de situações entre estados	Coordenar todas as ações entre estados

Chile	Sim	Financiamento está centralizado	As estratégias regionais em várias regiões definiram as prioridades setoriais	Fase de aplicação das estratégias	Definir o sistema de financiamento regional da RIS3, e programas estratégicos de especialização inteligente.
Colômbia	Formalmente Sim	As dificuldades políticas limitam a coordenação dos estados das estratégias dos territórios	“Ruta N” em Medellin	Fase de definição e consulta	Destinar mais recursos públicos e reforçar o sistema de governação
México	Sim, as agências de inovação regional	Configuração deficiente das estratégias dos estados e das autoridades federais	O agrupamento de Querétaro no domínio aeronáutico	Desigualdade nos estados na aplicação das estratégias	Definida pelo governo central, deve ser apoiada pelos estados
Peru	2 projetos-piloto apoiados pelo governo nacional	Recursos limitados e pouca experiência com as políticas de inovação	-	RIS-piloto	Definir prioridades setoriais nacionais e regionais. Experiências-piloto com maior dimensão. Reforçar o financiamento para inovação

Quadro 2: Avaliação Geral da Especialização Inteligente na América Latina

Fonte: Barroeta, Prieto, Paton, & Palazuelos (2017)

Como demonstrado, a estratégia regional da inovação desenvolvido pela União Europeia está orientando políticas na maioria dos países Latino Americanos. Alguns possuem políticas e instrumentos de apoio à inovação regional, mas precisam ser aperfeiçoados e melhor estruturados. Assim, os estudos da parceria entre a Comissão Europeia e os países da América Latina podem ser importantes aliados para a implantação e estruturação de SRIs.

#### 4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente artigo analisou a Estratégia Regional de Inovação (ERI) desenvolvida pela União Europeia para implantação de Sistemas Regionais de Inovação. A abordagem de SRIs surge da percepção da inovação como resultado da interação sistêmica entre diversos atores num nível regional, onde as características e fatores territoriais são considerados importantes.

A União Europeia baseada na abordagem de SRIs, promove ativamente a regionalização e a governança regional nos estados membros, baseada na construção de um forte elo entre o econômico e o político. A abordagem de SRI,



portanto, está guiando amplamente as políticas de C,T&I na Europa, principalmente, para diminuição das desigualdades entre seus estados membros. Para concretização de tais ações, a UE criou políticas de desenvolvimento regional, como a Política de Coesão, por exemplo. Na década de 90, concebeu e implementou um projeto para criar e desenvolver SRIs de sucesso, conhecida como a Estratégias Regionais de Inovação.

A Estratégia Regional de Inovação produz um planejamento estratégico para fomentar a inovação num nível regional. Mobiliza uma combinação de instrumentos, criando o ambiente certo, principalmente para as instituições, possibilitando as condições necessária para incrementar a capacidade de inovação da economia regional. Essas diretrizes são condizentes com as ações para implementação de SRIs efetivos definidos pela literatura.

Atualmente a ERI está na fase 3, chamada de especialização inteligente. A sua principal característica é proporcionar uma lógica política de priorização, que é bem adequada para a promoção da inovação em uma ampla variedade de configurações regionais e, em particular, no ambiente heterogêneo de regiões da União Europeia. Sua vantagem é a aplicabilidade em qualquer região genérica de um país ou Sistema Regional de Inovação.

Interessados em promover a inovação e diminuir as desigualdades regionais, países da América Latina estabeleceram parcerias com a Comissão Europeia para realização de estudos dos seus SRIs à luz da ERI. A Comissão Europeia, por sua vez, tem interesse em desenvolver essa metodologia em outros países, de tal forma, que desenvolveu diversos estudos sobre os SRIs nos países Latino americanos: Argentina, Brasil, Chile, Colômbia, Equador, México, Peru e Uruguai da América Latina.

Os estudos realizados pela Comissão Europeia demonstram que, com exceção da Argentina, os outros países possuem programas ou políticas que estão de acordo com aspectos da Estratégia Regional de Inovação com base na Especialização Inteligente da União Europeia. Assim, é possível concluir que a ERI da União Europeia está orientando políticas de países Latino Americanos.

Apesar de haver semelhanças com a política realizada na UE, é preciso que os países analisados avancem, aperfeiçoando e estruturando políticas e instrumentos de apoio a inovação regional. Os relatórios e estudos produzidos pela Comissão Europeia podem conduzir as políticas e instrumentos desses países Latino-americanas para estruturação de Sistemas Regionais de Inovação efetivos. Para tanto, é preciso respeitar as suas características locais, conhecendo os atores que promovem a inovação em cada país, e então, agir de forma a priorizar uma área competitiva que seja de interesse para o país.

Outra diretriz importante, é que para se conduzir políticas regionais, é preciso uma estrutura governamental menos centralizada na federação e mais descentralizada na região. Os países analisados na América Latina possuem um

longo caminho a percorrer para implementação de SRIs efetivos, onde, o uso da Estratégia Regional de Inovação desenvolvida pela Comissão Europeia, pode ser um importante instrumento.

## REFERÊNCIAS

- AMIN, A. **Política regional numa economia global**. Seminário “Políticas de Desenvolvimento Regional: Desafios e Perspectivas à Luz das Experiências da União Europeia e Brasil”. Brasília, 2007.
- ASHEIM, B.T., GRILLITSCH, M., & TRIPPL, M. **Regional Innovation Systems: Past - Presence - Future**. Circle: Papers in Innovation Studies, Oslo, 2015, p.36.
- BARROETA, J., GOMEZ, P., PATON, J., PALAZUELOS, M. **Innovation and Regional Specialization in Latin America**. Comissão Europeia. Bruxelas: 2017.
- CASTILLO, D., PATON, & BARROETA. **A governance model for smart specialization**. International Practices of Smart Development. 2016.
- COMISSÃO EUROPEIA. **Regional Innovation Systems in Latin America: Policy Lessons**. European Union, 2010, 67p.
- COMISSÃO EUROPEIA. **Eu-Latin America Cooperation on Regional Innovation Strategies in the Framework of Regional Policy**. European Union. 2015.
- COMISSÃO EUROPEIA. (2018). **EULAC-RIS: EU-Latin America cooperation on regional innovation systems**. Disponível em: [http://ec.europa.eu/regional\\_policy/en/policy/cooperation/international/latin-america/eulac-ris/](http://ec.europa.eu/regional_policy/en/policy/cooperation/international/latin-america/eulac-ris/) Acesso em 20 mar 2018.
- COOKE, P. **Integrating Global Knowledge Flows for Generative Growth in Scotland: Life Sciences as a Knowledge Economy Exemplar**, in Potter, J. (ed.) *Inward Investment, Entrepreneurship and Knowledge Flows in Scotland – International Comparisons*. Paris: OECD, 2004 pp.73-96.
- DOLOREUX, D. & PARTO, S. **Regional innovation systems: Current discourse and unresolved issues**. *Technology in Society*, 2005, 133-153.
- IORE, A., GRISORIO, M., & PROTA, F. **Do we really need regional innovation agencies? Some insights from the experience of an Italian region**. *Southern Europe Research in Economic Studies*, Bari: 2011, 25,1-40.
- FOCHEZATTO, A. **Desenvolvimento regional: novas abordagens para novos paradigmas produtivos**. In: *O ambiente regional*. Porto Alegre: FEE. Porto Alegre: 2010.
- FORAY, D; GODDARD, J; BELDARRAIN, X; LANDABASO, M; MCCANN, P; MORGAN, K; NAUWELAERS, C; ORTEGA-ARGILÉS, R. **Guide to Research and Innovation Strategies for Smart Specialization (RIS 3)**. Luxemburgo: 2012.
- GODIN, B. **Innovation: A Conceptual History of an Anonymous Concept**. *Project on the Intellectual History of Innovation*, Quebec: 2015, v. 21.
- KERRY, C., DANSON, M. **Open innovation, Triple Helix and regional innovation systems: Exploring Catapult Centres in the UK**. *Industry And Higher Education*, 2016, 30(1), 67-78.
- LAKATOS, I. **Fundamentos de Metodologia Científica**, S. Paulo:Record,2010.



- LARANJA, M., UYARRA, E., & FLANAGAN, K. **Policies for science, technology and innovation: Translating rationales into regional policies in a multi-level setting.** Research Policy, Elsevier BV, 2008, 37 (5), 823-835.
- LÜDKE, M., & ANDRÉ, D. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas.** São Paulo:EPU, 1986.
- MCCANN, P; ORTEGA-ARGILÉS, R. **Smart Specialization, Regional Growth and Applications to European Union Cohesion Policy.** Regional Studies. 2013, 49.
- MOUTINHO, R., OLIVEIRA, A.Y., COELHO, A., & MANSO, J.P. **The Role of Regional Innovation Systems (RIS) in Translating R&D Investments into Economic and Employment Growth.** Journal of Technology Management & Innovation. 2015 10 (2), 9-23.
- OECD. **Draft Synthesis Report on Innovation Driven-Growth in Regions: The Role of Smart Specialization.** OECD, Paris: 2012
- OUGHTON, C. **Catalysing Innovation and Growth: The European Commission's RIS Initiative.** Secretaria de Estado de C&T e International Conference Rio 2000 Triple Helix. Rio: 2000.
- SZCZECH-PIETKIEWICZ, E. **Competitiveness of Polish Cities in a European Environment.** Wroclaw University of Economics, Varsóvia:2013.
- TANG, M., BASKARAN, A., YAN, H., & MUCHIE, M. **Strengthening regional integration/ cooperation with the Neighbourhood System of Innovation conceptual framework: the case of China and Asian.** Asian Journal of Technology Innovation. 2015, 23 (2), 205-229.
- TERRA, B. R. C., & PLONSKI, G. A. **Metodologias para Formação de Redes de Desenvolvimento – Um Estudo Benchmarking da Regional Innovation System – RIS, na União Européia - UE Plataformas Tecnológicas – PLAT, no Brasil.** XXIV Simpósio de gestão da inovação tecnológica. 2006
- TÖDTLING, F.; ASHEIM, B.; BOSCHMA, R. **Knowledge sourcing, innovation and constructing advantage in regions of Europe.** European Urban and Regional Studies. 2013, [s.l.], 20 (2), 161-169.
- YAKOVLEVA, E., AZAROVA, N., & TITOVA, E. **Innovation as a Vector of Regional Economic Development and a Necessary Condition for the Progress of the World Economy.** Asian Social Science. 2015, [s.l.], 11(20), 90-96.

## ENSINO DE TÉCNICAS LABORATORIAIS PELA ELABORAÇÃO DE SORVETE COM A FRUTA BERIBÁ/BIRIBÁ (*Annona hypoglauca*)

### **Minelly Azevedo da Silva**

Instituto Federal de Rondônia, *Campus* Porto Velho Calama, Porto Velho, Rondônia.

### **Alice Menezes Gomes**

Instituto Federal de Rondônia, *Campus* Porto Velho Calama, Porto Velho, Rondônia.

### **Amanda Carolilna Cândido Silva**

Instituto Federal de Rondônia, *Campus* Porto Velho Calama, Porto Velho, Rondônia.

### **Iasmim Moreira Linhares**

Instituto Federal de Rondônia, *Campus* Porto Velho Calama, Porto Velho, Rondônia.

### **João Vitor Hermenegildo Bastos**

Instituto Federal de Rondônia, *Campus* Porto Velho Calama, Porto Velho, Rondônia.

### **Mel Naomi da Silva Borges**

Instituto Federal de Rondônia, *Campus* Porto Velho Calama, Porto Velho, Rondônia.

### **Rebeca da Costa Rodrigues**

Instituto Federal de Rondônia, *Campus* Porto Velho Calama, Porto Velho, Rondônia.

### **Nilton Fagner de Oliveira Araújo**

Instituto Federal de Rondônia, *Campus* Porto Velho Calama, Porto Velho, Rondônia.

### **Elza Paula Silva Rocha**

Instituto Federal de Rondônia, *Campus* Porto Velho Calama, Porto Velho, Rondônia.

### **Cleber do Amaral Barros**

Secretaria de Desenvolvimento do Ambiente do Estado de Rondônia (SEDAM).

### **Jamile Mariano Macedo**

Instituto Federal de Rondônia, *Campus* Porto

Velho Calama, Porto Velho, Rondônia.

**RESUMO:** O emprego de produtos alimentícios no processo de Ensino e aprendizagem tem se mostrado eficiente no campo da Química. Sobretudo, nos cursos profissionalizantes, onde, além do discente aprender os conceitos químicos de maneira mais eficaz, terá a oportunidade de pôr em prática os aspectos profissionais, como a condução de experimentos e elaboração de produtos alimentícios e testes de aceitação do mesmo. Baseando-se nesse contexto, o presente trabalho apresentará os resultados de um projeto integrador, realizado entre estudantes do 2º ano do Curso Técnico em Química do Instituto Federal de Rondônia, *Campus* Porto Velho Calama. Os alunos elaboraram um estudo acerca do Biribá (*Annona hypoglauca*), um fruto típico na região amazônica, bastante apreciado e consumido *in natura*. Os alunos mensuraram os parâmetros físico-químicos para o fruto, como pH, umidade, acidez e açúcares redutores. Além destes, também desenvolveram um sorvete com os frutos do biribá, para o qual elaboraram um estudo de aceitabilidade entre a comunidade do *Campus*. Com base nos resultados obtidos, verificamos que ocorreu uma participação massiva, da parte dos alunos, além de grande envolvimento e aprendizado, características

essas que não seriam observadas de forma expressiva em uma aula convencional. Quanto aos frutos analisados, constatou-se que a polpa possuía alto teor nutritivo, com elevada presença de açúcares (27,75% em 5g de polpa), o que reduziu na formulação, a adição de açúcares e conservantes. O sorvete produzido apresentou satisfatória aceitação, nos quais 42,53% gostou do produto; 36,78% adorou o produto e os demais, não gostaram, detestaram ou eram indiferentes ao sabor.

**PALAVRAS-CHAVE:** Ensino de Química; Sorvete, Biribá (*Annona hypoglauca*), Análise sensorial.

## TEACHING OF LABORATORY TECHNIQUES FOR THE ELABORATION OF ICE CREAM WITH THE BERIBÁ/BIRIBÁ (*ANNONA HYPOGLAUCA*) FRUIT

**ABSTRACT:** The use of food products in the process of Teaching and learning has proven efficient in the field of Chemistry. Above all, in vocational courses, where, in addition to the student learning the chemical concepts more effectively, will have the opportunity to put into practice the professional aspects, such as conducting experiments and preparing food products and acceptance tests. Based on this context, the present work will present the results of an integrative project, carried out among students of the 2nd year of the Technical Course in Chemistry of the Federal Institute of Rondônia, Porto Velho Calama Campus. The students elaborated a study about the Biribá (*Annona hypoglauca*), a typical fruit in the Amazon region, much appreciated and consumed in natura. The students measured the physical-chemical parameters for the fruit, such as pH, moisture, acidity and reducing sugars. Besides these, they also developed an ice cream with the fruits of the biribá, for which they elaborated a study of acceptability among the community of the Campus. Based on the results obtained, we verified that there was a massive participation on the part of the students, besides great involvement and learning, characteristics that would not be observed expressively in a conventional class. Regarding the fruits analyzed, it was observed that the pulp had a high nutritive content, with a high presence of sugars (27.75% in 5 g of pulp), which reduced the formulation, the addition of sugars and preservatives. The ice cream produced presented satisfactory acceptance, in which 42.53% liked the product; 36.78% loved the product and the others, did not like it, hated it or were indifferent to the taste.

**KEYWORDS:** Chemistry teaching; Ice cream, Biribá (*Annona hypoglauca*), sensory analysis.

## 1 | INTRODUÇÃO

Dentre os objetivos principais dos Parâmetros Curriculares Nacionais para o ensino de Química, merecem destaque “... a ligação do conhecimento científico com o que está a sua volta” e “o conhecimento químico não deve ser entendido como um conjunto de conhecimentos isolados, prontos e acabados” (BRASIL, 2006)

A tradicional ideia de que o conhecimento em sala de aula está centrado no professor ou no aluno tem dado espaço para uma outra forma de pensar a educação. Ver um aluno como protagonista de seu aprendizado significa, entre outras coisas, oferecer a ele autonomia, estimulando-o a buscar informação e a construir conhecimento (BERBEL, 2011). Com base nessa premissa, foi desenvolvido junto aos alunos de um curso técnico em Química integrado ao ensino médio, um projeto de ensino, no qual deveriam desenvolver um produto a partir de um fruto consumido *in natura*. Um estudo dessa natureza tem grande importância para que sejam desenvolvidas competências e habilidades profissionais, intrínsecas à formação profissional, como a autonomia do aluno no laboratório, a escolha e condução de experimentos, além da elaboração de produtos de melhor qualidade, que poderão ser apreciados no mercado consumidor. Diante do exposto, este trabalho apresentará os resultados de um projeto integrador desenvolvido entre alunos do 2º ano de um Curso Técnico em Química Integrado ao Ensino Médio, do Instituto Federal de Rondônia. Os alunos desenvolveram um sorvete de biribá (*Annona hypoglauca*), também realizaram os testes físico-químicos para o fruto e análise sensorial para avaliar a aceitabilidade do produto entre a comunidade.

### 1.1 Biribá (*Annona hypoglauca*)

O Brasil detém a maior biodiversidade do mundo, sendo considerado o país da megadiversidade, com 15 a 20% das espécies do planeta. Contém a maior riqueza de espécies da flora, além dos maiores remanescentes de ecossistemas tropicais (MYERS et al, 2000).

Os recursos genéticos de um país com rica diversidade biológica, possuem alto potencial de uso pela humanidade, especialmente no que diz respeito à criação de novas opções voltadas à alimentação e ao fornecimento de produtos medicinais (RIDGEN, CAVALCANTI e WALTER, 2002).

Diversos recursos vegetais nativos são considerados de grande importância atual e potencial e podem ser utilizados como fontes de renda alternativa. O uso dessas espécies poderá, por exemplo, ser estratégico para a produção de alimentos (CORADIN, REIS e SIMINSKI, 2011), como é o caso de frutos da família *Annonaceae*, que consiste em 112 gêneros e 2,440 espécies (COUVREUR et al, 2011) existindo em regiões tropicais, onde têm potencial econômico e medicinal (SANTOS et al, 2015). Desses, o Brasil possui 33 gêneros nativos com 250 espécies (SOUZA e LORENZI, 2008). Espécies do gênero *Annona* apresentam várias atividades como anti-helmínticos, antioxidante, antidiabético, anticâncer, antimicrobial, entre outras (JULIÁN-LOAEZA et al, 2011; FERREIRA et al, 2013; SANTOS et al, 2014; FLORENCE et al, 2014; WANG et al, 2014; JAMKHANDE et al, 2014; RINALDIA et al, 2017). Dentro da família *Annonaceae*, destaca-se a *Annona hypoglauca* espécie nativa de áreas inundadas, conhecidas por igapós, comuns na região amazônica.

Popularmente, a *Annona hypoglauca* é conhecida por biribá ou beribá, e seus frutos são consumidos *in natura*, além do chá, feito a partir da casca, conhecido por suas propriedades medicinais contra parasitas, anemia e diarreia crônica.

Na literatura científica, são variados os estudos relatando a eficácia do uso medicinal do biribá, que vai desde atividade contra linhagens de células tumorais de câncer, como próstata, pulmão e cólon, até atividade contra mutações da bactéria *Streptococcus* (RINALDI, 2007; MAIA et al, 2008).

Além do conhecido potencial medicinal, os frutos do biribá também possuem alto teor nutritivo e riqueza bioquímica, desde o fruto até as sementes. O óleo de suas sementes, por exemplo, pode ser considerado como fonte alternativa de óleo vegetal, que pode ser usado como matéria-prima nas indústrias farmacêuticas e alimentares, como é construída por ácidos graxos essenciais, onde  $\omega$ -9 e  $\omega$ -6 ocorrem em alta proporção (SANTOS et al, 2014).

## 1.2 Sorvete: a melhor alternativa

O sorvete é um alimento muito consumido no mundo todo, possuindo grande mercado a ser explorado por apresentar características contempladas pela população de países tropicais, que apresentam altas temperaturas. Esse setor tem despontado com o desenvolvimento de novos produtos, atendendo às exigências do mercado consumidor, ofertando produtos inovadores, de qualidade e com características sensoriais e nutricionais similares ou melhores que os sorvetes tradicionais (TRGO, 2013).

De acordo com a Agência Nacional de Vigilância Sanitária, sorvete, também denominado gelado comestível:

“...é um produto alimentício obtido a partir de uma emulsão de gordura e proteínas, com ou sem adição de outros ingredientes e substâncias, ou de uma mistura de água, açúcares e outros ingredientes e substâncias que tenham sido submetidas ao congelamento, em condições tais que garantam a conservação do produto no estado congelado ou parcialmente congelado, durante a armazenagem, o transporte e a entrega ao consumo. (BRASIL, 1999).

Os sorvetes são obtidos a partir de uma emulsão de gorduras e proteínas, com ou sem adição de outros ingredientes e substâncias, ou de uma mistura de água, açúcares e outros que tenham sido submetidos ao congelamento, em condições tais que garantam a conservação do produto, durante a armazenagem, o transporte e a entrega ao consumo (MAIA et al, 2008).

Os produtos à base de leite, como o sorvete, são relacionados à saúde pois contém proteínas, vitaminas A, B1, B2, B6, C, D, K, cálcio, fósforo, açúcares, gordura vegetal e/ou animal, entre outros minerais (MAIA et al, 2008; GRAZIANO et al, 2009).

O estudo das propriedades físico-químicas e sensoriais relacionadas ao sorvete tem grande importância para que sejam elaborados produtos com alta qualidade e apreciados nos mais diversos mercados consumidores (BERNAUD e RODRIGUES, 2013). Dessa forma, a produção de um sorvete de biribá é uma inovação que oferece

a possibilidade de melhorias nos aspectos relacionados à saúde, satisfação ao consumidor, redução do impacto ambiental, além de agregar valor a um subproduto da indústria de laticínios e contribuir com a agricultura familiar.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado no município de Porto Velho, no estado de Rondônia, nos laboratórios de química do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia (IFRO) *Campus Porto Velho Calama*).

Após a coleta do fruto biribá (*Annona hypoglauca*) para a realização do sorvete, foram efetivadas análises de determinação de pH, umidade, cinzas totais e acidez total titulável e a titulação da amostra para açúcares redutores (Glicose) (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

### 2.1 Determinação de Umidade

O teor de umidade foi determinado utilizando o método de secagem em estufa a 105° C, com estufa para esterilização e secagem. O equipamento foi ligado para aquecimento prévio. Pesou-se em balança analítica, 5 gramas (g) da amostra em cadinho de porcelana previamente seco e tarado. Os cadinhos foram acomodados na estufa à temperatura de 105 ° C. Em seguida, foram retirados da estufa e transferidos para um dessecador com sílica gel para atingir a temperatura ambiente. Depois os cadinhos já resfriados com as amostras secas foram pesados. Os dados foram coletados a cada intervalo de uma hora. Descontou-se o peso do cadinho vazio para obter a massa da amostra seca. O teor de umidade foi calculado segundo a equação 1:

$$\% (m/m) = \frac{100 \times N}{P}$$

Equação 1: Determinação do teor de umidade.

Onde:

N= massa do resíduo seco (g)

P= massa inicial da amostra (g)

### 2.2 Determinação de pH

A determinação do pH foi realizada por leitura direta em pHmetro digital, calibrado com soluções tampão de pH 4,7 e 10. Para tal, foram pesados 10 g da amostra em balança analítica e adicionados 100 mililitros (ml) de água destilada. Em seguida, a solução foi agitada por alguns minutos. Após repouso de 10 minutos para decantação, foi realizada a leitura do pH do sobrenadante. Ao final da análise, o elemento foi higienizado com água destilada.



## 2.3 Determinação de Cinzas Totais

A determinação do teor de cinzas foi executada no forno mufla, à temperatura de 550 ° C. O equipamento foi ligado para aquecimento prévio. Foram pesados em balança analítica, cadinhos de porcelana previamente aquecidos e tarados. Em seguida, foram adicionados 5 g da amostra. Todas as amostras foram colocadas na mufla até a obtenção de cinzas claras. Estas foram resfriadas em dessecador contendo sílica gel até temperatura ambiente para posterior pesagem em balança analítica. O teor de cinzas foi calculado de acordo com a equação 2:

$$\% (m/m) = \frac{100 \times N}{P}$$

Equação 2: Determinação do teor de cinzas.

Onde:

N= massa da cinza (g)

P= massa inicial da amostra (g)

## 2.4 Determinação de Acidez Total Titulável

A determinação da acidez total titulável foi realizada por volumetria de neutralização, utilizando solução padrão de hidróxido de sódio 0,1 mol/L e solução de fenolftaleína a 1% como indicador. Foram pesados 5 g da amostra em balança analítica e transferidos para um erlenmeyer de 125 ml com 50 ml de água destilada e 2 gotas de fenolftaleína 1%. Esta foi titulada com solução padrão de hidróxido de sódio 0,1 mol/L até a obtenção da coloração rosa. O teor de acidez total titulável foi calculado segundo a equação 3:

$$\% (V/m) = \frac{V \times f \times 100}{P \times c}$$

Equação 3: Determinação da acidez titulável.

Onde:

V= volume da solução de hidróxido de sódio gasto na titulação (ml)

F= fator da solução de hidróxido de sódio

P= n° de g da amostra usado na titulação

C= correção para solução de NaOH 1m, 10 para NaOH 0,1m e 100 para NaOH 0,01m.

## 2.5 Titulação da Amostra para Açúcares Redutores (Glicose)

### 2.5.1 Preparo da amostra



Foram pesados 10 gramas da amostra em balança analítica e transferidos para um balão volumétrico de 100 ml onde teve o volume completado com água destilada. Em seguida, agitou-se a solução em agitador magnético e filtrou-se em papel qualitativo. A solução obtida foi armazenada para análise posterior.

### 2.5.2 Titulação

Em um erlenmeyer de 250 ml foram adicionados 10 ml de solução de Fehling A (solução de sulfato de cobre pentaidratado ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) em meio ácido ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), 10 ml de solução de Fehling B (solução de tartarato duplo de sódio e potássio ( $\text{C}_4\text{H}_4\text{KNaO}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ) em meio básico ( $\text{NaOH}$ )) e 40 ml de água destilada. A solução foi levada ao aquecimento em chapa aquecedora. Ao iniciar a ebulição, a solução foi titulada com a solução da amostra preparada anteriormente sob agitação até a mudança da coloração azul para incolor e com formação de um resíduo vermelho de  $\text{Cu}_2\text{O}$  no fundo do erlenmeyer. O teor açúcares redutores em glicose foi calculado de acordo com a equação 4.

$$\% \text{ (m/m)} = \frac{100 \times A \times a}{P \times V}$$

Equação 4: Determinação da concentração de açúcares redutores.

Onde:

A = volume total da solução da amostra (ml)

a = massa de glicose correspondente a 10 ml das soluções de Fehling (5 mg de glicose/ml da solução)

P = massa da amostra (g)

V = volume da solução da amostra gasto na titulação (ml)

## 2.6 Elaboração do Sorvete

Para o preparo do sorvete, os alunos tiveram uma consultoria com um Engenheiro de Alimentos, que apresentou aos mesmos, todas as etapas de produção do sorvete e a relevância de cada ingrediente no sabor do produto.

Os ingredientes empregados na fórmula, foram:

Emulsificante; Leite integral com 3% de gordura, liga neutra, leite condensado, creme de leite, açúcar, emulsificante e polpa de biribá.

Os ingredientes foram misturados e batidos até atingir consistência cremosa e depois, levados ao freezer por 24 horas.

## 2.7 Análise sensorial

Cerca de 50g do sorvete foi acondicionado em embalagens, com a adoção

das Boas Práticas de Higiene, visando a ausência de interferentes. A análise foi realizada junto à comunidade do Instituto Federal de Rondônia, *Campus* Porto Velho Calama, incluindo alunos, servidores, colaboradores e visitantes. As porções foram avaliadas por 87 provadores não treinados, através de questionários que mediam a aceitação da amostra em relação ao aspecto global, utilizando a escala hedônica (de “gostei”, “não gostei”, “indiferente”, “gostei” e “adorei”). As expressões foram convertidas em valores numéricos. Na mesma ficha também foi avaliada a atitude consumidora em relação a compra do produto, utilizando-se a escala de atitude de compra (de “compraria” e “não compraria”) que também foi convertida em valores numéricos.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

No teste de cinzas, na massa analisada, foram encontrados altos valores de carboidratos, fibras e proteínas. o que demonstra um elevado poder nutritivo da fruta. O segundo teste apontou um pH de 5.43. O teste de umidade apontou a grande quantidade água da fruta, 77,7% em média, com presença de frutose (ou levulose)<sup>28</sup>, açúcar encontrado em frutas com grande poder adoçante e energético, eliminando a necessidade de aditivos industriais nocivos à saúde humana, com 27,75% de açúcares redutores. Os resultados dos testes encontram-se na tabela abaixo:

Composição	Média em 5g
PH	5.43
Umidade	77,7%
Acidez	0,12%
Açúcares redutores	27,75%

Tabela 1. Resultados dos testes físico-químicos.

Na última etapa do estudo, que foi o teste sensorial, a maioria teve uma análise positiva em que 42,53% gostou e 36,78% adorou o produto, e uma pequena parte de 1,15% detestou, 5,75% não gostou e 13,79% eram indiferentes quanto ao sabor. Como mostrado na Figura 1:

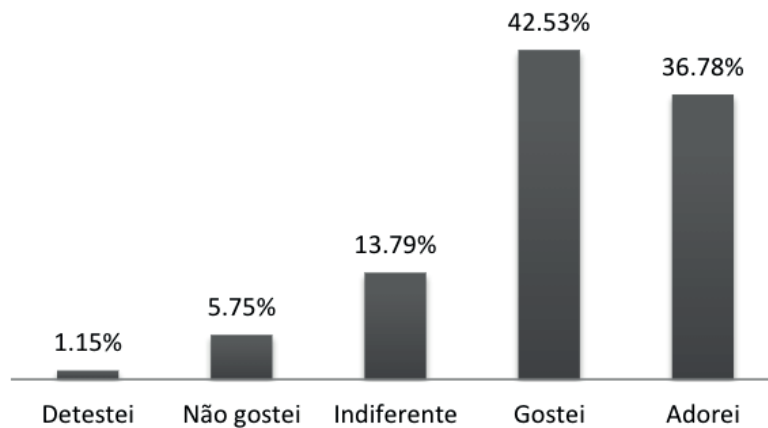


Figura 1. Resultados da análise sensorial em relação ao sorvete

Quando questionados sobre a compra do sorvete 79,31% comprariam e apenas 19,54% não comprariam. Os dados podem ser observados na Figura 2:

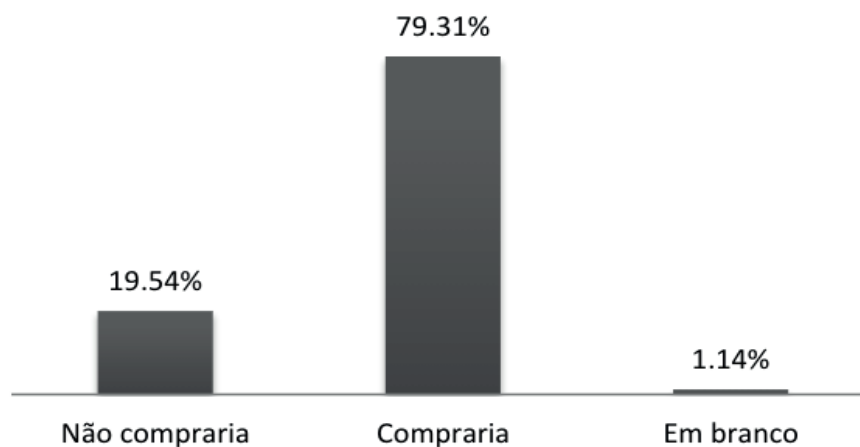


Figura 2. Resultados da intenção de compra do sorvete de Biribá

O produto teve ampla aceitação pública, com os benefícios que a fruta oferece, e um bom valor energético, o consumo traria benefícios para o fabricante, pois a fruta existe em abundância durante sua época de frutificação e o preparo do sorvete é simples, tornando-o um produto barato. E para o consumidor, que usufruiria de um alimento saudável, com sabor agradável e que foge as opções de sabores de sorvete comuns que se tem no mercado atualmente.

#### 4 | CONCLUSÃO

Em primeiro plano, o projeto visou o aprimoramento da formação acadêmica e profissional dos futuros egressos do curso técnico em química, de modo a aproximar os discentes das demandas reais do mercado de trabalho. Com base no envolvimento e retorno dos alunos, observados durante e após a atividade, verificou-

se que a atividade possibilitou o aprendizado de novas técnicas e por ser um projeto integrador, oportunizou que fosse trabalhado um mesmo objeto sob diversos ângulos. No segundo momento, ao avaliar o produto obtido desta atividade, afirmamos que o sorvete de biribá, se comercializado, manteria o valor nutricional do fruto, sem a necessidade de empregar conservantes e corantes. Quanto a sua aceitação, o sorvete foi bastante apreciado pela maioria dos avaliadores.

## 5 | AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia *Campus* Porto Velho Calama pelo seu aporte financeiro.

## REFERÊNCIAS

BARNABÉ, M.; SARACENI, C. H. C.; DUTRA-CORREA, M.; SUFFREDINI, I. B. **The influence of Brazilian plant extracts on *Streptococcus mutans* biofilm**. *J. Appl. Oral Sci.* 22: 366-372. 2014.

BERBEL, N.A.N. **As metodologias ativas e a promoção da autonomia de estudantes**. *Semina: Ciências Sociais e Humanas, Londrina*, v. 32, n. 1, p. 25-40, jan./jun. 2011.

BERNAUD, F. S. R.; RODRIGUES, T. C. **Fibra Alimentar - Ingestão adequada e efeitos sobre a saúde do metabolismo**. *Arq. Bras. Endocrinol. Metab.* 2013.

BRASIL, **Parâmetros Curriculares nacionais: Ciência da Natureza, Matemática e suas Tecnologias (PCN+)**, 2006.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Portaria n. 379, 26 de abril de 1999. **Regulamento técnico para fixação de identidade e qualidade de gelados comestíveis, preparados, pós para o preparo e bases para gelados comestíveis**. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, 29 abr. 1999. Disponível em: [http://www.anvisa.gov.br/legis/portarias/379\\_99.htm](http://www.anvisa.gov.br/legis/portarias/379_99.htm).

CORADIN, L.; SIMINSKI, A.; REIS, A. **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro – Região Sul**. Brasília: MMA, 2011, p.15.

COUVREUR, T. L. P.; PIRIE, M. D.; Chatrou, L. W.; SAUNDERS, R. M. K.; Su, Y. C. F.; RICHARDSON, J. E.; ERKENS, R. H. J. **Early evolutionary history of the flowering plant family Annonaceae: steady diversification and boreotropical geodispersal**. *J. Biogeogr.* 2011. 38: 664-680.

FERREIRA, L. E.; CASTRO P. M. N.; CHAGAS, A. C. S.; FRANÇA, S. C.; BELEBONI, R. O. **In vitro anthelmintic activity of aqueous leaf extract of *Annona muricata* L. (Annonaceae) against *Haemonchus contortus* from sheep**. *Exp. Parasitol.* 134:327-332. 2013.

FLORENCE, N. T.; BENOIT, M. Z.; JONAS, K.; ALEXANDRA, T.; DÉSIÉ, D. D. P.; PIERRE, K.; THÉOPHILE, D. **Antidiabetic and antioxidant effects of *Annona muricata* (Annonaceae), aqueous extract on streptozotocin-induced diabetic rats**. *J. Ethnopharmacol.* 151:784-790. 2014.

GRAZIANO, G. O; PIZZINATTO, N. K.; DINIZ, M. A.; GRAZIANO, I. O. **Produtores e o Perfil da Oferta de Produtos Orgânicos no Brasil: Um Estudo Exploratório**. SP. 2009.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. Métodos físico-químicos para análises de alimentos.** 4ª ed. (1ª Edição digital), 2008. 1020 p.

JAMKHANDE, P. G.; WATTAMWAR, A. S.; PEKAMWAR, S. S.; CHANDAK, P. G. **Antioxidant, antimicrobial activity and in silico PASS prediction of Annona reticulata Linn. root extract.** Beni-Suef Univ. J. Basic Appl. Sci. 3:140-148. 2014.

JULIÁN-LOAEZA, A. P.; SANTOS-SÁNCHEZ, N. F.; VALADEZ-BLANCO, R.; SÁNCHEZ-GUZMÁN, B. S.; SALAS-CORONADO, R. **Chemical composition, color, and antioxidant activity of three varieties of Annona diversifolia Safford fruits.** Ind. Crops Prod. 34:1262-1268. 2011.

MAIA, M.C.A.; GALVÃO, A.P.G.L.K.; DELLA MODESTA, R.C.; JÚNIOR, P.N. **Avaliação sensorial de sorvetes à base de xylitol.** Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas, 28(1): 146-151, jan.-mar. 2008.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B.; KENT, J. **Biodiversity hotspots for conservation priorities.** Nature 403, 853-858, 2000.

RIGDEN, L. V. de M.; CAVALCANTI, T. B.; WALTER, B. M. T. **A conservação e utilização de recursos genéticos vegetais.** In: Bensusan N. (ORG.). *Seria melhor mandar ladrilhar? Biodiversidade: como, para que, por quê.* Brasília: Editora UnB, 2002, p. 157–158.

RINALDI, M. V. N. Tese de mestrado. **Avaliação da Atividade Antibacteriana e Citotóxica dos Alcalóides Isoquinolínicos de Annona hypoglauca** Mart. Fac. Pharm. Sciences, USP, São Paulo, Brasil, 2007.

RINALDI, M. V. N.; DÍAZB, I. E. C.; SUFFREDINIB, I. B.; MORENOC, P. R. H. **Alkaloids and biological activity of beribá (Annona hypoglauca).** Revista Brasileira de Farmacognosia. 27 77–83. 2017.

RODRIGUES, A. P.; FONTANA, C. V.; PADILHA, E.; SILVESTRIN, M.; AUGUSTO, M. M. M. **Elaboração de sorvete sabor chocolate com teor de gordura reduzido utilizando soro de leite em pó.** Vetor, Rio Grande, 16 (1/2): 55-62, 2006.

SANTOS, F.; ALBUQUERQUE, T. G.; SILVA, A. S.; OLIVEIRA, M. B.; Costa, H. S. **Avaliação da atividade antioxidante, compostos fenólicos e flavonóides totais de quatro cultivares de anona da Madeira (Annona cherimola, Mill.).** Instituto Nacional de Saúde. 2014.

SANTOS, R. C.; FILHO, A. A. DE M.; CHAGAS, E. A.; TAKAHASHI, J. A.; FERRAZ, V. P.; COSTA, A. K. P.; MELO, A. C. G. R.; MONTERO, I. F.; RIBEIRO, P. R. E. **Fatty acid profile and bioactivity from Annona hypoglauca seeds oil.** African Journal of Biotechnology, 2015.

SOUZA, V. C.; LORENZI, H. Botânica Sistemática: **Guia ilustrativo para identificação das famílias de fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado em AGP II.** 2ª Edição, Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2008, p. 703.

TRGO, C. **Factors affecting texture of ice cream.** In: Mackenna, B. M. (Ed.). *Texture in food: semi-solid foods.* Boca Raton, FL: CRC Press, 2003. 1 v., 448 p.

WANG, D. S.; RIZWANI, G. H.; GUO, H.; AHMED, M.; AHMED, M.; HASSAN, S. Z.; HASSAN, A.; CHEN, Z. S.; XU, R. H. **Annona squamosa Linn: cytotoxic activity found in leaf extract against human tumor cell lines.** Pak. J. Pharm. Sci. 27: 1559-1563. 2014.

## A ETNOMATEMÁTICA COMO RECURSO METODOLÓGICO NO CONTEXTO DA EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA: UMA INVESTIGAÇÃO NO CURSO DE LICENCIATURA EM MATEMÁTICA DA UNICESUMAR

### **Eliane da Rocha Rodrigues**

Acadêmico do curso Licenciatura em Matemática do Centro Universitário Cesumar – UNICESUMAR, Maringá – PR. Bolsista PROBIC – UniCesumar. eliaanyinha@gmail.com

### **IvannaGurniski de Oliveira**

Professora mestre coordenadora Curso de Licenciatura EAD – UNICESUMAR. Orientadora PROBIC-UniCesumar. ivanna.gurniski@unicesumar.edu.br.

**RESUMO:** Esta pesquisa tem por objetivo investigar as potencialidades da Etnomatemática como recurso metodológico no contexto da Educação a Distância. Para tanto, será utilizado o Painel de Sensibilização proposto pela autora Teresa Vergani. O painel está organizado por fases que por sua vez será embasada segundo as deduções defendidas por pesquisadores renomados da área. Os sujeitos da pesquisa são os alunos do curso de Licenciatura em Matemática da Unicesumar. Inicialmente, será realizado um mapeamento do corpo discente do curso quanto à região geográfica, a partir desses dados buscaremos identificar concepções matemáticas evidenciadas por alguns pesquisadores nos últimos anos de acordo com algumas dessas regiões. Diante desse estudo serão elaboradas atividades pedagógicas a

partir dessas concepções matemáticas para serem discutidas posteriormente na disciplina de Prática de Ensino: a Etnomatemática faz parte da matriz curricular assim como a História da Matemática, do curso superior que forma professores de matemática da Unicesumar. Com esta pesquisa espera-se evidenciar em que medida a Etnomatemática pode colaborar com os processos de ensino e de aprendizagem, em especial na Educação a Distância.

**PALAVRAS-CHAVE:** Curso de Licenciatura em Matemática da Unicesumar. Didática Matemática. Ensino de Matemática à Distância. Etnomatemática.

### 1 | INTRODUÇÃO

A presente proposta de pesquisa tem por objetivo investigar as potencialidades da Etnomatemática como recurso metodológico no contexto da Educação a Distância, devido à modalidade de ensino em questão agregar educandos com diferentes realidades tornando possível a aplicabilidade da matemática de acordo com diversos contextos.

A Etnomatemática é um recurso metodológico defendido por Vergani (2007) como “a matemática de uma criança de rua em Angola, a matemática do Movimento dos Sem Terra no Brasil, a matemática da aquisição

de bens em países em guerra”, ou seja, pode ser concebida como uma produção cultural que associa a Etnomatemática ao conhecimento significativo, no sentido de dar significado, fazer sentido no cotidiano no qual se está inserido. A pesquisadora define: “(...) a Etnomatemática compreenderá o estudo comparativo de técnicas, modos, artes e estilos de explicação, compreensão, aprendizagem, decorrentes da realidade tomada em diferentes meios naturais e culturais”. (VERGANI, 1998).

Segundo D’Ambrósio (2005), a parte fundamental da etnomatemática são as diferentes formas de perceber. A palavra etnomatemática indica o “estudo de matemáticas das diversas etnias”, porém o autor ressalta que a aplicação da etnomatemática supera a definição.

Destrinchando a palavra etnomatemática tem-se a seguinte conclusão: ticas – habilidades; matema – conviver; etnos – específico (neste caso a matemática específica da realidade de uma região).

Neste contexto, pretende-se observar a Matemática presente em algumas regiões de abrangência do EAD da Unicesumar.

De acordo com o site da Unicesumar há polos de Ensino a Distância da Instituição distribuídos em quinze estados do Brasil, Bahia, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Pará, Paraná, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, São Paulo, Tocantins, Alagoas, Amazonas, Pernambuco e o Distrito Federal. Assim, nota-se a diversidade geográfica do corpo discente do curso a distância de Licenciatura em Matemática da Unicesumar.

## 2 | ETNOMATEMÁTICA

### 2.1 Alguns fatos da história da Matemática

Historiadores ao longo do tempo vem descobrindo fragmentos que levam os seres humanos a entenderem sua evolução quanto a forma de sobrevivência, evidenciando que os homens viviam se mudando em conformidade com suas necessidades de alimentação. Alimentavam-se com o que estava disposto, acabando sua fonte de alimento mudavam-se.

De acordo com Nogueira (2016) o ser humano passa de nômade a sedentário, então, para resolver o problema de alimentação a agricultura faz-se necessário. Para tanto cabe ao homem saber o tempo certo de arar a terra, plantar, regar e logo após o tempo certo da colheita, estocagem e divisão de terras.

A Matemática já se torna evidente na criação do calendário afim de, saber o período certo para o plantio, a contação de dias necessários para que a semente começasse a germinar, os dias da germinação até a colheita, na divisão de terras para morar e plantio, técnicas para plantar e colher, construção de ferramentas tanto para plantar e colher alimentos como na construção de locais adequados para



guardar os alimentos, contagem de dias de conservação dos alimentos.

Nogueira (2016, p.16) afirma que:

Com os primeiros aglomerados populacionais, surgiram gradualmente os ofícios mais elementares, como carpintaria, a tecelagem e a cerâmica. Foram estabelecidas formas de governo com a conseqüente coleta de impostos, exigindo conhecimento mais aperfeiçoados da Matemática.

A Matemática existente desde o primórdio de forma subtendida e sutil passa a ser necessária de forma melhorada para suprir as necessidades surgidas no decorrer da vivência humana, organização social.

Brolezzi (1991) enfatiza que a evolução das ideias matemáticas não podem ser conhecidas simplesmente pelas definições, teoremas e demonstrações atuais. O caminho para chegar à história da matemática ultrapassa os conceitos existentes, sendo necessário compreender o processo que concretizou esses conceitos.

O processo de entender a história da matemática requer reconhecer que a matemática é uma ciência em concepção e está associada a cultura como menciona Santos (2013, p.18), “reconhecendo que a matemática é uma ciência em construção, cujo desenvolvimento se deu de diferentes formas ao longo do tempo em diferentes espaços, percebemos que ela está ligada à cultura”. De acordo com D’Ambrósio (2002), somente no século passado a Matemática se fixou como uma ciência, a História da Matemática se torna difícil devido as dificuldades de fontes que permitem identificar as etapas do avanço matemático. O autor ainda defende que essas dificuldades além de afetar a História da Matemática na periferia, as nações dominantes sofrem uma visão distorcida quanto às prioridades científicas.

A necessidade de entender a relação da matemática com o desenvolvimento social ao longo dos anos é de todo profissional da educação matemática com a finalidade de entender o contexto que envolve a evolução da matemática. D’Ambrósio (1999) afirma que as práticas educativas se fundamentam na cultura, e que as raízes da matemática se confundem com a história da humanidade. Entender a história da humanidade adiciona ao conhecimento do profissional podendo perceber a aplicabilidade da matemática em diversos contextos temporais, dos mais remotos aos atuais.

## **2.2 Painel de Sensibilização de Teresa Vergani**

O Painel de Sensibilização proposto por Teresa Vergani, no qual fez uma analogia do processo de ensino-aprendizagem via Etnomatemática às fases da lua. Na primeira fase, Lua Nova, consiste na compreensão matemática das práticas locais, Vergani (2007) afirma que sempre existiu matemática nas atividades realizadas pelos povos e os mesmos se dedicaram e se dedicam a atividades matematizantes.

Gerdes (2010) faz uma análise dos Contos ilustrados de Angola onde os desenhos são feitos na areia chamados de ‘Sona’ (singular: ‘lusona’), que ele relacionou com uma geometria não conhecida por ele até então. Uma das formas

abordada por ele é o desenho que simboliza a amizade traçado com uma única tira fazendo ângulos internos de  $45^\circ$  com os lados dos retângulos.

Na segunda fase, Quarto Crescente, basea-se na consciência de que as atividades envolvendo a matemática contida nas distintas tradições existentes transcende o ato matemático evidenciando o sentido humano. De acordo com D'Ambrosio (2009) a cultura nasce em decorrência da associação de indivíduos, caracterizada pelas diferentes formas de realizar e de saber decorrentes desse convívio enfatizando que essas características relacionam-se sempre.

D'Ambrosio (2009, p.17) defende que o motivador do programa denominado por ele como etnomatemática é:

O grande motivador do programa de pesquisa que denomino etnomatemática é procurar entender o saber/fazer matemático ao longo da história da humanidade, contextualizando em diferentes grupos de interesse, comunidades, povos e nações.

Com as contribuições de D'Ambrosio pode-se relacionar diretamente o estudo matematizante com a bagagem humana, pois sem a tal não haveria cultura e tão pouco o estudo da matemática dentro da cultura.

Já na terceira fase, Lua Cheia, que consiste na consciência de que o objetivo da Etnomatemática no mundo atual vai além das relações recíprocas nas modificações sociais e culturais. Vergani (2007, p.9) descreve a transcendência em questão: "Cabe-lhe apontar um caminho de transformação crítica das nossas próprias comunidades ocidentais solidariamente abertas a outras formas de refletir, do saber, de sentir e de agir".

Na última fase, Quarto Minguante, que corresponde ao futuro, a etnomatemática se transformará em uma simples definição histórica relacionada a um determinado tempo histórico do curso da humanidade, Vergani (2007, p.10) explica:

Quando o seu clamor vier a ser escutado; quando o que preconiza se orna evidente aos olhos de todos – e é a medida que a sua missão tiver sido cumprida – iniciar-se-á o seu progressivo desaparecimento. Restará o seu nome, como referência ou memória histórica.

Novas luas aparecerão, designadas por novos nomes, novos caminhos do contínuo e vagaroso crescer do aperfeiçoamento humano...

A etnomatemática possibilitará ao professor um vasto conhecimento da matemática dentro das diversas culturas priorizando que a construção da cultura está ligada diretamente ao ser humano, logo as atividades matematizantes devem valorizar essa ligação.

### **2.3 Cultura e o Ensino da Matemática**

A cultura está relacionada ao tempo, visto que a mesma está em constante modificação de acordo com o contexto em que o indivíduo está inserido. De acordo com Ferreira (2000, p.197) cultura é definida como:

Ato, efeito ou modo de cultivar; o complexo dos padrões de comportamento, das crenças, das instituições, das manifestações artísticas, intelectuais, etc., transmitidos coletivamente, e típicos de uma sociedade; o conjunto dos conhecimentos adquiridos em determinado campo.

A definição de cultura dada por Ferreira é um tanto restrita. Existe a definição nacional do Ensino Médio que conceitua a cultura de modo mais amplo, podendo ter maior abrangência e significado, traçando uma conexão das disciplinas (História, Antropologia e Filosofia). As disciplinas apresentam conhecimentos para ampliação do conceito de cultura. A História e Antropologia trabalham na abertura de um campo científico da História Cultural e a filosofia amplia o conceito referente à ideia de cultura baseada na “paideia” ligada a (educação) e da cultura humanista, renascentista e iluminista.

A cultura é construída, definida pelas formas de organização da casa, da família, do trabalho, do cotidiano das pessoas, dos ritos, das religiões, das festas, são as particularidades dos grupos sociais. As tribos indígenas tem sua maneira própria de viver, assim com as pessoas que moram no campo ou na cidade.

A identidade dos grupos sociais é a cultura que está em constante transformação, é considerada híbrida, resultado das relações entre os grupos humanos, ou seja influenciando e recebendo influências. D’Ambrósio (2009, p.19) afirma que:

Ao conhecer que os indivíduos de uma nação, de uma comunidade de um grupo compartilham seus conhecimentos, tais como a linguagem, os sistemas de explicações, os mitos e cultos, a culinária e os costumes, e tem seus comportamentos compatibilizados e subordinados a sistemas de valores acordados pelo grupo, dizemos que esses indivíduos pertencem a uma cultura. No compartilhar conhecimento e compatibilizar comportamento estão sintetizadas as características de uma cultura. Assim falamos de cultura da família, tribo, da comunidade, da agremiação, da profissão, da nação.

O estudo de grupos e culturas, entender a maneira, os passos dados até chegar a cultura atual, possibilitará ao professor obter, escolher ou até criar a melhor metodologia para alcançar seu objetivo na aula a ser ministrada com a finalidade dos processos de ensino e de aprendizagem tornarem-se significativos, ou seja, o indivíduo armazena a quantidade de informações dispostas pelos professores.

D’Ambrósio (2009) defende a importância de analisar o momento cultural que os jovens estão vivendo para poder entender o comportamento dos mesmos e avaliar o estado da educação. A linha de pensamento apresentada acima conduz a uma investigação nos currículos a respeito da disciplina, matemática, levando a reflexões relacionadas a cultura sobre a história e filosofia da matemática, como a experiência individual e coletiva de cada indivíduo se relaciona com a matemática nos dias atuais.

O autor ainda afirma que existe uma falsa divisão entre saber e fazer, teoria e prática, pois o comportamento e conhecimento, as maneiras de saber e de fazer estão em permanente relação. D’Ambrósio (2009, p.19): “As distintas maneiras de fazer [práticas] e de saber [teorias], que caracterizam uma cultura, são parte do

conhecimento compartilhado e do comportamento compatibilizado.”

D'Ambrosio(2009) enfatiza que o programa denominado por ele como etnomatemática tem como objetivo procurar entender o saber/fazer matemático de acordo com a história do ser humano revelada em situações de diferentes grupos de interesse, comunidades, povos e nações.

## 2.4 As regiões do Brasil, suas culturas e a etnomatemática

O Brasil é dividido em vinte e seis estados distribuídos em cinco regiões administrativas, Região Norte, Nordeste, Sudeste, Sul e Centro-Oeste.

Região Norte é composta por sete estados: Rondônia, Acre, Amazonas, Roraima, Pará, Amapá e Tocantins. Sua área ocupa cerca de 3.853.669,768 Km<sup>2</sup> do território brasileiro com uma população estimada de 16.095.187.

A Floresta Amazônica, mangue e cerrado compõem a vegetação dessa Região, clima equatorial. Cinco usinas hidrelétricas provavelmente devido a grandes quantidades de rios na região.

A economia se baseia no extrativismo vegetal e na agricultura que por sua vez se alicerça na soja, cupuaçu, Paullinia Cupana (guaraná), arroz (Oryza Sativa), aipim, cacau (matéria prima do chocolate) e maracujá. As danças típicas, festival folclórico, festa religiosa, comida com influência indígena fazem parte da cultura da Região Norte.

O Bumba meu boi, por exemplo, é uma festa praticada no Brasil, forma de teatro popular brasileiro, que envolve a morte e ressuscitação de um boi, o figurino conta com o artesanato local que por sua vez é muito diversificado.

O artesanato é feito com matérias primas como: capim dourado, cerâmica, pedra-sabão, couro, madeira, látex, fibras e vários outros. O capim dourado é usado na fabricação de varias bijuterias, objetos e utensílios. Trata-se de fibra não dobrável dessa forma os produtos feitos com ele tem formas arredondadas como pode ser visto na figura 1 e 2, mas precisamente espiral podendo ser comparadas com o Espiral de Arquimedes ficando explícito na figura 3.



Figura 1

Figura 1 - Fonte: <http://www.nerdsviajantes.com/2014/07/15/jalapao-capim-dourado/>



Figura 2

Figura 2 - Fonte: <http://www.turismo.gov.br/%C3%BAltimas-not%C3%ADcias/5621-jalap%C3%A3o-a-exuber%C3%A2ncia-de-um-destico-pouco-desbravado.html>

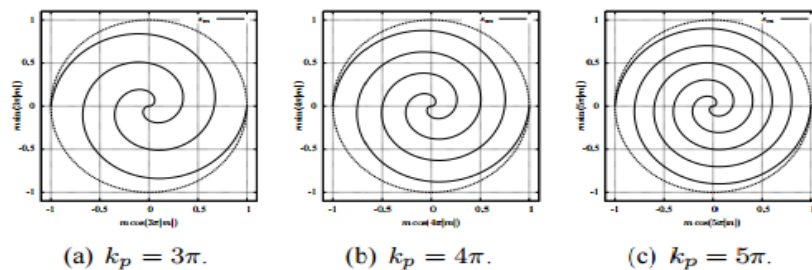


Figura 3

Fonte: <http://www.eletrica.ufpr.br/anais/sbrt/SBrT26/papers/42543.pdf>

A cultura é um vasto material onde pode-se encontrar matemática, ainda que não seja catalogada, porém está lá, não para ser descoberta mas percebida, como o espiral de Arquimedes nos artigos confeccionados com o capim dourado.

Rio Grande do Sul, Paraná e Santa Catarina são os estados que formam a Região Sul do Brasil com uma população aproximada de 27.562.433 e ocupa cerca de 576.773,368km<sup>2</sup> do território brasileiro. Mata dos Pinhais, Mata Atlântica e Campos fazem parte da vegetação dessa região.

A região em questão conta com três hidrelétricas. A agricultura tem como principais produtos a soja, trigo, erva-mate, laranja, arroz, cana-de-açúcar, uva, algodão e café. Na economia, ressalta-se as indústrias (têxtil, produtos alimentícios, eletrônicos, transformação, tecnológicos e automobilístico), turismo e comércio.

A bombacha, lenço, poncho e chimarrão são características da cultura gaúcha, o chimarrão é conhecido não só na região sul, mas em todo o Brasil dessa forma pode-se analisar o copo específico utilizado para fabricá-lo como pode ser observado nas figuras 4 e 5.





Figura 4

Figura 5

Fonte: <https://www.bolsademulher.com/receita/1208/como-preparar-o-chimarrao-gaucha>

Fonte: <https://www.bolsademulher.com/receita/1208/como-preparar-o-chimarrao-gaucha>

A cabaça, o aro de alumínio as vezes um suporte arredondado para a cabaça (figura 4) são os materiais utilizados na construção do recipiente que será feito o chimarrão e consumido. A base arredondada pode ser comparada com um círculo, logo pode-se presumir que existe uma circunferência podendo ser verificada nas figuras 6 e 7, raio e diâmetro, assim como o aro usado para colocar na superfície do copo. O aro tem uma circunferência dentro de outra circunferência.

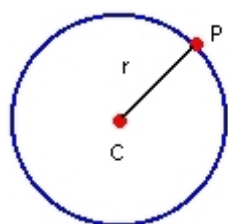


Figura 6

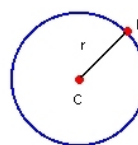


Figura 7

Fonte figura 6 e 7: <https://sites.google.com/site/geometriaanaliticaportfolio/calendar>

O comprimento da circunferência é dado pela fórmula matemática  $C = 2 \cdot \pi \cdot r$ , ou  $C = \pi \cdot d$ . Onde o diâmetro é igual a  $2 \cdot r$ . O comprimento da circunferência aumenta e diminui na mesma proporção.

A medida, em que o raio da circunferência aumenta ou diminui o comprimento da circunferência aumenta ou diminui na mesma proporção, podendo assim construir a base para o copo do chimarrão e a borda ou apenas perceber essa relação.

A Região Sudeste agrega os estados de Minas Gerais, Espírito Santo, Rio de Janeiro e São Paulo, seu território e de aproximadamente 924.616,968Km<sup>2</sup>, população estimada pelo IBGE é de 80.975.616.

A vegetação destaca-se a Mata Atlântica. Na agricultura a cana-de-açúcar, algodão, café e soja são os principais produtos dessa região e a economia é firmada nas indústrias (automotiva, metalúrgica, alimentícia e tecnológica), serviços e

comércios.

De acordo com Cerqueira e Francisco a cultura da região sudeste do Brasil tem influências dos povos indígenas, africanos, europeus e asiáticos. Danças como Batuque, Samba de Lenço e dança de São Gonçalo fazem parte dessa rica herança assim como a Festa de Iemanjá e o Carnaval conhecida em todo o mundo, divulgando assim uma parte da cultura brasileira.

A matemática está distribuída em vários objetos utilizados nas festas, danças e um deles é o instrumento surdo, figura 8, quando analisado percebe-se a circunferência na parte superior e inferior, parte lateral se abre em um retângulo é perceptível, logo se tem um sólido conhecido na Matemática como cilindro (figura 9 e 10).



Figura 8

Fonte: <http://sambaap.blogspot.com.br/2009/05/instrumentos-do-samba.html>

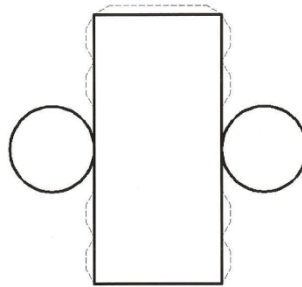


Figura 9

Fonte: <https://jucienebertoldo.wordpress.com/2012/11/08/moldes-de-figuras-geometricas-para-imprimir-recortar-e-colar/cilindro-2/>

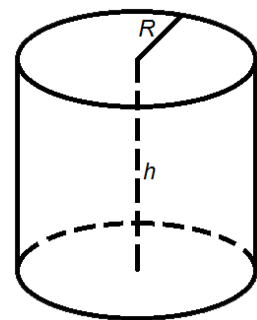


Figura 10

Fonte: [http://es.onlinemschool.com/math/formula/area\\_1/](http://es.onlinemschool.com/math/formula/area_1/)

O cilindro pode ser construído como apresenta a figura 9 seguindo as medidas da figura 10, sendo sua área total a soma da área lateral mais duas vezes a área da circunferência, o volume pode ser encontrado pela fórmula matemática ( $V = \pi r^2 h$ ).

Nove estados, Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia, estrutura a Região Nordeste, população de 53.501.859, território 1.554.291,744 Km<sup>2</sup>. A Mata Atlântica, Cerrado, Caatinga, Mata dos Cocais formam a vegetação dessa região, o clima é semiárido, tropical, litorâneo úmido e equatorial úmido. Quatro usinas hidrelétricas.

Uva, cana-de-açúcar, caju, acerola, cacau, algodão, tabaco, caju e manga são os produtos que fazem parte da agricultura na Região Sudeste. Os serviços turísticos, pecuária, indústrias (tecelagem, calçados, petroquímica, produtos eletrônicos e produtos elétricos), a cultura envolve a união das culturas dos brancos, índios, negros e africanos, comida típica como acarajé, vatapá, sarapatel, sururu e carne-de-sol. Na música destacam-se samba, axé, forró e xaxado dentre outros.

Conforme Cerqueira e Francisco ainda na cultura nordestina se destacam o carnaval (evento popular), festas Juninas e Iemanjá, danças (coco, bambelô ou



Zamba; frevo; capoeira – Luta), Bumba meu boi, candomblé (culto dos orixás), leitura de cordel dentre outros. Na capoeira um dos instrumentos mais importantes é o berimbau que quando visto é associado diretamente com a dança/luta é construído com uma cabaça cortada, arco, caxixi (cestinha com sementes), vareta e dobrão (moeda).



Figura 11

Fonte: <http://intervox.nce.ufrj.br/~tiagoborges/instrumentos%20berimbau.jpg>



Figura 12

Fonte: autora do projeto

A cabaça toma um formato arredondado assim como a moeda podendo ser comparado com vários comprimentos da circunferência o arame utilizado para ser amarrado de uma a outra ponta da madeira pode ser comparado a uma reta (infinitos pontos) assim como a vareta. A madeira toma a forma de arco.

A Região Centro-Oeste apresentam os estados do Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Goiás e Distrito Federal com uma população estimada de 14.244.192 e território 1.606.415,201. A vegetação é construída pela Floresta Amazônica, Cerrado e Complexo do Pantanal. Três usinas hidrelétricas. O milho, a soja, macaxeira são alguns dos principais produtos agrícolas. Economia baseada na pecuária, indústrias, turismo e agricultura. A comida conta com o curau, arroz com pequi, carne de capivara, peixe preparado na telha dentre outros.

Na cultura destacam-se cavalhadas, festa juninas, tear manual, tecelãs, cururu (dançado ou em forma de desafio entre violeiros), Siriri, Rasqueado Cuiabano, Viola-de-Cocho. O artesanato pode ser visto em cerâmicas, redes, bordados (figuras 13), bolsas elaboradas com capim dourado dentre outros.

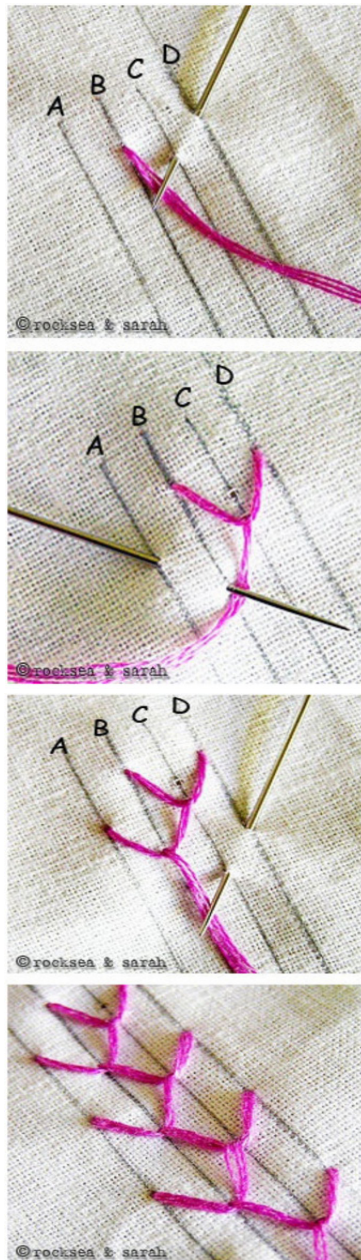


Figura 13

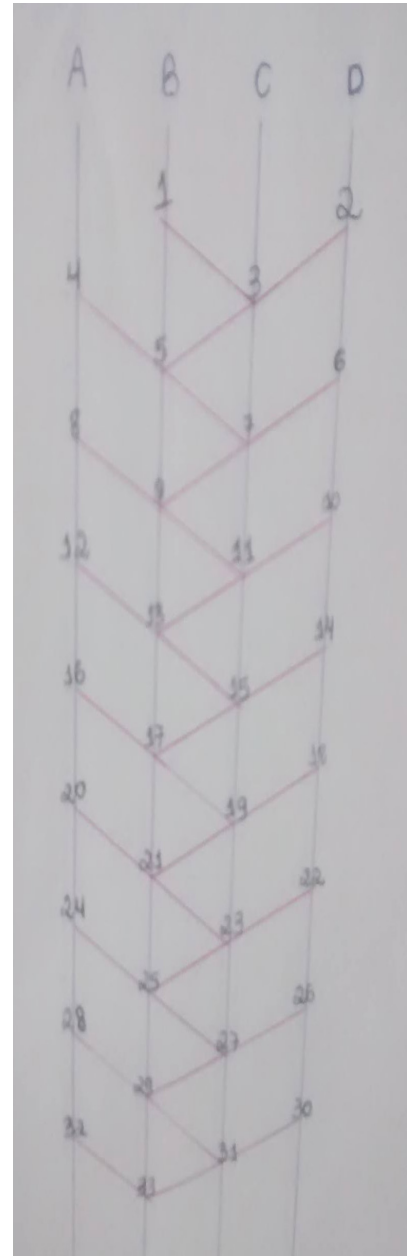


Figura 14

Fonte: autora do projeto

Fonte: <http://www.duitang.com/blog/?id=12293825&next=12293842>

O bordado acima (figura 13) pode ser relacionado ao conjunto dos números naturais (figura 14):  $n^* = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, \dots\}$ .

Cada linha apresenta uma sequência de números não aleatórios:

$$A = \{4, 8, 12, 16, 20, 24, 28, 32, \dots\}$$

$$B = \{1, 5, 9, 13, 17, 21, 25, 29, 33, \dots\}$$

$$C = \{3, 7, 11, 15, 19, 23, 27, 31, \dots\}$$

$$D = \{2, 6, 10, 14, 18, 22, 26, 30, \dots\}$$

Cada sequência tem uma razão de existência, mais precisamente a mesma razão. Nas sequências acima pode-se perceber uma Progressão Aritmética (P.A) onde a razão é 4.

$r = \text{termo } a_n \text{ menos o seu antecessor} .$

Razão da sequência A:  $r = 8 - 4 = 4$

Razão da sequência B:  $r = 5 - 1 = 4$

Razão da sequência C:  $r = 7 - 3 = 4$

Razão da sequência D:  $r = 6 - 2 = 4$

As P.A em questão poderá ter continuidade à medida que os outros termos forem descobertos, se necessários, vai depender do tamanho do bordado.

A matemática pode ser encontrada dentro da cultura de cada povo se procurada, percebida. De acordo com Vergani (2007) os povos sempre aplicaram matemática nas suas atividades, dando a possibilidade de reconhecimento e tradução para a linguagem matemática universalizante.

## 2.5 Atividades acadêmicas e etnomatemática

O indivíduo é inserido num contexto em constantes transformação, tendo a cultura como objeto de estudo para compreender os conceitos já existentes. Ao professor de matemática é lhe dada a oportunidade de utilizá-la para criar no aluno um censo de percepção da existência de matemática em atividades definidas como “(funcionais, simbólicas, lúdicas, rituais ou estéticas)” (VERGANI , 2007, p.9).

A cultura é um fator que pode levar o educando a relacioná-la com a matemática, tendo o educador como facilitador possibilitando uma aprendizagem significativa. Vergani (2007, p. 9), afirma que exercícios/etnomatemática podem ser inseridos no contexto educacional.

A consciência de que os diferentes povos do mundo sempre se dedicaram a atividades matematizantes [...]. O primeiro “tempo” da etnomatemática consiste em conhecê-las e traduzi-las na nossa linguagem matemática universalizante.

Esta conversão a nível de entendimento/linguagem, permite apresentar as diferentes práticas tradicionais sob a forma de exemplo/exercícios/atividades protos a serem inseridos nos programas escolares standardizados de qualquer país.

A autora ainda afirma que estudos matemáticos relacionados a cultura resulta no conhecimento socioculturais, “divulgação/compreensão das práticas locais”. Gerdes (2010) começa seu livro justamente evidenciando vinte estudantes onde a maioria não gostava de matemática, eram organizadas visitas afim de, relacionarem ou evidenciarem as atividades diárias ou culturais a matemática, visitaram então uma fábrica de cerveja descobriram que os operários não escolarizados trabalhavam com números negativos, derrubando a ideia de que matemática seria “bicho de sete cabeças”, dessa forma os estudantes começaram apreciar matemática, pedindo mais tempo de aula para a matéria matemática.

### 3 | PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para a realização desta pesquisa o público-alvo escolhido foram os alunos participantes da modalidade de ensino EAD da universidade Cesumar, mais especificamente do curso de matemática (licenciatura), devido os polos da faculdadeem questão abranger quinze estados do Brasil, há uma vasta gama de cultura a ser observada.

A pesquisa em questão é quantitativa e tem o proposito de identificar a Matemática existente dentro da cultura seguindo o Painel de Sensibilização de Teresa Vergani onde a primeira fase intitulada com Lua Nova que consistirá no mapeamento dos alunos do curso acima citado da Unicesumar para separa-los de acordo com a sua localidade geográfica. Após esta divisão, um estudo sobre a cultura de cada região será feito.

A Segunda fase, Quarto Crescente, será realizada uma reflexão sobre como a Matemática se relaciona com as culturas observadas a terceira fase, Lua cheia, serão realizadas atividades matemáticas que relacionem um único conceito matemático, a ser definido durante a execução da pesquisa, os dados levantados das distintas culturas existentes com o objetivo de elaborar atitudes educacionais mais globalizantes, justas, enraizadas em autênticos valores sociais e humanos que dão significado ao conhecimento Matemático.

Quarto Minguante, a quarta fase, será refletida a importância da pesquisa realizada na formação do universitário envolvido na pesquisa e como a Educação a Distância poderá utilizar esta abordagem Etnomatemática.

Uma metodologia, porém – e, portanto –, não é um conjunto de procedimentos: é um conjunto de procedimentos e suas fundamentações, no qual os limites de ambos – procedimentos e pressupostos teóricos – devem ser séria e continuamente testados, confrontados, avaliados. (GARNICA, 2004, p.84)

#### 3.1 Resultados esperados

Com esta pesquisa almeja-se conhecer a divisão geográfica dos alunos da Unicesumar do curso de Matemática (licenciatura) e traçar um perfil de cada cultura. Espera-se, também, que as atividades etnomatemáticas a serem desenvolvidas possam contribuir para a formação inicial do acadêmico e que a reflexão a ser desenvolvida sobre as potencialidades da Etnomatemática na realidade da Educação a Distância possa servir de base para outros projetos a serem desenvolvidos neste curso.

### 4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

A diversidade de culturas nas regiões brasileiras é notória, o trabalho envolvendo a etnomatemática no curso de Matemática (licenciatura) da Unicesumar mostra-

se valioso justamente pelo fato de envolver vários alunos de diferentes regiões. A pesquisa proposta, busca responder problemas distintos de acordo com o estudo da matemática das diferentes culturas. O indivíduo ao longo dos tempos, devido as necessidades apresentadas pelos mesmos criam e desenvolvem instrumentos associados as habilidades, técnicas para aprender, entender, explicar e fazer em ambientes naturais, sociais e culturais os mais diversos.

## REFERÊNCIAS

BELLONI, Maria Luiza. **Educação à distância**. 5.ed. Campinas, SP: Associados, 2008.

CAVALCANTE, Rodrigo Gusmão; PALAZZO Júnior, Reginaldo. Análise da curvatura de modulações não-lineares associadas a curvas. In: XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TELECOMUNICAÇÕES, 2008, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: 2008. Disponível em: <<http://www.eletrica.ufpr.br/anais/sbrt/SBrT26/papers/42543.pdf>>. Acesso em: 15 maio 2016.

CERQUEIRA, Wagner de. **Cultura da região centro-oeste**. Diversidade cultural no Brasil. Disponível em: <<http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/geografia/cultura-regiao-centrooeste.htm>>. Acesso em: 17 maio 2016

\_\_\_\_\_. **Cultura da região sudeste**. Diversidade cultural no Brasil. Disponível em: <<http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/geografia/cultura-regiao-sudeste.htm>> . Acesso em: 15 maio 2016

\_\_\_\_\_. **Cultura da região sul**. Diversidade cultural no Brasil. Disponível em: <<http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/geografia/cultura-regiao-sul.htm>> . Acesso em: 15 maio 2016.

\_\_\_\_\_. **Cultura da região norte**. Diversidade cultural no Brasil. Disponível em: <<http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/geografia/cultura-regiao-norte.htm>>. Acesso em: 13 maio 2016.

\_\_\_\_\_. **Cultura da região nordeste**. Diversidade cultural no Brasil. Disponível em: <<http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/geografia/cultura-regiao-nordeste.htm>>. Acesso em: 16 maio 2016.

D'AMBRÓSIO, Ubiratan. Sociedade, cultura, matemática e seu ensino. **Educação e pesquisa**, São Paulo, v. 31, n. 1, p. 99-120, 2005.

D'AMBRÓSIO, Ubiratan. **Etnomatemática: elo entre as tradições e a modernidade**. 3.ed. Belo Horizonte: Autêntica, 2009.

EXPLORE crochet blusas, crochetclothes e muito mais! Disponível em: <<https://br.pinterest.com/pin/295267319300804083/>>. Acesso em: 18 maio 2016.

GARNICA, A.V.M. História Oral e Educação Matemática. In: BORBA, M.C.; ARAÚJO, J.L. (orgs.). **Pesquisa qualitativa em educação matemática**. Belo Horizonte: Autêntica, 2004.(Coleção Tendência em Educação Matemática)

GERDES, Paulus. **Da etnomatemática a arte-design e matrizes cíclicas**. Belo Horizonte – MG: Autêntica, 2010.

IBGE. Disponível em: <<http://www.ibge.com.br/home/>>. Acesso em: 20 fev. 2016.

IBGE. **Estados**. Disponível em: <<http://www.ibge.com.br/estadosat/>>. Acesso em: 20 fev. 2016.

IBGE. **Vamos conhecer o Brasil**. Disponível em: <<http://7a12.ibge.gov.br/vamos-conhecer-o-brasil/nosso-territorio/divisao-territorial.html>>. Acesso em: 22 fev. 2016.

MOREIRA, M. A.; CABALLERO M. C.; RODRIGUEZ, M. L. (orgs.). **Actas del encuentro internacional sobre el aprendizaje significativo**. Burgos, España, 1997. p.19-44.

NOGUEIRA, Célia Maria Ignatius. **História da matemática**. Maringá-Pr.:UniCesumar, 2016. p.246.

REFLEXÃO e ação: **Revista do Departamento de Educação/UNISC**. v. 10, n.1. Santa Cruz do Sul: EDUNISC, 2002.

REGIÃO centro-oeste. Disponível em: <[http://www.suapesquisa.com/geografia/regiao\\_centro\\_oeste.htm](http://www.suapesquisa.com/geografia/regiao_centro_oeste.htm)> . Acesso em: 21 abr. 2016.

REGIÃO norte. Disponível em: <[http://www.suapesquisa.com/geografia/regiao\\_norte.htm](http://www.suapesquisa.com/geografia/regiao_norte.htm)>. Acesso em: 20 abr. 2016.

REGIÃO sudeste. Disponível em: <[http://www.suapesquisa.com/geografia/regiao\\_sudeste.htm](http://www.suapesquisa.com/geografia/regiao_sudeste.htm)> . Acesso em: 21 abr. 2016

REGIÃO sul. Disponível em: <[http://www.suapesquisa.com/geografia/regiao\\_sul.htm](http://www.suapesquisa.com/geografia/regiao_sul.htm)>. Acesso em: 21 abr. 2016.

RIBEIRO, Amanda Gonçalves. Comprimento da Circunferência e Área de um Círculo. **Brasil Escola**. Disponível em:<<http://brasilecola.uol.com.br/matematica/comprimento-area-circunferencia.htm>>. Acesso em:26 de maio 2016.

SANTOS, Luciene Malazani. **Metodologia do ensino de matemática e física**: tópicos de história da física e da matemática. Curitiba:Intersaberes, 2013.

VERGANI, Teresa. **Educação etnomatemática**: o que é. Flecha do Tempo, 2007.



## USO DE GEOTECNOLOGIAS PARA MAPEAMENTO EM ÁREAS AGRICULTÁVEIS

### Ana Paula Brasil Viana

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, *Campus Araguatins*, graduada em Eng. Agrônômica, Araguatins – TO

### Railton Reis Arouche

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, *Campus Araguatins*, graduado em Eng. Agrônômica, Araguatins – TO

### Pedro Henrique da Silva Sousa

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, *Campus Araguatins*, graduado em Eng. Agrônômica, Araguatins – TO

### Edvan Carlos de Abreu

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, *Campus Araguatins*, graduado em Eng. Agrônômica, Araguatins – TO

### Dheime Ribeiro de Miranda

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Tocantins, *Campus Dianópolis*, graduado em Eng. Agrônômica, Biologia e Técnica de Laboratório, Dianópolis – TO

### Lineardo Ferreira de Sampaio Melo

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, *Campus Araguatins*, Tecnólogo em Geoprocessamento, Professor do Departamento de Geomática, Araguatins – TO

**RESUMO:** O mapeamento de áreas agricultáveis é uma opção viável para o planejamento da produção e gestão do agronegócio em geral, podendo proporcionar

resultados de faturem que tem influência direta nos cultivos. O presente trabalho visa mostrar as facilidades de se associar as geotecnologias à agricultura, tendo em vista intensificar a produção sem deixar cair a qualidade do produto apresentando. O método de posicionamento por satélite utilizado no presente trabalho foi o *stop and go*, para mapear uma área que está à disposição de atividades agrícolas e utilizou-se o *software* QGIS para confecção dos mapas.

**PALAVRAS-CHAVE:** agricultura, geotecnologia, planejamento territorial.

### USE OF GEOTECHNOLOGIES FOR MAPPING IN AGRICULTURAL AREAS

**ABSTRACT:** The mapping of agricultural areas is a viable option for the planning of the production and management of the agribusiness in general, being able to provide results of factorem that has direct influence in the crops. The present work aims to show the facilities of associating the geotechnologies with agriculture, with a view to intensify the production without dropping to the quality of the presenting product. The satellite positioning method used in the present work was the stop and go, to map an area that is available to agricultural activities and the QGIS software was used to make the maps.

**KEYWORDS:** agriculture, geotechnology,



territorial planning.

## 1 | INTRODUÇÃO

O Sistema de Informações Geográficas (SIGs) vem ganhando cada vez mais espaço com o avanço da tecnologia, o mesmo é muito útil como ferramenta de planejamento territorial, sendo eficaz na integração e manipulação de dados de informação de diferentes fins (PARANHOS FILHO, 2008).

Com o advento da informática, o uso de geotecnologias, vem crescendo e sugerindo novos caminhos e modelos que possibilitam o tratamento de grande quantidade de dados e informações indispensáveis aos mapeamentos realizados em ciência do solo (CARVALHO; ROCHA; UCHA, 2009). Como já descrito por Silva et al., (2008), pode-se, de forma rápida, prática e com menor custos, fazer um planejamento da agricultura por meio de um SIG utilizando documentos cartográficos de banco de dados e assim adequar ao planejamento da agricultura prevista, podendo obter resultados mais precisos pela amplitude das informações no planejamento.

O presente trabalho teve como principal objetivo realizar o mapeamento do setor de agricultura (AGIII) do Instituto Federal do Tocantins – *Campus* - Araguatins, setor de fruticultura, pelo o método de posicionamento *stop and go*, buscando facilitar a localização das culturas implantadas e gerenciamento de manejo das mesmas, tendo em vista que o setor é sempre utilizado por acadêmicos de agronomia para implantação de projetos de pesquisa e também é utilizada para o próprio beneficiamento do setor.

## 2 | MATERIAL E METODOS

O trabalho foi realizado no IFTO – *Campus* Araguatins. A Fazenda Experimental do IFTO ocupa uma área de aproximadamente 562 ha no município de Araguatins (5° 38' 40.38" S e 48° 4' 21.74" W e altitude de 117 m), situada na microrregião do Bico do Papagaio extremo norte do Estado do Tocantins. O instituto fica na zona rural à 5 km de Araguatins. A área mapeada representa uma pequena parte do setor de Fruticultura do IFTO (**Figura 1**).

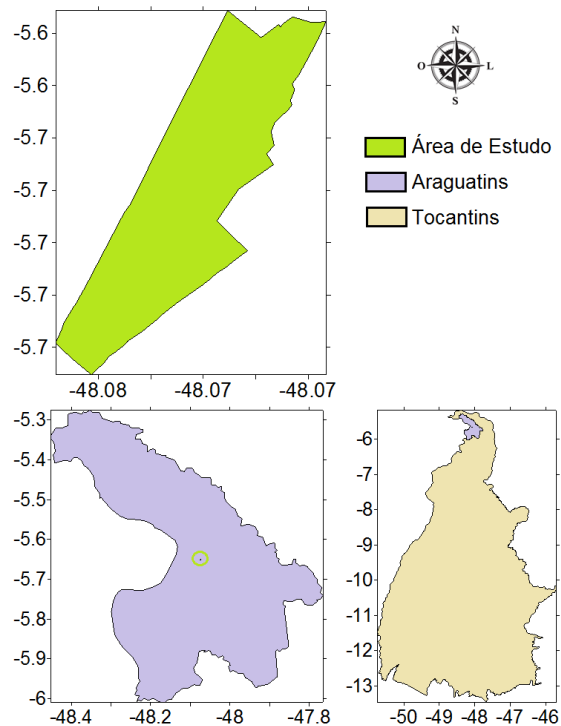


Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo

O mapeamento de áreas agricultáveis é uma técnica que vem ganhando espaço pela grande eficiência, principalmente em grandes áreas. Neste sentido os produtores têm investidos nas tecnologias para conseguir uma ambiência de produção com qualidade e sem riscos, vindo satisfazer os consumidores e trazer lucratividade (MARTINS; MARCHETTI; REIS 2015).

Todos os dados imagináveis que ocupem uma posição no espaço na terra podem ser georreferenciados, com receptores GPS (*Global Positioning system*). Aos pontos georreferenciados pode-se associar vários atributos os quais podem ser colocados em planos de informações diferenciados. O mapeamento pode possibilitar o uso da terra de forma inteligente e gerenciar melhor a forma de uso, posição, rotação e/ou consorcio de culturas, dentre outras vantagens, com mapeamento da disponibilidade de água, identificação de clima e temperatura, pragas, ervas daninhas, ressaltando ainda que o nível do terreno também pode ser expresso nos resultados do mapeamento complementando ainda mais as informações da área.

Existem vários métodos utilizados para mapeamento por posicionamento por satélites, como por exemplo:

**Método de posicionamento relativo estático:** onde tanto o(s) receptor(es) do(s) vértice(s) de referência quanto o(s) receptor(es) do(s) vértice(s) de interesse devem permanecer estacionados (estáticos) durante todo o levantamento (BRASIL, 2002).

**Método de posicionamento relativo estático rápido:** neste método mantém-se um ou mais receptor(es) coletando dados na estação de referência enquanto o(s) outro(s) receptor(es) percorre(m) as estações de interesse. Para que os resultados

apresentem razoável nível de precisão, o vetor das ambiguidades envolvido em cada linha de base deve ser solucionado. Este método deverá ser utilizado somente para linhas de base com comprimento máximo de 20 km (BRASIL, 2002).

**Método de Posicionamento relativo cinemático:** neste método o receptor que ocupa o vértice de interesse permanece estático, porém num tempo de ocupação bastante curto, necessitando coletar dados no deslocamento entre um vértice de interesse e outro (MONICO, 2008).

**Método de posicionamento cinemático em tempo real (*Real Time Kinematic* – RTK):** Este método de posicionamento está baseado no posicionamento relativo cinemático, com solução em tempo real, processada nos receptores móveis, em função de dados transmitidos por telemetria a partir de receptor estacionado sobre uma estação base, cujas coordenadas são conhecidas. O posicionamento RTK poderá ser utilizado para determinação de vértices das classes C4 e C5 desde que apresentados os arquivos brutos de observação em formato RINEX.

Para o desenvolvimento do trabalho realizou-se um levantamento geodésico com o receptor GNSS (*Global Navigation Satellite System*) pelo método de posicionamento relativo semicinemático (*stop and go*), que se considera um método de transição entre o estático-rápido e o cinemático. O receptor que ocupa o vértice de interesse permanece estático, porém num tempo de ocupação bastante curto, necessitando coletar dados no deslocamento entre um vértice de interesse e outro.

Já o mapeamento e análise do setor foram desenvolvidos no *software* QGIS, onde confeccionou-se mapas que serviram para o gerenciamento das culturas implantadas e planejamento territorial das áreas que ainda podem ser instaladas novas cultivares.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Levando em consideração a precisão do método, deve-se dá devida atenção pelo fato que o mesmo pode não estar de acordo com os padrões estabelecidos na NTGIR 3ª Edição, e podendo, então, ocasionar alterações nos limites do imóvel em questão. Por esse motivo não é viável utilizar o método em locais que pode ter suas vias obstruídas. A precisão pode ser mais eficiente quando a duração das sessões de dados íntegros for maior e a mesma não tiver perdas de ciclos.

Nos dados coletados através do método pode-se confeccionar o mapa do setor AG-III (**Figura 2**) para futuras instalações, manejo das culturas existentes e gerenciamento da área:



Figura 02 – Mapa do Setor de Fruticultura (AG III) do IFTO – Campus Araguatins

No *software* utilizado pode-se planejar a implantação de novas culturas com espaçamento pré-estabelecido e dessa forma calcular o espaço usado e o que estará livre para uso. Bem como por meio de estudos mais elaborados pode-se desenvolver planos de agricultura de precisão, com base em mapas de fertilidade do solo, podendo-se dessa forma obter melhores resultados de colheita, bem como fazer recomendações de correção, adubação e fertilização do solo.

Por meio do mapa, pode observar que existem várias áreas passíveis a instalação de experimentos agrícolas, bem como implantações de novas estruturas para suporte de aulas e pesquisas.

Observou-se ainda que por meio do mapeamento da área pode-se realizar um melhor gerenciamento da área contando com o apoio das geotecnologias para uma melhor organização do espaço territorial.

#### 4 | CONCLUSÕES

Por meio dos resultados obtidos pelo levantamento geodésico e do mapeamento realizado no *software* QGIS pode-se classificar bem a eficiência das geotecnologias para uma agricultura moderna e um planejamento de qualidade, ressaltando que pode-se ainda acrescentar informações importantes para a cultura em questão, como declividade, umidade, temperatura e clima que podem ter influência direta na produção, podendo aumentar a lucratividade, se bem administrada.

A geotecnologia aplicada em terras agricultáveis está ganhando espaço e é interessante que os profissionais da área estejam adequados a essas atualizações e contribua para o bom desenvolvimento da agricultura local, distrital ou em maiores expansões.

A eficiência e atualização da agricultura ainda tem muito espaço para explorar

e a tecnologia está à disposição para ser usada e aplicada de forma útil e inteligente, que venha contribuir para a sociedade de maneira direta ou indireta.

## REFERÊNCIAS

CARVALHO, C.C.N. ROCHA, W.F. UCHA, J.M. Mapa digital de solos: Uma proposta metodológica usando inferência fuzzy/ **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campinas Grande, PB, v.13, n.1, p.46–55, 2009.

BRASIL. Aplicada à Lei 10.267, de 28 de agosto de 2001 e do Decreto 4.449, de 30 de outubro de 2002. **Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais**. Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária, novembro de 2003. Disponível em: <<http://legislacao.planalto.gov.br>>, Acessado em: junho de 2017

MARTINS, V. N.; MARCHETTI, M. E.; REIS, J. G. M. Uso de tecnologias para dimensionar a ambiência de precisão na agricultura. **A Revista Eletrônica da Faculdade de Ciências Exatas e da Terra Produção/construção e tecnologia**, Mato Grosso do Sul – MS, v. 4, n. 6, 2015.

MONICO, J. F. G. **Posicionamento pelo GNSS** – Descrição, fundamentos e aplicações. 2.ed. São Paulo: Editora UNESP, 2008.

PARANHOS FILHO, A.C. **Sensoriamento remoto ambiental aplicado**: introdução às geotecnologias: material didático/ Antonio Conceição Paranhos Filho. - Campo Grande, MS: Ed. UFMS, 2008. 198p.

SILVA, W. A.; CARVALHO, D. F.; VARELLA, C. A. A.; CEDDIA, M. B. Sistema de informação geográfica para mapeamento da renda líquida aplicado no planejamento da agricultura irrigada. **Eng. Agríc., Jaboticabal**, v.28, n.1, p. 76-85, 2008.

## O USO DA CASCA DA BANANA COMO ADSORVENTE RENOVÁVEL DE ÍONS METÁLICOS TÓXICOS

### **Adriana O. Santos**

Curso de Engenharia Química, Faculdade Única de Ipatinga, 35164-799 Ipatinga – MG, Brasil.

### **Danielle P. Freitas**

Curso de Engenharia Química, Faculdade Única de Ipatinga, 35164-799 Ipatinga – MG, Brasil.

### **Fabiane A. Carvalho**

Curso de Engenharia Química, Faculdade Única de Ipatinga, 35164-799 Ipatinga – MG, Brasil.

### **Fernando S. Melo**

Curso de Engenharia Química, Faculdade Única de Ipatinga, 35164-799 Ipatinga – MG, Brasil.

### **Juliana F. C. Eller**

Curso de Engenharia Química, Faculdade Única de Ipatinga, 35164-799 Ipatinga – MG, Brasil.

### **Stéphanie Calazans Domingues**

Curso de Engenharia Química, Faculdade Única de Ipatinga, 35164-799 Ipatinga – MG, Brasil.

### **Boutros Sarrouh**

Departamento de Química Biotecnologia e Engenharia de Bioprocessos, Universidade Federal de São João Del-Rei, 36420-000 Ouro Branco, MG

### **Willian A. Saliba**

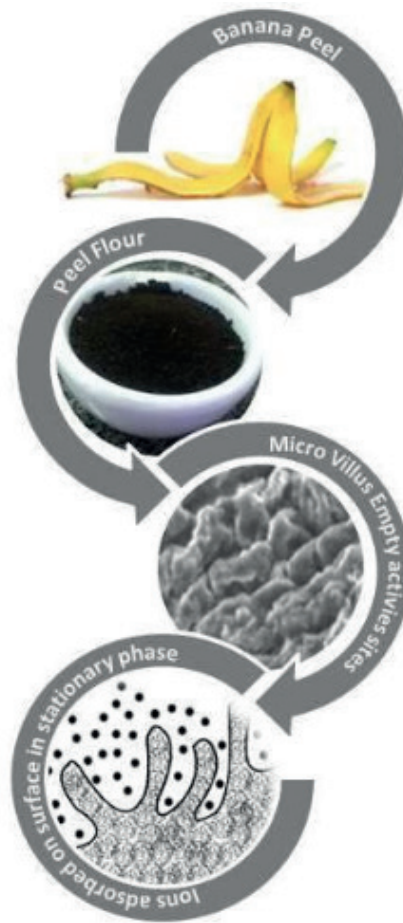
Curso de Engenharia Química, Faculdade Única de Ipatinga, 35164-799 Ipatinga – MG, Brasil.

### METALLIC IONS ADSORBENTS USING BANANA BARK AS RENEWABLE BIOMASS

**ABSTRACT:** The increase of industrial waste and the resulting water contamination, especially with metallic ions, which in high concentrations can be harmful to human health and the environment, require treatment processes that are efficient and affordable in cost. The adsorption with activated coal has been the most widely used method, but its high cost and difficulty of regeneration has generated interest in finding alternative adsorbents, also called biosorbents, which are low in cost and easy to access, such as the banana bark. From the production of the banana bark flour, we intend to test the adsorption capacity and efficiency in the removal of metallic ions using this biosorbent chemically modified with citric acid solution ( $C_6H_8O_7$ ) 0,3 M, *in natura*.

**KEYWORDS:** metal ions, biosorption, biosorbents, banana bark.





Graphical Abstract

Evaluation of the adsorption capacity and efficiency of chemically modified in natura banana bark for the removal of toxic metallic ions.

## INTRODUÇÃO

### Atuação da água na indústria

Considerando as várias etapas em um processo industrial, a água pode atuar como matéria prima, a qual é incorporada ao produto final, com possíveis variações em sua qualidade, superando até mesmo a do consumo humano (indústrias de bebida, cosméticos, conservas, entre outras). Pode também se comportar como fluido auxiliar no preparo de soluções químicas, reagentes químicos ou operações de lavagem, ou ser fonte de energia, através da transformação de energia cinética, potencial ou térmica presentes na água em energia mecânica e posteriormente em elétrica.<sup>17</sup>

A água pode ser também utilizada tanto em processos de limpeza de equipamentos, que requerem um grau de pureza elevado pela existência de processos intolerantes a microrganismos e outras substâncias químicas (indústrias farmacêuticas e fotográficas), quanto no aquecimento e , manganês, ferro, cobalto,

níquel, cobre, zinco, cádmio, mercúrio e o chumbo.

## Qualidade da água

A qualidade da água é o resultado de alguns fatores, como fenômenos e condições naturais e a interferência do homem. O contato com substâncias e impurezas do solo através do escoamento superficial ou infiltração da água, mesmo em bacias hidrográficas preservadas, as atividades humanas, como a geração de despejos domésticos e industriais e o uso de agrotóxicos, agregam partículas de sólidos em suspensão e íons dissolvidos provenientes da dissolução das rochas, assim como são responsáveis por introduzir compostos na água.<sup>22</sup>

A principal preocupação em relação à qualidade da água, durante muito tempo, restringiu-se a parâmetros estéticos e microbiológicos. O aumento das atividades industriais, a grande participação da água em seus processos e, conseqüentemente, o crescimento de substâncias químicas disponíveis no mercado e sua utilização constante nas indústrias, têm gerado um potencial de despejos industriais que, quando não tratados ou despejados de forma incorreta e unidos a despejos domésticos, tem contaminado de forma potencial os recursos hídricos com poluição orgânica, bacteriológica, física e química.<sup>12</sup>

Como os problemas referentes à poluição das águas ficaram mais complexos, foi necessária a criação de normas que regulamentassem a utilização dos recursos hídricos e o lançamento de efluentes nos corpos d'água. A Resolução CONAMA nº 430/2011 dispõe condições, parâmetros, padrões e diretrizes para gestão de lançamento de efluentes em corpos de água receptores, de forma que os resíduos industriais sejam despejados já tratados e a concentração do efluente não cause efeito deletério significativo aos organismos vivos em determinado tempo de exposição.<sup>3</sup>

No capítulo 3, da mesma Resolução, denominado, nas condições e padrões de qualidade das águas, determina-se que os parâmetros de qualidade das águas devem ser monitorados pelo Poder Público periodicamente, de forma que os resultados sejam analisados estatisticamente, considerando as incertezas de medição.

Dentre os contaminantes presentes nos efluentes, principalmente os de origem industrial, os metais são os que mais influenciam na perda da qualidade da água, já que são utilizados nas linhas de produção e acabam sendo parcialmente lançados em concentrações acima dos valores estabelecidos pelo CONAMA.

De acordo com o Artigo 16 da Resolução CONAMA nº 430/2011, os efluentes, de qualquer fonte poluidora, somente poderão ser lançados diretamente no corpo receptor se obedecerem às seguintes condições: pH entre cinco e nove, temperatura inferior a 40°C, materiais sedimentáveis com concentração 1 mL/L, regime de lançamento com vazão máxima de até 1,5 vezes a vazão média do período de atividade diária do agente poluidor, com exceção somente nos casos permitidos pelas autoridades competentes, e Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO 5 dias a

20°C) com remoção mínima de 60 %.<sup>3</sup>

A partir dos padrões de lançamento de efluentes, as respectivas concentrações máximas permitidas para os cátions e ânions mais encontrados estão descritas na Tabela 1.

<b>Metal</b>	<b>Valor máximo</b>
Arsênio total	0,5 mg L <sup>-1</sup> As
Bário total	5,0 mg L <sup>-1</sup> Ba
Boro total	5,0 mg L <sup>-1</sup> B
Cádmio total	0,2 mg L <sup>-1</sup> Cd
Chumbo total	0,5 mg L <sup>-1</sup> Pb
Cianeto total	1,0 mg L <sup>-1</sup> CN
Cianeto livre	0,2 mg L <sup>-1</sup> CN
Cobre dissolvido	1,0 mg L <sup>-1</sup> Cu
Cromo hexavalente	0,1 mg L <sup>-1</sup> Cr <sup>+6</sup>
Cromo trivalente	1,0 mg L <sup>-1</sup> Cr <sup>+3</sup>
Estanho total	4,0 mg L <sup>-1</sup> Sn
Ferro dissolvido	15,0 mg L <sup>-1</sup> Fe
Fluoreto total	10,0 mg L <sup>-1</sup> F
Manganês dissolvido	1,0 mg L <sup>-1</sup> Mn
Mercúrio total	0,01 mg L <sup>-1</sup> Hg
Níquel total	2,0 mg L <sup>-1</sup> Ni
Nitrogênio amoniacal total	20,0 mg L <sup>-1</sup> N
Prata total	0,1 mg L <sup>-1</sup> Ag
Selênio total	0,30 mg L <sup>-1</sup> Se
Sulfeto	1,0 mg L <sup>-1</sup> S
Zinco total	5,0 mg L <sup>-1</sup> Zn
Benzeno	1,2 mg L <sup>-1</sup>
Clorofórmio	1,0 mg L <sup>-1</sup>
Dicloroetano	1,0 mg L <sup>-1</sup>
Estireno	0,07 mg L <sup>-1</sup>
Etilbenzeno	0,84 mg L <sup>-1</sup>
fenóis totais	0,5 mg L <sup>-1</sup> C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH
Tetracloroeto de carbono	1,0 mg L <sup>-1</sup>
Tricloroetano	1,0 mg L <sup>-1</sup>
Tolueno	1,2 mg L <sup>-1</sup>
Xileno	1,6 mg L <sup>-1</sup>

Tabela 1. Valores máximos permitidos estabelecidos pelo CONAMA para cátions e ânions presentes em efluentes

(Art. 16, Resolução CONAMA n° 430/2011).

Quando esses íons estão presentes acima dos valores estabelecidos podem apresentar grande risco à saúde humana, podendo causar doenças e sérios problemas fisiológicos, uma vez que não são metabolizados pelo organismo e se tornam acumulativos. Sua toxicidade, dependendo da substância envolvida

e da intensidade da intoxicação, pode acarretar desde manifestações locais na pele, problemas pulmonares e intestinais, a distúrbios afetivos, câncer, irritação neuromuscular e desmaios. <sup>1</sup>

## **METAIS, SUAS PRINCIPAIS PROPRIEDADES E CARACTERÍSTICAS**

Os elementos classificados como metálicos possuem propriedades bem típicas e se ligam de um modo especial e particular, formando estruturas cristalinas de forma bem definida e brilho característico quando polida. Todos os metais têm uma característica em comum, pois os elétrons mais externos formam uma espécie de nuvem que permeia toda a sua estrutura, o que os caracteriza como materiais condutores de corrente elétrica e calor. Outro fator importante é sua capacidade de serem dúcteis e maleáveis ao mesmo tempo, o que dá a eles a facilidade de se transformarem em fios finos. <sup>10,13</sup>

Podem ser divididos em duas categorias, aqueles que em pequenas quantidades são essenciais no ciclo vital de algumas plantas e animais e participam de processos metabólicos importantes no organismo humano, sendo chamados de Oligoelementos ou Micronutrientes, e aqueles que não possuem função biológica e podem afetar a saúde humana como o cádmio e o chumbo, por exemplo. <sup>14,23</sup>

## **MÉTODOS PARA TRATAMENTO DE EFLUENTES**

A legislação ambiental e os padrões de qualidade de água mais exigentes, o aumento da concorrência, a busca pela redução dos custos de produção e pelo desenvolvimento sustentável, têm demandado o desenvolvimento de tecnologias mais limpas e a melhoria nos processos de tratamento de efluentes e reciclagem da água existente, objetivando o cumprimento da legislação ambiental vigente e o aumento da credibilidade frente ao mercado consumidor.<sup>9</sup>

Existem vários métodos que possibilitam a remoção e recuperação de íons metálicos em efluentes industriais, tais como, precipitação química, coagulação, floculação, oxidação, tratamento biológico, separação por membranas, troca iônica e adsorção. <sup>18</sup>

A adsorção é considerada um dos métodos mais importantes no controle de qualidade da água, tendo em vista que tem sido constantemente utilizada, tanto no tratamento de água de abastecimento, quanto na recuperação de águas contaminadas. Trata-se de um processo físico-químico, baseado na separação de componentes de uma mistura através da transferência de massa, na qual uma substância é acumulada em uma interface entre fases, de forma que o soluto seja removido de uma fase e acumulado na outra, explorando, dessa forma, a habilidade do líquido de se concentrar na superfície do sólido. <sup>2</sup>

Nos processos de adsorção de moléculas cria-se na interface sólido-líquida uma região de transição que contém aparentemente uma concentração de moléculas maior que no seio do líquido, sendo isto um indicativo da adsorção ou solvatação da superfície sólida. Portanto, na adsorção sólido-líquido, há uma substância diluída na fase líquida e o sólido adsorvente. Quando essas duas fases entram em contato, o composto que está diluído se difunde indo do seio da fase fluida para a superfície do sólido, de forma que a diferença de concentração entre a solução e a superfície do adsorvente seja a força motriz dessa difusão. <sup>21</sup>

Caso ocorra a adsorção entre as moléculas do líquido e do sólido, as moléculas adsorvidas poderão sofrer uma orientação específica, resultando-se em uma mudança da densidade, constante dielétrica ou outra propriedade física ou química perto da interface. O método convencional para se determinar as quantidades adsorvidas em um dado sistema é da medição da mudança da concentração do soluto na fase líquida. <sup>4,21</sup>

O primeiro passo para se alcançar a eficiência do processo é a escolha de um adsorvente com alto poder de adsorção e remoção do adsorvato. Logo, uma boa adsorção depende da alta área superficial do sólido e do volume dos poros, já que a estrutura dos poros limita as dimensões das moléculas que podem ser adsorvidas e a área superficial disponível limita a quantidade de material que pode ser adsorvido.

19

O carvão ativado é o adsorvente mais utilizado por possuir maior poder de adsorção, que ocorre quando as moléculas do contaminante a ser removido se aproximam da superfície do carvão e lá se alojam. Porém, seu alto custo e dificuldade de regeneração limitam seu uso, o que tem gerado um grande interesse pela busca de adsorventes de origem natural de baixo custo e fácil acesso como a casca de banana, o bagaço da laranja, o bagaço da cana de açúcar, entre outros. <sup>7</sup>

## Fatores que influenciam na adsorção

Além das interações intermoleculares, há outros fatores que também podem influenciar, como a área superficial do adsorvente, o tamanho da partícula, o tamanho dos poros, a temperatura, o pH, a concentração inicial e o tempo de contato entre o adsorvente e o adsorvato: <sup>8,20</sup>

- Temperatura: quanto menor a temperatura, maior é a quantidade adsorvida;
- Área superficial do adsorvente: quanto maior a área superficial disponível, maior será a quantidade de metal adsorvido;
- Tamanho dos poros: quanto maiores os poros do adsorvente, maior quantidade de metal será adsorvido;
- Concentração Inicial: a velocidade da adsorção é proporcional à concentração inicial;

- Tamanho das partículas: quanto menor o tamanho das partículas, maior é a área (superfície de contato) disponível, resultando em maior adsorção;
- Tempo de contato: varia de acordo com as forças e interações existentes no processo.

### **Etapas de adsorção**

O mecanismo de adsorção envolve quatro etapas interdependentes, que compreendem: <sup>11</sup>

1. Difusão das moléculas de adsorvato da solução para a superfície externa do adsorvente, denominado de camada limite;
2. Difusão das moléculas do adsorvato na superfície externa da partícula sólida através de interações moleculares;
3. Difusão pelos poros interconectados do adsorvato;
4. Interação do adsorvato com a superfície do adsorvente.

### **Bioadsorção ou biossorção**

O Brasil possui uma grande capacidade de produção agrícola, gerando um grande volume de resíduos que muitas vezes são descartados nos corpos d'água. A decomposição desses resíduos pode ocasionar a geração de vários compostos químicos e micro-organismos, podendo resultar em um desequilíbrio ambiental uma vez que eles podem contaminar o ambiente de maneira desequilibrada. A utilização desses resíduos agroindustriais como biossorventes para a remoção de agentes tóxicos de efluentes industriais pode reduzir os custos dos adsorventes comerciais e é vantajoso economicamente e do ponto de vista ambiental. <sup>8,20</sup>

A bioadsorção é um método que utiliza biomassas, termo utilizado para denominar materiais alternativos, como resíduos agrícolas (sabugo de milho, serragem de madeira, mesocarpo de coco, bagaço de cana-de-açúcar e casca da banana) e materiais orgânicos que podem ser utilizados para a geração de combustíveis de forma direta ou indiretamente e para remoção de contaminantes orgânicos. Esse processo é o resultado de interações eletrostáticas e também da formação de complexos entre os íons metálicos e os grupos funcionais presentes na superfície da biomassa. <sup>4</sup>

É um método alternativo de tratamento que tem despertado interesse pelo fato de associar baixo custo e grande capacidade de retenção de metais. A sua eficiência está relacionada com o tipo de adsorvente utilizado e mecanismos físico-químicos como tipo do metal e sua forma iônica na solução e o tipo de ligação responsável pela retenção do metal. Logo, esse método tem apresentado boa capacidade de adsorção para diversos íons metálicos, e os biossorventes podem ser utilizados tanto na forma *in natura* quanto modificados por algum agente químico que possibilite o



aumento do seu poder de adsorção. <sup>6</sup>

Sendo assim, a técnica de bioadsorção pode ser considerada superior tanto para o tratamento e reutilização da água, quanto pela regeneração de alguns adsorventes ao final do processo. O adsorvente natural que será utilizado e apresentado é a casca de banana.

A farinha da casca da banana não possui aplicação no setor industrial, tem 65 % de umidade, 35 % de amido, 31 % de açúcares totais, 13 % de cinzas, 10 % de lipídeos, 8,80 % de proteínas, vários grupos funcionais que indicam a presença de celulose, lignina, ácido pécico, ácidos orgânicos e ésteres amílicos pequenos, apresenta grande número de sítios de adsorção já ocupados por íons metálicos adsorvidos durante a formação da fruta, sendo assim, para que a adsorção possa ocorrer de forma mais eficiente, é necessário liberar o maior número de sítios ocupados.<sup>15</sup>

O processo de adsorção acontece através de troca-iônica entre as espécies em solução e o hidrogênio, presentes então nos ácidos orgânicos que formam os sítios ativos de sorção do bioadsorvente e nos ácidos pécticos. Alguns biomateriais, no processo de adsorção têm a capacidade de reter íons metálicos, podendo assim ser modificado quimicamente com soluções apropriadas. Quando isso acontece a capacidade de adsorção pode aumentar e o ácido cítrico é utilizado com esse objetivo. Utiliza-se também ácido clorídrico a fim de desobstruir orifícios com ligeira presença de íons metálicos. <sup>7</sup>

## PARTE EXPERIMENTAL

### Vidrarias utilizadas

Na Tabela 2 estão descritas as vidrarias utilizadas em todo o processo.

Vidrarias utilizadas	Unidade de medida
Balão volumétrico de fundo chato	1000 mL
Béquer	25 mL
Béquer	100 mL
Béquer	250 mL
Béquer	600 mL
Bastão de vidro	-
Pipeta graduada	2mL
Kitassato	125 mL
Erlenmeyer	50 mL
Erlenmeyer	75 mL
Erlenmeyer	250 mL
Funil	50 mm
Funil	75 mm

Tabela 2. Vidrarias utilizadas

Fonte: Autores.

### Produção da farinha da casca da banana

Coletaram-se cascas de banana maduras em lanchonetes de Açaí da região do Vale do Aço. As cascas de bananas deram origem a tipos de farinha, Tipo A e Tipo B, pois, passaram por processos de secagem distintos. A farinha Tipo A, primeiramente, foi seca ao sol por 48 horas e, posteriormente, na estufa a uma temperatura de 160 °C por aproximadamente duas horas. Já a farinha Tipo B passou por secagem somente na estufa a 160 °C por aproximadamente 16 horas. A etapa de secagem tem como principal objetivo retirar umidade das cascas de banana, sendo essencial para o processo de fabricação da farinha.

Os materiais secos, tanto Tipo A, quanto Tipo B, foram triturados em liquidificador e dispersos em solução de HCl 0,05 M a temperatura ambiente por aproximadamente 10 minutos. Após este tempo, as farinhas foram lavadas com água deionizada exaustivamente, secas por mais 12 horas em estufa a 160 °C, e devidamente identificadas. Produziram-se 604,63 g de farinha Tipo A e 533,53 g de farinha Tipo B, sendo que metade de cada tipo foi utilizada na sua forma *in natura*, e o restante foi modificado quimicamente. Os tipos de farinha foram identificados como descritos na Tabela 3.

Farinha Tipo A (Sol/ Estufa)		Farinha Tipo B (Estufa)	
<i>In Natura</i>	Modificada	<i>In Natura</i>	Modificada
FINA	FMA	FINB	FMB

Tabela 3. Identificação das amostras Tipo A e Tipo B: In natura e Modificada Quimicamente

Fonte: Autores.

Para preparar a farinha modificada quimicamente, as farinhas *in natura* do Tipo A e Tipo B foram dispersas em solução de ácido cítrico 0,3 M até que toda a farinha fosse coberta pelo líquido. A mistura foi mantida na estufa a 90 °C por 24 h e em seguida por mais 90 min com um aumento da temperatura para 125 °C. O material retirado do aquecimento foi lavado exaustivamente com água deionizada e seco por mais 24 h na estufa, formando, assim, a farinha da casca da banana modificada quimicamente Tipo A e Tipo B. A Figura 1 e Figura 2 apresentam um fluxograma da fabricação das farinhas *in natura* e modificada quimicamente para os Tipos A e B, respectivamente.

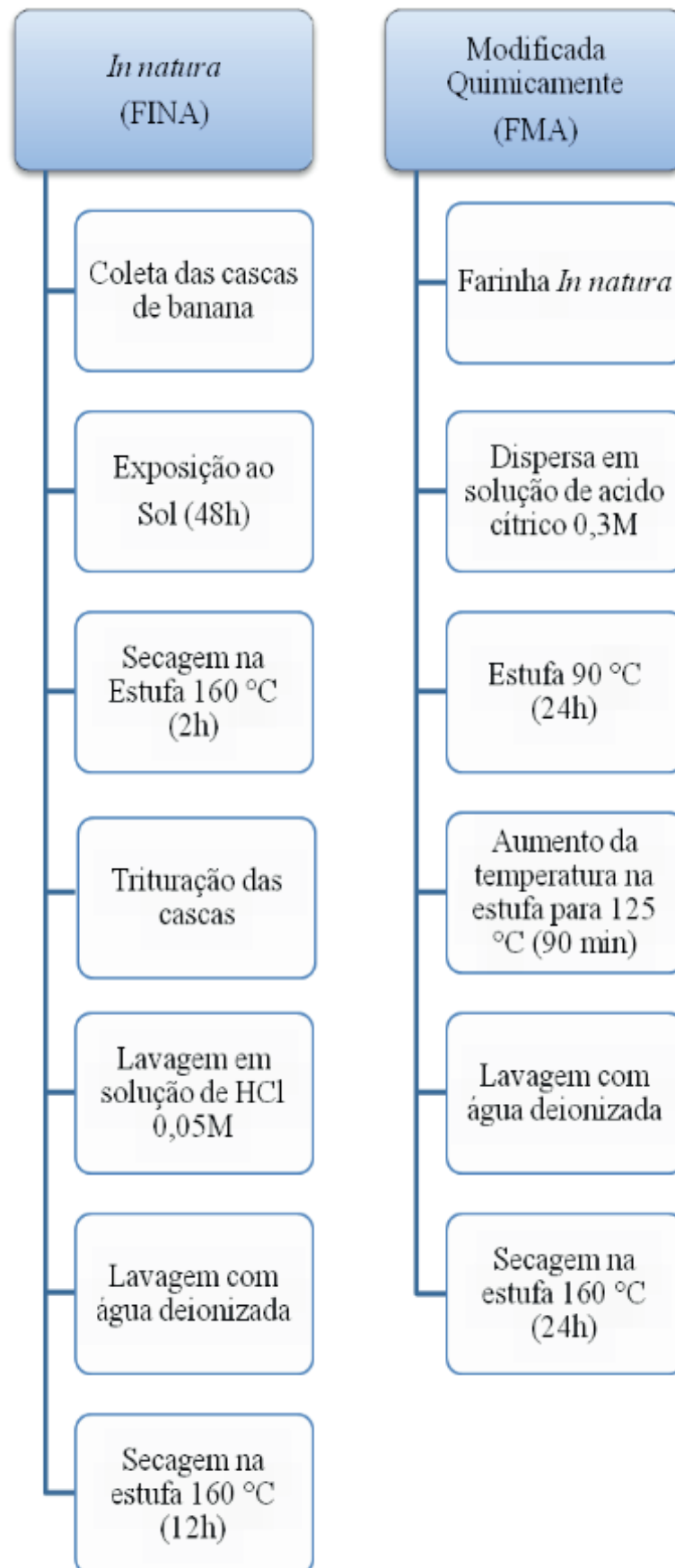


Figura 1. Fluxograma de fabricação da farinha da casca da banana Tipo A (Fonte: Autores)

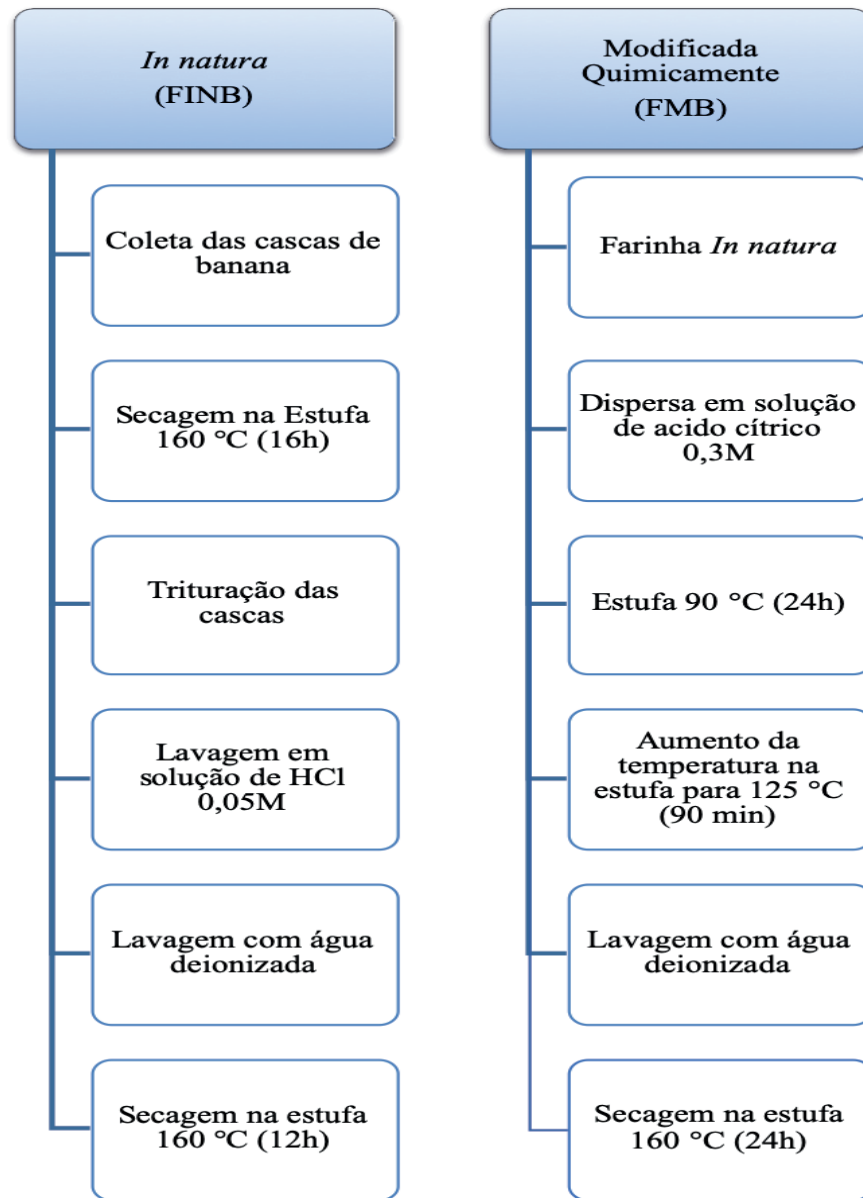


Figura 2. Fluxograma de fabricação da farinha da casca da banana Tipo B (Fonte: Autores)

Para evitar uma possível absorção de umidade do ar pelas farinhas, ao final do processo de fabricação, as mesmas foram armazenadas em béqueres em um dessecador até a realização de todos os testes.

## Testes de adsorção utilizando as farinhas da casca da banana Tipo A e Tipo B

### *Materiais utilizados*

Os materiais utilizados na etapa de testes foram béqueres, bureta, balão volumétrico, espátulas, kitassatos, bastões de vidro, funis de vidro, funis de porcelana, papéis de filtro melita, papéis de filtro qualitativos, papéis de pH, agitador da marca KUIMIS, ímã para o agitador, filtro a vácuo QUIMIS, balança shimadzu modelo AY220 de peso máximo 220 g e estufa.

### *Soluções utilizadas nos testes*

Preparou-se 2,5 litros de solução de nitrato de cádmio  $1 \cdot 10^{-3}$  M e 2,5 litros de nitrato de chumbo II  $1 \cdot 10^{-3}$  M.

Com as soluções de cada metal já previamente preparadas e armazenadas em balões volumétricos de um litro, utilizaram-se das seguintes análises adimensionais para determinar a quantidade necessária de solução para cada teste.

$$\begin{aligned}\text{Equação (7)} &= \text{volume de solução (mL)} / \text{quantidade de testes para cada solução} \\ &= 1000 / 6 \\ &= 166,67 \text{ mL}\end{aligned}$$

Logo, foram utilizadas nos testes com a farinha da casca da banana as soluções de nitrato de cádmio e nitrato de chumbo II, ambas de concentração  $1 \cdot 10^{-3}$  M.

### *Realização dos testes*

Os testes foram realizados utilizando-se o mesmo procedimento, tanto para a farinha do Tipo A quanto para a farinha do Tipo B. Basearam-se na pesagem de 20 g da farinha em um béquer, no qual se acrescentou a solução com íons metálicos, mediu-se o pH e, em seguida, colocou-se a mistura em um agitador durante duas horas. Após o tempo de agitação, a solução com a farinha passou por uma primeira etapa de filtração com papel de filtro tamanho 103.

O precipitado retido no papel foi devidamente descartado e a solução do filtrado foi remetida a uma segunda etapa de filtração no filtro a vácuo, onde se utilizou papel de filtro qualitativo, para retirar possíveis impurezas ainda presentes, mesmo após a primeira filtração.

Os testes foram realizados em triplicata com a farinha *in natura* e com a farinha modificada quimicamente tanto utilizando a solução de nitrato de cádmio quanto a solução de nitrato de chumbo II, resultando em 12 amostras. Como se produziram dois tipos de farinha, os 12 testes foram realizados com a farinha Tipo A e com a farinha Tipo B, ocasionando 24 amostras de filtrados.

Com o objetivo de verificar se as etapas de testes poderiam alterar de alguma forma nos parâmetros a serem analisados posteriormente através dos resultados, como concentração inicial e pH, fez-se o teste somente com as soluções de nitrato de cádmio e nitrato de chumbo II, sem que estas houvessem entrado em contato com as farinhas, gerando mais duas amostras, denominadas de branco, resultando dessa forma 26 amostras.

Foi necessário realizar o procedimento de decomposição da matéria orgânica para evitar possíveis interferências na leitura do equipamento de ICP OES, submetendo as amostras à digestão por via úmida, em que foram medidos 50 mL de

cada amostra já filtrada, e em seguida transferidos para béqueres de 100 mL. Logo após, estas foram levadas para a capela de exaustão, onde se adicionaram 2,5 mL de ácido nítrico.

Ainda na capela as amostras foram aquecidas em uma chapa a temperatura de 110 °C até que seu volume fosse reduzido a aproximadamente 20 mL, permanecendo em observação constante para assegurar a não ebulição das mesmas.

Em seguida, as amostras foram transferidas primeiramente para uma proveta de 50 mL com o auxílio de um funil, e aferidas com água deionizada até o menisco. Posteriormente, foram transferidas para béqueres de 100 mL devidamente homogêneos, finalizando o processo. Além das 26 amostras, foram retiradas duas alíquotas das soluções iniciais de nitrato de cádmio e nitrato de chumbo II, respectivamente. As 26 amostras, juntamente com as duas alíquotas, foram armazenadas em vidros âmbar de 20 mL, totalizando 28 amostras. As mesmas foram encaminhadas ao laboratório do departamento de solos da Universidade Federal de Viçosa para análise.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Relação entre a concentração inicial e o branco

De acordo com o Gráfico 1, foi possível verificar que ao relacionarmos a concentração inicial das soluções com o branco, tanto para solução com íons de cádmio quanto para a solução com íons de chumbo, ocorreu uma redução da concentração com uma variação muito pequena, não interferindo de forma significativa no procedimento de adsorção do metal pela farinha.

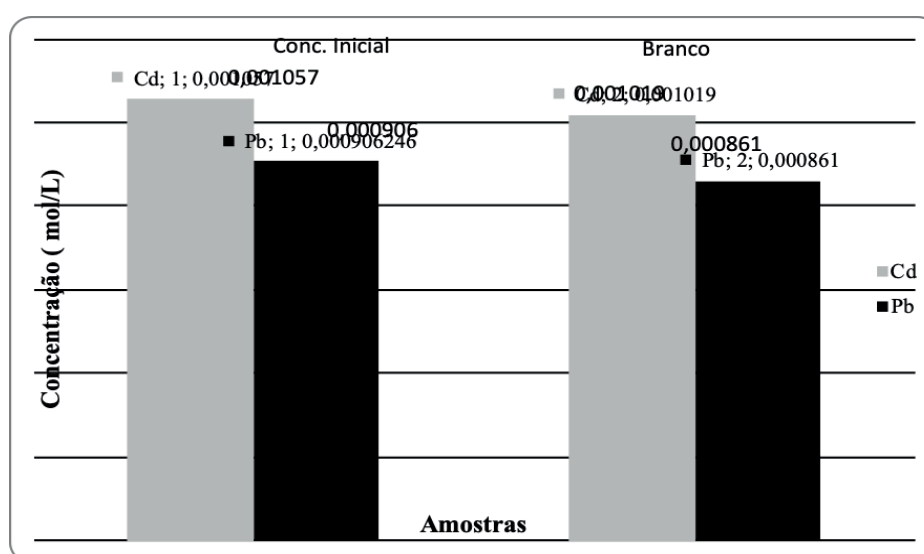


Gráfico 1. Relação entre a concentração inicial e o branco (Fonte: Autores)



### Análise das amostras da farinha *in natura*

De acordo com o Gráfico 2, a farinha *in natura* tipo A foi mais eficiente na remoção de íons de cádmio, apresentando 92,8% de adsorção enquanto a farinha *in natura* tipo B foi mais eficiente na remoção de íons de chumbo, com 97% de adsorção.

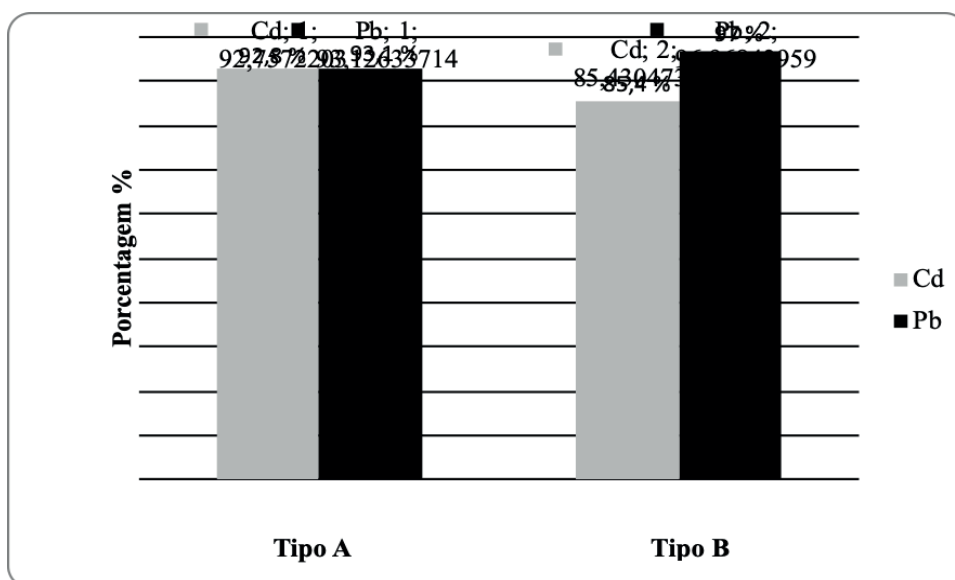


Gráfico 2. Adsorção dos metais pela farinha *in natura* (Fonte: Autores)

### Análise das amostras da farinha quimicamente modificada

Como está descrito no Gráfico 3, a farinha modificada quimicamente, tanto tipo A quanto tipo B apresentaram maior eficiência na remoção de íons de chumbo, com 91,9% e 94,5% de adsorção, respectivamente. Na remoção de íons de cádmio, a farinha modificada tipo A foi mais eficiente.

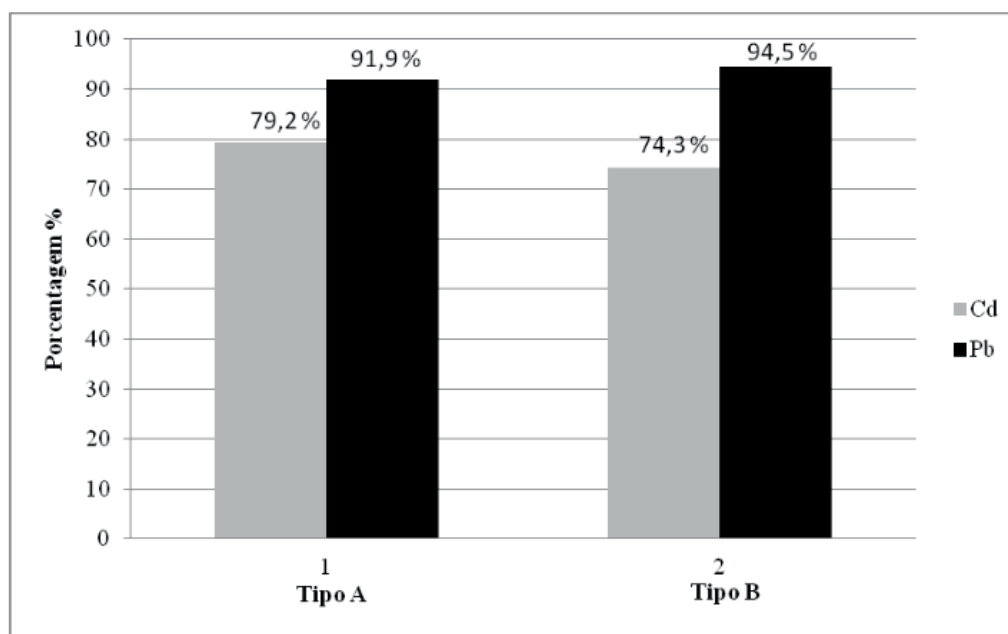


Gráfico 3. Adsorção dos metais pela farinha modificada (Fonte: Autores)

### Análise geral das amostras

No Gráfico 4, está descrita a média de todos os resultados obtidos através da análise no ICP OES em concentração ( $\text{mol L}^{-1}$ ), em que a redução desta comprovou a adsorção dos metais pela farinha. Os melhores resultados para adsorção de íons de chumbo foram das amostras, nas quais se utilizou a farinha do Tipo B (Estufa), que, por sua vez, alcançou a maior porcentagem de adsorção tanto do metal chumbo pela farinha, quanto em relação a todos os outros testes realizados, equivalendo assim, a um aproveitamento de 94,5 % (modificada) e 97 % (*in natura*); enquanto que os maiores resultados para adsorção de íons de cádmio se deram com o emprego da farinha Tipo A (sol/estufa), atingindo um valor de adsorção do metal cádmio pela farinha de 79,2 % (modificada) e 92,8 % (*in natura*).

Portanto, o chumbo foi adsorvido com mais eficiência pela farinha do que o cádmio e a farinha *in natura* apresentou excelente capacidade de reter metais em solução. Dessa forma, deduz-se que o ácido nítrico, agente químico utilizado na modificação da farinha, não foi efetivo na desobstrução dos poros da farinha, como esperado.

Em relação à produção da farinha na etapa de secagem, no qual se produziram dois tipos de farinha, compreendidos o Tipo A (sol/estufa) e o Tipo B (Estufa), ocorreram ótimos resultados com os dois tipos. Logo, a diferença na etapa de secagem não alterou significativamente a capacidade da farinha de adsorver metais.

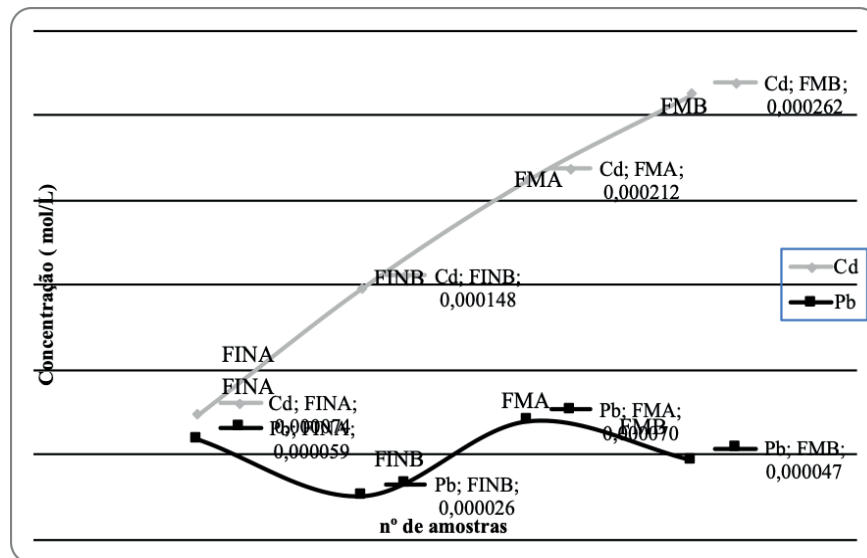


Gráfico 4. Análise geral das amostras (Fonte: Autores)

### Análise do pH das amostras

O valor ideal de pH para alcançar boa eficiência do processo de adsorção varia entre três e cinco.<sup>7</sup> Como é possível perceber através do Gráfico 5 todas as amostras apresentaram faixa de pH ideal para ocorrência de adsorção e apesar de o pH da solução inicial contendo cádmio ter sido seis, ao incorporar a farinha, o pH se tornou ideal em todas as amostras, com exceção de uma das amostras da farinha *in natura* tipo A. Porém, essa faixa de pH não prejudicou a adsorção dessa amostra de farinha.

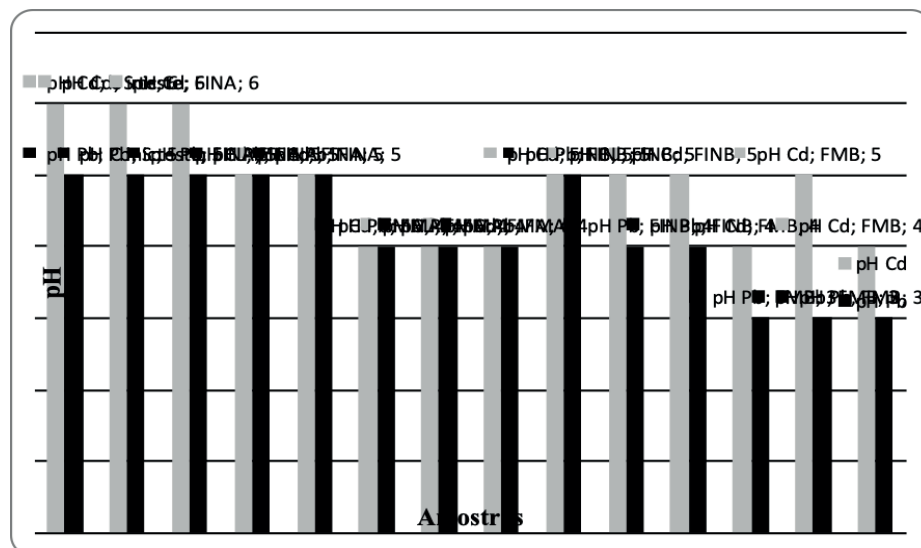


Gráfico 5. Análise do pH das amostras (Fonte: Autores)

### CONCLUSÃO

Pela análise de todos os dados apresentados, percebeu-se que os dois métodos de preparação da farinha foram adequados, tendo em vista que a farinha da casca

da banana *in natura* apresentou excelentes resultados de adsorção de forma geral e a farinha modificada quimicamente com solução de ácido nítrico, que demonstrou baixa eficiência como agente químico, apresentou bons resultados, apesar de se esperar que estes fossem melhores do que os da farinha *in natura*.

Considerou-se que a casca da banana, o biossorvente utilizado, é de fácil acesso, possui baixo custo e apresentou excelentes resultados devido as suas propriedades e sítios ativos. Têm-se dessa forma, um método de biossorção de grande potencial a ser utilizado e explorado.

## REFERÊNCIAS

1. Andreoli, V. C.; Sperling, V. M.; Fernandes, F.; *Lodo de esgotos: Tratamento e disposição final*, 1<sup>th</sup> ed., Belo Horizonte, 2001.
2. Boniolo, R. M.; *Dissertação de Mestrado em Ciências na área de Tecnologia Nuclear*, Universidade de São Paulo, Brasil, 2008.
3. BRASIL. Lei nº 6938, de 31 de Agosto de 1981. Dispõe sobre condições, parâmetros, padrões e diretrizes para gestão do lançamento de efluentes em corpos de água receptores, alterando parcialmente e complementando a Resolução nº 357, de 17 de Março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente, Resolução nº 430, de 13 de Maio de 2011.
4. Chaves, F. T. *et al.*; *Química nova*, **2009**, 32, 1378-1383.
5. Cervelin, C. P.; *Dissertação de Mestrado em Engenharia Química na área de concentração em Desenvolvimento de Processos*, Universidade do Oeste do Paraná, Brasil, 2010.
6. Cossich, S. E.; *Dissertação de Doutorado em Engenharia Química*, Universidade Estadual de Campinas, Brasil, 2000.
7. Cruz, F. R. A. M.; *Dissertação de Pós-graduação em Química dos Recursos Naturais*, Universidade Estadual de Londrina, Brasil, 2009.
8. Dotto, L. G. *et al.*; *Química Nova*, **2011**, 34, 1193-1199.
9. Fernandes, P.; Oliveira, N. P. A.; Hotza, D.; *Cerâmica Industrial*, **2003**, 8, 26-34.
10. Guerra, F.; Raggazzi, M.; *Química*, **2013**, 2, 112.
11. Homem, M. E.; *Dissertação de Mestrado em Engenharia Química*, Universidade Estadual de Campinas, Brasil, 2001.
12. Jimenez, S. R.; Bosco, D. M. S.; Carvalho, A. W.; *Química Nova*, **2004**, 27, 734-738.
13. Junior, S. C.; Sasson, S.; Sanches, B. S. P.; *Ciências: Entendendo a natureza: a matéria e a natureza*, 23<sup>th</sup> ed., Saraiva, 2009.
14. KAWAI, B. *et al.* Disponível em <<http://ambientalsustentavel.org/2012/poluicao-ambiental-por-metais/>>. Acessado em Outubro de 2013.

15. Lima, B. G. A.; Nebra, A. S.; Queiroz, R. M.; *Revista brasileira de Produtos Agroindustriais*, **2000**, 2, 87-101.
16. Mierzwa, J. C.; Hespanhol, I.; *Tese de Doutorado*, Universidade de São Paulo, Brasil, 2005.
17. Mierzwa, J. C.; *Tese de Doutorado em Engenharia na área de Engenharia Hidráulica e Sanitária*, Universidade de São Paulo, Brasil, 2002.
18. Montanher, F. S.; *Tese de Pós-graduação em Química*, Universidade Estadual de Maringá, Brasil, 2009.
19. Nunes, L. D.; *Dissertação de Mestrado em Ciências de Alimentos*, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil, 2009.
20. Royer, B.; *Dissertação de Mestrado em Química*, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil, 2008.
21. Silveira, V. S.; *Dissertação de Mestrado em Engenharia Química*, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil, 2001.
22. Sperling, V. M.; *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*, 2<sup>th</sup> ed., Belo Horizonte, Brasil, 1996.
23. Vaghetti, P. C. J.; *Tese de Doutorado em Química*, Universidade Federal do Rio Grande do Sul Instituto de Química, Porto Alegre, Brasil, 2009.

## STATIC MAGNETIC TREATMENT OF IRRIGATION WATER ON DIFFERENTS PLANTS CULTURES IMPROVING DEVELOPMENT

### Yilan Fung Boix

Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado (CNEA), Universidad de Oriente (UO), Santiago de Cuba - Cuba

### Albys Ferrer Dubois

Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado (CNEA), Universidad de Oriente (UO), Santiago de Cuba - Cuba

### Elizabeth Isaac Alemán

Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado (CNEA), Universidad de Oriente (UO), Santiago de Cuba - Cuba

### Cristiane Pimentel Victório

Fundação Centro Universitário Estadual da Zona Oeste (UEZO)  
Rio de Janeiro - RJ, Brasil

### Rosani do Carmo de Oliveira Arruda

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS)  
Campo Grande - MS, Brasil

### Ann Cuypers

Environmental Science. Hasselt University.  
Bélgica

### Natalie Beenaerts

Environmental Science. Hasselt University.  
Bélgica

### Jorge González Aguilera

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS),  
Campus Chapadão do Sul - MS, Brasil

### Alan Mario Zuffo

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

(UFMS)

Campus Chapadão do Sul - MS, Brasil

**ABSTRACT:** The need of increase food production in Cuba has to look for cultivation methods and tools to develop this sector in the country. Among these techniques is the application of magnetically treated water (MTW) or magnetic fields (MF) in the stimulation of the development of different crops. This work shows a part of the research that has been carried out in Cuba related to the application of MTW and MF in agriculture. It was compiled the main results obtained in studies with medicinal plant and vegetable cultures. The beneficial effects of MTW and MF application were observed on different plant species of economic interest as *Rosmarinus officinalis* L. (Lamiaceae) and *Solanum lycopersicum* L. (Solanaceae). Responses varied according to plant species, magnetic inductions and exposure times tested, as well as in function of different experimental conditions (*in vitro*, greenhouse and field). Results evidenced the potential of MTW and MF techniques in the plant development and, consequently, in productivity and survival of different plant species; thus a simple technique and without electric energy consumption.

**KEYWORDS:** magnetically treated water, vegetables, magnetic field, medicinal plants,

static magnetic field.

## TRATAMENTO MAGNÉTICO ESTÁTICO DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO EM DIFERENTES CULTURAS DE PLANTAS MELHORAM O DESENVOLVIMENTO

**RESUMO:** Em vista da necessidade de aumentar a produção de alimentos em Cuba, a procura por métodos e ferramentas de cultivo visa ao desenvolvimento da agricultura no país. Dentre essas técnicas está a aplicação de água tratada magneticamente (ATM) ou campos magnéticos (CM) na estimulação do desenvolvimento de diferentes cultivos. Esse trabalho mostra uma parte das pesquisas que têm sido realizadas em Cuba, relacionadas a aplicação de ATM e CM na agricultura. Foram compilados os principais resultados obtidos em experimentos com plantas medicinais e hortaliças. Verificou-se o efeito benéfico da aplicação de ATM e CM em diferentes espécies vegetais de interesse econômico, como *Rosmarinus officinalis* L. (Lamiaceae) e *Solanum lycopersicum* L. (Solanaceae). As respostas variaram conforme a espécie vegetal, a indução magnética e os tempos de exposição, assim como, em função das diferentes condições de experimentação (*in vitro*, casa de vegetação e campo). Os resultados mostraram o potencial que tem a aplicação de ATM e CM no desenvolvimento vegetal e conseqüentemente no aumento da produtividade e sobrevivência de diferentes espécies vegetais; sendo uma técnica simples e sem consumo de energia elétrica.

**PALAVRAS-CHAVE:** água tratada magneticamente, hortaliças, campo magnético, plantas medicinais, campo magnético estático.

### 1 | INTRODUCTION

Climate changes may result in increases in temperatures with severe heatwaves, alteration in rainfall patterns, affect a variety of factors associated with drought; as well the disruption of the water cycle (SCHIERMEIER, 2018). These changes decrease water availability for irrigation causing negative impacts on agricultural sector and reduce productivity. The water is a crucial source for the ecologic relationship and agricultural systems. Large quantities of water are used in crop production (PIMENTEL *et al.*, 2004). Long term and frequent droughts and competing water demands in most parts of the world have caused pressure on water resources and is a limiting factor in the initial phase of plant growth and establishment (YADOLLAHPOUR *et al.*, 2014; BAGHEL *et al.*, 2018). Therefore new strategies to reduce consumption of water is highly desirable.

Among the measures applied in agriculture to mitigate the effects of water shortages is the use of magnetic fields (MFs) in irrigation water of plant crops. Magnetically-treated water (MTW) is a promising agricultural technology, offering a wide range of benefits: removal of excess soluble salts/desalinization, lowering of pH values, and the dissolving of slightly soluble components such as phosphates,



carbonates and sulfates (ZLOTOPOLSKI, 2017). Various studies have revealed that magnetic treatment of irrigation water can conserve quantity and quality of water and crop yield (MÉNDEZ *et al.*, 2005; HERNÁNDEZ, 2010; BOIX *et al.*, 2012; DUBOIS *et al.*, 2013; AGUILERA AND MARTÍN, 2016; NYAKANE *et al.*, 2018). Pang *et al.* (2012) demonstrated when water is exposed to MFs, the macroscopic properties of magnetically treated water are due to the variations of distribution and microscopic structures of water molecules. For example, the distribution of electrons, displacements of atoms and polarization of molecules, dipole-moment of transition and vibrational states of molecules, under the action of MF. Also in Pang's theory, showed the treatment in the water is thought to be caused by the changes of distribution and features of water molecules arising from the magnetic interactions among the "molecular electric current" elements, which is generated by the proton conductivity in the closed hydrogen-bonded chains of water molecules under the action of Lorentz force of the MF, based on the theories of proton conductivity in hydrogen bonded systems of ice, if water is exposed to a MF. These effects can be measure by infrared spectra.

Many plant species have subjected to irrigation with MTW, varying expositions times, magnetic induction, and magnetic advises. According to Maffei (2014) it proposes that positive effects are promoted in the growth and development of many crops such as *Glycine max* L., *Zea mays* L., *Vicia faba* L. (Fabaceae). Reports show that exposure to MF improve physiological and morphological features of plants (SHINE *et al.*, 2011). Magnetic field also have applied as strategies to enhance secondary metabolite production (SHANG *et al.*, 2004; BOIX *et al.*, 2016; 2018)

In Cuba, the magnetic field (MF) was used in agriculture from the year 1990 onwards. Different researches allowed to corroborate the beneficial effects of the application of MF in *in vitro* (ALEMÁN *et al.*, 2018) and field conditions (MÉNDEZ *et al.*, 2005; HERNÁNDEZ, 2010; BOIX *et al.*, 2012; DUBOIS *et al.*, 2013; AGUILERA and MARTÍN, 2016; AGUILERA *et al.*, 2018), and thus recommended their use in different systems of food production.

The foundation of National Center for Applied Electromagnetism (CNEA), in Cuba, allowed the targeting of researches, protocols and methods aimed at the applications of magnetic fields in plant systems. In this institution every two years there is a meeting that has been internationally recognized by the wide participation of Cuban and foreign researchers related to this theme. Thus, the applications of magnetic fields result in a sustainable strategy that allows the increase of horticultural productions in the conditions of Cuba and other countries such as Russia, India, China, Japan and Australia.

Magnetic field is and efficient and eco-friendly technology based on physical treatments. This study gather culture plants subject to effects of water irrigation with static magnetic field (SMF) - experiences in Cuba, as one of the techniques that improve plant development and, consequently, productivity with low disturbance to

the environment.

## 2 | MATERIAL AND METHODS

The experimental work was carried out in different production systems such as greenhouse, protected crop houses, experimental plots, in association with the *Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado* (CNEA), National Center for Applied Electromagnetism, that belongs to the University of Oriente (UO) in Cuba.

The CNEA is an Entity of Science, Technology and Innovation, attached to the Universidad de Oriente. Its mission is to investigate, innovate and develop technologies, applying electromagnetism to achieve impacts in industry, health, the environment and agriculture. Specifically for use in agriculture, devices for electromagnetic field (EMF) treatment are designed, constructed and characterized. Among the devices that generate EMF are the permanent magnet conditioners according to the protocol of (GILART *et al.*, 2013), they generate a static magnetic field (SMF), stationary or constant, with a frequency of 0 Hz and different magnetic inductions (Figure 1, Table 1)

This study was evaluated with two treatments: 1) irrigation water without magnetic treatment (control) and another with irrigation water treated with SMF (Figure 1). The magnetic conditioner employed was built and rated CNEA. Magnetic induction (mT) of irrigation water varied in different crops (Table 1). The application of this technology and evaluation of plant development followed methodologies of the good practices, the time of irrigation was 30 minutes, twice a day, accompanying every productive cycle. Plants studied are popularly used as medicinal or in food preparation.

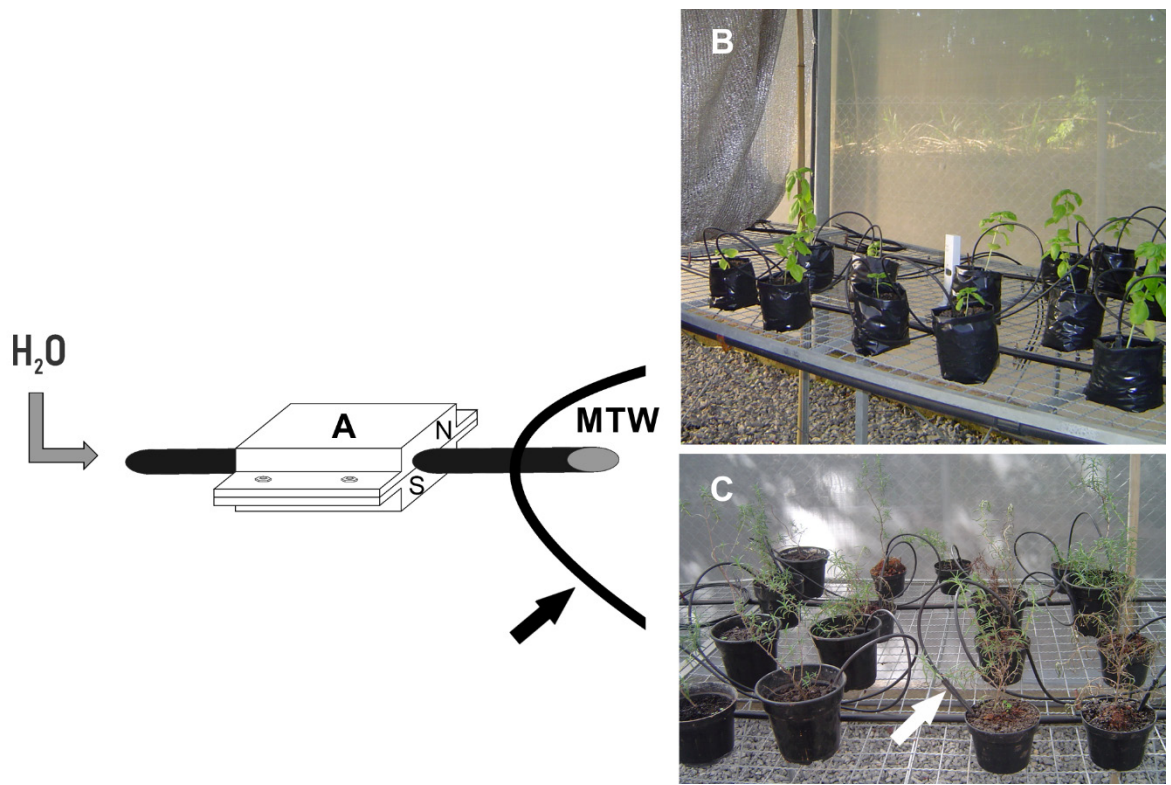


Figure 1. Cultures subject to irrigation treated with static magnetic field. **A.** Magnetic conditioner with permanent Iman: N – North and S- South pole. **B.** Culture of *Origanum majorana* irrigated with water treated magnetically (WTM) (100-150 mT). **C.** Culture of *Rosmarinus officinalis* (rosemary) irrigated with WTM (100-150 mT). Arrows indicate garden hose.

### 3 | RESULT AND DISCUSSION

The development of practices that contribute to the best use of water in the present times is necessary, in the face of the challenges associated with climate change. Cuba as an island located in the Caribbean Sea with a tropical climate, maintains a constant effort to develop agriculture in the middle of the limitations that the country has today. This development is only possible if practices are applied that improve the use of the soil and the water resource, associated with management practices that potentiate the agricultural production. Based on this need, the use of magnetic fields is an important tool that has been implemented in several sectors of the economy, with agriculture being one of the most striking results.

The main results obtained in experiments with the application of magnetically treated water are shown in Table 1. Several species of plants were evaluated in works that have been conducted since 1990 until today, carried out by a group of researchers mainly of the CNEA and the Institute of Investigations Jorge Dimitrov, both research centers renowned nationally and internationally.

The work carried out has been focused on crops of national and strategic interest, such as tomato, coffee, pineapple, and medicinal plants (Table 1). Several combinations of magnetic induction and exposure times were evaluated in the different cultures, and the responses were dependent on the culture, which at one point requires more than one test to determine the best treatment. The magnetic

inductions employed in the works that are sampled in Table 1 ranged from 2 to 200 mT. The works were carried out in several conditions, highlighting evaluations in in vitro conditions, greenhouses and field. Among the crops the most explored has been the tomato, with experiments ranging from the stimulation of the seed to stimuli in the field production and controlled conditions.

When considering the variables tested, it is possible to observe how certain variables related to the vegetative, productive and enzymatic development of different crops were obtained, all of them positive effects when compared to the magnetic treatment in the irrigation water and the treatment direct from seeds in relation to control. Among improve features in plant development, we indicate the height of shoot, quantity of trichomes, variation in primary and secondary metabolites production as terpenes, carbohydrates, and phenolic compounds. The magnitude of the effects obtained is variable and in response to the combination of magnetic inductions, exposure times, plant species and type of treatment (treated water or direct magnetic field).

Changes in the physicochemical properties of MTW affect directly or indirectly several physiological processes in plants, altering responses to growth and development (ZÚÑIGA *et al.*, 2016). All the experiments show the potential of this technique of applying magnetic fields in the development of the productive potential of crops with the use of this simple technique but energy consumption.

Plant species (Family)	Magnetic induction (mT)	Effects	Production system	Reference
<i>Adenanthera pavonina</i> L. (Fabaceae)	~ 95	Increase in the survive; diameter and height of shoot	Green house	MEDEIROS RAPÔSO <i>et al.</i> , 2013; 2014
<i>Rosmarinus officinalis</i> L. (extracts) (Lamiaceae)	100-150	Major number of trichomes and chemical compounds	Experimental plot	BOIX <i>et al.</i> , 2018
<i>Rosmarinus officinalis</i> L. (extracts)	100-150	Increase of volatile monoterpenes	Experimental plot	BOIX <i>et al.</i> , 2016
<i>Justicia pectoralis</i> Jacq (Acanthaceae)	60	High survival rate (7.8%)	Production crop	BOIX <i>et al.</i> , 2012
<i>Solanum lycopersicum</i> L. (extracts) (Solanaceae)	30-150	Increase of secondary metabolites.	Green house	DUBOIS <i>et al.</i> , 2013
<i>Spathoglottis plicata</i> Bl. (Orchidaceae)	120	High survival rate	Experimental plot	AGUILERA <i>et al.</i> , 2018
<i>Solanum lycopersicum</i> L. híbrido FA-516	120	Acceleration of seed germination with 36% more; stimulation of height of plant with 97% more; 12% more to shoot diameter and 5% for the number of leaves.	Green house	AGUILERA and MARTÍN, 2016
<i>Solanum lycopersicum</i> L.	50-150	Reduction in 5% of fungal disease ( <i>Oidium</i> sp.); increase in weight of fruits	Green house	HERNÁNDEZ, 2010

<i>Origanum majorana</i> L. (extracts) (Lamiaceae)	100-150	Increase of phenols and carbohydrate metabolites	Experimental plot	FERREIRO <i>et al.</i> , 2018
---	---------	---	-------------------	-------------------------------

Table 1. Different plant species cultivated with water-Static Magnetic Field (SMF).

## CONCLUSIONS

The irrigation water with SMFs is a technology very important to reduce the consume of resource water, and increase the production crop and quality in different plant species. Also, allows an increase in stem length between 10-30%; increase in the number of fruits between 2-3%, greater weight of the fruits (8-15%); Increase in production (2-25%); increase in germination (10-45%); reduction of germination time (5-30%); increased concentration of photosynthetic pigments (3-15%) and secondary metabolites with different chemical structure.

Irrigation with MTW results in positive responses to increase crop productivity, at different stages of plant development, from germination to flowering, also considering plant metabolism.

## REFERENCES

- AGUILERA, J.G.; MARTÍN, R.M. **Água tratada magneticamente estimula a germinação e desenvolvimento de mudas de *Solanum lycopersicum* L.** Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável, v.6, n.1., p.47-53, 2016.
- AGUILERA, J.G.; ZUFFO, A.M.; POZO, R.G.; CANDO, E.V.; BOIX, Y.F. **Água de riego tratada magnéticamente mejorado la adaptación de *Spathoglottis plicata* producido *in vitro*.** Amazonian Journal of Plant Research v.2, p.195-200, 2018.
- ALEMÁN, E.I.; BOIX, Y.F.; DUBOIX, A.E.F.; AGUILERA, J.G.; ZUFFO, A.M.; MARTINEZ, L.A. **The acclimatization of plants of *Ananas comosus* merr var. MD-2 is stimulated with irrigation with magnetically treated water.** Revista Agrária Acadêmica, v.1, p.10-16, 2018.
- ALEMÁN, E. I.; MBOGHOLI, A.; BOIX, Y. F.; GONZÁLEZ-OLMEDO, J.; CHALFUN-JUNIOR, A. **Effects of EMFs on some biological parameters in coffe plants (*Coffea arabica* L.) obtained by *in vitro* propagation.** Polish Journal of Environmental Studies, v.23, n.1, p.95-101, 2014a.
- ALEMÁN, E.I.; MOREIRA, R.A.; LIMA, A.A.; SILVA, S.C.; GONZÁLEZ-OLMEDO, J.; CHALFUN-JUNIOR, A. **Effects of 60 hz sinusoidal magnetic field on *in vitro* establishment, multiplication, and acclimatization phases of *Coffea arabica* seedlings.** Bioelectromagnetics, v.35, p.414-425, 2014b.
- BAGHEL, L.; KATARIA, S.; GURUPRASAD, K.N. **Effect of static magnetic field pretreatment on growth, photosynthetic performance and yield of soybean under water stress.** Photosynthetica v.56, n.2, p.718-730, 2018.
- BOIX Y.F.; MOLINA J.; RAMÍREZ E.; GÓMEZ L.; QUIÑONES J.; FERRER A.; ISAAC E.; CUYPERS A. **Evaluación cualitativa de monoterpenos en *Rosmarinus officinalis* cultivados con agua tratada magnéticamente.** Cultivos Tropicales, v.37, p.136-141, 2016.
- BOIX, Y.F.; ALEMÁN, E.I.; TORRES, J.M.; CHÁVEZ, E.R.; ARRUDA, R.C.O.; HENDRIX, S.; BEENAERTS, N.; VICTÓRIO, C.P.; LUNA, L.G.; MANRIQUE, C.M. **Magnetically treated water on**



**phytochemical compounds of *Rosmarinus officinalis* L.** International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology v.3, n.1, p.297-303, 2018.

BOIX, Y.F.; OCONOR, F.; MARTÍNEZ, E.; DUBOIS, A.F.; GÓMEZ, L.; MEDEIROS, N.V.; ASANZA, G. **Supervivencia del tilo (*Justicia pectoralis* Jacq.) con agua tratada magnéticamente** Investigación y Saberes, v.1, p.20-24, 2012.

DUBOIS, A.F.; LEITE, G.; ROCHA, J. **Irrigation of *Solanum lycopersicum* L. with magnetically treated water increases antioxidant properties of its tomato fruits.** Electromagnetic Biology and Medicine, v.32, p.355-362, 2013.

FERREIRO, A.O.R.; FUNG-BOIX., Y.; OCHOA-PACHECO, A.; ORTIZ-BEATON, E.; DÍAZ-FERNÁNDEZ, U. **Parámetros físicos, físicos-químicos y químicos de extractos de *Origanum majorana* L. cultivado utilizando agua.** Revista Cubana de Química, v.30, p.454-469, 2018.

GILART, F.; DEAS, D.; FERRER, D.; LÓPEZ, P.; RIBEAUX, G.; CASTILLO, J. **High flow capacity devices for anti-scale magnetic treatment of water.** Chemical Engineering Processing: Process Intensification, v.70, p.211-216, 2013.

HERNÁNDEZ, M.R. **Influencia del agua tratada con un campo magnético estático en la incidencia del patógeno *Oidium* sp. en *Lycopersicon esculentum* Mill en condiciones de cultivo protegido,** Departamento de Agronomía Universidad de Oriente, Stgo de Cuba, p. 68, 2010.

MAFFEI, M. **Magnetic field effects on plant growth, development, and evolution** Front Plant Science, v.5, p.1-15, 2014.

MEDEIROS RAPÔSO, N.V.; BOIX, Y.F.; MANRRIQUE, C.E.M.; DUBOIS, A.E.F.; KINDELAN, G.A.; GONZALEZ, F.G. **Influencia de campos magnéticos sobre el establecimiento in vitro de embriones cigóticos de *Adenantha pavonina* L.** Biotecnología Vegetal, v.13, p.145-152, 2013.

MEDEIROS, R.N.V.; BOIX, Y.F.; MANRRIQUE, C.E.M.; DUBOIS, A.E.F.; KINDELAN, G.A.; GONZÁLEZ, F.G. **Efecto del agua tratada magnéticamente en la recuperación de plántulas de *adenantha pavonina* en estrés climático.** Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais, v.5, p.6-17, 2014.

MÉNDEZ, O.A.; GONZÁLEZ, J.A.; SOCARÁS, A.; BOIX, Y.F. **Influencia del agua tratada magnéticamente en el crecimiento y desarrollo de la cebolla (*Allium cepa* L.) var. Red creole.** Ciencia en su PC, v.3, p.1-7, 2005.

NYAKANE, N.E.; MARKUS, E.D.; SEDIBE, M.M. **The effects of magnetic fields on plants growth: a comprehensive review.** International Journal of Food Engineering, v.5, n.1, p.79-87, 2018.

PANG, X.-F.; DENG, B.; TANG, B. **Influences of magnetic field on macroscopic properties of water.** Modern Physics Letters B, v.26, n.11, p.1250069-1-13, 2012.

PÉREZ, R.A.Q.; ALEMÁN, E.I.; RICARDO, F.A.S.; FERNÁNDEZ, I.R.; LIMONTA, G.M. **Efecto del agua tratada con campo magnético estático sobre *Meloidogyne* spp. en *Cucumis sativus* en condiciones de cultivo protegido.** Centro Agrícola, v.38, n.4, p.83-87, 2011.

PIMENTEL, D.; BONNIE B.; FILIBERTO, D.; NEWTON, M.; WOLFE, B.; KARABINAKIS, E.; CLARK, S.; POON, E.; ABBETT, E.; NANDAGOPAL, S. **Water Resources: Agricultural and Environmental Issue.** BioScience, v.54, n.10, p.909-918, 2004.

SCHIERMEIER, Q. **Droughts, heatwaves and floods: How to tell when climate change is to blame.** Nature, v.560, n.7716, p.20-22, 2018.

SHANG, G.M.; WU, J.C.; AND YUAN, Y.J. **Improved cell growth and Taxol production of**

**suspension-cultured *Taxus chinensis* var. *mairei* in alternating and direct current magnetic fields.** *Biotechnology Letters*, v.26, p.875–878, 2004.

SHINE, M.; GURUPRASAD, K.; ANAND, A. **Enhancement of germination, growth, and photosynthesis in soybean by pre-treatment of seeds with magnetic field.** *Bioelectromagnetics*, v.32, p.474–484, 2011.

YADOLLAHPOUR, A.; RASHIDI, S. FATATEMEH, K. **Applications of magnetic water technology in farming and agriculture development: a review of recent advances.** *Current World Environment*, v.9, p.695-703, 2014.

ZÚÑIGA, O.; BENAVIDES, J.A.; OSPINA-SALAZAR, D.I.; JIMÉNEZ, C.O.; GUTIÉRREZ, M.A. **Magnetic treatment of irrigation water and seeds in agriculture.** *Ingeniería y Competitividad*, v.18, n.2, p.217-232, 2016.

ZLOTOPOLSKI, V. **The Impact of magnetic water treatment on salt distribution in a large unsaturated soil column.** *International Soil and Water Conservation Research*, v.5, n.4, p.253-257, 2017.



## ANÁLISE DE ARQUITETURAS DE *DEEP LEARNING* APLICADO A UM BENCHMARK DE CLASSIFICAÇÃO

### **Henrique Matheus Ferreira da Silva**

Láboratorio Nacional de Computação Científica  
Petrópolis- Rio de Janeiro

### **Max Tatsuhiko Mitsuya**

Universidade Federal do Oeste do Pará  
Santarém – Pará

### **Clayton André Maia dos Santos**

Universidade Federal do Oeste do Pará  
Santarém – Pará

### **Anderson Alvarenga de Moura Meneses**

Universidade Federal do Oeste do Pará,  
Programa de Pós Graduação em Recursos  
Naturais da Amazônia-Santarém, PA, Brasil

entre as arquiteturas com a finalidade de reduzir o custo computacional para futuras aplicações. Verificou-se que a diferença entre os desempenhos não é estatisticamente significativa (com  $\alpha = 5\%$ ) para nenhuma das métricas utilizadas para este conjunto de dados, sendo assim possível usar a arquitetura menos complexa sem comprometer os resultados obtidos, reduzindo o custo computacional.

**PALAVRAS-CHAVE:** Deep Learning, Inteligência Artificial, Aprendizado Supervisionado, Redes Neurais

### DEEP LEARNING ARCHITECTURE

### ANALYSIS APPLIED TO A BENCHMARK OF CLASSIFICATION

**ABSTRACT:** Deep Learning is a Machine Learning subarea that investigates techniques for simulating the behavior of the human brain. In the present work we present an analysis of architectures of Deep Learning in the solution of a Classification problem. For this purpose, the wine quality dataset database was used (Cortez et al., 2009). We analyzed 9 architectures of Deep Learning, with variations in the number of neurons and hidden layers, in order to compare their performances using the metrics: Accuracy, Accuracy, Recall and F1 Score. Subsequently, the Kruskal-Wallis test was used to evaluate if

**RESUMO:** O Aprendizado Profundo (Deep Learning) é uma subárea de Aprendizado de Máquina (Machine Learning), que investiga técnicas para simular o comportamento do cérebro humano. No presente trabalho apresenta-se uma análise de arquiteturas de Deep Learning na solução de um problema de Classificação. Para tanto, utilizou-se a base de dados wine quality dataset (Cortez et al., 2009). Foram analisadas 9 arquiteturas de Deep Learning, com variações no número de neurônios e camadas ocultas, de forma a comparar seus desempenhos usando as métricas: Acurácia, Precisão, Recall e F1 Score. Posteriormente foi utilizado o teste de Kruskal-Wallis para avaliar se há diferença estatisticamente significativa

there is a statistically significant difference between the architectures in order to reduce the computational cost for future applications. It was verified that the difference between the performances is not statistically significant (with  $\alpha = 5\%$ ) for none of the metrics used for this dataset, so it is possible to use the less complex architecture without compromising the results obtained, reducing the computational cost.

**KEYWORDS:** Wine dataset, Deep Learning, artificial intelligence, metrics machine Learning and Kruskal Wallis

## 1 | INTRODUÇÃO

Os avanços nas tecnologias da informação tornaram possível coletar, armazenar e processar conjuntos de dados massivos e complexos. Todos esses dados contêm informações valiosas, como tendências e padrões, que podem ser usados para melhorar a tomada de decisão.

Na literatura, é possível observar o uso de diferentes técnicas de Aprendizado de Máquina (do inglês Machine Learning), tais como Redes Neurais Artificiais - RNAs (Sun et al., 1997), e Máquinas de Vetores de Suporte - SVM do inglês Support Vector Machines (Beltran & Vicencio, 2008) (Cortez et al., 2009).

O Aprendizado Profundo (do inglês, Deep Learning) (LeCun et al, 2015) é uma subárea de Machine Learning que investiga técnicas para simular o comportamento do cérebro humano em tarefas como reconhecimento de padrões, reconhecimento visual e processamento de linguagem natural usando redes neurais com a adição da ferramenta CUDA da Nvidia.

Neste trabalho é proposta uma análise de arquiteturas de Deep Learning – para predição de benchmarks de machine Learning. Para tanto foi utilizada a base de dados Wine Quality Data Set, disponível no website Machine Learning Repository, da Universidade da Califórnia em Irvine (<https://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/wine+quality>).

A predição do wine quality consiste na determinação do tipo de vinho, se ele é branco (White) ou tinto (Red) a partir de propriedades físico-químicas (12 propriedades) deliberado pelo autor (Cortez et al., 2009), a base de dados é amplamente utilizada como benchmark para algoritmos de aprendizado supervisionado, tendo a sua importância no fato de ser um conjunto de dados advindo do mundo real.

Serão implementadas diferentes arquiteturas de Deep Learning Multilayer Perceptron com o intuito de saber quais são as melhores configurações da rede, a fim de verificar se existe uma diferença estatística significativa para futuras aplicações. A rede foi implementada em Python, usando a Integrated Development Environment (IDE) Spyder. O diferencial do trabalho está nas avaliações das arquiteturas, usando o cálculo das métricas precisão (precision), recall, f1-score e acurácia (accuracy) em detrimento da simples análise da acurácia somente. Foi usado o teste estatístico de Kruskal Wallis para verificar se há diferença estatística entre as arquiteturas.

O restante do trabalho está organizado da seguinte forma: a seção 2 apresenta o referencial teórico, destacando os modelos de Machine Learning aplicados para resolução do problema. Na seção 3 é apresentada a metodologia e o desenho experimental. Os resultados experimentais e análises são discutidos na seção 4. Por fim, a seção 5 discute a conclusão do trabalho.

## 2 | REFERENCIAL TEÓRICO

Esta Seção apresenta considerações de ordem geral sobre *Machine Learning*, RNAs e arquiteturas de *Deep Learning*.

### 2.1 *Machine Learning*

Entidades inteligentes destacam-se pela capacidade de adequação a novos ambientes e de resolução de novos problemas. Um computador pode ser orientado a interpretar informações recebidas de uma forma que melhore gradualmente seu desempenho (Rich & Knight, 1991). Essa é a base na qual a área de pesquisa em Machine Learning, subárea da inteligência artificial, está fundamentada, isto é, Machine Learning estuda métodos computacionais capazes de obter um determinado conhecimento específico através de experiências.

Os algoritmos de Machine Learning possuem normalmente foco em métodos estatísticos e sua aplicação prática inclui tarefas de reconhecimento de padrões diversos, tais como pesquisas na web, filtragem de conteúdo em redes sociais, recomendações de websites de comércio eletrônico, e está cada vez mais presente em produtos de consumo como câmeras e smartphones. Portanto, esses algoritmos podem “aprender” a definir padrões das classes envolvidas em um problema, a partir de exemplos reais obtidos do ambiente (Lecun, 2015).

Machine Learning pode ser dividida em aprendizado supervisionado e não-supervisionado (Haykin, 2008). No primeiro, o conhecimento é representado por um conjunto de exemplos de pares de entrada-saída que são transmitidos em uma sequência de instruções que o computador seguirá para alcançar o efeito desejado. Enquanto que, no Aprendizado não-supervisionado, não há exemplos rotulados da função a ser aprendida. Por este motivo, problemas de aprendizado supervisionado são denominados de Problemas de Classificação e problemas de aprendizado não-supervisionado são chamados de Problemas de Agrupamento.

Dada a necessidade de maior poder de processamento para grande volume de dados, as técnicas convencionais de aprendizado de máquina tornaram-se limitadas em sua capacidade de processar dados naturais em sua forma bruta. Cada vez mais, essas aplicações fazem uso de um conjunto de técnicas chamada Deep Learning, que serão tratados na Seção 2.3.

## 2.2 Redes Neurais Artificiais

Uma RNA (Haykin, 2008) é representada na forma de um grafo direcionado, onde os *nodos* são neurônios que representam as unidades de processamento, os arcos representam as conexões e as setas dos arcos indicam a direção normal do fluxo do sinal. Os neurônios são organizados em camadas, de modo que cada neurônio na camada  $i$  se conecta a cada neurônio na camada  $i + 1$ . As conexões são ponderadas e é através da modificação desses pesos que as RNAs aprendem. As RNAs possuem uma camada de entrada e uma camada de saída. Quaisquer camadas entre elas são chamadas de camadas ocultas. O *forward pass* de uma RNA é onde a informação sai da camada de entrada, através de quaisquer camadas ocultas, até a saída. O aprendizado (atualização os pesos) acontece durante o *backwards pass*. A Figura 1 apresenta um exemplo de uma rede com quatro camadas possuindo duas camadas ocultas (HLs – do inglês *Hidden Layers*). Essas redes de camadas múltiplas são chamados de *Perceptrons* Multicamadas (*Multilayer Perceptrons* - MLPs)

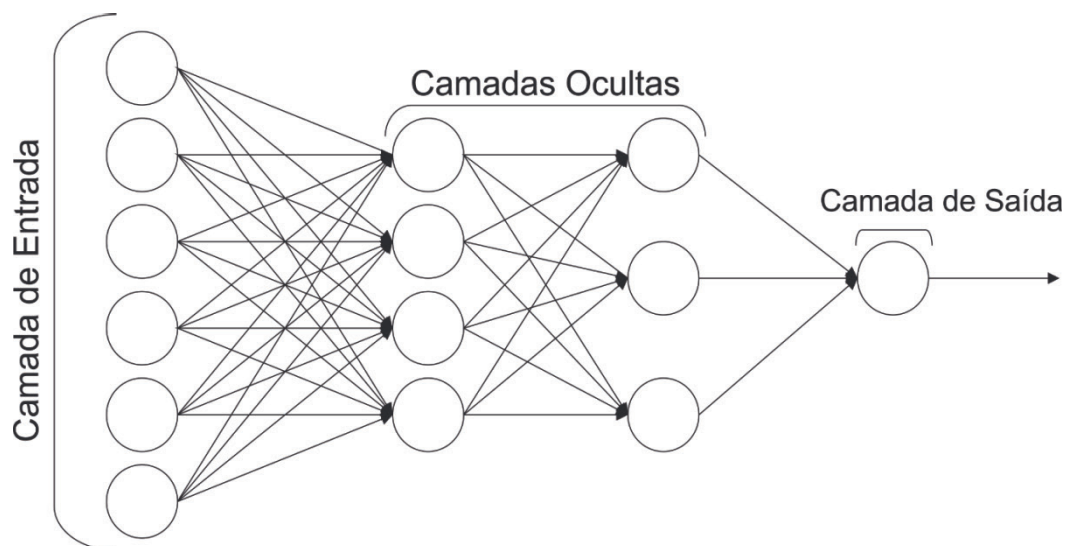


Figura 1- Estrutura de uma RNA do tipo MLP. Adaptado de Nielsen (2015).

## 2.3 Deep Learning

*Deep Learning* é uma forma de *Machine Learning* que permite que os computadores aprendam com a experiência e compreendam o mundo em termos de uma hierarquia de conceitos. Tendo sua base fundamentada no conceito de RNA ou sistemas computacionais que imitam a maneira como o cérebro humano funciona (Goodfellow et al., 2016). O *Deep Learning* tem sido responsável por avanços recentes em visão computacional, reconhecimento de fala, processamento de linguagem natural e reconhecimento de áudio.

O processo de aprendizado ocorre a partir das camadas de neurônios utilizadas para processamento dos dados. A informação é passada através de cada camada, com a saída da camada anterior fornecendo entrada para a próxima camada. A primeira camada em uma rede é chamada de camada de entrada, enquanto a última

é chamada de camada de saída. Todas as camadas entre as duas são referidas como HLs. Cada camada é tipicamente um algoritmo simples e uniforme contendo um tipo de função de ativação. A Figura 2 apresenta uma breve diferença entre a arquitetura simples de rede neural e uma arquitetura de *Deep Learning*.

Atualmente, o processamento de *Big Data* e a evolução da Inteligência podem atuar em conjunto com o *Deep Learning*. Neste sentido, redes neurais baseadas no conceito de *Deep Learning* (Redes Neurais Profundas) podem receber quantidades continuamente crescentes de dados para aumentar a eficiência dos processos de treinamento. Quanto maior o volume de dados, mais eficiente é esse processo.

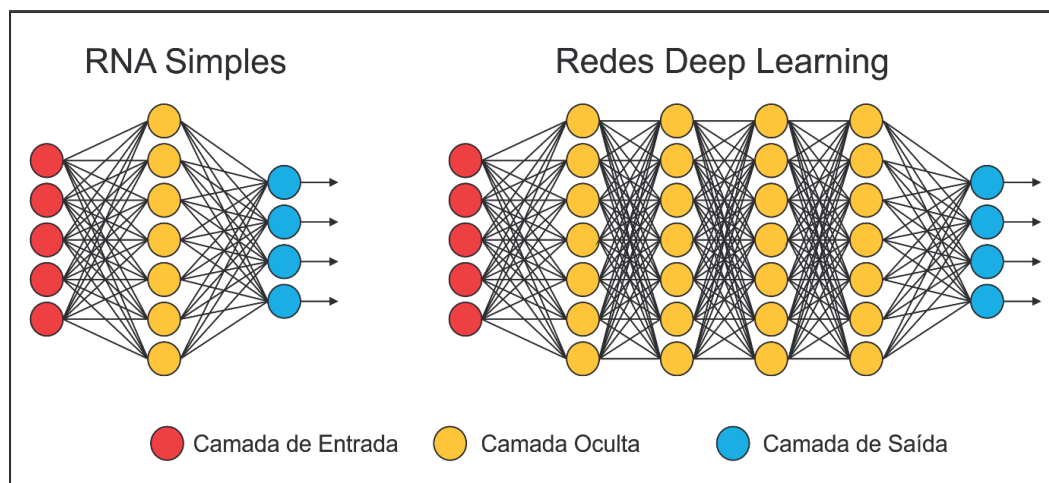


Figura 2 – Estrutura de RNA Simples e *Deep Learning*. Adaptado de Edwards (2018).

Neste trabalho, serão utilizadas redes do tipo *Deep Feed Forward* (DFF). A maioria dos resultados experimentais recentes com arquitetura profunda é obtida com modelos que podem ser transformados em RNAs supervisionadas profundas, mas com esquemas de inicialização ou treinamento diferentes das RNAs clássicas de *Feed Forward* (Glorot & Bengio, 2010).

### 3 | PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

Esta Seção apresentará informações sobre a classificação do *dataset* escolhido, as arquiteturas utilizadas, as métricas usadas e as análises estatísticas.

#### 3.1 Base de dados *wine quality*

Neste trabalho foi utilizado a base de dados *wine quality* (Cortez et al., 2009). Esta base de dados é composta por dois conjuntos de dados relacionados às características físico-químicas de vinhos branco (*white*) e tinto (*red*). O conjunto de dados é formado por 1599 amostras de vinho tinto e 4898 de vinho branco, possuindo variáveis de entrada representadas pelas características físico-químico dos respectivos vinhos, e como variável de saída a a predição do vinho.

Neste trabalho, foram combinados os dois conjuntos de dados de vinhos de forma aleatória, totalizando 6497 instâncias. Neste sentido, temos uma base de dados na qual as entradas são representadas pelas variáveis físico-químicas e como saída temos a classificação do vinho em tinto (1) ou branco (0), tornando-se um problema de classificação binária.

Para implementação das redes *Deep Learning*, o conjunto de dados utilizado foi dividido em 80% para treinamento e 20% para teste, dados divididos de forma aleatória. Os resultados das métricas apresentadas no presente trabalho foram avaliadas com o conjunto de teste.

### 3.2 Arquiteturas das Redes *Deep Learning*

Para o desenvolvimento deste trabalho foram elaboradas diferentes arquiteturas de redes *Deep Learning* no intuito de avaliar a performance das mesmas. As arquiteturas possuem funções de ativação do tipo ReLU – do inglês *Rectified Linear Unit* nas HLs, e do tipo *Sigmoid* na camada de saída. Para todas as arquiteturas o treinamento se deu em 200 épocas.

Elas diferem quanto ao número de neurônios na HL, bem como em relação à quantidade destas camadas, conforme Tabela 1.

Arquitetura	Nº Neurônios na HL 1	Nº Neurônios na HL 2	Nº Neurônios na HL 3
ARQ 1	20	-	-
ARQ 2	20	20	-
ARQ 3	20	20	20
ARQ 4	40	-	-
ARQ 5	40	40	-
ARQ 6	40	40	40
ARQ 7	60	-	-
ARQ 8	60	60	-
ARQ 9	60	60	60

Tabela 1. Arquiteturas das redes implementadas.

### 3.3 Métricas de desempenho

Foram realizados 10 testes para cada arquitetura implementada. Para quantificar a performance de predição da cada arquitetura testada, foram utilizados quatro métricas, sendo elas: *Acurácia* ( $A_{cc}$ ), *Precisão* ( $P$ ), *Recall* e *F1 Score*. Tais métricas podem ser obtidas calculando

$$A_{cc} = \frac{VP_i + VN_i}{N_i} \quad (1)$$



$$P = \frac{VP_i}{VP_i+FP_i} \quad (2)$$

$$Recall = \frac{VP_i}{VP_i+FN_i} \quad (3)$$

$$F1\ Score = \frac{2 \times P \times Recall}{P + Recall} \quad (4)$$

onde,  $i$  é a  $i$ -ésima entrada;  $VP_i$ ,  $VN_i$ ,  $FP_i$  e  $FN_i$ , representam os verdadeiros positivos e negativos e falsos positivos e negativos, respectivamente;  $N_i$  é o total de amostras, dados obtidos a partir dos valores classificados pela rede, comparando com o “gabarito” dos dados.

### 3.4 Análise estatística

Para análise estatística, foram construídos *boxplots* para análise exploratória visual dos resultados obtidos para as métricas (*Acurácia*, *Precisão*, *Recall* e *F1 Score*). Para a construção dos *boxplots* foi utilizada a linguagem *Python*, com o auxílio das bibliotecas *pandas* e *matplotlib.pyplot*. O teste usado para verificar se há diferença estatisticamente significativa entre os resultados das métricas para cada arquitetura foi o teste não-paramétrico de *Kruskal-Wallis*, com um nível de significância de 0,05, utilizando os procedimentos *UNIVARIATE* e *NPARIWAY* do software *SAS / STAT® 9.2 University Edition*.

## 4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Usando 10 testes como base, calculou-se uma média para cada arquitetura para analisar se há possíveis diferenças estatisticamente significativas pelas distintas inicializações dos pesos da rede. Classificou-se o conjunto de dados de teste comparando com o resultado já conhecido do *dataset*, formando os respectivos *boxplots* das métricas especificadas para cada uma das 9 arquiteturas. As Figuras 3, 4, 5 e 6 apresentam a análise exploratória visual para cada uma das métricas.

A Figura 3 apresenta uma a métrica *acurácia*. Pode-se observar *outliers* nas arquiteturas 3,4,5 e 6.



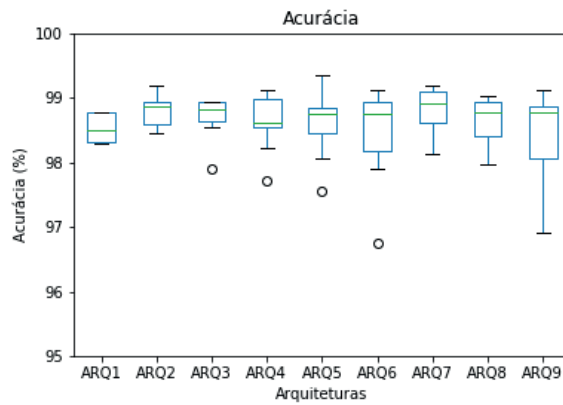


Figura 3: *Boxplot* da Acurácia.

A Figura 4 analisa a precisão, que é a proporção do número de classificações corretas para o número total de instâncias positivas previstas, ou seja, se a rede classificou como vinho tinto realmente era vinho tinto e se a rede classificou como vinho branco o que realmente era branco.

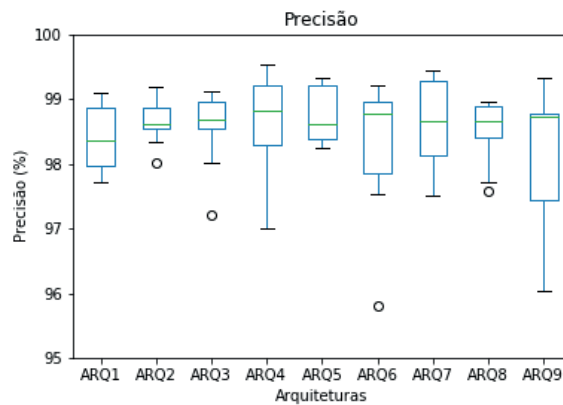


Figura 4: *Boxplot* da Precisão.

Na Figura 5 é ilustrado o *Recall*, que é a proporção do número de classificações corretas para o número total de instâncias positivas reais

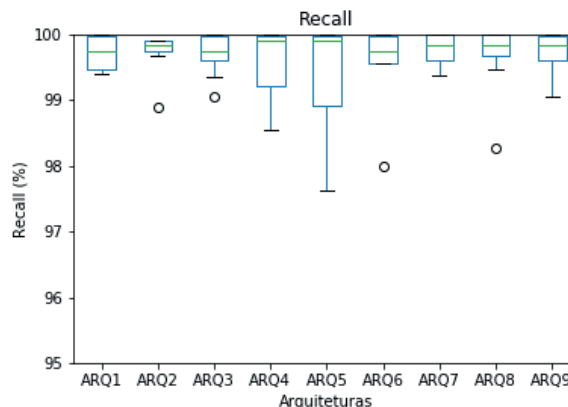


Figura 5: *Boxplot* do Recall.

A Figura 6 retrata a *F1-score* que é a media harmônica entre precisão e recall, de modo a trazer um número único indicador da qualidade geral do seu modelo e trabalha bem até com conjuntos de dados de classes desproporcionais.

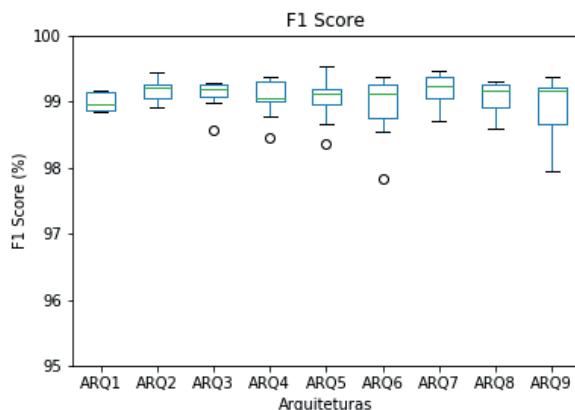


Figura 6: *Boxplot* do *F1 Score*.

Analisando as Fig. 3, 4, 5 e 6 nota-se que todas as arquiteturas testadas apresentaram métricas superiores a 95%. No entanto, pelos resultados do testes de *Kruskal-Wallis* fora revelado que não houve diferença estatisticamente significativa entre as arquiteturas, conforme descrito na Tabela 2.

Kruskal-Wallis	Acurácia	Precisão	Recall	F1 Score
$\chi^2$	7,58	2,68	9,924	6,9389
p-value	0,4751	0,95	0,9983	0,5432

Tabela 2 - Resultados do teste de *Kruskal-Wallis*

De acordo com os valores de *p-value*, para todas as métricas analisadas, seu valor foi maior que o nível de significância 0,05 em todos os casos. Dessa forma, para o problema de classificação binária analisado, arquitetura de rede com uma HL e 20 neurônios (ARQ 1) apresenta desempenho estatisticamente igual quando utilizado uma rede com 3 HLs e 60 neurônios (ARQ 9). Sendo assim, pudemos observar que a análise visual dos *bloxplots* por si só não é suficiente para identificar se uma arquitetura é melhor que a outra, sendo necessário utilizar um teste estatístico como o de *Kruskall-Wallis*.

## 5 | CONCLUSÕES

Pelo teste estatístico de *Kruskal-Wallis* pode-se aferir que a diferença de desempenho entre as arquiteturas analisadas não é estatisticamente significativa (para um nível de significância de 5%). Neste sentido, considerando o problema de classificação binária avaliado, não há perdas significativas de desempenho ao

se utilizar arquiteturas com menos neurônios e camadas, resultando num relevante ganho computacional, visto que com o aumento da complexidade, maior é o custo computacional. Os resultados apresentados neste trabalho possibilitaram investigar, com rigor estatístico, o desempenho de arquiteturas de Redes *Deep Learning* na solução de problemas de classificação binária, contribuindo para construção de conhecimento e servindo de base para estudos relacionados ao conteúdo de *Deep Learning*. Como trabalhos futuros, propõe-se aplicar a metodologia a outros *benchmarks*, e com outras arquiteturas de redes.

## AGRADECIMENTOS

H.M.F.S. agradece à Universidade Federal do Oeste do Pará (Bolsa PIBIC/UFOPA). M.T.M agradece ao apoio da CAPES e UFOPA. A.A.M.M. agradece à UFOPA (Edital PROPPIT - Apoio a Grupos de Pesquisa).

## REFERÊNCIAS

Beltran, D. M.; Vicencio, S. B. (2008), "***Chilean Wine Classification Using Volatile Organic Compounds Data Obtained With a Fast GC Analyzer***".

IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, vol 57, 2421-2436. Bishop, C. M. (2006), "***Pattern Recognition and Machine Learning***", *Information Science and Statistics*. Springer-Verlag, Berlin.

Cortez, P.; Cerdeira, A.; Almeida, F.; Matos, T.; Reis, J. (2009), "***Modeling wine preferences by data mining from physicochemical properties***", *Decision Support Systems*, vol 47, 547-553.

de Freitas, G.C.S.; Peixoto, F.C.; Vianna Jr, A.S. (2008), "***Simulation of a thermal battery using Phoenics***". *Journal of Power Sources*, 179, 424-429. B .

Ebeler, S., (1999), "***Flavor Chemistry: Thirty Years of Progress***", Klumer Academic Publishers, 409-422.

Edwards, C. (2018), "***Deep Learning hunts for signals among the noise***". *Communications of the ACM*, vol 61 (6), 13-14.

Glorot, X.; Bengio, Y. (2010), "***Understanding the difficulty of training Deep feedforward neural networks***", *Proceedings of the Thirteenth International Conference on Artificial Intelligence and Statistics*, PMLR 9:249-256.

Goodfellow, I.; Bengio, Y.; Courville, A. (2016), "***Deep Learning***". MIT Press. Gupta, Y. (2018), "***Selection of important features and predicting wine quality using machine Learning techniques***", *Procedia Computer Science*, vol 125, 305-312.

Haykin, S. (2008), "***Neural Networks and Learning Machines***" 3rd Edition, *Prentice Hall*.

Lecun, Y., Bengio, Y., Hinton, G. (2015), "***Deep Learning***". *Nature*, 521 (7553), 436-444.

Legin, A., Rudnitskaya, A., Lvova, L., Vlasov, Y., Di Natale, C., D'Amico, A., (2003), "***Evaluation of Italian wine by the electronic tongue: recognition, quantitative analysis and correlation with***

**human sensory perception**", *Analytica Chimica Acta*, 484 (1), 33-44.

Nielsen, M. A. (2015), "**Neural Networks and Deep Learning**". Determination Press.

Rich, E.; Knight, K. (1991), "**Artificial Intelligence**", McGraw-Hill.

Sun, L.X.; Danzer, K.; Thiel, G. (1997), "**Classification of wine samples by means of artificial neural networks and discrimination analytical methods**", *Fresenius Journal of Analytical Chemistry*, vol 359 (2), 143–149.

Witten, I. H.; Frank, E. (2005), "**Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques with Java Implementations**", 2º ed., Morgan Kaufmann, San Francisco".

Gulli, Antonio;Pal, Sujit (2017) ,"**Deep Learning with Keras**".

## ANÁLISE DE VITAMINA C USANDO TÉCNICAS DE FLUORIMETRIA, CROMATOGRAFIA E ELETROFORESE

**Luana Gabriela Marmitt**  
**Sabrina Grando Cordeiro**  
**Verônica Vanessa Brandt**  
**Lucélia Hoehne**

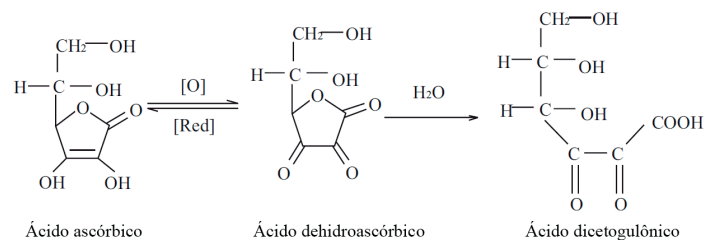


Figura 1 – Reações de oxidação do ácido ascórbico e ácido dehidroascórbico

Fonte: Das autoras, adaptado de Sucupira; Xerez; Sousa (2012).

Vitamina C é um termo utilizado para descrever genericamente todos os compostos que têm a atividade biológica do ácido ascórbico, sendo que o ácido L-ascórbico é composto natural principal que possui essa atividade (PENTEADO, 2003). Ele é considerado como um carboidrato e suas propriedades de acidez e redutoras ocorrem devido à presença do grupo 2,3-enediol em sua estrutura (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010).

A vitamina é hidrossolúvel e está presente na natureza e em alimentos sob duas formas que possuem atividade fisiológica, a reduzida, ácido ascórbico, e a oxidada, ácido dehidroascórbico. Se ela sofrer mais uma oxidação, ocorre a formação de ácido dicetogulônico, o que leva à perda de sua atividade biológica e à sua inativação irreversível (BARCIA et al., 2010; CRUZ; LOBATO; SANTOS, 2013; SUCUPIRA; XEREZ; SOUSA, 2012). Esta reação acontece através da abertura do anel lactônico por hidrólise (PENTEADO, 2003; SUCUPIRA; XEREZ; SOUSA, 2012). As reações de oxidação estão representadas na Figura 1.

O teor de ácido dehidroascórbico presente nos alimentos é normalmente muito menor em comparação ao de ácido ascórbico, pois ele é mais instável e suscetível a hidrólise (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010).

Além desses, o ácido D-isoascórbico, também conhecido como eritórbico, apresenta atividade vitamínica, cerca de 5%, e possui propriedades redutoras semelhantes ao L-ascórbico. Porém, ele não está presente em produtos naturais, com exceção da ocorrência em determinados micro-organismos. No entanto, ele é utilizado como estabilizante em produtos alimentícios e bebidas (PENTEADO, 2003).

A vitamina C também pode ser adicionada em alimentos e produtos farmacêuticos, tanto como um componente principal, ou como antioxidante ou mesmo estabilizante de outros

nutrientes, sendo que no organismo humano também atua como antioxidante e é essencial para diversas funções (ARYA; MAHAJAN; JAIN, 1998; CRUZ; LOBATO; SANTOS, 2013).

Ela é importante para desenvolvimento e manutenção do colágeno, formação e regeneração de músculos, ossos, pele, dentes, regulação da temperatura corpórea, metabolismo geral e na produção de hormônios (DE ANDRADE et al., 2002; PENTEADO, 2003). Como é um antioxidante, pode prevenir doenças crônicas, como catarata, câncer e doenças cardiovasculares (MUNYAKA et al., 2010). Além disso, captura radicais livres, auxilia no transporte de elétrons e na absorção de ferro no intestino, o que ocorre provavelmente por fazer com que ele permaneça na forma reduzida (FIORUCCI; SOARES; CAVALHEIRO, 2003).

Apesar disso, o composto não é sintetizado pelo organismo humano e, portanto, deve ser adquirido pela dieta (PENTEADO, 2003). Porém, a vitamina C é uma das que possui maior sensibilidade às etapas de processamento e condições de armazenamento de produtos, podendo sofrer uma grande degradação durante tais períodos (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010; SUCUPIRA; XEREZ; SOUSA, 2012). Sua oxidação pode ser influenciada por vários fatores, como a presença de catalisadores metálicos, açúcar, oxigênio, luz, temperatura, pH, umidade ou atividade da água (CARDOSO et al., 2015; DA SILVA; MARTINS; DEUS, 2009; SUCUPIRA; XEREZ; SOUSA, 2012).

Portanto, a sua retenção é apontada como um indicador da conservação dos produtos e também da qualidade nutricional destes (ROSA et al., 2007). Assim, devido à grande utilização e importância da vitamina, a análise de bebidas, alimentos, fármacos e amostras biológicas é de grande importância. E, desta forma, vários métodos para sua quantificação foram desenvolvidos: titulométricos, luminescentes, fluorimétricos, eletroquímicos, cromatográficos e espectrofotométricos (ARYA; MAHAJAN; JAIN, 1998, 2000; ARYA; MAHJAN, 1996; LIMA et al., 2007; QUINÁIA; FERREIRA, 2007).

Para a obtenção de resultados mais precisos, a seleção da técnica adequada é fundamental (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010). Procedimentos que envolvem separação, como a cromatografia e eletroforese, possuem a maior preferência para a análise em diversas matrizes (SPÍNOLA, 2011). Tais métodos oferecem maior sensibilidade e precisão para a quantificação da vitamina, possuindo também menores interferências (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010; SPÍNOLA, 2011). Por outro lado, métodos fluorimétricos são práticos, rápidos e com menor custo, pois não necessitam de equipamentos e reagentes sofisticados. Porém, eles podem apresentar maior interferência e falta de especificidade da reação (SPÍNOLA, 2011).

Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi apresentar uma revisão sobre determinação de Vitamina C em diferentes matrizes usando técnicas fluorimétricas, cromatográficas e eletroforéticas.

## 1 | MÉTODOS FLUORIMÉTRICOS

### 1.1 Condensação com o-fenilenodiamina

O método microfluorimétrico se baseia na reação de condensação do reagente o-fenilenodiamina com o ácido dehidroascórbico, que, assim como o ácido ascórbico, não fluoresce naturalmente. A técnica requer a oxidação adicional do ácido ascórbico com carvão ativado e a reação total gera um produto fluorescente que deriva da quinoxalina, o 3-(1,2-dihidroxiethyl)furo[3,4b]quinoxalina-1-ona (FIGURA 2). A extração inicial é realizada utilizando-se ácido metafosfórico e ácido acético e a intensidade da fluorescência resultante é proporcional à concentração de vitamina total. Os comprimentos de onda para excitação e emissão equivalem a 350 nm e 430 nm respectivamente (AOAC, 2012; SPÍNOLA, 2011).

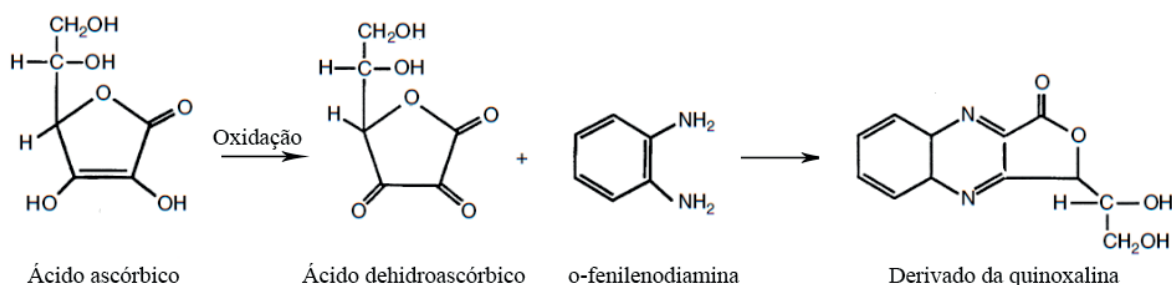


Figura 2 – Oxidação do ácido ascórbico, seguida da condensação com o-fenilenodiamina e formação do derivado da quinoxalina.

Fonte: Das autoras, adaptado de Eitenmiller, Ye, Junior (2008).

A técnica pode ser aplicada em produtos farmacêuticos e alimentos que contêm interferentes que inviabilizam a utilização de métodos titulométricos (PENTEADO, 2003). E, possuindo maior sensibilidade e especificidade, além da quantificação da vitamina C total, permite a análise de ácido dehidroascórbico mesmo em pequenas quantidades. Alguns compostos podem atuar como interferentes, como grupos cetônicos e redutonas. Assim, a análise de alimentos sujeitos a sofrerem o escurecimento não enzimático, pode levar a resultados imprecisos. Além disso, na quantificação da vitamina em alimentos ricos em amido podem ocorrer interferências, já que extratos contendo este composto apresentam particular opalescência. Porém, tal problema pode ser evitado precipitando previamente o amido com etanol (SPÍNOLA, 2011).

### 1.2 Redução de ferro (III) e complexação com 2,4,6-tripiridil-s-triazina

Aplicado em produtos farmacêuticos, o método se baseia na redução do íon  $\text{Fe}^{3+}$  pelo ácido ascórbico, produzindo  $\text{Fe}^{2+}$ , que forma um complexo de coloração azul fluorescente com 2,4,6-tripiridil-s-triazina (TPTZ), o  $\text{Fe}(\text{TPTZ})_2^{2+}$ , na presença



de tampão de acetato (pH 3,6). A preparação inicial das amostras é realizada com ácido acético. Os comprimentos de onda utilizados para excitação são da faixa de 200 a 450 nm e para emissão, 600 a 850 nm. Os limites de detecção e quantificação são de respectivamente  $7,7 \times 10^{-7}$  e  $2,3 \times 10^{-4}$  mol.L<sup>-1</sup> (KLEPO; COPRA-JANICIJEVIC; KUKOC-MODUN, 2016).

Possíveis interferentes foram avaliados e não geraram nenhuma alteração quando a concentração era 10 vezes menor que a do ácido ascórbico. A interferência de carbonatos, ácido cítrico e sorbitol pode ser evitada através de centrifugação e diluição. Sulfato de ferro(II) gerou a maior interferência devido à sua reação com TPTZ, mas o Fe, assim como Se e Zn, pode ser removido com EDTA previamente à análise. Paracetamol e bioflavonoides, quando componentes principais no produto, apresentam interferência (KLEPO; COPRA-JANICIJEVIC; KUKOC-MODUN, 2016).

O método é econômico, com baixo custo de instrumentos e reagentes, tem boa sensibilidade, é apropriado para análises de rotina e o tratamento da amostra é simples, sendo que nenhum pré-tratamento é necessário além de solubilização e centrifugação (KLEPO; COPRA-JANICIJEVIC; KUKOC-MODUN, 2016).

### 1.3 Azul de metileno

A determinação da vitamina tem seu princípio através da diminuição da fluorescência do corante azul de metileno devido à reação com o ácido ascórbico, na qual o ácido se oxida a dehidroascórbico e o corante se reduz a leuco-metileno, que é incolor. A técnica desenvolvida por Dilgin e Nisli (2005) pode ser utilizada em amostras purificadas, como tabletes de vitamina. As amostras são preparadas com água desoxigenada e a fluorescência é avaliada a 664 nm para excitação e 682 para emissão. O limite de detecção é de  $2,52 \times 10^{-7}$  mol.L<sup>-1</sup>. Excipientes normalmente presentes em produtos não apresentaram interferência, mesmo em altas concentrações. O procedimento é sensível, simples e pode ser utilizado sem a separação de interferentes. A reação com o corante também já foi reportada em outros métodos para a análise de sangue e seus constituintes (BUTLER; CUSHMAN; MACLACHLAN, 1943; KIRK; WARBURG, 1940).

### 1.4 Reação com 1,2-dimaino-4,5-dimetóxi-benzeno

Para a quantificação de vitamina C total no soro humano, a técnica foi desenvolvida por Iwata et al. (1985), utilizando pequena quantidade de soro (4 µL) para a análise. A amostra é preparada com ácido tricloroacético e, na presença de meio ácido com tampão de Britton-Robinson (pH 4,0) a vitamina é oxidada por solução de iodo. O excesso de iodo é decomposto por tiosulfato de sódio e o ácido dehidroascórbico formado reage com 1,2-dimaino-4,5-dimetóxi-benzeno (DDB) a 37 °C por 30 minutos, gerando um produto fluorescente. A intensidade da fluorescência é analisada para emissão a 458 nm e 371 nm para excitação. Caso o excesso de iodo não seja removido, ocorre a decomposição do DDB e formação de um produto

avermelhado que interfere no procedimento. Substâncias avaliadas, como ácido pirúvico e  $\alpha$ -cetoglutárico geraram baixas respostas e outros compostos examinados que possuem grande importância biológica, nem mesmo em concentrações maiores, apresentaram fluorescência, o que demonstra que a técnica apresenta seletividade para o ácido dehidroascórbico. O limite de detecção é de  $5,1 \text{ ng} \cdot 4 \mu\text{L}^{-1}$ . O método é útil para casos nos quais há apenas uma pequena quantidade de soro disponível, sendo rápido e adequado para análises de rotina não só em soro, mas também em outras amostras biológicas.

## 2 | CROMATOGRÁFICOS

### 2.1 Cromatografia líquida de alta eficiência

Um método desenvolvido por Rosa et al. (2007), utiliza o mecanismo de separação através de exclusão iônica e partição em fase reversa. Como o pH da fase móvel e dos sítios trocadores de cátions da coluna resultam em um pH de aproximadamente zero na fase estacionária, o ácido ascórbico não fica na forma iônica, fazendo com que o mecanismo não possa ocorrer por troca iônica. Foi empregada coluna de troca iônica forma hidrogênio, vazão da fase móvel de  $0,8 \text{ mL/min}$ , volume de injeção de  $20 \mu\text{L}$ , comprimento de onda de  $242,6 \text{ nm}$  e detector de arranjo de diodos. Foram testadas diferentes soluções extratoras, sendo que o melhor resultado obtido foi para o ácido sulfúrico de alta pureza, que também é a fase móvel, aumentando a simplicidade do processo, não sendo necessária a utilização de tampão. Além disso, o uso de uma coluna de troca iônica minimiza o envolvimento do operador, diminuindo o manuseio e perdas de amostra. O método foi aplicado em alimentos, como vegetais, raízes, tubérculos, frutas, sucos e água de coco, sendo também comparado a uma técnica convencional por fase reversa com coluna C18, demonstrando maior eficiência para matrizes complexas e com menores concentrações de analito. Foi obtida melhor resolução e separação e com rápido preparo de amostra, porém, em matrizes não testadas podem ser necessárias etapas adicionais de limpeza de amostra.

Outra técnica validada por Baierle et al. (2012) utiliza coluna de fase reversa C18 com detector UV/VIS para análise sérica de vitamina C, avaliando também sua estabilidade no soro durante armazenamento, empregando hidrócloridrato de fosfina como antioxidante e ácido perclórico para desproteíntização. Como a vitamina também apresenta instabilidade no plasma, é utilizado um agente redutor para evitar sua degradação em amostras de sangue. O volume de injeção é de  $20 \mu\text{L}$ , a vazão de  $1 \text{ mL/min}$  e o comprimento de onda equivale a  $245 \text{ nm}$ . A fase móvel consiste em soluções de  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  e  $\text{NaN}_3$ , ajustadas a pH 2,5 com ácido orto-fosfórico. A técnica apresenta boa separação da vitamina em relação a outros componentes presentes no soro, não apresentando interferências no tempo de retenção do ácido

ascórbico. O limite de detecção é de  $0,51 \text{ mg.L}^{-1}$  e o limite de quantificação é de  $1,71 \text{ mg.L}^{-1}$ . Como não foram utilizados solventes orgânicos na fase móvel ou durante a preparação da amostra, na qual não foram realizadas outras etapas de extração além da desproteínização, o custo da análise é reduzido e a quantificação da vitamina não é prejudicada. Com os estudos também foi possível confirmar a necessidade da utilização do antioxidante, porém, não há necessidade de prévia desproteínização, pois amostras não submetidas à esta etapa apresentaram resultados similares às desproteínizadas.

Para a análise de produtos farmacêuticos contendo diversos excipientes, Mitić et al. (2011) desenvolveram um método que não envolve prévia preparação de amostra. A fase móvel isocrática consiste em uma solução de ácido 1-hexano sulfônico sal sódico em ácido acético (pH 2,6) com vazão de  $0,7 \text{ mL.min}^{-1}$  a  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ . O volume de injeção é de  $50 \text{ }\mu\text{L}$  e foram utilizados detectores de arranjo de diodos e detector fotométrico de chama. Os limites de detecção e quantificação correspondem a  $1,95$  e  $6,5 \text{ }\mu\text{g.mL}^{-1}$ , respectivamente. A resolução obtida foi satisfatória, sendo que os excipientes e possíveis produtos de degradação do ácido ascórbico não apresentaram interferência no seu pico.

Para a quantificação de vitamina C total em plasma sanguíneo, Robitaille e Hoffer (2016) desenvolveram um método por fase reversa adequado para análises de rotina em laboratórios clínicos com fase reversa e detectores UV e compararam com uma técnica de detectores eletroquímicos (EC-HPLC). Metodologias de EC-HPLC geralmente são mais recomendadas para análise de plasma por apresentarem maior sensibilidade e seletividade, porém necessitam de equipamentos mais caros, requerem maior manutenção e técnicos treinados. A amostra é desproteínizada com uma solução de EDTA em ácido metafosfórico, sendo realizada a redução do ácido dehidroascórbico a ácido ascórbico utilizando-se cloridato de tris (2-carboxietil) fosfina. A fase móvel utilizada consiste em ácido sulfúrico (pH 2,7) com vazão de  $0,8 \text{ mL.min}^{-1}$ . A temperatura da coluna C18 é de  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ , o volume de injeção é  $20 \text{ }\mu\text{L}$  e o comprimento de onda é de  $245 \text{ nm}$ . A utilização de uma fase móvel simples, estável e isocrática e o agente redutor empregado em pH baixo e constante permitem uma análise e um processamento de amostra mais simples. O método obteve resultados similares aos encontrados pela técnica com detectores eletroquímicos. Porém, pode sofrer maior interferência em comparação à EC-HPLC. Como pacientes internados recebem muitos remédios diferentes, uma substância que absorve em  $245 \text{ nm}$  e elui no mesmo tempo do ácido ascórbico pode causar interferência.

Outra técnica de fase reversa utilizada no plasma para a detecção simultânea de ácido ascórbico e dehidroascórbico realiza a extração e estabilização da amostra com ácido metafosfórico e redução do ácido dehidroascórbico com ditiotreitol (pH 7,8). A fase móvel consiste em uma solução de brometo de cetrimônio e fosfato monopotássico com vazão de  $1,2 \text{ mL.min}^{-1}$ . É utilizada coluna C18, volume de injeção de  $10 \text{ }\mu\text{L}$ , detectores UV e comprimentos de onda de  $254$  e  $265 \text{ nm}$ . O limite

de quantificação é de 1  $\mu\text{g}/\text{mL}$ . Nos estudos não foram observadas interferências que poderiam ser inseridas pelo plasma no tempo de retenção do ácido ascórbico. O método oferece boa precisão, análise rápida, reprodutibilidade e é adequado para análises de rotina (KIM; KIM, 2016).

Campos et al. (2009) otimizaram uma metodologia de fase reversa para a análise de vitamina C total em vegetais, testando diferentes condições. Os melhores resultados foram obtidos a partir da utilização de solução de ácido metafosfórico, ácido acético, ácido sulfúrico e EDTA para a extração. A redução do ácido dehidroascórbico é realizada com ditiotreitol na presença de tampão de tris(hidroximetil)aminometano (pH 9,0), seguida de ajuste de pH para 2,0 com  $\text{H}_2\text{SO}_4$  antes da injeção. A fase móvel é composta por  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  e EDTA e ajustada a pH 3,0 com  $\text{H}_3\text{PO}_4$ , e tem vazão de 1  $\text{mL}\cdot\text{min}^{-1}$ . A detecção é realizada a 245 nm com detectores de arranjo de diodos. O limite de detecção é de 50  $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ .

### 3 | ELETROFORÉTICOS

Para a análise de ácido ascórbico e isoascórbico em sucos de frutas, Versari et al. (2004) desenvolveram um método de eletroforese capilar com detectores UV-Vis e de arranjo de diodos. Para a preservação dos analitos, na preparação das amostras foi utilizado ácido metafosfórico. O capilar empregado é de sílica fundida sem revestimento e é acondicionado com hidróxido de sódio, água e enxaguado com tampão tricina (pH 8,8) por 5 minutos antes de cada injeção de amostra. A análise é realizada a 30 °C com voltagem de 11 kV por 15 minutos. Apesar de o ácido ascórbico sofrer maior degradação em pH alcalino, ele se manteve estável durante o tempo de análise. A absorção máxima encontrada para ambos analitos ocorre em 265 nm e o limite de detecção para o ácido ascórbico e isoascórbico é de 1,6 e 1,1  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  respectivamente. A separação dos compostos com resolução de linha base ocorreu dentro de 12 minutos.

Spudeit et al. (2016) também utilizaram um procedimento por eletroforese capilar para a determinação de ácido ascórbico em sucos de laranja e suplementos de vitaminas, tanto líquidos quanto comprimidos efervescentes. Para a remoção de macromoléculas que podem causar interferências, como proteínas ou polissacarídeos, foi adicionado metanol ou acetonitrila. A técnica emprega capilar de sílica fundida sem revestimento, lavado por 1 minuto entre análises com o eletrólito. Ácido sórbico foi utilizado como padrão interno. O eletrólito é composto de tris(hidroximetil)aminometano e ácido 2-morfolinoetanossulfônico (pH 8,1). A voltagem aplicada é de 30 kV, a análise é realizada a 25 °C e são empregados detectores de arranjo de diodos a 266 nm. Os limites de detecção e quantificação são respectivamente 0,14 e 0,41  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ . Os estudos mostraram que a matriz analisada não influenciou nos resultados e que a etapa de limpeza das amostras foi eficiente. Além disso, o método

se demonstra eficaz, simples, preciso e rápido, com separação em 26 segundos.

## 4 | CONCLUSÃO

São diversos os métodos desenvolvidos para a quantificação da vitamina C, portanto é essencial considerar a matriz, possíveis interferentes e demais características específicas de cada amostra. Cabe salientar que é necessário conhecer as etapas de cada procedimento, vantagens e desvantagens de cada procedimentos e também os limites de detecção de cada técnica para garantir resultados confiáveis.

## REFERÊNCIAS

ARYA, Satya Prakash; MAHAJAN, Meenakshi. Spectrophotometric Determination of Ascorbic Acid Using an Iron(II)-Pyridine-Picolinic Acid Complex. **Analytical Sciences**, v. 12, dez. 1996. Disponível em: <[https://www.jstage.jst.go.jp/article/analsci1985/12/6/12\\_6\\_941/\\_pdf/-char/en](https://www.jstage.jst.go.jp/article/analsci1985/12/6/12_6_941/_pdf/-char/en)>. Acesso em: 2 abr. 2019.

ARYA, Satya Prakash; MAHAJAN, Meenakshi; JAIN, Preeti C. Non-spectrophotometric methods for the determination of Vitamin C. **Analytica Chimica Acta**, v. 417, p. 1-14, 2000. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0003267000009090>>. Acesso em: 18 mar. 2019.

\_\_\_\_\_. Photometric Methods for the determination of Vitamin C. **Analytical Sciences**, v. 14, out. 1998. Disponível em: <[https://www.jstage.jst.go.jp/article/analsci/14/5/14\\_5\\_889/\\_pdf/-char/en](https://www.jstage.jst.go.jp/article/analsci/14/5/14_5_889/_pdf/-char/en)>. Acesso em: 19 mar. 2019.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 19 ed., v. 2, 2012.

BAIERLE Marília; DE BAIRROS; André; MOREIRA, Ana Paula; BULCÃO, Rachel; ROEHRS, Miguel; DE FREITAS, Fernando; DURGANTE, Juliano; BRUCKER, Natália; CHARÃO, Mariele; GARCIA, Solange Cristina. Quantificação sérica de vitamina C por CLAE-UV e estudo de estabilidade. **Química Nova**, v. 35, n. 2, São Paulo, 2012. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-40422012000200030](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422012000200030)>. Acesso em: 19 abr. 2019.

BARCIA, Milene Teixeira; JACQUES, Andressa Carolina; PERTUZATTI, Paula Becker; ZAMBIAZI, Rui Carlos. Determinação de ácido ascórbico e tocoferóis em frutas por CLAE. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, n.2, p. 381-390, abr./jun. 2010. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/html/4457/445744096011/>>. Acesso em: 2 abr. 2019.

BUTLER, Allan M.; CUSHMAN, Margaret; MACLACHLAN, E. A. The determination of ascorbic acid in whole blood and its constituents by means of methylene blue; macro and micromethods. **Journal of Biological Chemistry**, v. 150, p. 453-461, 1943. Disponível em: <<http://www.jbc.org/content/150/2/453.full.pdf>>. Acesso em: 11 maio 2019.

CAMPOS, Flávia Milagres; RIBEIRO, Sônia Machado Rocha; LUCIA, Ceres M. Della; PINHEIRO-SANT'ANA, Helena Maria. Optimization of methodology to analyze ascorbic and dehydroascorbic acid in vegetables. **Química Nova**, v. 32, n. 1, p. 87-91, 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v32n1/v32n1a17.pdf>>. Acesso em: 26 abr. 2019.

CARDOSO, Josieli Ayres da Cruz; ROSSALES, Rosimeri Rossales; LIMONS, Bruna; REIS, Simone Farias; SCHUMACHER, Bianca de Oliveira; HELBIG, Elizabete. Teor de vitamina C em sucos *in*



natura e industrializados. **O Mundo da Saúde**, v. 39, n. 4, p. 460-469, São Paulo, 2015. Disponível em: <[https://www.saocamilo-sp.br/pdf/mundo\\_saude/155572/A07.pdf](https://www.saocamilo-sp.br/pdf/mundo_saude/155572/A07.pdf)>. Acesso em: 12 out. 2018.

CRUZ, R. A. N.; LOBATO, L. P.; SANTOS, Sifuentes. Ácido ascórbico em preparados sólidos para refresco sabores limão e laranja. **Scientia Plena**, v. 9, n. 11, 2013. Disponível em: <<https://www.scientiaplenu.org.br/sp/article/view/1593/911>>. Acesso em: 25 ago. 2018.

DA SILVA; Adélia Maria Lima; MARTINS, Bruno de Andrade; DEUS, Tatiana Nogueira. Avaliação do teor de ácido ascórbico em frutos do cerrado durante o amadurecimento e congelamento. **Estudos**, Goiânia, v. 36, n.11/12, p. 1159-1169, 2009. Disponível em: <<http://seer.pucgoias.edu.br/index.php/estudos/article/view/484/825>>. Acesso em: 01 set. 2018.

DAMODARAN, Srinivasan; PARKIN, Kirk L.; FENNEMA, Owen R. **Química de alimentos de Fennema**. 4 ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

DE ANDRADE, Ruth Sales Gama; DINIZ, Maria Celeste Teixeira; NEVES, Eduardo Almeida; NÓBREGA, Joaquim Araújo. Determinação e distribuição de ácido ascórbico em três frutos tropicais. **Eclética Química**, vol. 27, 2002. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-46702002000200032](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-46702002000200032)>. Acesso em: 21 ago. 2018.

DILGIN, Yusuf; NISLI, Gürel. Fluorimetric Determination of Ascorbic Acid in Vitamin C Tablets Using Methylene Blue. **Chem. Pharm. Bull.**, v. 53, n. 10, p. 1251-1254. Disponível em: <[https://www.jstage.jst.go.jp/article/cpb/53/10/53\\_10\\_1251/\\_pdf/-char/en](https://www.jstage.jst.go.jp/article/cpb/53/10/53_10_1251/_pdf/-char/en)>. Acesso em: 11 maio 2019.

EITENMILLER, Ronald R.; YE, Lin; JUNIOR, W. O. Landen. **Vitamin analysis for the health and food sciences**. 2 ed. 2008. E-book.

FIORUCCI, Antonio Rogério; SOARES, Márlon Herbert Flora Barbosa; CAVALHEIRO, Éder Tadeu Gomes. A Importância da Vitamina C na Sociedade Através dos Tempos. **Química Nova na Escola**, n. 17, mai. 2003. Disponível em: <<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc17/a02.pdf>>. Acesso em: 21 set. 2018.

IWATA, Tetsuharu; HARA, Shuuji; YAMAGUCHI, Masatoshi; NAKAMURA, Masaru; OHKURA, Yosuke. An Ultramicro Fluorimetric Determination of Total Ascorbic Acid in Human Serum Using 1,2-Diamino-4,5-dimethoxybenzene. **Chem. Pharm. Bull.**, v. 33, n. 8, p. 3499-3502. Disponível em: <[https://www.jstage.jst.go.jp/article/cpb1958/33/8/33\\_8\\_3499/\\_pdf/-char/en](https://www.jstage.jst.go.jp/article/cpb1958/33/8/33_8_3499/_pdf/-char/en)>. Acesso em: 12 maio 2019.

KIM, Yunjeong; KIM, Min-Gul. HPLC-UV Method for the simultaneous determinations of ascorbic acid and dehydroascorbic acid ind human plasma. **Translational and Clinical Pharmacology**, v. 24, n. 1, mar. 2016. Disponível em: <<https://synapse.koreamed.org/Synapse/Data/PDFData/1179TCP/tcp-24-37.pdf>>. Acesso em: 23 abr. 2019.

KIRK, Esben; WARBURG, Erik. Ascorbic acid determinations in serum with the methylene blue method of Lund and Lieck. **Skandinavisches Archiv**, v. 83, n. 1, 1940. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/j.1748-1716.1940.tb01513.x>>. Acesso em: 12 maio 2019.

KLEPO, Lejla; COPRA-JANICIJEVIC Amira; KUKOC-MODUN, Lea. A New Indirect Spectrofluorimetric Method for Determination of Ascorbic Acid with 2,4,6-Tripyridyl-S-Triazine in Pharmaceutical Samples. **Molecules**, v. 21, n. 1, jan. 2016. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/1420-3049/21/1/101/htm>>. Acesso em: 11 maio 2019.

LIMA, Eráclito Silva; DA SILVA, Elidiane Gomes; NETO, José Machado Moita; MOITA, Graziella Ciaramella. Redução da vitamina C em suco de caju (*Anacardium occidentale* L.) industrializado e cajuína. **Química Nova**, v. 30, n. 5, São Paulo, set./out. 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v30n5/a17v30n5.pdf>>. Acesso em: 17 mar. 2019.

MITIĆ, Snezana S.; KOSTIĆ, Danijela A.; NASKOVIĆ-DOKIĆ, Danijela C.; MITIĆ, Milan N. Rapid and Reliable HPLC Method for the Determination of Vitamin C in Pharmaceutical Samples. **Tropical**

**Journal of Pharmaceutical Research**, v. 10, n. 1, p. 105-111, fev. 2011. Disponível em: <<http://www.bioline.org.br/pdf?pr11016>>. Acesso em: 25 mar. 2019.

PENTEADO, Marilene de Vuono Camargo. **Vitaminas**: aspectos nutricionais, bioquímicos, clínicos e analíticos. 1 ed. São Paulo: Manole, 2003.

QUINÁIA, Sueli Pércio; FERREIRA, Márcia. Determinação de Ácido Ascórbico em Fármacos e Sucos de Frutas por Titulação Espectrofotométrica. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, v. 9, n. 1, jan./jun. 2007. Disponível em: <<https://revistas.unicentro.br/index.php/RECEN/article/viewFile/27/106>>. Acesso em: 30 abr. 2019.

ROBITAILLE, Line; HOFFER, L. John. A simple method for plasma total vitamin C analysis suitable for routine clinical laboratory use. **Nutrition Journal**, v. 15, n. 40, 2016. Disponível em: <[https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4839128/pdf/12937\\_2016\\_Article\\_158.pdf](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4839128/pdf/12937_2016_Article_158.pdf)>. Acesso em: 22 abr. 2019.

ROSA Jeane Santos; GODOY, Ronoel Luiz de Oliveira; NETO, João Oiano; CAMPOS, Rodrigo da Silveira; DA MATTA, Virginia Martins; FREIRE, Cyntia Abreu; DA SILVA, Aline Soares; DE SOUZA, Rafael Santos. Desenvolvimento de um método de análise de vitamina C em alimentos por cromatografia líquida de alta eficiência e exclusão iônica. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 4, p. 837-846, out./dez. 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cta/v27n4/25.pdf>>. Acesso em: 05 abr. 2019.

SPÍNOLA, Vítor Agostinho Rodrigues. **Novas metodologias para a determinação do conteúdo de ácido ascórbico em alimentos**. 2011. 181 f. Dissertação (Mestrado em Bioquímica Aplicada) – Universidade da Madeira, Funchal, Portugal, 20 maio 2013. Disponível em: <<https://digituma.uma.pt/handle/10400.13/390>>. Acesso em: 23 mar. 2019.

SPUDEIT, Daniel A.; GONÇALVES, Samantha; BRETANHA, Lizandra C.; CLAUMANN, Carlos A.; MACHADO, Ricardo A. F.; MICKE, Gustavo A. A Systematic Procedure to Develop a Capillary Electrophoresis Method Using a Minimal Experimental Data. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 27, n. 11, p. 1974-1979, 2016. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/jbchs/v27n11/0103-5053-jbchs-27-11-1974.pdf>>. Acesso em: 24 abr. 2019.

SUCUPIRA, Natália Rocha; XEREZ, Ana Caroline Pinheiro; SOUSA, Paulo Henrique Machado. Perdas vitamínicas durante o tratamento térmico de alimentos. **Unopar científica**. Ciências Biológicas e da Saúde, 2012. Disponível em: <<http://www.pgsskroton.com.br/seer/index.php/JHealthSci/article/viewFile/1025/984>>. Acesso em: 18 ago. 2018.

VERSARI, Andrea; MATTIOLI, Alessia; PARPINELLO, Paola; GALASSI, Sergio. Rapid analysis of ascorbic and isoascorbic acids in fruit juice by capillary electrophoresis. **Food Control**, v. 15, p. 355-358, 2004. Disponível em: <[https://www.academia.edu/6483321/Rapid\\_analysis\\_of\\_ascorbic\\_and\\_isoascorbic\\_acids\\_in\\_fruit\\_juice\\_by\\_capillary\\_electrophoresis](https://www.academia.edu/6483321/Rapid_analysis_of_ascorbic_and_isoascorbic_acids_in_fruit_juice_by_capillary_electrophoresis)>. Acesso em: 23 abr. 2019.



## RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS DE MATEMÁTICA NO CURSO TÉCNICO EM AGROPECUÁRIA DO IFC – CAMPUS SANTA ROSA DO SUL

### **Julian da Silva Lima**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Catarinense - Campus Santa Rosa do Sul

Santa Rosa do Sul/SC

### **Cassiano Scott Puhl**

Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul

Porto Alegre/RS

### **Neiva Ignês Grando**

Universidade de Passo Fundo

Passo Fundo/RS

**RESUMO:** Este relato apresenta parte do material produzido em um projeto de ensino desenvolvido com turmas do curso Técnico em Agropecuária Integrado ao Ensino Médio do Instituto Federal Catarinense – *Campus* Santa Rosa do Sul. Por meio da Resolução de Problemas, busca-se dirimir as dificuldades dos alunos na disciplina de Matemática, utilizando conhecimentos de outras disciplinas do referido curso. Adaptando questões do Exame Nacional do Ensino Médio, obtivemos situações-problema que relacionam conceitos das áreas de Zootecnia e Agricultura ao conteúdo matemático trabalhado no 1º ano do ensino médio. A resolução de problemas contextualizados ao âmbito do curso Técnico em Agropecuária pode ser uma importante

ferramenta para a aprendizagem tanto da matemática quanto das disciplinas técnicas, na medida em que se articulam as informações de maneira a se construírem conhecimentos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Resolução de problemas. Técnico em Agropecuária. Matemática.

### RESOLUTION OF MATHEMATICAL PROBLEMS IN THE TECHNICAL COURSE IN AGRICULTURE OF IFC - CAMPUS SANTA ROSA DO SUL

**ABSTRACT:** This report presents part of the material produced in a teaching project developed with classes of the Agricultural Technical Course integrated to the High School of the Santa Catarina Federal Institute - Campus Santa Rosa do Sul. Through Problem Solving, the aim is to solve the difficulties of students in the subject of Mathematics, using knowledge of other disciplines of said course. Adapting questions from the National High School Examination, we obtained problem situations that relate concepts from the areas of Animal Science and Agriculture to the mathematical content worked in the 1st year of high school. The resolution of problems contextualized to the scope of the Agricultural Technical Course can be an important tool for learning both mathematics and technical subjects, as the

information is articulated in order to build knowledge.

**KEYWORDS:** Troubleshooting. Agriculture and Livestock technician. Mathematics.

## 1 | INTRODUÇÃO

A aplicabilidade da Matemática nas diversas áreas de conhecimento é fato incontestável. Os conhecimentos matemáticos, para uma grande parte da sociedade, são considerados como ferramentas úteis e indispensáveis na vida acadêmica de qualquer estudante. Porém, na sala de aula de qualquer nível de ensino, por vezes, não se abordam situações contextualizadas, de modo que os estudantes questionam e têm a expectativa de entender a aplicabilidade dos conteúdos estudados. Além disso, observa-se que no ensino da Matemática não se valoriza o conhecimento prévio do estudante e nem o âmbito social e cultural em que vivem.

Desse modo, os conteúdos matemáticos acabam perdendo o significado para muitos estudantes, o que reflete nos baixos índices de aprendizagem. O sentido de aprender conceitos matemáticos ou das demais áreas, está muito além do fato de apropriar-se do conteúdo científico de cada disciplina. Compreender a importância e o significado do conhecimento estudado é estar um passo adiante nos degraus a serem galgados enquanto ser humano, para contribuir na formação de uma sociedade melhor. Mostrar a relevância do conhecimento talvez seja uma das primeiras tarefas do educador em sala de aula e, é nesse sentido que se evidencia que “[...] o objetivo principal da educação matemática não é só a valorização exclusiva do conteúdo, mas, acima de tudo, é também a promoção existencial do aluno através do saber matemático” (FREITAS, 2008, p. 106).

Nessa concepção, de acordo com Freitas (2008, p. 94), “[...] o que impulsiona o processo de ensino e aprendizagem matemática são as atividades envolvendo a resolução de problema”. Para o autor, a especificidade do ensino de Matemática se caracteriza pela atividade intelectual representada pela resolução de problemas. No desenvolvimento da Educação Matemática, a resolução de problemas é uma estratégia de aprendizagem que pode contribuir, pois valoriza o conhecimento prévio do estudante, desenvolve um sujeito ativo e reflexivo, como também, a contextualização do conteúdo matemático (ALLEVATO; ONUCHIC, 2014).

Buscando qualificar o ensino de Matemática, no Instituto Federal Catarinense - *Campus* Santa Rosa do Sul desenvolve-se um projeto de ensino, denominado “Resolução de problemas de Matemática com conteúdo interdisciplinar”, em que se utiliza a resolução de problemas como uma estratégia de aprendizagem. O objetivo desse projeto consiste na resolução de situações-problema, envolvendo outras áreas de conhecimento, buscando assim dirimir as dificuldades na disciplina de Matemática e contribuir na contextualização dos conteúdos estudados, mostrando possíveis aplicações na sua área de formação.

Nesse projeto, desenvolvemos a matemática nos utilizando de conceitos de

outras disciplinas, de maneira interdisciplinar, por meio da resolução de um problema. Segundo Lück (2002, p. 59), “a interdisciplinaridade, no campo da Ciência, corresponde à necessidade de superar a visão fragmentadora de produção do conhecimento, como também de articular e produzir coerência entre os múltiplos fragmentos que estão postos no acervo de conhecimentos da humanidade”. Assim, trabalhar a resolução de problemas, entrelaçando os conceitos de outras áreas de conhecimento, principalmente na Agropecuária – pois é o curso técnico oferecido integrado ao Ensino Médio –, permite uma visão complexa, a construção de conhecimentos de modo contextualizado, em que as potencialidades da aprendizagem transcendem à apenas uma área do conhecimento.

Segundo Luria (1990, p. 157), “[...] em muitos aspectos a resolução de problemas é uma capacidade que envolve um modelo de processos intelectuais complexos”. Seguindo o mesmo pensamento de Luria, Morin (2004, p. 89) afirma que “é preciso substituir um pensamento que isola e separa por um pensamento que distingue e une. É preciso substituir um pensamento disjuntivo e redutor por um pensamento do complexo, no sentido originário do termo complexo: o que é tecido junto”. Com base nessas ideias, ensinar matemática por meio de resolução de problemas é, por assim dizer, utilizar o conhecimento matemático para mobilizar o intelecto na busca não somente da aprendizagem específica, mas também para desenvolver e expandir as capacidades intelectuais e cognitivas de cada indivíduo para a formação de cidadãos autônomos e críticos, sendo esse um dos objetivos da Base Nacional Comum Curricular (BRASIL, 2018).

## 2 | FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A resolução de problemas é recomendada nas orientações curriculares atuais (BRASIL, 2006), não só como objetivo parcial de diversas áreas dos Ensinos Fundamental e Médio, mas como um objetivo geral a ser alcançado ao final da Educação Básica. Segundo Schroeder e Lester (1989, apud ALLEVATO, 2014), a resolução de problemas acabou concebendo-se em três estratégias de aprendizagem distintas, a saber: ensinar sobre resolução de problemas, ensinar para resolução de problemas e ensinar através da resolução de problemas. Neste projeto de ensino, optou-se por utilizar o ensino da matemática através da resolução de problemas, pois está de acordo com as orientações curriculares nacionais (BRASIL, 2006) e vem sendo estudado e mostrando resultados muito positivos na sua implementação (ALLEVATO; ONUCHIC, 2014).

Allevato e Onuchic afirmam que “o ‘coração’ da atividade matemática, a resolução de problemas tem sido a força propulsora para a construção de novos conhecimentos e, reciprocamente, novos conhecimentos proporcionam a proposição e resolução de intrigantes e importantes problemas” (2014, p. 35). Desta forma, o problema pode ser considerado um ponto chave no desenvolvimento de novos

conhecimentos, conforme já era abordado e sugerido pelos PCN (BRASIL, 1997). Segundo o Ministério da Educação (MEC),

[...] a aprendizagem de um novo conceito matemático dar-se-ia pela apresentação de uma situação-problema ao aluno, ficando a formalização do conceito como a última etapa do processo de aprendizagem. Nesse caso, caberia ao aluno a construção do conhecimento matemático que permite resolver o problema, tendo o professor como um mediador e orientador do processo ensino-aprendizagem, responsável pela sistematização do novo conhecimento (BRASIL, 2006, p. 81).

Desse modo, o problema tem o objetivo de criar um desafio para o estudante, gerando um conflito cognitivo, seja pela falta de conhecimentos ou por contradições entre seus conhecimentos prévios e o problema proposto (ALLEVATO, 2014). Para solucionar o problema, o estudante utilizará sua criatividade, desenvolverá autonomia e habilidades de pensamento crítico, e preferencialmente, o problema será resolvido por um grupo de estudantes, para estimular o trabalho cooperativo e a troca de conhecimentos. O papel do professor é de mediador nesse processo de aprendizagem do estudante.

Na perspectiva da Teoria das Situações Didáticas,

[...] o professor deve efetuar, não a simples comunicação de um conhecimento, mas a *devolução* de um bom problema. A devolução, aqui, tem o significado de transferência de responsabilidade, uma atividade na qual o professor além de comunicar o enunciado, procura agir de tal forma que o aluno aceite o desafio de resolvê-lo, como se o problema fosse seu e não somente porque o professor quer. Se o aluno toma para si a convicção de sua necessidade de resolução do problema, ou seja, se ele aceita participar desse desafio intelectual e se consegue sucesso nesse empreendimento, então, inicia-se o processo de aprendizagem (FREITAS, 2008, p. 83).

Nessa concepção, Brousseau afirma que,

A concepção moderna de ensino vai, portanto, requerer que o professor provoque no aluno as adaptações desejadas, por meio de uma escolha cuidadosa dos problemas, de modo que o aluno possa aceitá-los, agir, falar, refletir, evoluir por si próprio. Entre o momento em que o aluno aceita o problema como seu e aquele em que produz sua resposta, o professor se recusa a intervir, como alguém que propõe os conhecimentos que deseja ver surgir. O aluno sabe que o problema foi escolhido para que ele possa adquirir um novo conhecimento, mas também deve saber que esse conhecimento deve ser justificado pela lógica interna da situação e que ele pode construí-lo sem apelar a razões didáticas (BROUSSEAU, 1986, p. 49 apud FREITAS, 2008, p. 84).

De acordo com Allevato (2014), nas salas de aula em que essa estratégia foi adotada, é notável a satisfação dos estudantes em terem compreendido os conceitos envolvidos. Segundo a autora, professor e estudantes, depois dessa experiência, não querem voltar a trabalhar com uma estratégia de cunho tradicional (ALLEVATO, 2014), pois o ensino por meio da resolução de problemas possibilita a formação de estudantes críticos, criativos e autônomos, desenvolvendo uma aprendizagem ativa e significativa, podendo ser fundamentada nos pressupostos teóricos do Construtivismo, a Psicologia Cognitiva e a Teoria Sociocultural de Vygotsky.

### 3 | CONTEXTO DO PROJETO DE ENSINO

Em cada encontro semanal é resolvido junto com os alunos uma primeira situação-problema, em que o conteúdo diz respeito aos conceitos estudados na disciplina de Matemática, Agricultura ou Zootecnia, ou seja, um estudo interdisciplinar. Segundo Lück (2002, p. 71), “No campo do ensino a interdisciplinaridade constitui condição para a melhoria da qualidade do ensino mediante a superação contínua da sua já clássica fragmentação, uma vez que orienta a formação global do homem. A interação entre o conhecimento e a realidade concreta”.

Em seguida são propostas aos alunos outras duas situações-problema no mesmo formato da primeira, em que os mesmos as resolvem em pequenos grupos. Por fim, os grupos são convidados a explicar o raciocínio utilizado no processo de resolução.



Figura 1 – Grupos de alunos resolvendo situações-problema.

Fonte: Registro dos autores.

As situações-problema propostas aos alunos são elaboradas por duas alunas bolsistas do Projeto de Ensino, com base em questões do Exame Nacional do Ensino Médio, das Olimpíadas Brasileira de Matemática, de Provas de Vestibulares ou de Concursos Públicos. Para esse processo de elaboração, é feita uma triagem das questões selecionadas em relação ao conteúdo matemático que está sendo desenvolvido nas turmas regulares de primeiras séries do curso Técnico, ocorrendo uma adaptação para que os conceitos das disciplinas de Agricultura e Zootecnia integrem as situações-problema a serem apresentadas aos estudantes.

A primeira situação-problema produzida no contexto do projeto de ensino que apresentamos neste relato, diz respeito a área de Zootecnia, com o foco principal na



Piscicultura, uma atividade cujo objetivo é a produção de peixes. No Brasil, uma das espécies mais disseminadas é a Tilápia do Nilo (*oreochromis niloticus*) por ser um peixe de manejo fácil, versátil e que se adapta bem a diferentes condições de água. Como em qualquer espécie de peixe, o macho tem melhor desenvolvimento que a fêmea, o que gera a preferência na produção para carne, chegando a “pesar” 2,8 kg. (YANCEY, 1983).

Um fator determinante para a atividade é a estrutura dos tanques utilizados para produção dos peixes. Segundo Mardini, “[...] os viveiros podem ser escavados no chão ou construídos em alvenaria” (1991, p. 29), sendo esse segundo construídos com tijolos, pedras com cimento ou concreto armado. Apesar das opções, o mais utilizado é o tanque escavado por propiciar uma semelhança mais próxima do habitat natural para o animal e por ser mais simples de implantação.

De maneira geral, é recomendável que os viveiros não sejam muito grandes, para evitar dificuldades no manejo, como nos momentos de alimentação, transferência de peixes e despesca (colher com a rede ou com a tarrafa os peixes dos tanques). Ainda de acordo com Mardini (1991), as medidas recomendáveis para os tanques são de 20m x 50m (totalizando 1.000m<sup>2</sup>) ou de 30m x 60m (totalizando 1.800m<sup>2</sup>) com profundidade entre 1,5 m e 2 m, respectivamente. O formato retangular é o mais indicado, pois facilita a renovação da água e o manejo.

No ENEM de 2013, uma questão abordava a quantidade de líquido presente numa taça, percebendo a possibilidade de uma releitura da mesma, voltando-a para a situação de viveiros de peixes, organizou-se a seguinte questão: *O Sr. João é um agricultor que deseja aumentar sua renda e, decide entrar no ramo da piscicultura, de maneira que escolhe cultivar Tilápias por ser um peixe com maior facilidade de produção e mais aceitabilidade pelo mercado. Para tanto, constrói um tanque escavado, em que a parte interior deste tanque foi gerada através da rotação de uma parábola em torno do eixo Z, conforme mostra a figura.*

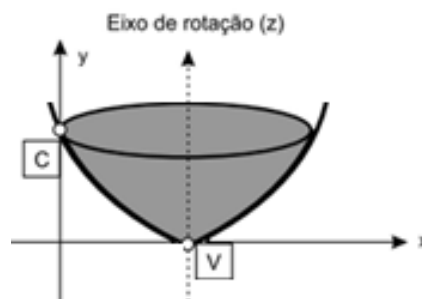


Figura 2 – Representação do tanque para cultura de Tilápias.

Fonte: Questão adaptada do ENEM 2013.

*Porém, após algum tempo, ele notou que seus peixes não estavam se desenvolvendo de forma adequada e decidiu consultar um técnico em agropecuária para descobrir o que havia de errado que pudesse estar afetando o processo de*

engorda dos peixes. Em visita a propriedade, entre outros fatores o técnico verifica a profundidade do tanque, tendo em mente que, para o peixe que estava sendo cultivado, a profundidade ideal deveria ser entre 1,5m e 2m.

A função real que expressa a parábola e, automaticamente, a parte interior do tanque, é dada pela lei  $f(x) = \frac{3}{2}x^2 + 4x + c$  onde  $C$  é a medida da altura da água no tanque na parte mais profunda, em metros. Sabe-se que o ponto  $V$ , na figura, representa o vértice da parábola, localizado sobre o eixo  $X$ . Considerando as condições citadas acima, pode-se dizer que a altura de água do tanque é a ideal? Por quê?

Outra situação-problema construída foi na área da Agricultura, abordando sobre a alface que é uma cultura conhecida e cultivada por todo o território brasileiro, sendo consumida por grande parte da população (LOPES; QUEZADO-DUVAL, 1998). No processo de sua produção, a mesma pode sofrer o ataque de várias doenças e pragas, sendo uma delas a Mancha Bacteriana (*Xanthomonas campestris*), bactéria que ocasiona manchas nas folhas de alface, e pode disseminar-se de maneira bem rápida, causando perdas diretas na produção. Essa bactéria tem por característica penetrar “[...] por aberturas naturais (estômatos e hidatódios), provocando inicialmente pequenas manchas angulares de aspecto encharcado, que são observadas primeiramente nas folhas baixas” (LOPES; QUEZADO-DUVAL, 1998, p. 5).

Desta vez, a questão adaptada foi do ENEM de 2015: *Um técnico em agropecuária deseja ter melhor conhecimento sobre uma das doenças que ataca a cultura da alface. Para tanto, realiza uma pesquisa quanto ao desenvolvimento de certo tipo de bactéria que ocasiona a mancha bacteriana (Xanthomonas campestris). Na pesquisa, utiliza uma estufa para armazenar as bactérias, de maneira que a temperatura no interior dessa estufa, em graus Celsius, é dada pela expressão  $T(h) = -h^2 + 22h - 95$ , em que  $h$  representa as horas do dia. Sabe-se que o número de bactérias é o maior possível quando a estufa atinge sua temperatura máxima e, nesse momento, ele deve retirá-las da estufa.*

*A tabela associa intervalos de temperatura, em graus Celsius, com as classificações: muito baixa, baixa, média, alta e muito alta.*

Intervalos de temperatura (°C)	Classificação
$T < 0$	Muito baixa
$0 \leq T \leq 17$	Baixa
$17 < T < 30$	Média
$30 \leq T \leq 43$	Alta
$T > 43$	Muito alta

Figura 3 – Classificação dos intervalos de temperatura.

Fonte: ENEM 2015.



*Quando o Técnico obtém o maior número possível de bactérias, a temperatura no interior da estufa está classificada como:*

- a) muito baixa.*
- b) baixa.*
- c) média.*
- d) alta.*
- e) muito alta.*

Estes são alguns exemplos das releituras realizadas, buscando contextualizar o conteúdo matemático para a formação dos estudantes que fazem curso Técnico em Agropecuária Integrado ao Ensino Médio, no Instituto Federal Catarinense, *Campus Santa Rosa do Sul*. O projeto de ensino, no decorrer de seu desenvolvimento, proporcionou aos alunos que ampliassem seus conhecimentos em relação aos conceitos básicos da matemática, em virtude do atendimento mais individualizado realizado pelo professor e pelas duas bolsistas integrantes. Percebemos também, inclusive nas aulas de Matemática, a evolução dos alunos em termos de raciocínio lógico e interpretação de textos na resolução das situações-problema e de questões de outras avaliações como da prova do ENEM. Sobretudo, aplicar os conceitos aprendidos em disciplinas da área técnica, em situações-problemas com conteúdo matemático, revelou-se aos alunos como desafios, aceitos pelos mesmos, no qual, em cada encontro semanal, de maneira descontraída, os mesmos em grupo se empenhavam em superá-los, fortalecendo o trabalho em equipe e as relações interpessoais entre os mesmos.

#### **4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O projeto de ensino “Resolução de problemas de Matemática com conteúdo interdisciplinar”, desenvolvido no Instituto Federal Catarinense - *Campus Santa Rosa do Sul*, apresentam fortes indícios da qualificação dos processos de ensino e de aprendizagem de Matemática, principalmente pela mudança de perspectiva metodológica. Observamos que por meio desse projeto, os estudantes passam a ser ativos, investigam situações-problema que poderão fazer parte do contexto da sua profissão, permitindo que os conhecimentos matemáticos e de outras áreas tenham significado. Desse modo, na perspectiva do estudante, um conteúdo não é mais um conteúdo da grade curricular, mas um novo conhecimento para ser utilizado na sua atuação profissional.

Desenvolver o ensino da Matemática por meio da resolução de problemas permite que se estabeleça uma relação entre o conteúdo matemático e o contexto sociocultural do estudante, que se torna sujeito ativo no processo da aprendizagem. Sobretudo, considera-se que essas características podem dar consciência da importância desse conhecimento matemático e da validade do estudo na sua formação enquanto indivíduo. É esse discernimento, em relação à validade do

estudo em nossas vidas, que pode proporcionar o entendimento da aplicabilidade ou do significado do conhecimento matemático.

Por fim, a resolução de problemas é uma estratégia potencial para desenvolver uma aprendizagem matemática de forma ativa e significativa. Cabe ao professor planejar e propor problemas que despertem o interesse dos estudantes, motivando-os para a busca e a troca de conhecimentos, para conseqüentemente, chegar a solução do problema. Assim, nesse projeto de ensino, denominado “Resolução de problemas de Matemática com conteúdo interdisciplinar”, está se buscando o desenvolvimento da construção de conhecimentos matemáticos, numa perspectiva interdisciplinar, sendo essa uma tendência educacional para melhorar a qualidade do ensino de matemática.

## REFERÊNCIAS

ALLEVATO, Norma Suely Gomes. Trabalhar através da resolução de problemas: possibilidades em dois diferentes contextos. **VIDYA**, Santa Maria, v. 34, n. 1, p. 209-232, jan./jun. 2014.

ALLEVATO, N. S. G.; ONUCHIC, L. R. Ensino-Aprendizagem-Avaliação de Matemática: por que Através da Resolução de Problemas?. In: ONUCHIC, L. R. et al (Org.). **Resolução de Problemas: teoria e prática**. Jundiaí: Paco Editorial, 2014.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**: Educação é a base. Brasília: MEC, 2018.

\_\_\_\_\_. Ministério da Educação. **Parâmetros Curriculares Nacionais**: Matemática. Ensino de 1ª a 4ª séries. Brasília/DF: MEC, 1997. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/livro03.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2019.

\_\_\_\_\_. Ministério da Educação. **Orientações curriculares para o ensino médio**. Brasília, DF: MEC, 2006. Disponível em: [http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book\\_volume\\_02\\_internet.pdf](http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book_volume_02_internet.pdf). Acesso em: 20 abr. 2019.

FREITAS, J. L. M. Teoria das Situações Didáticas. In: MACHADO, S.D.A. (Org.); FRANCHI, A. **Educação Matemática: Uma (nova) introdução**. 3 ed. São Paulo: EDUC, 2008.

LOPES, C. A.; QUEZADO-DUVAL, A. M. **Doenças da Alface**. Circular técnica da Embrapa Hortaliças. Brasília: 1998, n. 14, dez. 1998. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/107340/1/CNPH-DOCUMENTOS-14-DOENCAS-DA-ALFACE-FL-07824.pdf>. Acesso em: 24 abr. 2019.

LÜCK, H. **Pedagogia interdisciplinar**: fundamentos teórico-metodológicos. 10. ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2002.

LURIA, A. R. **Desenvolvimento cognitivo**: Desenvolvimento cognitivo seus fundamentos culturais e sociais. São Paulo: Ícone, 1990.

MARDINI, C. V. **Criação de Peixes em Tanques e Açudes**. 2. ed. rev. e ampl. Porto Alegre: Sagra, 1991.

MORIN, E. **A cabeça bem feita**: repensar a reforma, reformar o pensamento. 9. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.

ONUCHIC, L. R.; ALLEVATO, N. S. G. Pesquisa em Resolução de Problemas: caminhos, avanços e novas perspectivas. **Boletim de Educação Matemática**, Rio Claro, v. 25, n. 41, p. 73-98, dez. 2011. Disponível em: <http://www.redalyc.org/pdf/2912/291223514005.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2019.

YANCEY, D. R; MENEZES, J. R. R. **Manual de criação de peixes**. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1983.

## A VISÃO DOS PROFESSORES DE CIÊNCIAS DE ARAPIRACA-AL SOBRE O ENSINO DE ASTROBIOLOGIA

**Janaína Kívia Alves Lima**

Universidade Estadual de Alagoas  
Arapiraca – Alagoas

**Elielma Lucindo da Silva**

Universidade Federal de Alagoas

**Lilian Nunes Bezerra**

Universidade Estadual de Alagoas  
Arapiraca – Alagoas

**Janice Gomes Cavalcante**

Universidade Estadual de Alagoas  
Arapiraca – Alagoas

**Luis Carlos Soares da Silva**

Universidade Estadual de Alagoas  
Arapiraca – Alagoas

**José Edson Cavalcante da Silva**

Universidade Estadual de Alagoas  
Arapiraca – Alagoas

**Jhonatan David Santos das Neves**

Universidade Estadual de Alagoas  
Arapiraca – Alagoas

**Daniella de Souza Santos**

Universidade Federal de Alagoas  
Arapiraca – Alagoas

**RESUMO:** A Astrobiologia surge como uma relevante ferramenta de integração de diversas áreas do conhecimento, entre elas: Bioquímica, Biofísica, Astronáutica, Astrofísica, entre outras. Apesar dos estudos nesta área da Astronomia

estarem em expansão em todo o mundo, há ainda, sobretudo, entre os professores da educação básica, certa resistência em tratar do tema na sala de aula, seja por falta de afinidade ou de conhecimento. Com base nisso, objetivou-se conhecer a visão dos professores de Ciências do município de Arapiraca sobre o ensino de Astrobiologia em sala de aula. A pesquisa teve como instrumento de avaliação um questionário de conhecimentos prévios e aplicados sobre o conceito e o ensino da Astronomia com enfoque nas temáticas da Astrobiologia. Foram entrevistados 42 professores da educação básica que atuam entre o 6 e o 9º ano na rede municipal de ensino, e com base na análise dos questionários pode-se constatar que 82,3% dos professores que responderam aos questionários são mulheres com formação em Ciências Biológicas, que disseram ter afinidade pelos temas voltados a Astronomia, mas que sentem dificuldade em trabalhar com tais conteúdos em sala de aula. Isto vem corroborar com os dados que mostram que dos participantes nesta pesquisa 88% deles afirmam nunca terem ouvido falar em Astrobiologia, mesmo posteriormente citando temas como Biosfera da Terra primitiva, Origem e Evolução da Vida, Formação de Sistemas Planetários, entre outros. Com base nos dados e reflexões adquiridos com esta pesquisa se deve enfatizar o relevante papel do Planetário

e Casa da Ciência de Arapiraca na formação profissional e democratização da informação e dos mais recentes avanços astronômicos especialmente em vertentes pouco exploradas como a Astrobiologia.

**PALAVRAS-CHAVE:** Educação em Astronomia; Ensino de Ciências; Planetário; Ciência e Sociedade.

## A VISION OF THE TEACHERS OF SCIENCE OF ARAPIRACA-AL ON THE TEACHING OF ASTROBIOLOGY

**ABSTRACT:** Astrobiology emerges as a relevant tool for the integration of several areas of knowledge, among them: Biochemistry, Biophysics, Astronautics, Astrophysics, among others. Although studies in this area of Astronomy are expanding worldwide, there is still, among primary education teachers, a certain resistance in dealing with the subject in the classroom, either because of lack of affinity or knowledge. Based on this, it was aimed to know the vision of science teachers of the municipality of Arapiraca on the teaching of Astrobiology in the classroom. The research had as an evaluation tool a questionnaire of previous and applied knowledge about the concept and teaching of Astronomy focusing on the themes of Astrobiology. A total of 42 primary school teachers from the 6th to 9th grade were interviewed, and based on the analysis of the questionnaires, 82.3% of the teachers who answered the questionnaires were women with Biological Sciences, who said they have an affinity for the astronomy subjects, but that they find it difficult to work with such contents in the classroom. This corroborates with the data that show that 88% of the participants in this study say they have never heard of Astrobiology, even citing themes such as the Early Earth Biosphere, Origin and Evolution of Life, Formation of Planetary Systems, and others. Based on the data and reflections acquired with this research, it is necessary to emphasize the relevant role of the Arapiraca Planetarium and House of Science in the professional formation and democratization of information and the most recent astronomical advances, especially in unexplored areas such as Astrobiology.

**KEYWORDS:** Astronomy Education; Science teaching; Planetary; Science and Society.

## INTRODUÇÃO

A Astrobiologia é a vertente da Astronomia que busca conhecer e explicar a origem e os fatores passíveis ao desenvolvimento de vida na Terra e em outros locais do universo. Em decorrência da amplitude de sua divulgação muito tem se discutido sobre sua colocação num enfoque pedagógico, e entre os fatores que têm atraído a atenção para esta possível inserção destaca-se o alcance do tema, devido principalmente à sua ampla divulgação nos últimos anos. Embora em expansão nas discussões científicas ao longo do mundo, percebe-se, por parte dos professores, pouca afinidade em tratar tais assuntos em sala de aula, perdendo assim a oportunidade

de explorá-los. Sendo a Astronomia uma ciência de caráter inter e multidisciplinar, os Parâmetros Curriculares Nacionais – PCN's parecem ter sido elaborados com base no anseio de que seu ensino seja implementado de maneira adequada às necessidades dos profissionais da área. No que diz respeito às “Ciências Naturais” o PCN apresenta o eixo temático “Terra e Universo”, recomendando o estudo da Astronomia a partir do 3º e 4º ciclos do Ensino Fundamental. Para o ensino médio estes assuntos ficam a cargo da disciplina de Física, que no geral são transmitidos aos alunos de forma isolada e descontextualizada (BRASIL, 1997; OLIVEIRA, 2013).

O termo Astrobiologia surgiu no século XX, a partir de meados da década de 40, associado à escola Russa. Por sua vez, o termo Exobiologia, considerado um sinônimo, foi introduzido no início da década de 60, pelo geneticista americano e Prêmio Nobel de Medicina de 1958, Joshua Lederberg, o responsável pelos elementos biológicos do Programa Apollo. No princípio, os conceitos eram restritos ao estudo da vida fora do planeta, mas logo seguiram numa abordagem mais abrangente, englobando o estudo da vida na Terra e em outros planetas (CARRAPIÇO, 2001). No entanto, apenas em 1998, quando a NASA renomeou seu programa científico, de quase quarenta anos, chamado de Exobiologia para Astrobiologia, esse termo foi oficialmente aceito e passou a ser usado na maior parte dos centros de pesquisas dessa área, no mundo. (GALANTE et al., 2016; PAULINO-LIMA; LAGE, 2009).

O município de Arapiraca localiza-se no interior do estado de Alagoas, a 127 quilômetros da capital. É a segunda maior cidade do estado e a mais importante do interior alagoano. Entre outras relevantes atividades, possui diversos projetos educacionais de destaque nos âmbitos estadual e nacional. Seus projetos – a saber, Escola do Campo, Escola de Circo, Bibliotecas Arapiraquinhas – são referências importantes quando se trata da aplicação de uma proposta educacional inter e multidisciplinar. (IBGE, 2016; PLANO DECENAL DE ARAPIRACA, 2012). Com o planetário municipal, o maior planetário digital do Nordeste a proposta não seria diferente.

No Planetário de Arapiraca, são realizadas diversas atividades lúdicas e pedagógicas, com enfoque tanto nos alunos que visitam constantemente o local, quanto nos professores, em sua maioria da rede municipal, que frequentam o espaço acompanhando ou não estes alunos, uma vez que o Planetário também atende à comunidade de uma maneira geral.

Segundo Silva et al. (2016), o Planetário e Casa da Ciência de Arapiraca tem se mostrado um importante instrumento de propagação de conhecimentos astronômicos e de outros campos das ciências naturais. Considerando sua ampla contribuição na formação científica de estudantes e profissionais, além da propagação de informações das mais diversas áreas das ciências acessíveis a toda população, é possível observar a importância que o espaço representa para a cidade e para o desenvolvimento do conhecimento científico do município.

Ainda segundo o autor é possível identificar a relação entre planetário e



escola, pois é crescente o número de instituições que buscam nestes ambientes de aprendizado não-formais suportes para os saberes astronômicos, e dessa forma, contribui como agente incentivador e formador nos vários campos dos conhecimentos.

Entre as abordagens científicas que são desenvolvidas nas dependências do Planetário com enfoque na Astronomia, podemos notar que o espaço é capaz de oferecer conhecimento em muitas outras áreas dos saberes humano, onde estes que permeiam facilmente os campos das ciências naturais são abordados ao longo das sessões astronômicas, uma das principais atividades desenvolvidas no espaço.

É importante salientar que todo conhecimento surge a partir de questionamentos, dos mais simples aos mais complexos, sendo estes princípios norteadores para uma possível compreensão dos anseios humanos. O brilhante cientista Carl Sagan foi um dos principais incentivadores do conhecimento científico, pautou-se em mostrar que os saberes astronômicos eram possíveis de serem compreendidos por qualquer um, então dedicou-se a disponibilizar em formato audiovisual uma série que leva o título de seu livro, *Cosmos* (SAGAN, 1980).

Com base no exposto, o presente trabalho objetivou determinar o perfil dos professores de Ciências do ensino fundamental das escolas públicas de Arapiraca, bem como conhecer a visão destes professores sobre o ensino de Astrobiologia em sala de aula.

## ASPECTOS METODOLÓGICOS

Considerando ser a Astrobiologia uma ciência ainda emergente, a pesquisa de cunho quali-quantitativa, que teve como instrumento de avaliação um questionário semiestruturado de conhecimentos prévios sobre a formação e atuação profissional dos professores entrevistados bem como a respeito dos conhecimentos aplicados, o conceito e o ensino da Astronomia com enfoque nas temáticas da Astrobiologia.

O público-alvo foi formado por professores de ciências da educação básica que atuam na rede pública de ensino, em Arapiraca-Alagoas. Os questionários foram enviados para o e-mail dos professores e dos 51 professores aos quais foi enviado o e-mail 42 aceitaram participar da pesquisa e retornaram os questionários devidamente respondidos.

A fim de deixar as informações mais dinâmicas os dados coletados a partir desta pesquisa estão descritos em duas etapas: a primeira que relata o perfil dos professores de ciências participantes e num segundo momento está descrito a percepção destes professores sobre o ensino de Astrobiologia para a educação básica.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

### O perfil dos professores de ciências da rede pública de Arapiraca-AL

A partir dos dados coletados por meio da aplicação do questionário foi observado que dos 42 professores entrevistados 82,3% são mulheres (Figura 1), com mais de 10 anos de experiência em sala de aula (Figura 2). A educação básica, assim como a educação infantil, historicamente, é um território dominado prioritariamente por mulheres, conforme descrito por Senkevics (2011), que demonstra dados referentes ao ano de 2007 indicando que entre os profissionais da docência na creche 97,9% eram mulheres e 74,4% das vagas do ensino básico também são ocupadas por mulheres (PRA; CEGATTI, 2016).

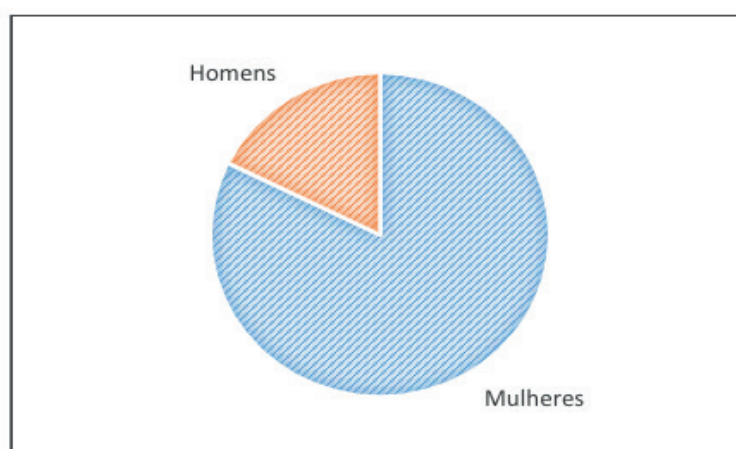


Figura 1 - Percentual de mulheres que lecionam ciências naturais na educação básica da rede pública de Arapiraca-AL.

Dados da pesquisa, 2019.

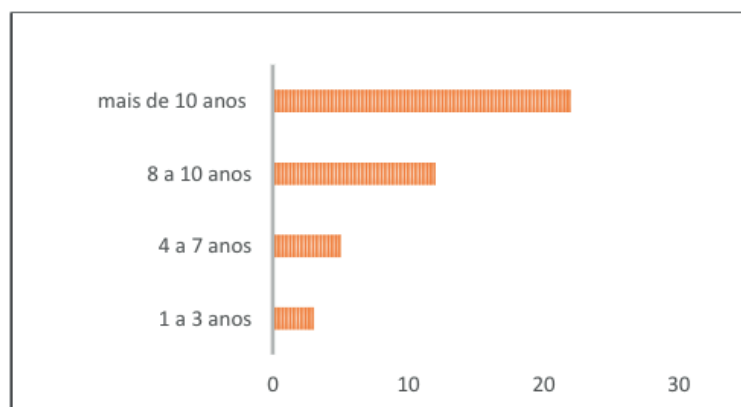


Figura 2 – Análise do tempo de atuação no ensino básico dos professores de Ciências de Arapiraca-AL.

Dados da pesquisa, 2019.

Em relação a formação acadêmica a maioria dos entrevistados cursou licenciatura em ciências biológicas (74%), seguido de licenciatura em química (18%)

e licenciatura em ciências naturais (8%) (Figura 3), a literatura também demonstra esta tendência. No ensino fundamental, nas escolas da rede pública de ensino, o professor de Ciências da Natureza de sexto a nono ano (anos finais do ensino fundamental) é habitualmente um profissional licenciado em Ciências Biológicas (habilitação adequada na rede pública de ensino), assim como encontrado em nossa pesquisa (SEIXAS et al, 2017).

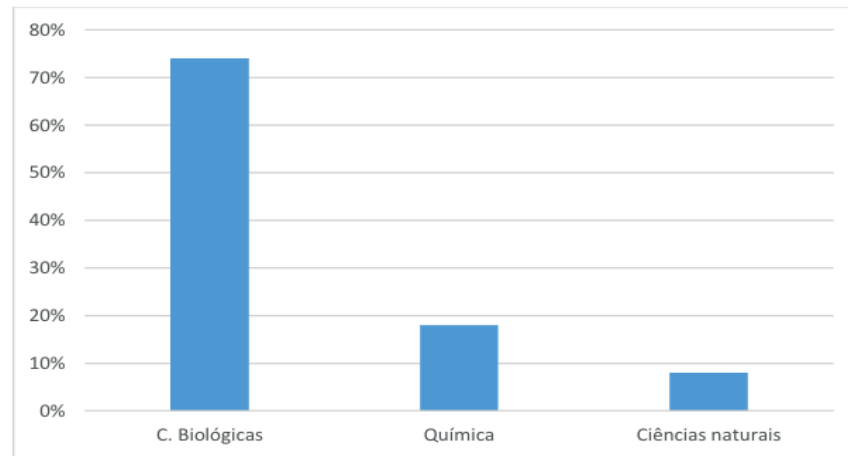


Figura 3 – Formação acadêmica dos profissionais que trabalham com ensino de ciências na educação básica de Arapiraca-AL.

Dados da pesquisa, 2019.

Entende-se que a construção de conhecimentos se inicia ainda durante a formação profissional, na universidade, quando o professor desenvolve o hábito de refletir sobre a própria formação, e não somente àquela obtida em sala de aula, mas, principalmente o conhecimento obtido em suas pesquisas, leituras, discussões e participações em eventos. Entende-se que é nesse momento que o professor está formando seu repertório de conhecimentos que carregará ao longo de sua vida, com a necessidade de aprimoramento constante (LANGHI; NARDI, 2009).

Nas diferentes ciências e em especial nas Ciências naturais, os conhecimentos prévios dos alunos são de extrema relevância, assim como, o pensamento científico e a apropriação da linguagem científica também o são. Considerando ser o conhecimento científico um conhecimento socialmente construído na escola, seu ensino deve pautar-se nas investigações científicas, no diálogo, na reflexão e no contexto em que estão inseridos esses alunos (GOZZI; RODRIGUES, 2017). As atuais bases pedagógicas exigem que o professor seja um agente provocador, que medeia a curiosidade, e nada melhor do que a inserção de questões intrigantes, tais como a Astrobiologia no debate em sala de aula para atender a tal fim.

Partindo desta premissa, quando questionados sobre o nível de investigação/curiosidade em temas na sua área de atuação, 41,2% dos professores consideraram ter alto nível de curiosidade e se consideram atualizados acerca dos principais temas de sua área de atuação.

## O ENSINO DE ASTROBIOLOGIA NA DISCIPLINA DE CIÊNCIAS

Foi avaliado também o ensino de Astronomia com enfoque em Astrobiologia nas escolas de educação básica de Arapiraca, e baseado no questionário aplicado aos professores quando questionados acerca da afinidade pelo ensino de Astronomia 47% afirmaram ter afinidade pela temática e trabalhar com ela em sala de aula. Entretanto, apenas 23% consideraram um tema útil para ser trabalhado ao longo da disciplina. Abaixo estão descritos alguns dos relatos feitos pelos professores a respeito deste questionamento.

*“Acho muito interessante tudo que envolve o universo, as estrelas, mas confesso ter dificuldade em trabalhar este conteúdo em sala, não me sinto preparada”.*

*“Não considero ter afinidade pela Astronomia, mas sempre me divirto e me desperta a curiosidade falar sobre o sistema solar, deveria ter mais cursos de capacitação para trabalhar isso em sala”.*

Os relatos acima descrevem um comportamento comum ao docente de ciências, independentemente de sua formação, em geral ele não se sente e não é preparado para o ensino da Astronomia durante sua formação, o que estabelece o seu trabalho educacional com as crianças sobre um suporte instável, partindo das mais variadas fontes, desde a formação superficial até a mídia e livros didáticos com erros conceituais, proporcionando uma propagação muitas vezes equivocadas ou imprecisas a respeito do tema.

Na perspectiva de contribuir com elementos que auxiliem os docentes a promover um ensino do conteúdo de Ciências de maneira mais eficaz, surge a elaboração de programas de educação continuada, cujos conteúdos e metodologias devem corresponder à realidade do professor (LANGHI; NARDI, 2005). Neste sentido o Planetário e Casa da Ciência de Arapiraca vem oportunizando a construção das concepções acerca da Astronomia que se adequem a sua realidade para os professores da educação básica, não somente da rede pública, mas também da rede privada de ensino. Isto fica evidenciado nesta pesquisa quando a maioria dos professores que já ouviram falar sobre Astrobiologia afirmam que obtiveram esta informação através das atividades e divulgações realizadas pelo Planetário da cidade. Apenas 12% dos professores afirmaram ter conhecimento sobre Astrobiologia enquanto que 88% dos professores relataram nunca ter ouvido falar sobre a ciência (NASCIMENTO et al, 2014).

A Astrobiologia não é uma nova área de pesquisa, mas uma vertente da Astronomia que objetiva compreender e explicar com o enfoque biológico, temas bem conhecidos, numa perspectiva interdisciplinar (PRATHER; SLATER, 2002). Há, em torno da área uma forte busca pela formação técnica e humanística em um cenário de preocupação em formar cidadão conscientes e bem informados,

capazes de tomar decisões futuras sobre o nosso planeta.

A Astrobiologia se baseia em três questionamentos principais, para muitos cientistas estamos muito próximos de responder às suas questões fundamentais, entre elas, como a vida começou e se desenvolveu? Existe vida além da Terra? E qual o futuro da vida na Terra e além dela? Estaríamos prontos para lidar com tão extremas descobertas? Pensando nisso, a Astrobiologia mostra-se ideal para trabalhar a interdisciplinaridade e as ciências de forma integrada. No entanto, apesar do grande crescimento da área na sociedade e também nos meios educacionais a Astrobiologia ainda é raramente explorada nas instituições de nível básico de ensino (GLEISER, 2010; LIMA; SANTOS, 2016).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através deste trabalho, é possível concluir que as tendências da formação de professores para o ensino de Astronomia são ainda limitadas principalmente no que se refere a cursos de formação continuada com diferentes enfoques, deixando muitas perguntas em aberto e um campo fértil para um crescimento significativo.

Contudo, é importante salientar que as lacunas que são deixadas quanto a formação docente ainda são um grande desafio a serem superados pelos cursos de formação. É de suma importância a busca por formação continuada sobre estes temas que estão inseridos dos currículos da educação básica. Com o crescimento do pensamento científico, e em muitas vezes em parceria com as universidades, são ofertados cursos na área da Astronomia e em suas ramificações, como a Astrobiologia. Os espaços não-formais de aprendizado, como por exemplo, os planetários, se configuram como excelente suporte na busca destes saberes, pois suas contribuições e popularidade se estendem para estes cursos de formação e extensão universitária.

## REFERÊNCIAS

ARAPIRACA. **Plano Decenal de Arapiraca**. 2012. Disponível em: <<http://www.arapiraca.al.gov.br/planodecenal/livro/>>. Acesso em 16 de jun 2016.

BRASIL. Secretaria de Ensino Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais**. Brasília: SEF/MEC, 1997.

CARRAPIÇO, F.J.N. **A origem da vida e a sua evolução. Uma questão central no âmbito da exobiologia**. Anomalia, 5: 25-32, 2001.

GALANTE, D.; SILVA, E.P.; RODRIGUES, F.; HORVATH, J.E.; AVELLAR, M.G.B. Astrobiologia: uma ciência emergente. Edição : IAG/USP, 2016. Disponível em: [http://www.astrobiobrazil.org/index.php/pt\\_br/](http://www.astrobiobrazil.org/index.php/pt_br/). Acesso em 04 de mai 2016.

GLEISER, M. **Criação imperfeita: cosmo, vida e o código oculto da natureza**. 4ª ed. Rio de Janeiro: Record, 2010.

GOZZI, M.E.; RODRIGUES, M.A. **Características da Formação de Professores de Ciências Naturais**. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências RBPEC 17(2), 423-449.2017 doi: 10.28976/1984-2686rbpec2017172423.

IBGE. **Cidades**. 2016. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=270030>> Acesso em: 8 jun 2016.

LANGHI, R.; NARDI, R. **Dificuldades interpretadas nos discursos de professores dos anos iniciais do ensino fundamental em relação ao ensino da astronomia**. Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia - RELEA, n. 2, p. 75-92, 2005.

LANGHI, R.; NARDI, R. Ensino da astronomia no Brasil: educação formal, informal, não formal e divulgação científica. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 31, n. 4, 4402. 2009. Disponível em: [www.sbfisica.org.br](http://www.sbfisica.org.br) . Acesso em: 09 de jun 2017.

NASCIMENTO, F.N.; SGARBI, A.D.; ROLDI, K. **A utilização de espaços educativos não formais na construção de conhecimentos – uma experiência com alunos do ensino fundamental**. Revista da SBEnBio, n 7. 2014.

OLIVEIRA, D. R.A. Introdução à Astrobiologia. 2013. Disponível em: <https://universoracionalista.org/introducao-a-astrobiologia/>. Acesso em: 13.jun 2016.

PAULINO-LIMA, I.G.; LAGE, C.A.S. **Astrobiologia: definição, aplicações, perspectivas e Panorama brasileiro**. Boletim da Sociedade Astronômica Brasileira, 29, no.1, 14-2. 2010.

PRA, J.R.; CEGATTI, A.C. **Gênero, educação das mulheres e feminização do magistério no ensino básico**. Revista Retratos da Escola, Brasília, v. 10, n. 18, p. 215-228, jan./jun. 2016. SAGAN, C. **Cosmos**. Random house, 1980.

SILVA, L. C. S. et al. AS CONTRIBUIÇÕES DO PLANETÁRIO E CASA DA CIÊNCIA DE ARAPIRACA PARA O ENSINO DE GEOGRAFIA E CIÊNCIAS NATURAIS. Disponível em <[http://www.apapb.org/19o\\_enast/works/show/67](http://www.apapb.org/19o_enast/works/show/67)> acesso em 21 de Maio.

SEIXAS, R.H.M.; CALABRO, L.; SOUSA, D.O. **A Formação de professores e os desafios de ensinar Ciências**. Revista Thema.I Volume 14 | N° 1. 2017.



## APLICAÇÃO DA GESTÃO DO CONHECIMENTO PARA MELHORIA DO PROCESSO DE ELABORAÇÃO DE PROPOSTAS DE EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA

**André Felipe de Almeida Batista**

Universidade Federal Rural de Pernambuco,  
Licenciatura em Computação  
Recife – Pernambuco

**Ricardo André Cavalcante de Souza**

Universidade Federal Rural de Pernambuco,  
Departamento de Computação  
Recife – Pernambuco

**RESUMO:** A extensão universitária possui como princípio básico o diálogo com a sociedade. As chamadas para propostas de extensão são realizadas por meio de editais que descrevem as orientações e normas gerais para o processo. A comunicação entre os atores envolvidos durante o período de elaboração e submissão de tais propostas é centralizada e geralmente implementada através de canais tradicionais, como e-mail, telefone e atendimento presencial. Além disso, não há um mecanismo para permitir a interação prévia entre um ente externo, demandante de um problema, e um extensionista que pode atender aquela demanda. Este trabalho apresenta então uma abordagem, desenvolvida por meio de um processo de gestão do conhecimento denominado Ciclo KM, para aperfeiçoar a comunicação nas atividades de elaboração e submissão de propostas de projetos de extensão universitárias. Entre os resultados

deste trabalho estão: design e implementação de uma Comunidade de Prática (CoP) para permitir uma comunicação mais efetiva entre os atores envolvidos no contexto tratado.

**PALAVRAS-CHAVE:** Extensão Universitária; Ciclo KM; Comunicação.

### APPLYING KNOWLEDGE MANAGEMENT TO IMPROVE THE UNIVERSITY EXTENSION PROPOSALS ELABORATION PROCESS

**ABSTRACT:** The university extension has as basic principle the dialogue with society. Calls for extension proposals are made through notices that describe the guidelines and general rules for the process. Communication between the actors involved during the preparation and submission of such proposals is centralized and generally implemented through traditional channels such as e-mail, telephone and face-to-face service. In addition, there is no mechanism to allow prior interaction between a problem-demanding external entity and an extensionist who can meet that demand. This paper then presents an approach developed through knowledge management process called KM Cycle to improve communication in the process of elaboration and submission of proposals for extension projects. Among outcomes this work are: design and implementation of a Community

of Practice (CoP) to allow communication more effective between actors involved in the context treated; and proposition.

**KEYWORDS:** University Extension; KM Cycle; Communication.

## 1 | INTRODUÇÃO

A extensão universitária consiste em manter um diálogo com a sociedade e tentar atender suas demandas e expectativas. A extensão tem a tarefa de construir a relação de compartilhamento entre o conhecimento científico e tecnológico produzido na universidade e os conhecimentos de que são titulares as comunidades tradicionais (DE PAULA, 2013).

As atividades de extensão devem estar inseridas em programas e projetos estruturados, com a participação de estudantes, articulando-se com as práticas acadêmicas de ensino e pesquisa, nos termos de seus projetos político-pedagógico e de desenvolvimento institucional (BRASIL, 2010). O projeto de extensão é uma ação formalizada, com objetivo específico e prazo determinado, visando resultado de mútuo interesse, para a sociedade e para a comunidade acadêmica.

No contexto das universidades federais brasileiras, as atividades de extensão são de responsabilidade de uma unidade organizacional específica para esse fim, geralmente uma pró-reitoria. Especificamente na universidade federal que sediou esse estudo, a Pró-reitoria de Atividades de Extensão (PRAE) é responsável por fomentar, divulgar, apoiar, coordenar, monitorar e manter as ações de extensão (UFRPE, 2004).

A PRAE utiliza o mecanismo de edital público para realizar chamadas periódicas aos interessados em submeter propostas de projetos de extensão. O edital é um documento legal que descreve as normas gerais para uma concorrência. Para publicação e divulgação do edital de extensão, são usados canais de comunicação como sítios web e redes sociais, além do registro do edital no SIGProj ([Sistema de Informação e Gestão de Projetos](#)), sistema disponibilizada pelo Ministério da Educação.

O processo de chamada de projetos de extensão por meio de edital é um requisito legal para órgãos públicos no Brasil, porém não é suficiente para atender às necessidades de comunicação entre os interessados. As dúvidas que surgem quanto às normas e requisitos prescritos no edital e no processo de submissão da proposta de extensão são geralmente dirimidas através de contato entre o proponente e a equipe da PRAE por meio de canais como e-mail, telefone e presencialmente. Essa abordagem pode ser descentralizada e tornar-se mais eficaz com a inserção, no referido processo, de ferramentas de Gestão do Conhecimento (KM do inglês *Knowledge Management*).

A disciplina de Gestão do Conhecimento visa à alavancagem dos ativos intelectuais para melhorar o desempenho organizacional (STANKOSKY, 2008).

Segundo Brelade & Harman (2005), uma estratégia eficiente de KM procura utilizar a tecnologia para: facilitar acesso individualizado a informação; permitir o compartilhamento de experiência; facilitar a comunicação; e remover barreiras para criatividade e inovação.

Outra questão relevante observada é que não há um meio para participação prévia de possíveis beneficiários, externos à universidade, na elaboração da proposta de projeto de extensão. A interação dialógica com a sociedade, princípio básico da extensão universitária (DE PAULA, 2013), pode ser enriquecida com a introdução de mecanismo que permita aos entes externos registrar problemas vivenciados, os quais poderiam vir a ser objeto tratados por projetos de extensão mais bem direcionados. Esta demanda de comunicação entre o extensionista e o demandante externo pode também ser tratada por meio de KM auxiliada por tecnologia. Vieira (2006), ressalta que o processo de comunicação está sendo aperfeiçoado através de canais que mantêm indivíduos informados por meio de redes formais e informais, que funcionam de forma interativa e colaborativa.

Tendo em vista as deficiências encontradas no processo de gestão de projetos de extensão, mais especificamente relacionadas ao aspecto comunicacional, bem como o papel da KM em melhorar o desempenho organizacional, este trabalho procura atender ao seguinte problema de pesquisa: como aplicar ferramentas de KM para melhorar a comunicação inter e intra-organizacional de modo a aperfeiçoar o processo de elaboração e submissão de propostas de projeto de extensão?

Além desta introdução, este capítulo está estruturado em mais quatro seções. A Seção 2 apresenta a fundamentação teórica que norteia o desenvolvimento do trabalho. A Seção 3 apresenta a execução das etapas da abordagem de KM para desenvolvimento da solução visando atender o problema tratado. A Seção 4 discute os principais resultados obtidos. A Seção 5 apresenta as considerações finais.

## **2 | FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

A Gestão do Conhecimento (KM) consiste na aquisição e uso de recursos para criar um ambiente no qual a informação é acessível por todos e no qual indivíduos adquirem, compartilham e usam aquela informação para desenvolver seu próprio conhecimento e são encorajados e capacitados para aplicar seus conhecimentos em benefício da organização (BRELADE & HARMAN, 2005).

Uma KM eficiente envolve a coordenação sistemática de tecnologia, pessoas e cultura organizacional (BRELADE & HARMAN, 2005). A tecnologia fornece às pessoas acesso a informação de que e quando necessitam e possibilita meios de comunicação diversificados, rápidos e descentralizados. As pessoas usam a informação disponível para melhorar o próprio trabalho e, conseqüentemente, o desempenho organizacional. A cultura organizacional estimula comportamentos

valorizados nas pessoas, tais como, disposição em compartilhar informações e trabalho colaborativo.

Entre as sistemáticas para implantação de KM em uma organização está o Ciclo KM (DALKIR & LIEBOWITZ, 2011). O Ciclo KM consiste na execução das seguintes etapas: Captura e/ou Criação para identificação e codificação do conhecimento e *know-how* interno da organização; Disseminação e Compartilhamento para tornar o conhecimento disponível e acessível pelos interessados; e Aplicação e Aquisição para internalização do conhecimento pelas pessoas de modo a aplicá-lo para melhorar os processos de trabalho.

Em cada etapa do Ciclo KM são utilizadas ferramentas de propósito específico (DA SILVA et al, 2017). Na etapa de Criação/Captura: Pesquisa de Campo para diagnosticar a situação de KM na organização; Mapa Mental para consolidar os resultados da pesquisa de campo; Processo de Negócio para mapear o fluxo de trabalho na organização; Mapa do Conhecimento para identificar conceitos-chave e as correlações entre eles; e Repositório do Conhecimento para organizar o conhecimento organizacional. Na etapa de Compartilhamento/Disseminação: Análise de Rede Social para mapear as relações informais entre as pessoas existentes na organização; e Comunidade de Prática para otimizar a comunicação e o compartilhamento de informações e conhecimentos na organização. Na etapa de Aquisição/Aplicação: *Storytelling* para fomentar o aprendizado e comunicar valores da organização; e Protótipo para demonstrar a entrega de valor para os interessados.

Para otimizar o desempenho organizacional através da melhoria da comunicação inter e intra-organizacional, entre as ferramentas de KM que mais se destacam está a Comunidade de Prática (CoP do inglês *Community of Practice*) (FREGONEIS, 2006). Uma CoP consiste em um grupo de pessoas, juntamente com seus recursos e relacionamentos, que se reúne para fazer uso do conhecimento compartilhado, de modo a melhorar o aprendizado e criar valor para o grupo (SEUFERT, VON KROGH & BACK 2004). As CoP são basicamente redes de relacionamento entre pessoas (DALKIR & LIEBOWITZ, 2011). As redes se formam porque as pessoas necessitam umas das outras para alcançar objetivos comuns e entre os aspectos mais recorrentes a qualquer rede em funcionamento estão: ajuda mútua, assistência e reciprocidade.

Tendo em vista que a KM pode ser usada para aperfeiçoar processos organizacionais, este trabalho aplica o Ciclo KM para melhorar a comunicação inter e intra-organizacional no contexto do processo de elaboração e submissão de propostas de extensão universitária, com auxílio de ferramentas de KM, em especial CoP.

### 3 | EXECUÇÃO DO CICLO KM

A metodologia de pesquisa utilizada neste trabalho é orientada pelo Ciclo KM proposto por Dalkir & Liebowitz (2011). A Figura 2 apresenta o fluxo de execução do Ciclo KM no contexto deste trabalho, por meio da notação BPMN (*Business Process Model and Notation*) (OMG, 2011). Em cada etapa do Ciclo KM são apresentadas as tarefas realizadas e as respectivas ferramentas utilizadas para auxiliá-las.

A etapa de Captura e Criação do Conhecimento iniciou com a execução da tarefa Identificar o problema, através de uma reunião com a equipe da PRAE responsável pela gestão de projetos de extensão universitária, na qual foram discutidas as principais deficiências e restrições relacionados ao processo de elaboração e submissão de projetos de extensão. Em seguida, foi executada a tarefa Realizar pesquisa de campo, por meio da aplicação de questionário eletrônico, com o objetivo de aprofundar o entendimento sobre o contexto do problema sob a perspectiva dos proponentes de projetos de extensão. Finalmente, foi executada a tarefa Interpretar os dados da pesquisa no qual os principais achados da pesquisa de campo foram consolidados em um Mapa Mental.

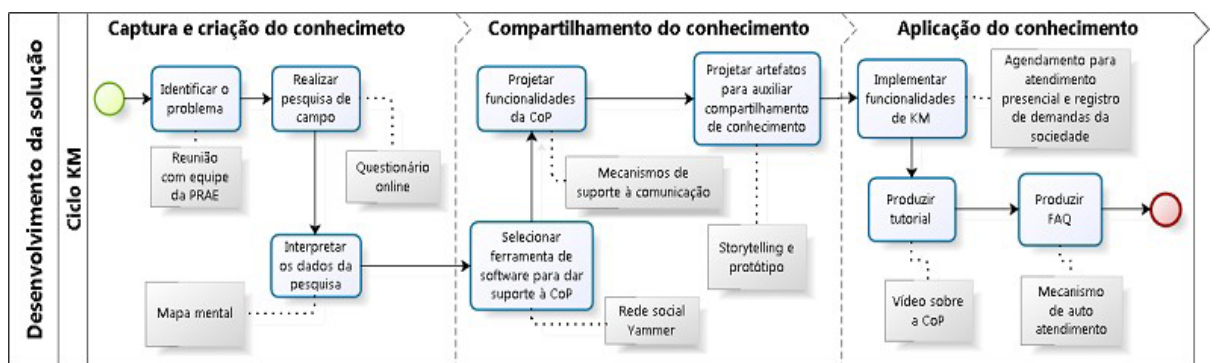


Figura 2. Diagrama BPMN - Fluxo de Execução do Ciclo KM

Fonte: Autores (2017)

A etapa de Compartilhamento do Conhecimento iniciou com a execução da tarefa Selecionar ferramenta de software para dar suporte à CoP, na qual foram analisadas algumas ferramentas de software e escolhida a rede social corporativa [Yammer](#) para dar suporte à CoP. Em seguida, foi executada a tarefa Projetar funcionalidades da CoP na qual foram definidas e implementadas as funcionalidade da CoP, tais como, fórum de discussão, perguntas mais frequentes (FAQ do inglês *Frequently Asked Questions*), postagem de notícias, etc. Finalmente, foi executada a tarefa Produzir artefatos para auxiliar o compartilhamento de conhecimento na qual foram produzidos *storytelling* e protótipo, sendo o primeiro para ilustrar um cenário de uso da CoP e o segundo para permitir a interação rápida dos usuários com a CoP a fim obter *feedback* sobre a percepção deles sobre o valor entregue.

A etapa de Aplicação do Conhecimento iniciou com a execução da tarefa de

Implementar funcionalidades de KM na qual foram desenvolvidas funcionalidades integradas à CoP para: (1) permitir que qualquer interessado possa registrar demandas e problemas que podem vir a se tornar objeto de estudo em projetos de extensão; e (2) permitir o agendamento prévio para atendimento presencial. Em seguida foi executada a tarefa Produzir Tutorial na qual foram desenvolvidos tutoriais em formato de vídeo sobre como utilizar a CoP e como tal ferramenta pode ser útil para melhorar a comunicação no processo de elaboração e submissão de propostas de extensão. Finalmente, foi executada a tarefa Produzir FAQ na qual foram elaboradas, em conjunto com a equipe de atendimento da PRAE, as perguntas mais frequentes e respectivas respostas sobre o processo de gestão de projetos de extensão.

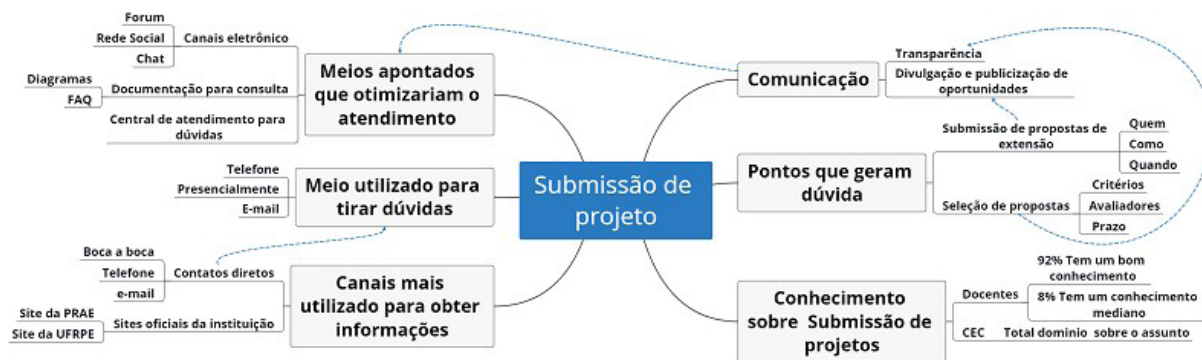
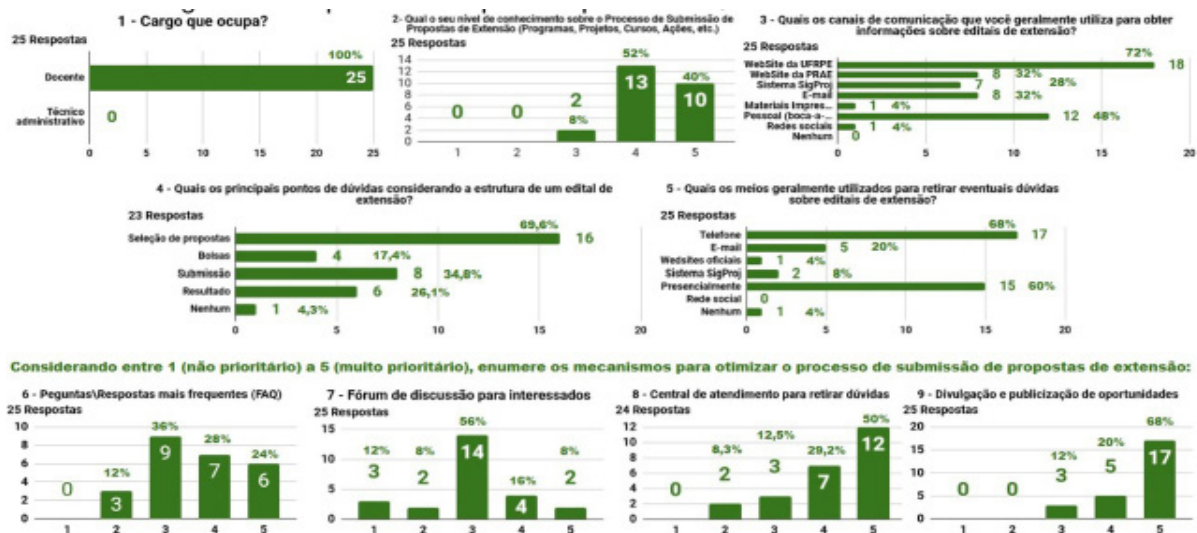
### 3.1 Captura e criação do conhecimento

Esta etapa iniciou com uma reunião de *kick-off* do projeto, na qual a equipe da PRAE relatou as atividades desenvolvidas, as dificuldades, soluções de TIC existentes que dão suporte às atividades desenvolvidas, a documentação (resolução, minuta de edital) que normatiza o trabalho e os atores envolvidos no processo. Neste contato ficou evidenciado que nos editais lançados para captação de propostas de projeto de extensão, são recorrentes dúvidas e buscas pelas mesmas informações.

A fim de identificar as principais queixas e problemas enfrentados pelos proponentes de projetos de extensão, foi realizada uma pesquisa de campo por meio da aplicação de um questionário eletrônico. Para realizar essa tarefa foram analisadas a resolução que normatiza as ações de extensão na universidade e o edital de extensão mais recente com as orientações gerais para o processo. As questões elaboradas visavam identificar as dificuldades, mensurar o nível de conhecimento sobre as normas e restrições do processo de extensão universitária e a opinião sobre possíveis ferramentas de KM para melhorar o processo. O endereço para o questionário eletrônico foi enviado por e-mail para o grupo de coordenadores de projetos de extensão. A Figura 3 apresenta as questões e respectivas respostas do questionário eletrônico.

As respostas do questionário eletrônico foram analisadas e as principais descobertas foram consolidadas em um Mapa Mental (Figura 4). O Mapa Mental é uma ferramenta gráfica usada para simplificar e organizar visualmente dados obtidos na pesquisa de campo, em diferentes níveis de profundidade e abstração (VIANNA et al, 2012).





A pesquisa de campo serviu para identificar que a comunicação entre os atores envolvidos no processo de elaboração e submissão de propostas de projetos de extensão é centralizada e vertical, através de contatos diretos e individualizados entre a equipe da PRAE e os proponentes. Outra descoberta relevante é que apesar dos coordenadores de projetos de extensão conhecerem bem o processo, ainda persistem dúvidas usuais e eles avaliam que canais de comunicação adicionais podem promover transparência e compartilhamento de informações de maneira a tornar a comunicação descentralizada e horizontal onde os próprios proponentes podem ajudar uns aos outros no que se refere a problemas comuns e recorrentes do processo de submissão de propostas de extensão universitária.

### 3.2 Compartilhamento do conhecimento

O compartilhamento de conhecimento é um determinante de inovação em qualquer organização. Entre as ferramentas que potencializam este aspecto de desenvolvimento organizacional está a CoP. A CoP é um grupo de pessoas que fazem intercâmbio de conhecimento e troca de informações sobre algum domínio

específico (SILVA, 2015).

Uma CoP geralmente é implementada através de uma ferramenta de software. Desta forma, a primeira tarefa consistiu em analisar ferramentas de software, citadas em alguns trabalhos acadêmicos (SILVA, 2015; DA SILVA et al., 2017), para selecionar aquela que poderia dar suporte à CoP dos atores envolvidos no processo de elaboração e submissão de propostas de projetos de extensão. As ferramentas de software analisadas foram: Alfresco; Exo Platform; Yammer; OpenKM; WorkSimple; e SocialQuest. Os requisitos usados para orientar a avaliação das ferramentas foram: suporte a diversos canais de comunicação (fórum de discussão, mensagens instantâneas, postagem de notícias, blog, etc.); integração com outros aplicativos (agendas e formulários eletrônicos, editor de texto on-line, etc.); distribuída pelo serviço Web da Internet; acessível adequadamente em dispositivos móveis; e de boa usabilidade.

A ferramenta de software que mais bem atendeu os requisitos especificados, segundo a avaliação da equipe do projeto, foi a rede social Yammer. Entre as facilidades desta ferramenta estão: acesso através do e-mail institucional, o que possibilita a criação de comunidades de práticas para um domínio específico (no caso, @ufrpe.br), bem como facilidade em encontrar e convidar membros da instituição para participar CoP; e integração com o pacote de escritório on-line da Microsoft Office365 o que permite a criação de documentos e apresentações compartilhados, elaboração de enquetes sobre um assunto, entre outras facilidades.

Uma vez escolhida a ferramenta de software, foi então executada a tarefa de projetar as funcionalidades de KM da CoP. A Figura 5 apresenta a interface com o usuário (UI) inicial da CoP implementada através da ferramenta Yammer. A CoP criada refere-se exclusivamente ao processo de elaboração e submissão de projetos de extensão. A CoP foi projetada para ser enxuta e conter mecanismos essenciais para facilitar a comunicação como compartilhamento de documentos importantes (editais, resoluções, etc.), postagem de notícias (lembrete de datas importantes), fórum de discussão (tratamento descentralizado de dúvidas) e FAQ.

A última tarefa da etapa de Compartilhamento do Conhecimento consistiu na criação de *storytelling* e protótipo. Uma *storytelling* narra de forma descontraída um cenário no contexto do problema e como a solução desenvolvida pode ajudar os personagens da estória. O protótipo serve para demonstrar rapidamente a entrega de valor para os usuários.

Foram produzidas duas *storytelling* através de animação em vídeo, disponível no canal YouTube. A primeira *storytelling* mostra um personagem que toma conhecimento do edital de projetos de extensão e procura por mais informações nos meios disponíveis, apontados na pesquisa de campo como os mais utilizados, e então são evidenciadas algumas restrições e dificuldades destes meios e como uma ferramenta de KM apoiada por tecnologia poderia melhorar esse cenário. A segunda *storytelling* mostra um cenário de como alguém externo à universidade pode registrar

uma demanda a qual pode ser atendida por um extensionista.



Figura 5. Interface do usuário - CoP através da Ferramenta Yammer

Fonte: Autores (2017)

O protótipo foi desenvolvido com o auxílio da ferramenta [Marvel](#). Para tanto, foram capturadas telas da interface de usuário (UI do inglês *User Interface*) da CoP, implementada sobre a rede social Yammer, e então foi criada uma navegação entre as UI para simular o uso da CoP. O objetivo foi mostrar a interação do usuário em algumas funcionalidades usuais, tais como, como postar uma dúvida e realizar buscas por palavra-chave na CoP. O [protótipo](#) desenvolvido demonstra a entrega de valor da solução desenvolvida para o usuário.

### 3.3 Aplicação do conhecimento

Esta etapa iniciou com o desenvolvimento de duas funcionalidades, integráveis à CoP (Figura 6), para melhorar o processo de trabalho. A primeira funcionalidade (parte superior da Figura 6) consiste em um formulário eletrônico para registro de demandas e problemas externos que podem vir a ser objeto de estudo de projetos de extensão. A segunda funcionalidade (parte inferior da Figura 6) consiste em usar uma agenda eletrônica para controle de agendamentos para atendimento presencial pela equipe da PRAE. Essas funcionalidades foram criadas com o auxílio de ferramentas da [G Suite](#) da Google: agenda eletrônica, para a primeira funcionalidade e formulário eletrônico, para a segunda funcionalidade.

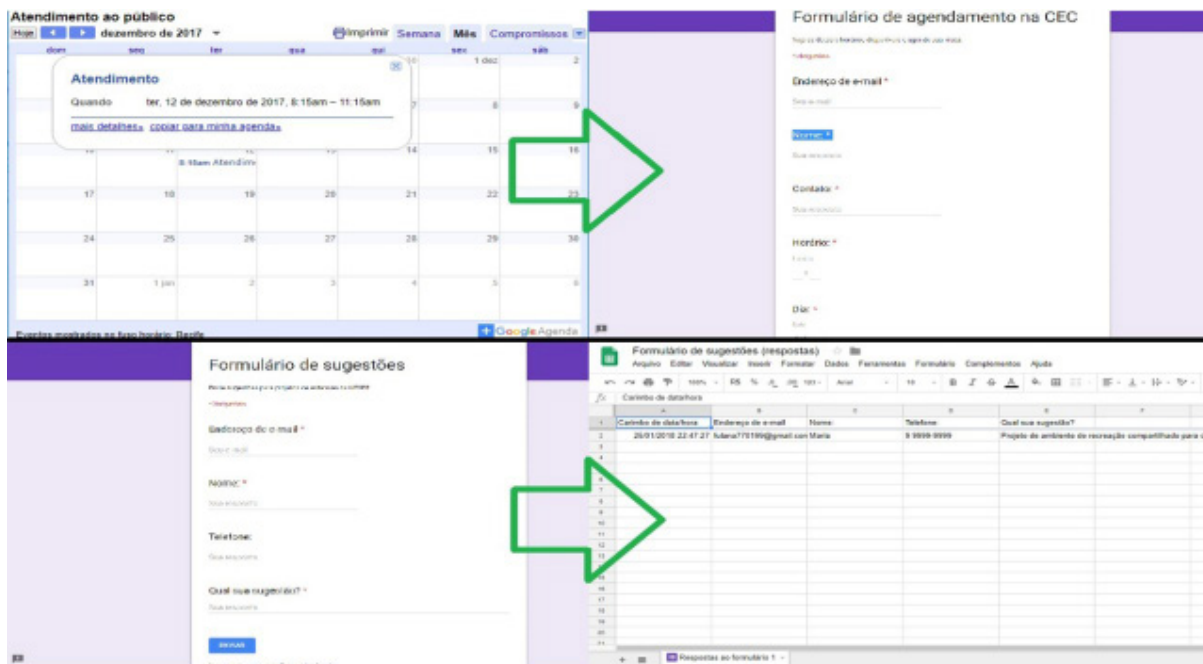


Figura 6. UI - Funcionalidades Desenvolvidas

Fonte: Autores (2017)

Em seguida foram desenvolvidos dois tutoriais em formato de vídeo para auxiliar na internalização pelos usuários em como (1) [cadastrar-se](#) e (2) [usar as funcionalidades da CoP](#). Estes tutoriais consistem em mecanismos que podem ser facilmente disponibilizados em diferentes canais e usados, principalmente, por iniciantes no uso da solução de KM.

A etapa de Aplicação do Conhecimento foi encerrada com o desenvolvimento de uma [FAQ](#) de modo a se tornar uma fonte de informação primária para que extensionistas e demais interessados possam consultar respostas das dúvidas mais usuais do processo elaboração e submissão de propostas de extensão, de acordo com a equipe da PRAE. A FAQ fica disponível na área destinada a arquivos da CoP, podendo ser atualizada pelos integrantes.

#### 4 | RESULTADOS OBTIDOS

Após o encerramento do Ciclo KM, buscou-se avaliar a solução de KM (baseada em CoP) desenvolvida através do *feedback* da equipe da PRAE e de Coordenadores de Projetos de Extensão. Inicialmente, foi realizada uma apresentação para a PRAE na qual foi mostrado o cenário atual e como a solução de KM pode ajudar na melhoria da comunicação no processo de elaboração e submissão de propostas de extensão. Em seguida, foi aplicado um questionário para verificar se a equipe da PRAE percebia o valor entregue pela solução de KM. O *feedback* obtido foi satisfatório, tendo em vista que para esses atores a solução de KM contribui para: diminuição da burocracia; redução do tempo para resolução de dúvidas e problemas; facilita o

acesso à informações; e torna a comunicação mais ágil e eficiente.

Para os Coordenadores de Projetos de Extensão foram enviadas por e-mail as seguintes instruções para avaliação da solução de KM desenvolvida: assistir a *storytelling*, para entendimento do contexto; interagir com o protótipo, para conhecer as funcionalidades; e responder um questionário eletrônico, para fornecer *feedback* sobre a proposta de solução para o problema. A Figura 7 apresenta as perguntas do questionário eletrônico e consolidação das respostas obtidas de nove coordenadores. A identificação do respondente do questionário foi anônima, a primeira pergunta visava verificar se o respondente tinha participado da pesquisa de campo (Seção 3.1) e as demais perguntas objetivavam verificar a percepção do respondente sobre a solução desenvolvida em uma escala de 1 (péssimo) a 5 (excelente).

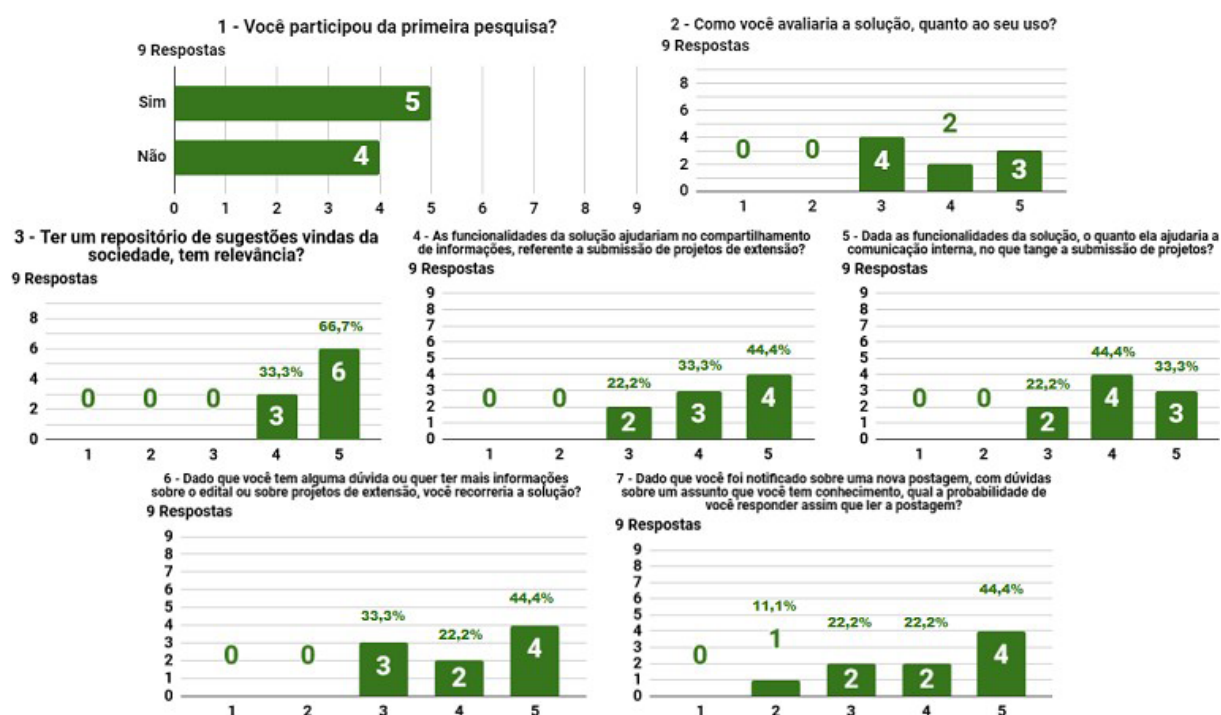


Figura 7. Questionário Eletrônico - Feedback sobre a Solução de KM baseada em CoP

Fonte: Autores (2017)

De acordo com as respostas obtidas, o *feedback* dos Coordenadores de Projetos de Extensão foi também satisfatório quanto a disponibilização de uma CoP para auxiliar o processo de elaboração e submissão de propostas de extensão universitária.

## 5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Entre os princípios que regem a extensão universitária estão a indissociabilidade entre ensino, pesquisa e extensão, e a interação dialógica com a sociedade (DE PAULA, 2013). Nas universidades federais brasileiras, a extensão é fomentada por editais que descrevem as normas para submissão de projetos, concessão de bolsas,



avaliação, etc.

Apesar de este processo ser realizado pelo menos uma vez a cada ano, uma pesquisa de campo realizada junto aos interessados (PRAE e proponentes de projetos) mostrou que persistem problemas comuns relacionados principalmente à comunicação, tais como, publicização do edital e dúvidas sobre as normas do edital. Além disso, foi observado que não há qualquer mecanismo para permitir a interação prévia de pessoas externas à universidade interessadas em apresentar demandas que poderiam ser tratadas em projetos de extensão.

As deficiências encontradas são potencializadas pela restrições organizacionais, tais como, equipe enxuta para atender às pessoas com dúvidas e para atuar na comunicação, atendimento apenas no horário comercial, e ausência de canal de comunicação específico para a finalidade de gestão de projetos de extensão.

Tendo em vista que a KM visa melhorar o desempenho organizacional, este trabalho relatou a execução das etapas da abordagem Ciclo KM para desenvolvimento de uma solução de KM para melhorar o aspecto de comunicação no processo de elaboração e submissão de propostas de extensão. A solução desenvolvida consistiu em uma CoP implementada sob a rede social Yammer. O *feedback* dos interessados mostra que a solução desenvolvida tende a entregar o valor prometido.

A experiência se mostra relevante e merece ser compartilhada de modo que possa incentivar a aplicação da KM em outros contextos. Entre as oportunidades de trabalhos futuros está o acompanhamento em médio prazo do uso da CoP para avaliar o desempenho e benefícios aos usuários, bem como estender a solução para atender às demais etapas do processo de gestão de projetos de extensão, como o monitoramento dos projetos.

## REFERÊNCIAS

BARBOSA, Ricardo Rodrigues. **Gestão da informação e do conhecimento: origens, polêmicas e perspectivas.** *Informação & Informação*, v. 13, n. 1esp, p. 1-25, 2008.

Brasil. **Decreto-lei nº 7.416** de 30 de Dezembro de 2010. Regulamenta os arts. 10 e 12 da Lei nº 12.155, de 23 de dezembro de 2009, que tratam da concessão de bolsas para desenvolvimento de atividades de ensino e extensão universitária.

BRELADE, Sue; HARMAN, Chris. **A practical guide to knowledge management.** Thorogood, 2003.

DALKIR, K.; LIEBOWITZ, J. **Knowledge Management in Theory and Practice.** 2-nd ed. 2011.

DA SILVA, Alexsandra Monteiro et al. **Gestão do Conhecimento como ferramenta para melhoria do trabalho coletivo e colaborativo.** *International Journal of Knowledge Engineering and Management (IJKEM)*, v. 7, n. 17, p. 65-83, 2017.

DE PAULA, João Antônio. **A extensão universitária: história, conceito e propostas.** *Interfaces-Revista de Extensão da UFMG*, v. 1, n. 1, p. 5-23, 2013.



DE SOUZA BALIAN, Márcio; DE CARVALHO, Cedric Luiz. **Comunidades Virtuais de Prática no Contexto da Web Semântica**, 2006.

FREGONEIS, Jucelia Geni Pereira et al. **Um modelo de gestão do conhecimento em comunidades de prática para capacitação e assessoramento ao professor na área de informática na educação**, 2006.

Object Management Group – **Business Process Model and Notation (BPMN) Specification v 2.0**. Disponível em: <https://www.omg.org/spec/BPMN/2.0/>. Acesso em: 30 Agosto 2018.

SEUFERT, Andreas; VON KROGH, Georg; BACK, Andrea. **Towards knowledge networking**. In: **Business Engineering—Die ersten 15 Jahre**. Springer, Berlin, Heidelberg, 2004. p. 180-190.

Silva, A. **Gestão do Conhecimento em um Processo de Software Dirigido à Inovação**. Trabalho de Conclusão de Curso, Bacharelado em Ciência da Computação - Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2015.

STANKOSKY, M. Keynote address to ICICKM. In: **International Conference on Intellectual Capital, Knowledge Management and Organisational Learning**. 2008. p. 9-10.

Universidade Federal Rural de Pernambuco. **Resolução No 148/2004**: dispõe sobre as ações de extensão na Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2004.

VIANNA, Mauricio et al. **Design thinking: business innovation**. MJV Tecnologia Ltda, Rio de Janeiro, 2012.

VIEIRA, N. S. **O papel das comunidades de prática na aprendizagem organizacional**. III SEGET–Simpósio de excelência em gestão e tecnologia, p. 1-12, 2006.

## PRECIPITATION VARIABILITY ON THE STATE OF PARAÍBA IN ATMOSPHERIC CONDITIONS UNDER THE INFLUENCE OF UPPER LEVEL CYCLONIC VORTICES

### **André Gomes Penaforte**

Universidade Federal de Campina Grande  
Centro de Tecnologia e Recursos Naturais  
Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas  
Campina Grande Paraíba

### **Maria Marle Bandeira**

Agência Executiva de Gestão e Águas do Estado  
da Paraíba (AESAs)  
Campina Grande Paraíba

### **Magaly de Fatima Correia**

Universidade Federal de Campina Grande  
Centro de Tecnologia e Recursos Naturais  
Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas  
Campina Grande Paraíba

### **Tiago Rocha Almeida**

Universidade Federal de Campina Grande  
Centro de Tecnologia e Recursos Naturais  
Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas  
Campina Grande Paraíba

### **Flaviano Fernandes Ferreira**

Agência Executiva de Gestão e Águas do Estado  
da Paraíba (AESAs)  
Campina Grande Paraíba

**RESUMO:** Este estudo tem como objetivo avaliar a influência de Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCANs) na distribuição espacial e intensidade das chuvas na Paraíba. A área de estudo foi analisada considerando seis

regiões pluviometricamente homogêneas: Alto Sertão, Sertão, Cariri/Curimataú, Agreste, Brejo e Litoral. A elaboração de mapas de desvios da precipitação mensal em relação à média histórica permitiu identificar localidades com ocorrência de chuvas intensas em condições atmosféricas sob a influência de VCANs. O posicionamento geográfico do VCAN representa um fator determinante para a evolução da nebulosidade e ocorrência de chuvas. Movimento descendente do ar no centro do VCAN inibe o desenvolvimento vertical das nuvens. Apesar da maior persistência dos VCANs em janeiro, a chuva em todo o estado foi abaixo da média climatológica. Em compensação, chuvas isoladas com intensidade significativa foram registradas no Sertão. O total pluviométrico diário mais elevado foi observado em Teixeira, 119mm, valor que é aproximadamente o dobro da média histórica do mês (67 mm). No mês de fevereiro os VCANs se posicionaram mais ao sul na Região Nordeste. A precipitação observada nesse mês teve influência substancial da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). Os valores mais significativos foram registrados no Alto Sertão. No mês de março houve registro de chuvas em praticamente toda a área do estado, com totais mensais mais significativos no Alto Sertão, Sertão e Litoral. Em abril, a atuação de VCAN favoreceu a ocorrência de chuvas no Litoral.

## VARIABILIDADE DA PRECIPITAÇÃO NO ESTADO DA PARAÍBA EM CONDIÇÕES ATMOSFÉRICAS SOB A INFLUÊNCIA DE VÓRTICES CICLÔNICOS DE ALTOS NÍVEIS

**ABSTRACT:** The objective in this study is to evaluate the influence of upper level cyclonic vortices (ULCVs) on the spatial distribution and intensity of rainfall in the State of Paraíba. The area of study was analyzed considering six pluviometrically homogeneous sub-regions named as: Alto Sertão, Sertão, Cariri/Curimataú, Agreste, Brejo and Litoral. Monthly maps of the difference between the observed accumulated precipitation and the historical mean precipitation allowed identification of localities with occurrence of intense rainfall in atmospheric conditions under the influence of ULCVs. The geographic positioning of the ULCV represents a determining factor for cloudiness evolution and rainfall occurrence. Subsiding air in the center of ULCV inhibits the vertical development of the clouds. In spite of the higher persistence of the ULCVs in the month of January, the rainfall over the entire state was below the climatologic mean. On the other hand, isolated rains with significant intensity were registered in the Sertão of the state. The highest daily rainfall total was observed in the municipality of Teixeira, 119 mm, a value about twice the historical mean of the month (67 mm). In the month of February the ULCVs were located further south in the Northeast region. The precipitation observed in this month was substantially influenced by the intertropical convergence zone (ITCZ). The more significant values were registered in the Alto Sertão do estado. In March, rainfall was registered in almost the entire area of study with more significant monthly totals in the Alto Sertão, Sertão and Litoral of the state. In the month of April, the influence of ULCVs favored rainfall occurrence in the Litoral of the State of Paraíba.

**KEYWORDS:** Upper Level Cyclonic Vortices, Precipitation, ITCZ

### 1 | INTRODUÇÃO

O desenvolvimento desse estudo teve como objetivo analisar aspectos relevantes de variações na intensidade e distribuição espacial das chuvas observadas no estado da Paraíba decorrentes da atuação de vórtices ciclônicos de altos níveis (VCAN) no período de janeiro a abril de 2017. O padrão de comportamento de seis regiões pluviometricamente homogêneas denominadas de Alto Sertão (AS), Sertão (S), Cariri/Curimataú (C/C), Agreste (A), Brejo (B) e, Litoral (L) foi utilizado como embasamento das análises apresentadas. A localização geográfica das Mesorregiões é mostrada na Figura 1.

A estrutura dinâmica dos Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis – VCANs consiste numa circulação ciclônica fechada, de escala sinótica, cujo centro é mais frio que

sua periferia. Geralmente, esses vórtices são observados no período de primavera, verão e outono com maior frequência no mês janeiro (GAN, 1983; CALBETE & SATYAMURTY, 1996; GURJÃO, ET AL., 2012; CORREIA, ET AL., 2018).

Na literatura científica existem vários trabalhos que abordam aspectos dinâmicos e termodinâmicos da ocorrência e atuações dos VCANs sobre o NEB. Dean (1971) foi o primeiro pesquisador que constatou a presença dos VCANs sobre o NEB nos níveis de 300 hPa e 200 hPa. Os resultados mostraram que o desenvolvimento do sistema tem relação direta com padrão de circulação geral da atmosfera. O autor mostra que no período analisado a formação do sistema foi favorecida pelo enfraquecimento dos ventos de leste na alta troposfera, da porção tropical do Oceano Atlântico. A direção dos ventos foi visivelmente alterada para ventos de oeste oriundos do Hemisfério Norte (HN).

A atuação de VCANs provoca mudanças no tempo que variam com a intensidade e sua permanência sobre uma determinada região, podendo causar precipitação intensa com sérios problemas decorrentes de alagamentos ou inundações. A nebulosidade associada com esse tipo de sistema permite identificar características peculiares com indicações claras sobre áreas de instabilidade. A maior atividade convectiva é encontrada nas bordas do vórtice, na direção de movimento do VCAN. Imagens de satélite são extremamente úteis na identificação dos VCANs.

Na periferia do sistema formam-se as nuvens causadoras de chuva e no centro há movimento de ar descendente o que inibe o desenvolvimento das nuvens e redução das chuvas (KOUSKY & GAN, 1981). Esse movimento predominantemente descendente no centro do VCAN, pode provocar períodos de estiagens prolongadas no NEB e com isso parte de região é muitas vezes atingida por condições atmosféricas extremas decorrentes do excesso ou falta de chuvas, acarretando prejuízos diversos e transtornos à população (Nunes et al., 1989; Nunes & Modestos, 1996; Silva Aragão, et. al., 2007).

Vários estudos têm considerado que a ocorrência de chuvas intensas e períodos de estiagens sobre o NEB estão associados com atuação do VCAN. Cavalcanti (1986) observou que as chuvas intensas registradas no ano de 1985 no nordeste brasileiro estavam relacionadas com a presença de um VCAN sobre a região e os posicionamentos da ZCIT mais ao sul do Equador e a Alta da Bolívia mais ao leste de sua climatologia.

Resultados de um estudo sobre a frequência de ocorrência dos vórtices entre os meses de dezembro a março no interior do Nordeste do Brasil desenvolvido por Satyamurty e Silva, (2005), mostram variações significativas quando comparados anos de EL Niño, La Niña e neutros. Concluíram que os VCANs são mais frequentes em anos sob a influência do fenômeno El Niño.

## 2 | DADOS E MÉTODOS:

### 2.1 Área de estudo

O estado da Paraíba, conforme ilustração apresentada na Figura 1, está situado no Nordeste do Brasil (NEB) entre os paralelos 6°02'12" e 8°19'18" S, e entre os meridianos de 34°45'54" e 38°45'45" W. A região abrange uma área de 56.372 km<sup>2</sup>, que corresponde a aproximadamente 0,662% do território nacional.

A posição geográfica do estado, favorece a influência de diferentes sistemas de circulação atmosférica na formação, desenvolvimento de nuvens e conseqüentemente na distribuição espacial e intensidade das chuvas.

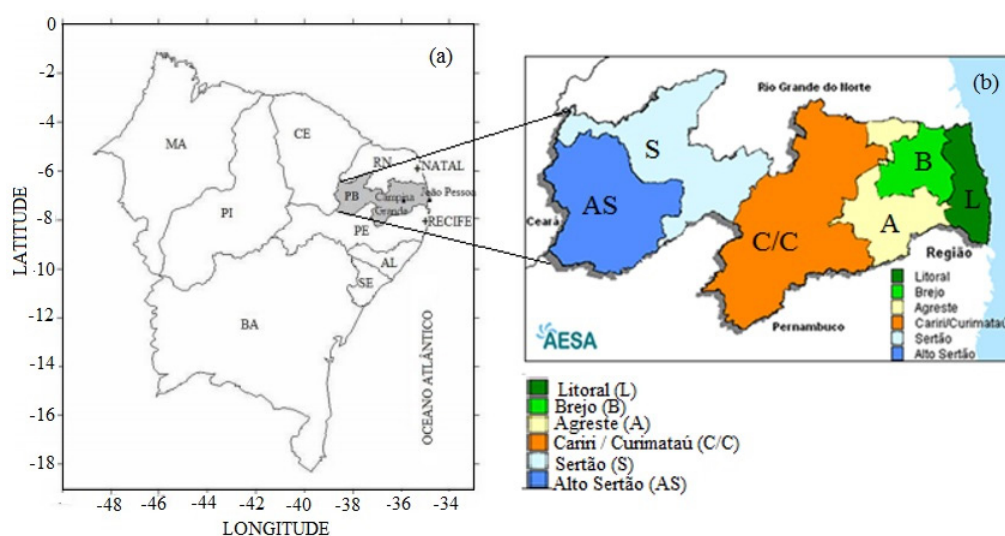


Figura 1. Localização geográfica do Estado da Paraíba (a) e mesorregiões pluviometricamente homogêneas (b). Fonte: AESA

Os principais sistemas indutores de chuvas no período de janeiro a abril são: Zona de Convergência Intertropical – ZCIT e o Vórtice Ciclônico de Altos Níveis – VCAN.

A atuação desses sistemas é um dos principais fatores responsáveis pela irregularidade na distribuição espacial e temporal, assim como na intensidade das chuvas observadas na maior parte da região. Essa particularidade pode gerar incertezas e problemas de natureza ambiental com danos severos em diferentes atividades socioeconômicas. Na agricultura esses danos podem causar prejuízos irreversíveis decorrentes de eventos adversos comumente denominados de desastres naturais.

### 2.2 Dados

Na realização deste estudo foram utilizados:

- I. Dados diários de precipitação referentes aos meses de janeiro a abril de 2017 pertencentes a Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado

da Paraíba – AESA;

- II. Imagens do satélite GOES 13 referentes ao período de janeiro a abril de 2017 pertencentes ao Centro de Previsão de Tempo e Análises Climáticas/ Instituto de Pesquisas Espaciais - CPTEC/INPE;
- III. Dados de reanálise do National Center for Environmental Prediction/ National Center for Atmospheric Research – NCEP/NCAR disponível em <<http://www.cdc.noaa.gov>>;
- IV. Informações da posição geográfica e trajetória dos VCANs, disponibilizadas pelo Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos/Instituto de Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE).

## 2.3 Metodologia

### 2.3.1 Variação espacial e temporal da precipitação média mensal

A elaboração de mapas de desvios da precipitação mensal em relação à média histórica foi feita com o propósito de identificar localidades com ocorrência de chuvas intensas em condições atmosféricas sob a influência de VCANs. O número de estações (postos pluviométricos) por mesorregião utilizadas na análise nos meses de janeiro, fevereiro, março e abril é apresentado na Tabela 1. No processo de classificação da precipitação foram adotados três limiares:

- I. Abaixo da média: quando o desvio  $< -25$ ;
- II. Normal: desvio entre  $-25$  e  $25$ ;
- III. Acima da média: desvio  $> 25$ ;

Mesorregiões	Número de estações			
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril
Agreste	24	25	22	22
Alto Sertão	38	30	24	23
Brejo	27	23	23	22
Cariri/Curimataú	42	42	35	30
Litoral	15	12	10	11
Sertão	43	35	30	28
<b>Total</b>	<b>189</b>	<b>167</b>	<b>144</b>	<b>136</b>

Tabela 1. Número de estações pluviométricas por Mesorregião. Fonte: Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba – AESA

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

As maiores frequências de VCANs foram observadas nos meses de janeiro e março. Além disso, foi possível verificar que no mês de janeiro os sistemas foram



mais persistentes. Comportamento inverso foi observado no mês de fevereiro, período com o menor registro da atuação de VCANs.

A espacialização dos valores obtidos com o cálculo dos desvios em relação à média histórica permitiu observar que as chuvas registradas ocorreram abaixo da média na maioria das localidades (Figura 2). Esse comportamento surge como um dos resultados relevantes no período analisado.

Os tons de vermelho representam anomalias negativas (chuva abaixo da média histórica) enquanto os tons de azul representam as anomalias positivas (chuvas acima da média histórica). No mês de janeiro os acumulados mensais de precipitação mais significativos foram registrados na mesorregião do Alto Sertão como pode ser visto na área delimitada por um retângulo azul no mapa da distribuição espacial da precipitação acumulada (figura 3.a) e no mapa de desvios (Fig. 2.a) identificados claramente através dos núcleos na cor azul.

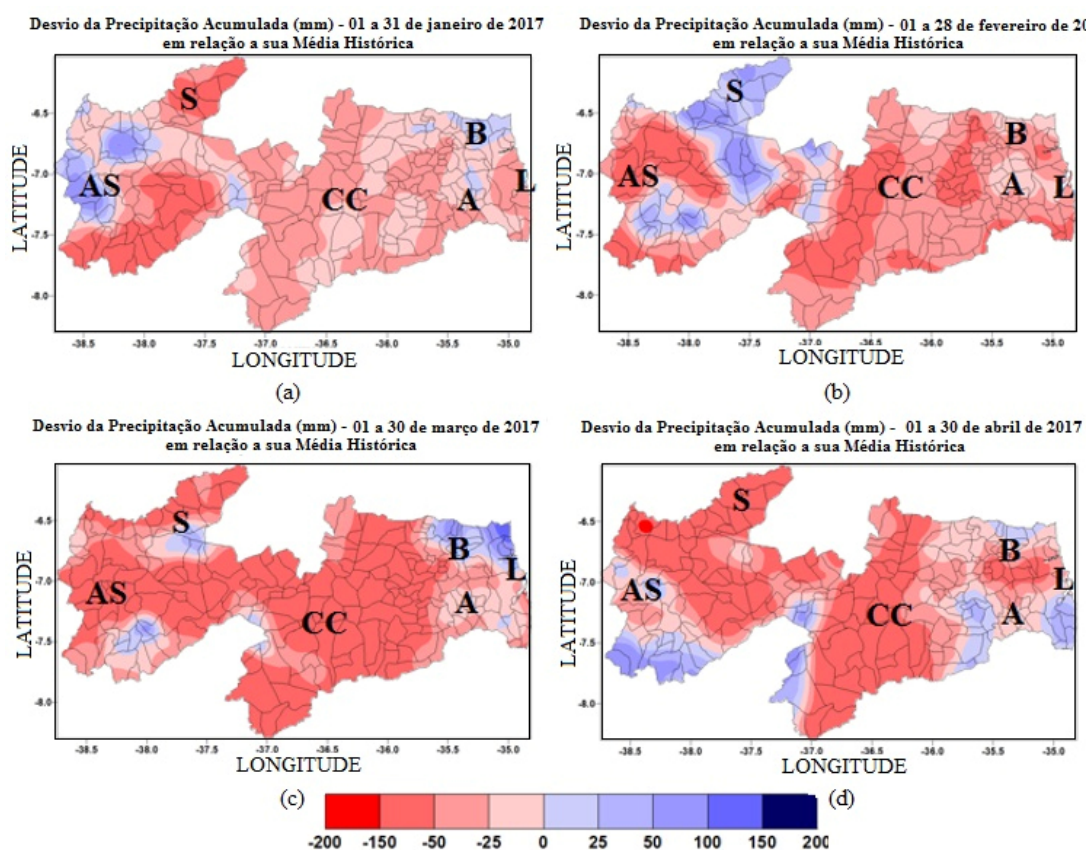


Figura 2. Desvio da precipitação média mensal acumulada: (a) janeiro; (b) fevereiro; (c) março e (d) abril. As letras AS, S, CC, B, A e L, indicam a localização aproximada das mesorregiões do Alto Sertão, Sertão, Cariri / Curimataú, Brejo, Agreste e Litoral.

O uso de mapas de linhas de corrente (não mostrados) e imagens de satélite permitiu observar a formação de cinco vórtices ciclônicos de altos níveis que atuaram na região Nordeste. Análise da influência da atuação de VCANs na distribuição espacial das chuvas, mostram que apesar da alta persistência deste sistema no mês de janeiro de 2017 a precipitação em todo o estado foi abaixo da média climatológica.

Em compensação chuvas isoladas com intensidade significativa foram observadas no Sertão do estado. O índice pluviométrico mais alto foi registrado no município de Teixeira, com 119 mm, o que representa o dobro da média histórica do mês que é de 67 mm.

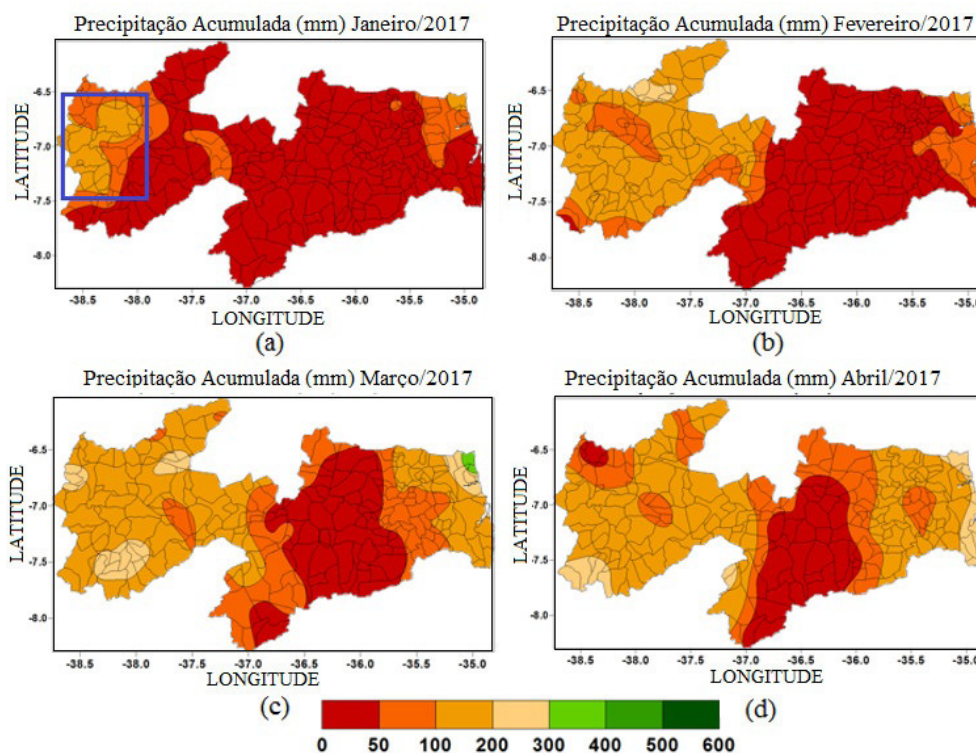


Figura 3. Distribuição espacial da precipitação acumulada: (a) janeiro; (b) fevereiro; (c) março; e (d) abril.

Esse resultado indica que os movimentos descendentes observados no centro do VCAN contribuíram para redução da nebulosidade e chuvas na região. Esse comportamento é evidente na ilustração da trajetória dos centros do VCAN apresentada na Figura 3a.

Os círculos na cor azul indicam que na maioria dos dias sob a atuação de VCAN o centro do sistema estava posicionado no setor leste do Nordeste (NEB). Na literatura é comum encontrar estudos que apontam o posicionamento geográfico e a persistência dos VCANs como fatores fundamentais na determinação de áreas com atividade convectiva intensa e ocorrência de precipitação.

No mês de fevereiro foi possível observar a formação de dois VCANs. O primeiro VCAN atuou no litoral leste da região Nordeste e se deslocou para o interior do continente entre os dias 13 e 16 (Fig. 4b). As chuvas registradas neste mês ocorreram principalmente pela influência da zona de convergência intertropical (ZCIT). Os acumulados mais significativos foram registrados nas mesorregiões do Sertão e Alto Sertão (Figura 5).

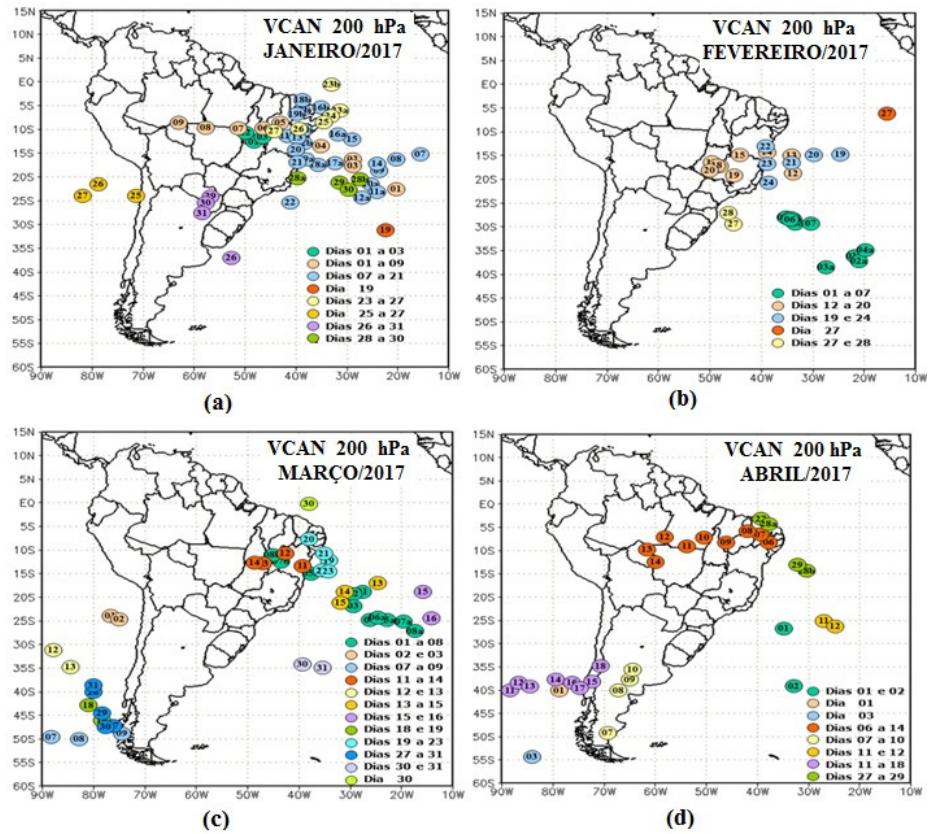


Figura 4. Trajetória dos centros do VCAN de 2017 em toda América do Sul, (a) janeiro, (b) fevereiro, (c) março e (d) abril.

No mês de março as chuvas ocorreram em praticamente todas as regiões sendo mais significativas no Sertão, Alto Sertão e Litoral. Áreas de instabilidades resultantes de umidade elevada associada com o padrão de ventos favoráveis em altos níveis e temperaturas elevadas produziram pancadas isoladas de chuva.

Aglomerados de nuvens convectivas profundas no Alto Sertão são visíveis na imagem realçada do satélite GOES 13 do dia 22 de março de 2017, apresentada na Figura 5b. Neste mês verificou-se a atuação de dois VCANs na região Nordeste. O primeiro VCAN, formou-se no dia 03 de março se posicionou no litoral da Bahia (Figura 4c) favorecendo o aumento da convecção no leste da região. No mês de abril as chuvas se concentraram no final da primeira quinzena em todas as regiões.



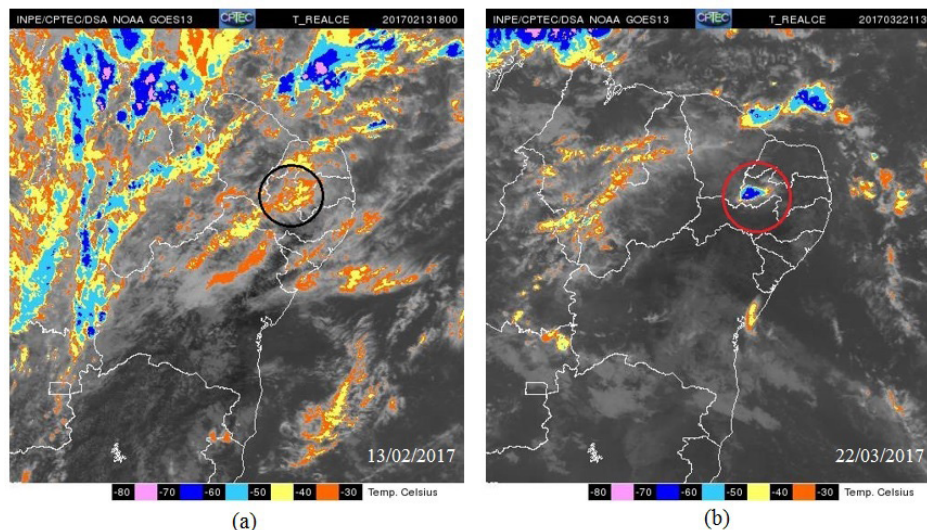


Figura 5. Imagens do satélite GOES-13, no canal IR realçado, para os dias: (a) 13 de fevereiro de 2017, as 18:00 UTC e (b). 22 de março de 2017 as 11:30 UTC. Os círculos indicam a localização de áreas de instabilidade na região de estudo. Fonte: CPTEC/INPE.

#### 4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES

Apesar da maior frequência de VCAN no mês de janeiro, o posicionamento e a persistência do sistema no continente contribuíram para uma redução substancial das chuvas. Foram registradas precipitações acima da média histórica apenas em localidades do Alto Sertão (Cajazeiras e Souza), Sertão (Patos), Brejo e Litoral (região de Mamanguape);

No mês de fevereiro os VCANs não contribuíram com o aumento das chuvas na Paraíba;

Apesar da atuação de cinco VCANs no mês de março, as chuvas neste período estiveram mais associadas com a ZCIT. Apenas dois dos VCANs que atuaram na região contribuíram com as chuvas que atingiram principalmente as mesorregiões do Litoral Norte (Mamanguape e Baía da Traição), Brejo (Guarabira), e o Alto Sertão (entre Piancó e Conceição);

Dois vórtices que atuaram no mês de abril, favoreceram a ocorrência de chuvas em praticamente todas as regiões da Paraíba: no Alto Sertão (Conceição), Sertão (Monteiro), Agreste (Itatuba e Fagundes), Brejo (Guarabira) e Litoral Sul (Pitimbu e Conde). Nessas regiões as chuvas ficaram acima da média histórica (Figura 2.d).

#### CONCLUSÕES

- Apesar da grande atuação de VCANs no mês de janeiro, foi considerado como o mês mais seco do período analisado;
- Em fevereiro as chuvas foram causadas principalmente por influência da ZCIT;
- As mesorregiões mais favorecidas com a atuação do VCAN foram: o Alto

Sertão, o Brejo e o Litoral;

- No mês de março as chuvas ocorridas na Paraíba, resultaram da interação entre vórtices e ZCIT;
- As regiões menos favorecidas em termos de ocorrência de precipitação foram: o Cariri/Curimataú e o Agreste (Norte/Leste) com valores abaixo da média;

## REFERÊNCIAS

CAVALCANTI, I. F. A. THE ANOMALOUS RAINFALL IN NORTHEASTERN BRAZIL IN 1985. 1986. **II Internacional Conference on Southern Hemisphere Meteorology. Wellington.** New Zealand, pp. 446-448.

CALBETE, N. O, SATYAMURTY, P., Vórtices Ciclônicos em Altos Níveis que atuaram na Região Nordeste no Período de 1987 a 1995. **Climanálise Especial. comemoração dos 10 anos.** MCT/INPE/CPTEC.168-172, 1996.

CORREIA, M. F.; SILVA ARAGÃO, M. R.; PENAFORTE, A. G.; MEDEIROS RODOLPHO, L. B. M. 2018. Características de Dutos Atmosféricos de Superfície no Semiárido Brasileiro. **Anuário do Instituto de Geociências, 41:** 375-381.

DEAN, G. A. The three-dimension wind structure over South America and associated rainfall over Brazil. 1971. **Available at the Instituto de Pesquisas Espaciais,** São José dos Campos – SP. pp 164.

GAN, M. A. **Um Estudo Observacional sobre as Baixas Frias da Alta Troposfera, nas Latitudes Subtropicais do Atlântico Sul e Leste do Brasil.** 1982. Dissertação de Mestrado em Meteorologia. Instituto de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos - SP. pp. 65.

GURJÃO, C.D.S.; CORREIA, M.F.; CHAVES FILHO, J.B. & SILVA ARAGÃO, M.R. 2012. Influência do ENOS (El Niño-Oscilação Sul) no Regime Hidrológico do Rio São Francisco: Uma Análise em Regiões com Fortes Pressões Antrópicas. **Revista Brasileira de Geografia Física, 4:** 774-790.

KOUSKY, V. E.; GAN, M. A. Upper Tropospheric Cyclone Vortices in the Tropical South Atlantic. 1981 **Tellus, 33,** p. 538 - 550.

NUNES, L. H., MODESTO, R. P. 1996. Pluviometria e problemas ambientais no município do Guarujá – SP. **Revista do Departamento de Geografia 10,** p. 59-71.

NUNES, L. H., MODESTO, R. P., ALMEIDA, M. C., OGURA, A. T. 1989 Estudo de episódios pluviais associados a escorregamentos – Municípios do Guarujá – SP. In: **Encontro Nacional de Estudos Sobre o Meio Ambiente, 2,** Florianópolis: UFSC, v. 1 n. 1 p. 402-408.

SATYAMURTY, P. SILVA, L. A. Sistema Ciclônico de Altos Níveis e Chuva no Interior do Nordeste brasileiro no Verão. **2005. I Simpósio Internacional de Climatologia.** Cd-room.

SILVA ARAGÃO, M. R.; DAMIÃO, M. C.; CAVALCANTI, I. F, CORREIA, M. F. (2007). Observational study of a rainy January day in the Northeast Brazil semi-arid region: synoptic and mesoscale characteristics. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, v.133,** p.1127 – 1141.

## AS CONTRIBUIÇÕES DO PLANETÁRIO E CASA DA CIÊNCIA DE ARAPIRACA PARA O ENSINO DE GEOGRAFIA E CIÊNCIAS NATURAIS

### **Luis Carlos Soares da Silva**

Universidade Estadual de Alagoas  
Arapiraca – Alagoas

### **Janaína Kívia Alves Lima**

Universidade Estadual de Alagoas  
Arapiraca – Alagoas

### **Janice Gomes Cavalcante**

Universidade Estadual de Alagoas  
Arapiraca – Alagoas

### **Jhonatan David Santos das Neves**

Universidade Estadual de Alagoas  
Arapiraca – Alagoas

### **Lilian Nunes Bezerra**

Universidade Estadual de Alagoas  
Arapiraca – Alagoas

### **Daniella de Souza Santos**

Universidade Federal de Alagoas  
Arapiraca – Alagoas

### **José Edson Cavalcante da Silva**

Universidade Estadual de Alagoas  
Arapiraca – Alagoas

### **Elielma Lucindo da Silva**

Universidade Federal de Alagoas  
Arapiraca – Alagoas

da comunicação e informação (TIC) voltadas ao ensino a fim de despertar o interesse pela ciência e pela educação. Os centros de apoio como planetários e museus apresentam-se como ferramentas relevantes para o ensino das ciências. Diante do exposto tem-se como objetivo analisar as contribuições que o Planetário e Casa da Ciência de Arapiraca têm possibilitado ao ensino das ciências no município, com enfoque no ensino de geografia. A metodologia consiste na observação participante, de caráter quantitativo. Para a coleta de dados foram utilizados questionários e dados de relatório institucional. Observou-se um aumento significativo no número de escolas e alunos nas Olimpíadas Brasileiras de Astronomia (OBA) e de Foguetes (MOBFOG) desde 2013, bem como melhora no desempenho das escolas e alunos do município. Diante disso foi possível revelar a contribuição e importância do Planetário e Casa da Ciência de Arapiraca para o ensino de Astronomia e demais ciências naturais.

**PALAVRAS-CHAVE:** Educação; Ensino de Geografia; Planetário.

THE CONTRIBUTIONS OF THE  
PLANETARIUM AND THE SCIENCE HOUSE  
OF ARAPIRACA FOR GEOGRAPHY AND

**RESUMO:** A necessidade de novos mecanismos para o ensino perpassa os muros das escolas. O mundo contemporâneo é marcado pelo desenvolvimento das tecnologias



**ABSTRACT:** The need for new teaching mechanisms goes through the school walls. The contemporary world is well-marked by the development of Information and Communications Technologies (ICT) focused on teaching in order to arouse the interest in Science and Education. The support centers such as planetariums and museums are relevant tools for teaching Science. Given the above, the aim of this research is to analyze the contributions of the Planetarium and the Science House of Arapiraca to the Science Teaching in the city, focusing on Geography Teaching. The methodology used in this research is qualitative and consists of participant observation. For data collection, we used questionnaires and institutional reporting data. There has been a significant increase in the number of schools and students participating in the Brazilian Astronomy Olympiad (OBA) and in the Brazilian Rocket Show (MOBFOG) since 2013, as well as an improvement in the performance of schools and students in the city. Given the above, it was possible to reveal the contribution and importance of the Planetarium and The Science House of Arapiraca for the Astronomy and other Natural Sciences teaching.

**KEYWORDS:** Education; Geography Teaching; Planetarium.

### INTRODUÇÃO

Arapiraca, município situado no agreste alagoano, possui uma população estimada em 231.053 mil habitantes segundo dados do IBGE/2015 e localiza-se centralmente na mesorregião do agreste. No meio educacional destaca-se por diversos projetos educacionais de reconhecimento nacional, como as escolas de tempo integral e em especial pela implantação do planetário digital onde recebe, prioritariamente, as escolas das redes municipal, estadual e privada de ensino de Arapiraca (PLANO DECENAL, 2012).

O Planetário e Casa da Ciência de Arapiraca está vinculado à secretaria municipal de educação (SME). Recebe destaque como um dos mais importantes propagadores de conhecimento do país. Foi inaugurado no dia 02 de outubro de 2012 e têm possibilitado aos estudantes e visitantes uma experiência enriquecedora de conhecimento no que se refere às aulas práticas e dinâmicas com conteúdos que trabalham e reforçam o ensino de Astronomia, bem como as ciências sociais e naturais.

Bastante conhecido como Planetário e Casa da Ciência, o espaço trata-se na verdade do III Centro de Apoio às Escolas Em Tempo Integral - Professor Jadson Carlos de Amorim. Os centros de apoio funcionam como complemento para atividades ou tecnologias que não são possíveis de se desenvolverem nas escolas, devido a sua vertente de atuação popularizou-se como um grande centro de apoio para o ensino de Astronomia, mas também colabora para a aplicação em outras como as ciências sociais e ciências naturais, assim embora atenda prioritariamente

aos níveis de ensino básico, pode, no entanto, ser estendida sua contribuição ao nível superior.

Os planetários digitais, em sua maioria, de estrutura fixa ou móvel são espaços de entretenimento que projetam simulações do céu e do espaço em qualquer tempo, fornecendo projeções dos objetos celestes descobertos pela ciência. São espaços utilizados para a divulgação da Astronomia. Em Arapiraca, além da Astronomia as demais ciências, são trabalhadas de forma prática e lúdica, nas diferentes salas que compõem o planetário. Isto possibilita aos estudantes e a quem participa das chamadas “sessões astronômicas” uma visita aos corpos celestes catalogados pela ciência, tais como: planetas, luas, meteoros, asteroides e estrelas.

No que concerne ao ensino de geografia, durante as sessões astronômicas ministradas na sala da cúpula do Planetário, é possível trabalhar conteúdos teóricos que são vistos em sala de aula de uma forma mais dinâmica e visual. Conteúdos como: a origem do universo, sistema solar, origem do planeta Terra, noções de espaço, rotação e translação, cartografia, pontos cardeais e colaterais, latitude, longitude, paralelos e meridianos, estações do ano, erosão do solo e eras geológicas.

Para o ensino de História é possível fazer uma relação direta com a geografia, desse modo, pode-se trabalhar temáticas como a origem do universo e suas teorias, noções de tempo e espaço, períodos históricos, surgimento do homem, organização do espaço, história e desenvolvimento das ciências, filosofia da ciência, conceitos históricos e científicos como geocentrismo, heliocentrismo, surgimento de instrumentos ópticos e tecnológicos, rupturas nas estruturas do conhecimento acumulado ao longo do tempo propostos pelos grandes pensadores como Aristóteles, Ptolomeu, Copérnico, Galileu e Isaac Newton.

No campo das ciências da natureza e matemática é possível trabalhar noções de medidas, geometrias, distâncias, forças, elementos químicos presente na composição dos planetas, composição química atmosférica do planeta Terra e de outros planetas.

Consegue-se listar uma gama de conceitos que são trabalhados no planetário, dessa forma identifica-se a importância dos centros de apoio educacional como ferramentas para reforçar o ensino e a aprendizagem fora da sala de aula.

Nesta perspectiva, Nascimento; Sgarbi; Roldi (2014) demonstram a importância dos espaços educativos não formais na construção do conhecimento:

Além dos muros da escola os alunos têm a oportunidade de visualizar a teoria dentro da prática, ou seja, a práxis educativa. A utilização desses espaços também induz à motivação para a construção do conhecimento e o estímulo da curiosidade dos discentes, bem como a construção efetiva de conhecimentos contextualizados (NASCIMENTO; SGARBI; ROLDI, 2014. Pag. 22).

Para França (2009), as tecnologias da informação e comunicação (TIC) quando aplicadas ao ensino, possibilitam a integração e envolvimento dos indivíduos com as transformações científicas ocorridas na sociedade contemporânea. Também não se

trata de negar pedagogias tradicionais, mas inserir na escola as transformações que ocorrem no mundo globalizado.

Na sala do Brinca Ciências, espaço voltado a produção de oficinas e atividades práticas, são desenvolvidas atividades lúdicas e pedagógicas que reforçam esses conteúdos à medida que possibilitam também a construção do conhecimento pelas mãos dos próprios estudantes. No ambiente do Brinca Ciências, são construídos com os estudantes os brinquedos e atividades onde são trabalhados os princípios científicos de funcionamento de cada experimento e atividade.

O brinquedo é um objeto facilitador do desenvolvimento das atividades lúdicas, podendo ser utilizado em diferentes contextos, tais como, no brincar espontâneo, no momento terapêutico e no pedagógico. Na brincadeira a criança representa, cria, usa o faz de conta para entender a realidade que a cerca e vive o momento. (GUSSO; SCHUARTZ, p.237. 2005)

Com base no exposto o presente artigo objetivou analisar as contribuições que o Planetário e Casa da Ciência de Arapiraca têm possibilitado ao ensino neste município, visto que despertar a curiosidade pela ciência nos estudantes tem sido uma tarefa bastante difícil para os professores da atualidade. Assim, a tecnologia empregada nos centros de apoio educacional, como o planetário, pode contribuir de forma significativa na construção e propagação do conhecimento, sobretudo, o científico.

## JUSTIFICATIVA

Certamente, em dado momento, alunos e professores depararam-se com algum conceito de Astronomia trabalhado nas disciplinas do currículo básico. Neste sentido, estamos habituados ao professor de ciências e não o de geografia, como principal responsável por ministrar o conteúdo curricular de Astronomia, causando, de alguma forma, certo desconforto, visto que na formação do docente esse conteúdo é pouco trabalhado.

Dessa forma, Bonatto et al. (2012) discorrem que:

No mundo atual, moderno e informativo o professor já não é mais o provedor de conhecimento, agora ele atua como mediador da aprendizagem. Deve provocar e questionar o aluno, levando-o ao sucesso de suas pesquisas e consequentemente suas respostas desejadas. A escola compreende professor e aluno, envolvidos emocionalmente, a essa junção só surgirá aprendizagem se o professor lançar desafios e o aluno ser capaz de enfrentá-los. (BONATTO et al., 2012, pág. 5)

Estimular a curiosidade pela ciência nos estudantes é objeto de diversas discursões e torna-se uma tarefa bastante complexa de se atingir. Por isso, o investimento em centros de apoio educacional como, por exemplo, os planetários e museus, apresentam-se como grandes contribuições para a formação de nossos estudantes e ótimos suportes para os professores.

Carl Sagan (1996) evidencia essa necessidade de estimular a curiosidade

científica quando diz que:

O tamanho e a idade do Cosmos estão além da compreensão humana. Perdido em algum local entre a imensidão e a eternidade, está o nosso diminuto lar planetário. Sob uma perspectiva cósmica, a maioria dos objetivos humanos parece insignificante, até mesmo mesquinha, embora nossa espécie seja jovem, curiosa e corajosa, e encerre grandes esperanças. Nos últimos milênios fizemos descobertas assombrosas e inesperadas sobre o Cosmos e sobre o nosso lugar nele, explorações que anseiam ser consideradas. Elas nos lembram que os seres humanos evoluíram para perguntar sobre si mesmos, que compreender é uma alegria, que conhecimento é um pré-requisito para sobreviver (SAGAN, 1996. Pág. 09).

O professor exerce um papel fundamental na formação do jovem e no despertar da curiosidade científica e valorização desta, pela sociedade contemporânea (SILVA, 2015). A educação na atualidade se renova com a evolução das tecnologias aplicadas ao ensino e novas ferramentas surgem para o auxílio do processo educacional, tal fato é evidenciado por França (2009):

As tecnologias em geral, das mais simples, às mais sofisticadas, ampliam o potencial humano, seja físico ou intelectual. As tecnologias empregadas com fim educacional atendem a essa expectativa, contribuindo para ampliar as possibilidades de o educador ensinar e de o educando aprender (FRANÇA, 2009. Pág. 03)

Dessa forma, compreendemos que centros de apoio como o Planetário e Casa da Ciência, mostram-se como uma ferramenta de grande valia para o ensino das ciências astronômicas, sociais e naturais.

## **METODOLOGIA**

Na metodologia, optou-se pela observação participante, com enfoque descritivo e quantitativo. Para a coleta de dados foram utilizadas as informações dos relatórios institucionais do Planetário e Casa da Ciência. A observação participante foi escolhida porque no transcorrer da pesquisa:

A observação torna-se uma técnica científica a partir do momento em que passa por sistematização, planejamento e controle da objetividade. O pesquisador não está simplesmente olhando o que está acontecendo, mas observando com um olho treinado em busca de certos acontecimentos específicos. A observação ajuda muito o pesquisador e sua maior vantagem está relacionada com a possibilidade de se obter a informação na ocorrência espontânea do fato (QUEIROS et al, 2007, p.2).

Os dados foram previamente analisados e os resultados dispostos em gráficos e tabelas utilizando-se o Microsoft Office Excel® (2019), para que assim pudessem ser observados de forma mais dinâmica.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

A implantação de um planetário digital em Arapiraca contribuiu de forma significativa na construção do conhecimento de seus estudantes. Desde sua implantação no segundo semestre do ano de 2012, o número de escolas e instituições que procuraram o Planetário cresceu a cada ano. Nota-se também, que o Planetário atrai olhares de escolas e instituições de outras cidades e estados. Essa procura evidencia cada vez mais a importância e a relevância do Planetário de Arapiraca.

Os dados a seguir demonstram o quantitativo de pessoas que já participaram das sessões astronômicas desenvolvidas na cúpula do Planetário. No gráfico 1, os dados são contabilizados a partir do ano de 2013 ao final de 2015. Em números, são estimadas cerca de 16 mil pessoas que já assistiram ao menos uma das sessões astronômicas, fazendo parte deste somatório estudantes e visitantes da comunidade geral.

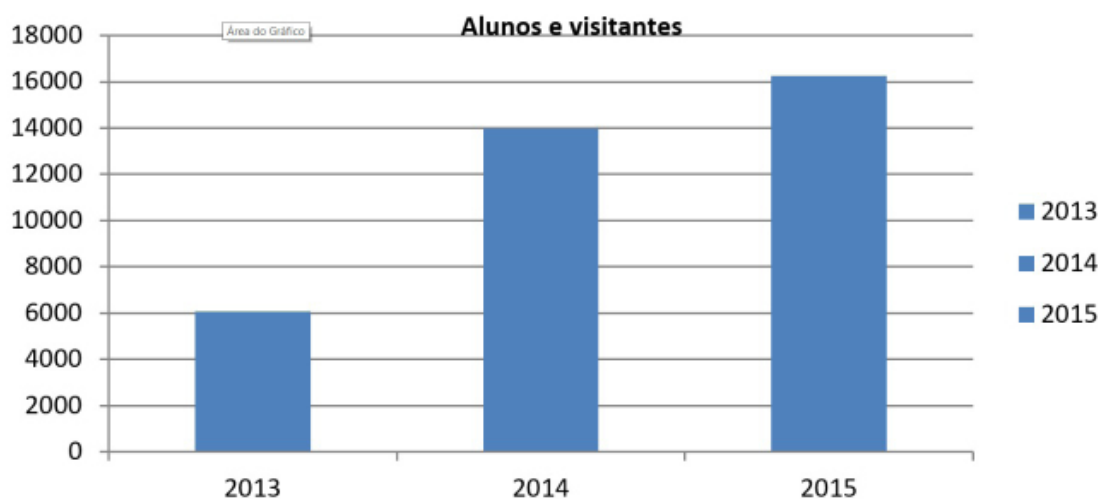


Gráfico 1 – quantitativo de visitantes à cúpula do Planetário.

Fonte: Dados do Planetário e casa da Ciência de Arapiraca.

Identificamos um crescimento bastante significativo nestes períodos analisados. Nota-se também uma procura de escolas e instituições de níveis de ensino bastante diversificados e o motivo desta procura sugere a qualidade do trabalho desenvolvido no III Centro de apoio. Integram esse número pessoas que já participaram de uma ou mais sessões astronômicas: estudantes da rede municipal, estadual e rede privada, estudantes de graduação, comunidade local, do entorno e cidades circunvizinhas.

Neste sentido, Queiroz et al (2011), afirma a importância dos ambientes não formais que contribuem para o ensino de ciências:

A educação científica não pode ser entendida como algo simples de se alcançar, somente utilizando um espaço não formal. Ela perpassa noções e métodos utilizados, cultura, planejamento e formação de uma consciência científica. A consolidação da utilização dos espaços não formais no ensino deverá ser parte não só do currículo escolar, mas também do processo de formação dos

educadores de uma maneira geral, visto que, são inúmeras as possibilidades de utilização dos espaços não formais e sua contribuição significativa para todo aquele que o experiência (QUEIROZ et al 2011.Pág 21).

Outro dado importante é a participação dos alunos na Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica (OBA), com incentivo do Planetário de Arapiraca, o número de escolas e estudantes cresceu consideravelmente com sua intervenção.

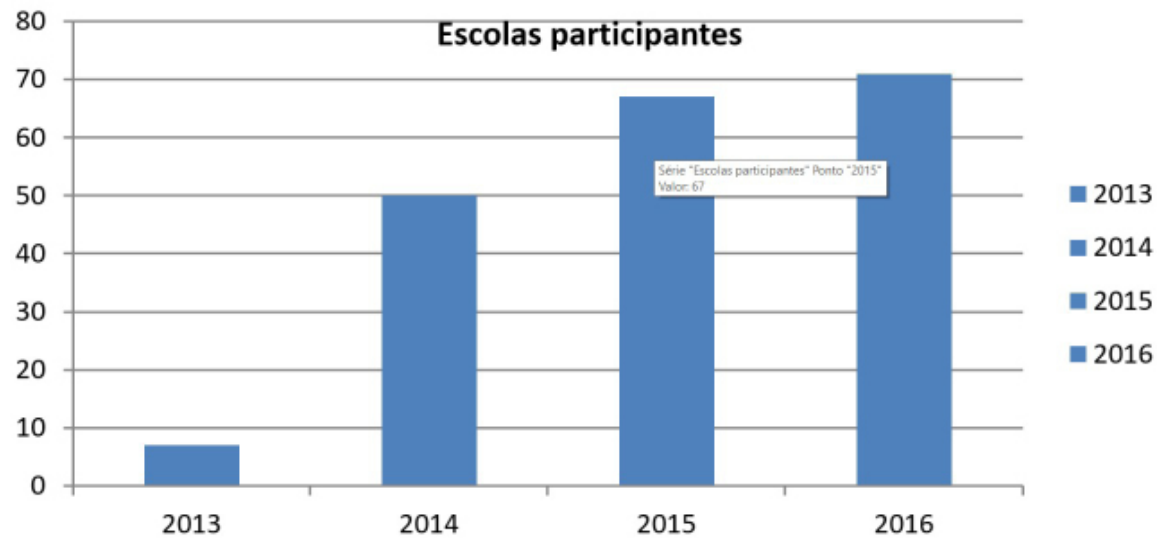


Gráfico II – Escolas Participantes

Fonte: Dados da OBA/2016

No ano de 2016, a organização da Olimpíada Brasileira de Astronomia está em sua 19ª edição. Até o ano de 2013 como identificamos no gráfico 2, o número de escolas participantes, do município de Arapiraca, aparece de modo discreto, com apenas sete escolas. Com o suporte e incentivo do Planetário, no ano seguinte – 2014 - esse número cresceu para 50. Um aumento relevante que foi notado pela organização da OBA. No ano de 2015, participaram 67 escolas e no ano de 2016 esse número cresceu para 71. Fazem parte desta lista de participantes os estudantes da educação básica de instituições de ensino público e privado, incluindo Instituto Federal de Alagoas (IFAL).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O município de Arapiraca ganha destaque no campo educacional e recebe seu devido reconhecimento com um dos mais importantes e modernos planetários digitais em pleno funcionamento no país. As contribuições para a educação, possibilitadas pelo Planetário de Arapiraca, estão além do ensino da Astronomia pois contemplam ainda as ciências sociais e naturais que estão interligadas entre si. Dessa forma, colabora de maneira mais que satisfatória para enriquecimento do currículo formal.

O aumento significativo da participação dos estudantes nas olimpíadas



científicas, sobretudo a OBA, e conseqüentemente o melhoramento na qualidade do ensino no município, mostra a importância da atuação do Planetário municipal enquanto Centro de Apoio Educacional.

Identificamos ainda que planetários são espaços construídos e pensados para o ensino da Astronomia, porém, quando utilizados de forma multidisciplinar, contribuem para a integração das diversas áreas do conhecimento.

Dessa forma os princípios dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) (BRASIL, 1997) são contemplados quando levam o aluno a questionar a realidade, formulando-se problemas e tratando de resolvê-los, utilizando para isso o pensamento lógico, a criatividade, a intuição, a capacidade de análise crítica, selecionando procedimentos e verificando sua adequação.

Para o ensino da Astronomia e demais ciências, notamos que os conceitos trabalhados em um ambiente como o planetário, possibilitam aos estudantes uma melhor noção de como se compreende as teorias de surgimento do universo. As aulas audiovisuais e abordagens didáticas vêm trazer para uma realidade mais concreta aquilo que em sala de aula está concebido em nosso imaginário.

Para finalizar, ressaltamos que a crescente participação da comunidade escolar do município de Arapiraca na Olimpíada Brasileira de Astronomia - OBA, se relaciona com o desenvolvimento das competências técnico-científicas apresentadas pelos estudantes nesse período, em atividades pedagógicas realizadas no Planetário e Casa da Ciência de Arapiraca.

## REFERÊNCIAS

ARAPIRACA. **Plano Decenal de Arapiraca**. 2012. Disponível em: <<http://www.arapiraca.al.gov.br/planodecenal/livro/>>. Acesso em 16 de jun 2016.

BONATTO, A. et al. **Interdisciplinaridade no ambiente escolar**. 2012. Disponível em: <<http://www.ucs.br/etc/conferencias/index.php/anpedsul/9anpedsul/paper/viewFile/2414/50>>. Acesso em 16 de jun de 2016.

BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros curriculares nacionais : geografia**. Secretaria de Educação Fundamental. Brasília: MEC/ SEF, 1998. 156 p. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/geografia.pdf>>, Acesso em: 10 jun 2016.

FRANÇA, C. S. **Tecnologias da informação e comunicação no ensino de história**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

HIPERLAB. **Meu planetário digital**. Disponível em: <<http://www.meuplanetariodigital.com.br/o-planetario/>> Acesso em: 2 jun 2016.

IBGE. **Cidades**. 2016. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=270030>> Acesso em: 8 jun 2016.

NASCIMENTO, F.N.; SGARBI, A.D.; ROLDI, K. **A utilização de espaços educativos não formais na construção de conhecimentos – uma experiência com alunos do ensino fundamental**. Revista da SBEnBio, n 7. 2014.

OLIMPÍADA BRASILEIRA DE ASTRONOMIA E ASTRONÁUTICA - OBA. **Escolas participantes**. 2015. Disponível em: <<http://www.oba.org.br/site/?p=conteudo&idcat=7&pag=conteudo/>> Acesso em: 6 jun 2016.

QUEIROZ, D, T. et al. **Observação participante na pesquisa qualitativa: conceitos e aplicações na área da saúde**. 2007. Disponível em: <<http://www.facenf.uerj.br/v15n2/v15n2a19.pdf>>, Acesso em: 8 jun 2016.

QUEIROZ, R.M.; TEIXEIRA, H.B.; VELOSO, A.S. et al. **A caracterização dos espaços não formais de educação científica para o ensino de ciências**. 2011. Disponível em: <[http://www.revistas.uea.edu.br/download/revistas/arete/vol.4/arete\\_v4\\_n07-2011-p.12-23.pdf](http://www.revistas.uea.edu.br/download/revistas/arete/vol.4/arete_v4_n07-2011-p.12-23.pdf)>, Acesso em: 4 jun 2016.

SAGAN, C. **Cosmos**. Random house, 1980.

SILVA, V.F. **O papel dos centros de Ciências na formação continuada**. In Contribuições de um centro de ciências para a formação continuada de professores: percursos formativos, parcerias, reflexões e pesquisa. Editora Livraria da Física. 2015.

## POLÍMERO SULFONADO UTILIZADO COMO CATALISADOR HETEROGÊNEO NA REAÇÃO DE ESTERIFICAÇÃO

### **Victória Maria Ribeiro Lima**

Universidade Federal do Amazonas,  
Departamento de Química  
Manaus – Amazonas

### **Rayanne Oliveira de Araújo**

Universidade Federal do Amazonas,  
Departamento de Química  
Manaus – Amazonas

### **Jamal da Silva Chaar**

Universidade Federal do Amazonas,  
Departamento de Química  
Manaus – Amazonas

### **Luiz Kleber Carvalho de Souza**

Universidade Federal do Amazonas,  
Departamento de Química  
Manaus – Amazonas  
lkcsouza@gmail.com

**RESUMO:** Ácidos inorgânicos são amplamente utilizados como catalisadores homogêneos em reações de produção de biocombustíveis. Embora sejam altamente ativos e não onerosos, é necessário um processo especial de separação e purificação do produto final, o que resulta no grande volume de resíduos tóxicos e corrosivos, além das desvantagens como a corrosão de equipamentos e dificuldade no reciclo do catalisador. Desse modo, a catálise heterogênea surge com a proposta de desenvolver processos mais limpos, mais

seguros e economicamente viáveis. Já é comum o uso resina polimérica como matéria-prima para a produção de catalisadores com elevada área superficial e concentrações de sítios ativos ajustáveis. Neste trabalho, o catalisador ácido sólido foi sintetizado a partir do método soft-template, utilizando resorcinol e formaldeído como fonte de carbono, pluronic F127 como agente direcionador de estrutura e o ácido 4-hidroxibenzenosulfônico, como fonte de grupo sulfônico. A eficiência catalítica do material foi testada na reação modelo de esterificação, sob as condições de reação: razão molar ácido oleico/metanol 1:12, carregamento de catalisador 5%, temperatura de 100°C por 1h. Obteve-se uma conversão em ésteres metílicos de 91% com o uso do catalisador sintetizado com 60% de ácido em relação ao resorcinol, enquanto que a reação sem catalisador apresentou apenas 12% de conversão. Esse estudo mostra resultados promissores para a obtenção de catalisadores heterogêneos sulfonados a partir de resinas poliméricas e vem com a principal novidade de preparar um catalisador a partir da funcionalização com ácido 4-hidroxibenzenosulfônico via síntese direta.

**PALAVRAS-CHAVE:** catalisador ácido sólido, resina polimérica, soft-template e esterificação.

## SULFONATED POLYMER AS HETEROGENEOUS CATALYST FOR ESTERIFICATION REACTION

**ABSTRACT:** Liquid inorganic acids are widely used as homogeneous catalysts for biofuel production. Although highly active and low cost, it is imperative a tedious process for separation and purification of the product. Besides the large volume of toxic and corrosive waste produced, there is also the drawback such as corrosion of equipment and difficulty for recycling the catalyst. Thereby, heterogeneous catalysis is a pathway to cleaner, safer and economically viable processes to produce chemicals. Moreover, it is worldwide the use of polymer resin as raw materials for the production of catalysts with high surface areas and adjustable active sites. Herein, solid acid catalyst was synthesized from the soft-template method using resorcinol and formaldehyde as carbon precursor, pluronic F127 as structure directing agent and 4-hydroxybenzenesulfonic acid as source of the sulfonic group. The catalytic activity was tested in the esterification reaction under the reaction conditions: molar ratio of 1:12, 5% of catalyst, and reaction temperature of 100°C for 1h. A conversion to 91% methyl esters was achieved using the catalyst synthesized with 60% of acid, while the reaction without catalyst showed only 12% conversion. In summary, this study shows promising results for obtaining heterogeneous sulfonated catalysts from polymer resins and comes with the main novelty of preparing a catalyst from the functionalization with 4-hydroxybenzenesulfonic acid via one-pot synthesis.

**KEYWORDS:** solid acid catalyst, polymer resin, soft-template, esterification.

### 1 | INTRODUÇÃO

A busca por novas fontes de energia sustentável está ganhando atenção do setor acadêmico e do industrial. Isso se deve em primeiro lugar ao esgotamento prematuro de recursos petrolíferos, a flutuação do preço do petróleo, e por fim a preocupação ambiental relacionada ao consumo exacerbado de combustíveis fósseis. Nesse contexto, o biocombustível surge como um caminho para substituição total ou parcial de combustíveis derivados do petróleo. Não há dúvida que isso possa levar à diversificação da matriz energética brasileira colocando à disposição mais uma fonte de energia. Espera-se ainda um impacto na diminuição das emissões de gases de efeito estufa (FARABI *et al.*, 2019; XINCHENG e SHENGLI, 2019).

O biodiesel é um biocombustível renovável, que pode diminuir o consumo de diesel. Ambos têm as propriedades semelhantes como, por exemplo, viscosidade, ponto de fulgor e número de cetano. Por isso este biocombustível é um promissor recurso energético. Ele é composto de ésteres alquílicos de ácidos graxos, e vem sendo produzido a partir de óleo vegetal e gordura animal. Atualmente é fabricado industrialmente pelas reações de transesterificação ou esterificação na presença de um catalisador homogêneo ou heterogêneo (LI *et al.*, 2014; LIU *et al.*, 2016).

Os catalisadores ácidos inorgânicos de Brønsted-Lowry — tais como  $H_2SO_4$ ,

HF,  $H_3PO_4$  e HCl — são catalisadores muito usados para a produção do biodiesel. No entanto, a transesterificação com os catalisadores ácidos normalmente exige temperaturas de reação elevadas, acima de  $150^\circ C$ , que inclusive encarecem o processo. Embora os ácidos homogêneos, como o ácido sulfúrico, sejam catalisadores relativamente de baixo custo e altamente ativos, não são ambientalmente benignos, e acabam por requerer um tratamento elaborado do produto alvo. Isto resulta no grande volume de resíduos tóxicos e corrosivos (NAKAJIMA e HARA, 2012; SANDOUQA *et al.*, 2019).

Nesse contexto, nos últimos anos, a necessidade de reduzir os custos de produção de biodiesel e minimizar seus problemas ambientais, levaram as indústrias e a academia a criar novos procedimentos de síntese de catalisadores. De fato, isso é um grande desafio para a química moderna: a fabricação de um catalisador que agrupe as vantagens dos catalisadores homogêneos e os avanços dos catalisadores heterogêneos (PISCOPO, 2015).

A catálise heterogênea é sem dúvida uma ferramenta poderosa para alcançar a sustentabilidade plena dos processos químicos. Os avanços promovidos pela catálise heterogênea são a facilidade de separação do produto da reação, a obtenção de produtos com alto grau de pureza, a facilidade de regeneração e a possibilidade de reutilização do sólido em outros ciclos reacionais. Além disso, não são corrosivos e não exigem uma etapa de lavagem do produto, apresentam tolerância a água e são estáveis a temperaturas elevadas. Isso tudo faz com sejam classificados como materiais ambientalmente corretos e economicamente viáveis, capazes de desenvolver processos mais limpos e seguros (ZHAO *et al.*, 2017; LIU *et al.*, 2018).

O uso de resina polimérica sulfonada como catalisador ácido sólido surge como uma proposta para substituir os catalisadores líquidos, pois o material pode apresentar alta estabilidade térmica, elevada área superficial, concentrações de sítios ativos ajustáveis, excelente hidrofobicidade e oleofilicidade, é reciclável e resistente ao ataque de ácidos fortes na etapa de funcionalização (LIU *et al.*, 2012; WANG *et al.*, 2018).

A principal via de obtenção dessas resinas poliméricas é pelo método *soft-template*, utilizando resorcinol como fonte de resina fenólica, formaldeído como fonte de carbono, pluronic F127 como agente direcionador de estrutura e o ácido 4-hidroxibenzenosulfônico (HBS) como fonte de grupo sulfônico. Este é ancorado a estrutura do polímero via síntese direta (GÓRKA *et al.*, 2010).

Diante do cenário prometedora da aplicação de catalisadores heterogêneos sintetizados a partir de resinas poliméricas para eliminar problemas encontrados na catálise homogênea, este trabalho estudou a utilização do catalisador ácido de polímero sulfonado via síntese direta e o testou na reação modelo de esterificação. Os resultados foram promissores, atingindo a conversão em ésteres metílicos de 93%, com o uso do catalisador sintetizado com 60% de ácido em relação ao resorcinol, enquanto que a reação sem catalisador apresentou apenas 12% de conversão. Tais

reações ocorreram sob as condições de reação: razão molar ácido oleico/metanol 1:12, 5% de catalisador, temperatura de 100°C por 1h.

## 2 | EXPERIMENTAL

### 2.1 Preparação do catalisador

A resina polimérica foi sintetizada pelo método *soft-template*, descrito no trabalho de GÓRKA *et al.*, 2010. O primeiro passo foi o preparo de uma solução de etanol e água destilada em um recipiente fechado. Neste, adicionou-se Pluronic F127 e posteriormente resorcinol, sob forte agitação por alguns minutos. Em seguida adicionou-se HCl e agitou-se por mais alguns minutos. O ácido 4-hidroxibenzenosulfônico (HBS) foi adicionado à mistura em diferentes proporções 30, 60 e 80% em relação a quantidade em mol de resorcinol. Por fim, adicionou-se o formaldeído 37% v/v à solução, que permanecerá sob agitação até surgimento de um precipitado. A mistura foi transferida para um autoclave e colocada em estufa a 100 °C por 24 h. Após esse tempo, a solução resultante é filtrada e lavada com água destilada até atingir pH neutro. As amostras foram nomeadas como PMHX, onde PM é o polímero, H refere-se a presença do grupo sulfônico e X é a porcentagem de ácido 4-hidroxibenzenosulfônico utilizado.

### 2.2 Caracterização do catalisador

O perfil térmico das amostras foi investigado por um analisador termogravimétrico TG/DTG da TA Instrument, modelo SDT Q600. As amostras foram submetidas a aquecimento numa faixa de 25 a 600°C, sob fluxo de gás nitrogênio de 30 mL/min e taxa de aquecimento 10°C/min.

Os grupos funcionais presentes na estrutura do catalisador foram verificados por espectroscopia na região do infravermelho, em um espectrofotômetro da Cary 630 acoplado a acessório de reflexão total atenuada (ATR) de ZnSe (Agilent) na faixa de 4000 a 650 cm<sup>-1</sup>.

A densidade dos grupos presentes na superfície do catalisador foi determinada pelo método de titulação Boehm (BOEHM, 2002), onde 0,5g do catalisador foi adicionado a (a) 17 mL da solução de NaOH 0,05M e (b) 20 mL da solução de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1,0 M. As soluções contendo os catalisadores foram agitadas por 24 horas e filtradas para remover o sólido. Então, uma alíquota de 5 mL da solução (a) foi extraída e acidificada com HCl 0,05 M. O total de grupos presentes na superfície do catalisador e o total de sítios sulfônicos foram determinados por titulação, usando NaOH 0,05 M e fenolftaleína como indicador.



## 2.3 Estudo catalítico

O catalisador foi seco a 100°C por uma noite e utilizado na reação modelo de esterificação do ácido oleico e metanol em um reator de alta pressão da Parr Instrument Company, modelo 5500 Compact mini bench top com controlador 4848. Para o teste catalítico, 5% de catalisador foi adicionado a razão molar de 1:12 de ácido oleico:metanol, na temperatura de 100°C por 1 h. Ao término da reação o catalisador foi separado do meio reacional por filtração a vácuo e o excesso de metanol e água foram evaporados em uma manta aquecedora (WANG *et. al.*, 2014). A eficiência do catalisador foi avaliada com base no rendimento de ésteres (%E), obtidos a partir da titulação, conforme mostra a equação abaixo:

$$\%E = \frac{(A_{ao} - A_{om})}{A_{ao}} \times 100\%$$

Onde  $A_{ao}$  e  $A_{om}$  são os valores da acidez do ácido oleico e oleato de metila respectivamente.

## 3 | RESULTADO E DISCUSSÃO

### 3.1 Caracterização dos catalisadores

A Figura 1 mostra a curva TG obtida em atmosfera de nitrogênio para a amostra PM, a qual apresenta dois eventos de perda de massa. O primeiro evento encontra-se entre 220°C e 320°C e está relacionado a liberação de monômeros que não reagiram, como os anéis fenólicos e o formaldeído. O segundo evento encontra-se entre 310°C e 410°C e indica a perda da molécula do pluronic F127 (YU *et. al.*, 2014). Enquanto que a curva TG para a amostra PMH60 apresentou três eventos de perda de massa. Da temperatura inicial até 140°C é atribuído a dessorção de moléculas de água ou solvente. Entre 150°C e 340°C indica a decomposição dos grupos sulfônicos. Nota-se que este segundo evento não é observado neste intervalo de temperatura e nem com a perda de massa elevada para a amostra PM, por isso que ela é atribuída à eliminação dos grupos sulfônicos contidos no catalisador. O terceiro evento vai de 370°C a 450°C e refere-se a perda de massa do pluronic F127 (LIU *et al.*, 2013). Resultados semelhantes são relatados por LI *et al.*, 2017 que encontraram para resinas poliméricas sulfonadas perdas de massa em temperaturas acima de 150°C e as atribuíram a decomposição térmica dos sítios ácidos fortes presente na estrutura, tal como encontrado neste trabalho. Levando a concluir que a estabilidade térmica dos grupos sulfônicos se encontra em torno de 140°C, portanto, sugerindo que eles não podem ser submetidos a temperaturas acima da temperatura limite para não comprometer a estabilidade dos sítios ácidos fortes, mantendo seu resultados satisfatórios em reações de produção de éster abaixo desta temperatura.

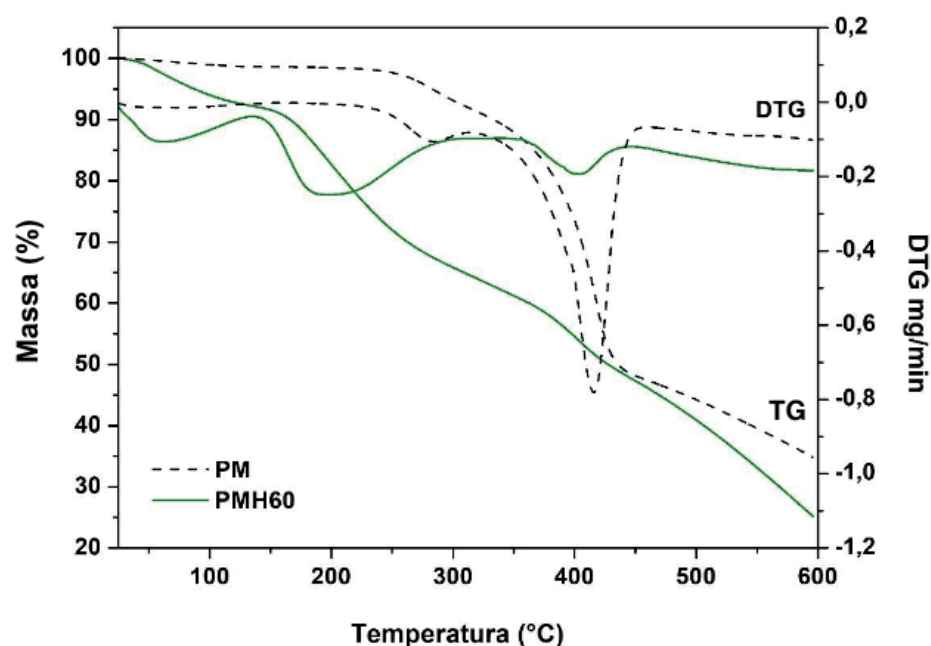


Figura 1. Curvas TG-DTG para as amostras PM e PMH60.

O espectro de FT-IR da amostra PMH60 (Figura 2) exibe uma banda larga em  $3187\text{ cm}^{-1}$  atribuída ao estiramento da ligação O-H, formada a partir da adsorção de umidade e encontrada em grupos carboxílicos e fenólicos, já a banda em  $2865\text{ cm}^{-1}$  é atribuída ao estiramento vibracional da ligação C-H originada do pluronic F127. As bandas  $1594\text{ cm}^{-1}$ ,  $1463\text{ cm}^{-1}$  e  $1075\text{ cm}^{-1}$  são atribuídas às ligações C=C,  $-\text{CH}_2$  e fenil éter, respectivamente, e estão presentes nas estruturas de anéis poliaromáticos, formadores da resina fenólica. Enquanto que a banda em  $1022\text{ cm}^{-1}$  e  $1206\text{ cm}^{-1}$  são atribuídas ao estiramento de simetria da ligação O=S=O e  $\text{SO}_3-\text{H}$ , respectivamente, presente na estrutura do grupo sulfônico. Esses resultados indicam a presença de grupos ácidos fortes (grupos sulfônicos) e grupos ácidos fracos ( $-\text{OH}$ ) ambos ancorados à estrutura do catalisador PMH60. O resultado aponta para eficiente sulfonação via síntese direta. Também estão em concordância os resultados de CHANG *et al.*, 2013; ELSAYED *et al.*, 2007.

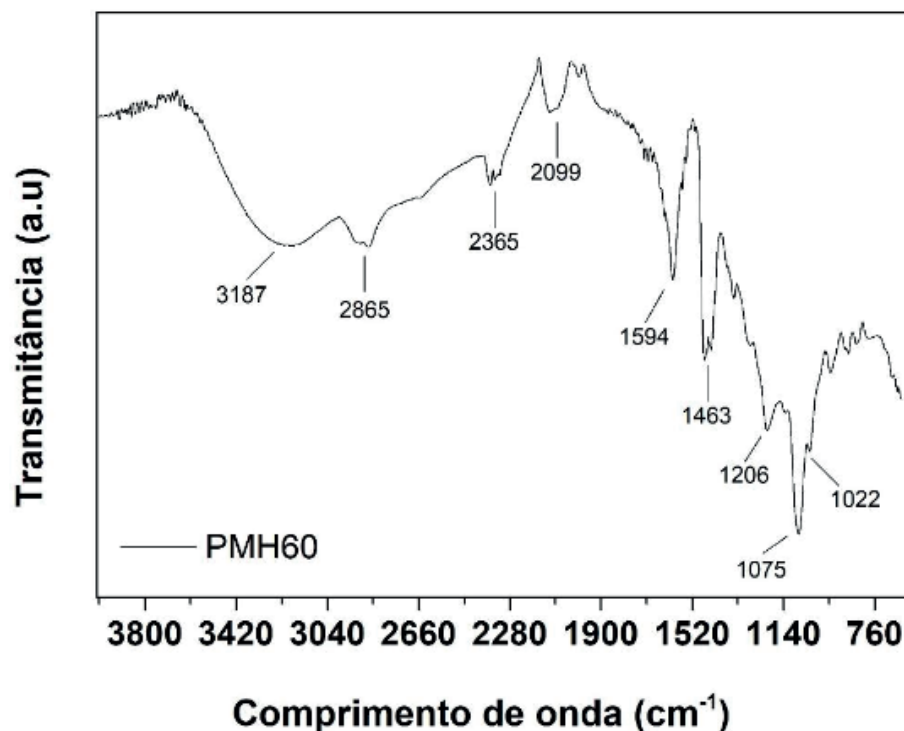


Figura 2. Espectro de FTIR para a amostra PMH60.

### 3.2 Estudo catalítico

A resina polimérica foi funcionalizada com o ácido 4-hidroxibenzenosulfônico. A reação de sulfonação introduz o grupo sulfônico por meio de ligação química a cadeia carbônica da resina polimérica. A maior concentração desses grupos sulfônicos aumenta a atividade catalítica durante a reação de esterificação, visto que facilita a etapa de adsorção de reagentes no processo de catálise heterogênea, ao mesmo tempo em que parte do material de carbono por ser hidrofóbico, dissolve subprodutos hidrofílicos indesejados na superfície do catalisador, como por exemplo, a água, que é a grande causadora de problemas de desativação de catalisadores reduzindo assim seu tempo de vida útil nos ciclos reacionais (ZHAO *et al.*, 2017; LIU *et al.*, 2018).

Foram sintetizadas três amostras de resinas poliméricas, variando a concentração do ácido de 30, 60 e 80% em relação à proporção de mol de resorcinol. A atividade catalítica do ácido sólido foi testada na reação de esterificação, tendo como razão molar 1:12 de ácido oleico:metanol, carregamento de 5% de catalisador, temperatura de 100°C e tempo de 1 h. É notório na Figura 3, que a atividade catalítica depende da concentração do ácido 4-hidroxibenzenosulfônico, pois estes influenciam fortemente na densidade dos grupos sulfônicos fixados na superfície da resina polimérica. Obtém-se cerca de 0,27 mmol/g de densidade de grupos sulfônicos para as amostras PMH60, enquanto que a amostra PM não apresentou grupos sulfônicos.

As amostras PM, PMH30, PMH60 e PMH80 obtiveram rendimentos de 20%, 44%, 91% e 93%, respectivamente. Era de se esperar com o aumento da quantidade de ácido um rendimento de crescimento linear, no entanto a amostra PMH80,

apresentou conversão semelhante a amostra PMH60, mostrando que não há mais variação na concentração de grupos ácidos com a adição do ácido. O catalisador PMH60 mostrou rendimento superior ao ser comparado ao catalisador comercial Amberlyst-15 (80% de rendimento).

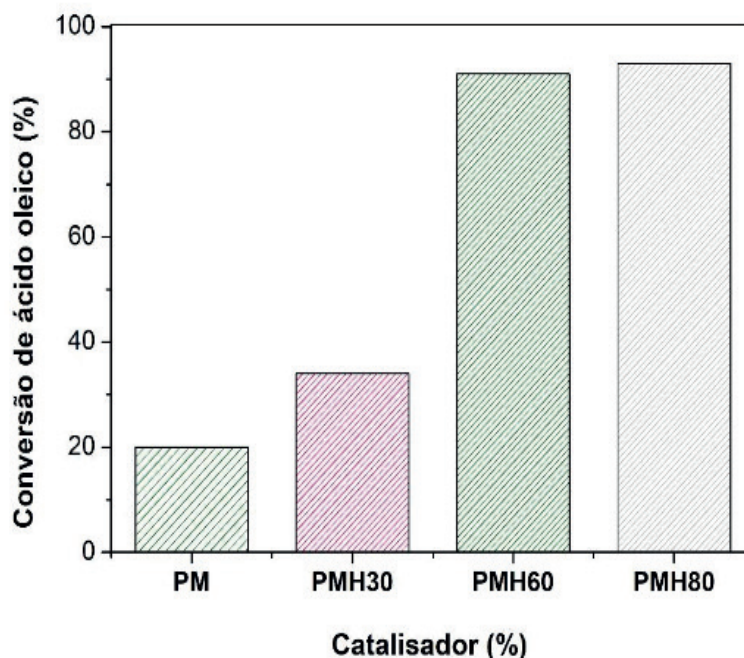


Figura 3. Efeito da concentração do ácido 4-hidroxibenzenosulfônico na reação de esterificação.

#### 4 | CONCLUSÃO

A análise de TG indicou a presença de grupos sulfônicos ancorados à superfície do catalisador e determinou que a estabilidade térmica desses grupos é em torno de 140°C, sugerindo que esse material não pode ser aplicado em reações acima dessa temperatura limite. O espectro de FT-IR mostrou que o grupo sulfônico está ligado a estrutura de carbono da resina polimérica. Já pela análise da densidade dos sítios ácidos, pode-se dizer que a quantidade de grupos sulfônicos do catalisador PHM60 é de 0,27 mmol/g afirmando a eficiência no ancoramento dos grupos ácidos a superfície do material. O catalisador PMH60 apresentou melhor atividade na reação de esterificação do ácido oleico e metanol chegando ao rendimento de 91% em oleato de metila a 100°C por 1 h, com razão molar 1:12 e 5% de catalisador. Com base nos testes catalíticos o catalisador com 60% de ácido 4-hidroxibenzenosulfônico se mostrou eficiente em substituir catalisadores ácidos sólidos sulfonados em elevadas temperaturas e ácidos homogêneos em reações de produção de ésteres.

## AGRADECIMENTOS

Este trabalho contou com o apoio financeiro do Programa de Docência de Jovens Doutores (PJD N ° 6.04), recursos do Ministério de Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicação concedidos a este projeto e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) concedido a este projeto (425522 / 2018-0).

## REFERÊNCIAS

- BOEHM, H. P. **Some aspects of the surface chemistry of carbon blacks and other carbons.** Carbon, v. 32, p. 759-769, 2002.
- CHANG, B.; FU, J.; TIAN, Y.; DONG, X. **Soft-template synthesis of sulfonated mesoporous carbon with high catalytic activity for biodiesel production.** Journal Royal Society of Chemistry Advances, v. 3, p. 1987-1994, 2012.
- Elsayed, M.A.; Hall, P.J.; Heslop, M.J. **Preparation and structure characterization of carbons prepared from resorcinol-formaldehyde resin by CO<sub>2</sub> activation.** Adsorption, v. 13, p. 299-306, 2007.
- FARABI, M. S. A; IBRAHIM, M. L; RASHID, U.; TAUFIQ-YAP, Y. H. **Esterification of palm fatty acid distillate using sulfonated carbon-based catalyst derived from palm kernel shell and bamboo.** Energy Conversion and Management, v. 181, p. 562–570, 2019.
- GÓRKA, J.; ZAWISLAK, A.; CHOMA, J.; JARONIEC, M. **Adsorption and structural properties of soft-templated mesoporous carbons obtained by carbonization at different temperatures and KOH activation.** Applied Surface Science, v. 256, p. 5187-5190, 2010.
- LI, M.; ZHENG, Y.; CHEN, Y.; ZHU, X. **Biodiesel production from waste cooking oil using a heterogeneous catalyst from pyrolyzed rice husk.** Bioresource Technology, v. 154, p. 345–348, 2014.
- LI, W.; ZHANG, T.; XIN, H.; SU, M.; MA, L.; JAMEEL, H.; CHANG, H.; PEI, G. **p-hydroxybenzenesulfonic acid-formaldehyde solid acid resin for the conversion of fructose and glucose to 5-hydroxymethylfurfural.** Journal the Royal Society of Chemistry Advances, v. 7, p. 27682-27688, 2017.
- LIU, F.; HUANG, K.; ZHENG, A.; XIAO, F.; DAI, S. **Hydrophobic solid acids and their catalytic applications in green and sustainable chemistry.** ACS Catalysis, v. 8, p. 372-391, 2018.
- LIU, F.; HUANG, K.; ZHENG, A.; XIAO, F-S.; DAI, S. **Hydrophobic solid acids and their catalytic applications in green and sustainable chemistry.** ACS Catalysis, v. 8, p. 372-391, 2018.
- LIU, F.; KONG, W.; QI, C.; ZHU, L.; XIAO, F-S. **Design and synthesis of mesoporous polymer-based solid acid catalysts with excellent hydrophobicity and extraordinary catalytic activity.** ACS Catalysis, v. 2, p. 565–572, 2012.
- LIU, H.; CHEN, J.; CHEN, L.; XU, Y.; GUO, X.; FANG, D. **Carbon nanotube-based solid sulfonic acids as catalysts for production of fatty acid methyl ester via transesterification and esterification.** ACS Sustainable Chemistry & Engineering, v. 4, p. 3140–3150, 2016.
- LIU, P.; JIAO, J.; HUANG, Y. **Ordered mesoporous carbon prepared from triblock copolymer/novolac composites.** Journal of Porous Materials, v. 20, p. 107-113, 2013.

NAKAJIMA, K.; HARA, M. **Amorphous Carbon with SO<sub>3</sub>H groups as a solid Brønsted acid catalyst.** ACS Catalysis, v. 2, p. 1296–1304, 2012.

PISCOPO, C. G. **Supported sulfonic acids: solid catalysts for batch and continuous-flow synthetic processes.** ChemistryOpen, v. 4, p. 383-388, 2015.

SANDOUQA, A.; AL-HAMMARE, Z.; ASFAR, J. **Preparation and performance investigation of a lignin-based solid acid catalyst manufactured from olive cake for biodiesel production.** Renewable Energy, v. 132, p. 667-682, 2019.

WANG, C.; GUI, X.; YUN, Z. **Esterification of lauric and oleic acids with methanol over oxidized and sulfonated activated carbon catalyst.** Reaction Kinetics, Mechanisms and Catalysis, v. 113, p. 211-223, 2014.

WANG, P.; ZHAO, Y.; LIU J. **Versatile design and synthesis of mesoporous sulfonic acid catalysts.** Science Bulletin, v.63, p. 252-266, 2018.

XINCHENG, T.; SHENGLI, N. **Preparation of carbon-based solid acid with large surface area to catalyze esterification for biodiesel production.** Journal of Industrial and Engineering Chemistry, v. 69, p. 187–915, 2019.

YU, J.; GUO, M.; MUHAMMAD, F.; WANG, A.; ZHANG, F.; LI, Q.; ZHU, G. **One-pot synthesis of highly ordered nitrogen-containing mesoporous carbon with resorcinol–urea–formaldehyde resin for CO<sub>2</sub> capture.** Carbon, v. 69, p. 502-514, 2014.

ZHAO, K.; LIU, S.; LI, K.; HU, Z.; YUAN, Y.; YAN, L.; GUO, H. **Fabrication of –SO<sub>3</sub>H functionalized aromatic carbon microspheres directly from waste *Camellia oleifera* shells and their application on heterogeneous acid catalysis.** Molecular Catalysis, v. 433, p. 193-201, 2017.

ZHAO, K.; LIU, S.; LI, K.; HU, Z.; YUAN, Y.; YAN, L.; GUO, H. **Fabrication of –SO<sub>3</sub>H functionalized aromatic carbon microspheres directly from waste *Camellia oleifera* shells and their application on heterogeneous acid catalysis.** Molecular Catalysis, v. 433, p. 193-201, 2017.



## ATIVIDADE CRIATIVA (AC): UM MODO ALTERNATIVO PARA MINISTRAR O CONTEÚDO DE UMA DISCIPLINA DO CURSO NOTURNO DE FARMÁCIA DA UFRJ

### **Aline Guerra Manssour Fraga**

Universidade Federal do Rio de Janeiro,  
Faculdade de Farmácia, Departamento de  
Fármacos e Medicamentos, Rio de Janeiro-RJ.

### **Viviane de Oliveira Freitas Lione**

Universidade Federal do Rio de Janeiro,  
Faculdade de Farmácia, Departamento de  
Fármacos e Medicamentos, Rio de Janeiro-RJ.

**RESUMO:** O ensino tradicional, ainda bastante evidente no ensino médio e fundamental, também ocorre no ensino superior e representa uma tendência pedagógica de levar ao aluno o produto final da atividade científica: o conhecimento pronto e organizado. Neste processo, o docente assume um papel de transmissor de conteúdos e ao discente cabe a repetição e retenção dos mesmos, em atitude muitas vezes passiva e repetitiva. O principal desafio do professor é desenvolver aulas atraentes do conteúdo programático, incitando a participação discente e o desenvolvimento do pensar crítico. Tornar o compartilhamento dos saberes um momento agradável e lúdico propicia a compreensão e entendimento destes conceitos, contribuindo para o aprendizado. Desta forma, o alvo deste trabalho é a elaboração de métodos alternativos de ensino para a disciplina de Biofarmácia por meio do aplicação de uma metodologia participativa,

alternativa aos métodos tradicionais de aula, chamada de Atividade Criativa (AC). A metodologia constituída de várias etapas, teve como base o resgate da criatividade e sua aplicação para formulação de uma nova abordagem lúdica de temas da disciplina, criada pelos discentes. Desenvolvida desde 2015, conta com crescente aceitação pelos alunos, demonstrada na dedicação, envolvimento de forma espontânea e participativa e qualidade das abordagens. O desenvolvimento da AC, aplicável em sala de aula, com apresentação do conteúdo programático da disciplina de forma criativa e lúdica, constituiu um desafio gratificante. Espera-se que essa dialogicidade dê resultados, espalhando essa iniciativa entre nossos pares para que possamos ver novas e bem-sucedidas práticas de ensino no nível superior.

**PALAVRAS-CHAVE:** Metodologias Ativas; Ensino Superior; Ensino de Biofarmácia; Atividades Lúdicas; Jogos.

### CREATIVE ACTIVITY (AC): AN ALTERNATIVE WAY TO MINISTER THE CONTENT OF A DISCIPLINE OF THE COURSE OF PHARMACY NIGHT OF UFRJ

**ABSTRACT:** Traditional education, still very evident in secondary and secondary education,

also occurs in higher education and represents a pedagogical tendency to bring the final product of scientific activity to the student: knowledge is ready and organized. In this process, the teacher assumes a role of transmitter of contents and the student is responsible for their repetition and retention, in an attitude that is often passive and repetitive. The main challenge of the teacher is to develop attractive classes of program content, encouraging student participation and the development of critical thinking. Making the sharing of knowledge a pleasant and playful moment propitious to understanding and understanding these concepts, contributing to learning. In this way, the aim of this work is the elaboration of alternative methods of teaching for the discipline of Biopharmacy through the application of a participatory methodology, alternative to the traditional methods of class, called Creative Activity (CA). The methodology consisted of several stages, based on the rescue of creativity and its application to formulate a new playful approach to themes of the discipline, created by the students. Developed since 2015, it has a growing acceptance by students, demonstrated in dedication, spontaneous and participative involvement and quality of approaches. The development of CA, applicable in the classroom, with presentation of the programmatic content of the discipline in a creative and playful way, was a gratifying challenge. It is hoped that this dialogue will produce results, spreading this initiative among our peers so that we can see new and successful practices of teaching at the higher level.

## 1 | INTRODUÇÃO

**As Ciências Farmacêuticas (CF)** constituem área multidisciplinar, por definição e traduzem a tendência que se observa, hoje, na Ciência, onde a colaboração entre pesquisadores de diversos campos do saber e de diferentes instituições tem se mostrado importante em direção à geração do conhecimento (FERREIRA, 2007). Ao ser Multidisciplinar, as CF englobam experiências em várias disciplinas, em busca de metas a atingir dentro de um programa específico de formação profissional.

Assim, as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Farmácia apontam que para a formação do profissional farmacêutico torna-se necessário a conciliação de conhecimentos, habilidades, atitudes e competências, juntamente com a pesquisa, empreendedorismo, gestão e a união de várias ciências de forma integrada e interdisciplinar.

De fato as CF agregam o maior número de assuntos, abrangendo tópicos como assistência farmacêutica, farmacologia, química farmacêutica e medicinal, farmacotécnica, controle e garantia de qualidade, análises clínicas, farmácia hospitalar, pesquisa e desenvolvimento para inovação, gestão e empreendedorismo, dentre outros (MEC, 2017). Suas especialidades são agrupadas em pelo menos 10 linhas de atuação que incluem alimentos, análises clínico-laboratoriais, educação, farmácia, farmácia hospitalar e clínica, farmácia industrial, gestão, práticas integrativas e complementares, saúde pública e toxicologia.

Devido a complexidade de disciplinas que contribuem para a sua formação, o farmacêutico é o único profissional dentre todos os demais profissionais da área de saúde, que detém exclusivamente no seu currículo todas as atribuições envolvidas no processo de concepção, produção, controle e dispensação de medicamentos. É o profissional da área de saúde com formação centrada nos fármacos, medicamentos e assistência farmacêutica, que de forma conjunta, também apresenta formação em análises clínicas e toxicológicas, em cosméticos e em alimentos, atuando em prol do cuidado à saúde do indivíduo, da família e da comunidade (CFF, 2013). Por isso, definir o campo de atuação do profissional farmacêutico não é simples, sendo um dos setores mais reconhecidos dentro da área da saúde.

Neste processo de formação profissional, o uso das novas abordagens na área de Ensino é fundamental para um processo de aprendizagem eficiente e de qualidade. No entanto, o ensino tradicional, ainda bastante evidente na Educação Básica, também persiste no Ensino Superior e representa uma tendência pedagógica de levar ao aluno o produto final de uma atividade científica: o conhecimento pronto e organizado. O docente, então, assume um papel de transmissor de conteúdos, pois somente ele os detém e ao discente cabe a repetição e retenção dos mesmos, em atitude muitas vezes passiva e repetitiva.

Diante desse quadro, contornando limitações de tempo e competições tecnológicas que desfoam a atenção do aluno, o principal desafio docente é desenvolver aulas atraentes, capazes de abordar o conteúdo programático proposto, incitando a participação discente e o desenvolvimento do pensar criticamente unido ao prazer de se estar em sala. Cabe ainda ao professor, a tarefa de ser capaz de contextualizar as disciplinas ministradas com o curso de formação superior, trazendo perspectivas realísticas da futura atuação profissional do aluno de graduação. Desta forma, tornar o compartilhamento desse conhecimento um momento agradável e lúdico cria condições propícias para a compreensão e entendimento dos conceitos a serem trabalhados, como uma troca de experiências que contribui de forma inquestionável e indissociável com o aprendizado.

Na década de 1980, sob influência dos estudos de Jean Piaget surgiu a teoria construtivista da aprendizagem, e passou-se a aceitar o fato de que a participação de forma mecânica, por parte dos estudantes, não garantia a aprendizagem das ciências. As teorias interacionistas de Jean Piaget e de Lev Semyonovitch Vygotsky que enfatizam a interação entre o organismo e o meio na aquisição do conhecimento, são importantes bases para valorizar a busca de contextos significativos nos processos de ensino e aprendizagem. Na perspectiva de Vygotsky, o sujeito não é apenas ativo, regulado por forças internas, mas interativo, porque constitui conhecimentos e se constitui a partir de relações intra e interpessoais (CYRINO; TORALLES-PEREIRA, 2004; NEVES, 2006; BAPTISTA, 2010; ROSA; ROSA, 2012).

Nas últimas décadas, é frequente entre os estudiosos a concepção de que não basta levar para os alunos somente conceitos, mas sim estimular o ensino através de

superação de desafios e resolução de problemas, construindo um novo conhecimento, considerando o conhecimento prévio de cada um, sendo de fundamental importância a contribuição das escolas e espaços de ensino (BERBEL, 2012).

Baseado nesse conceito e na necessidade de mudança na metodologia do ensino atual foram propostas duas novas metodologias: uma mais radical, sem disciplinas, onde o aluno aprenderia com suas experiências e desafios, considerando seu ritmo de aprendizagem, valorizando o relacionamento interpessoal e a capacidade dele transmitir conhecimento para os outros alunos e tendo um professor/orientador para direcioná-lo e supervisioná-lo (BERBEL, 2012).

O segundo método é uma mudança mais branda e progressista, tendo a metodologia ativa como base. Essa metodologia objetiva levar ao aluno uma problematização, e com isso instigá-los a refletir, examinar, fazer correlações com seu cotidiano e após uma análise inicial buscar a melhor forma de resolver o problema apresentado. Esse processo fará com que ele participe de forma mais ativa da construção do conhecimento através de suas pesquisas concretizando seus trabalhos com aplicações práticas (MITRE *et al.*, 2008). Sendo assim, o aluno seria mais envolvido nas atividades, e não somente um receptor de informação. Haveria interdisciplinaridade e *Flipped Classroom*, (sala de aula invertida), porém o modelo curricular ainda seria predominante (MORAN, 2015).

A *Flipped Classroom* (sala de aula invertida) tem como objetivo dar mais autonomia ao aluno, fornecendo previamente material de apoio. Com base nesse material, o professor avalia os conhecimentos adquiridos pelos alunos, direcionando dessa forma as temáticas das aulas e assuntos a serem abordados (VALENTE, 2013).

Nesse sentido, o eixo desafiador para esse trabalho foi a disciplina de Biofarmácia, ministrada para o 12º período regular do curso de Farmácia Noturno, em turmas que em sua constituição variam de 35 a 60 alunos por semestre, pertencentes ou não ao mercado de trabalho, egressos ou não do curso de Farmácia Integral, que encontram-se emocionalmente cansados e desmotivados.

A disciplina de Biofarmácia, criada por Levy e Riegelman, que a idealizaram como uma interface entre a Química e a Biologia, pode ser definida, em sua abordagem mais abrangente, como o estudo dos fatores físicos e físico-químicos relacionados ao fármaco, considerando sua forma de administração, e sua influência sobre os efeitos produzidos no organismo, terapêuticos ou tóxicos. Inserida no grande contexto das CF, na sua concepção aqueles pesquisadores consideraram a importância dos aspectos ligados à formulação, às técnicas de produção de medicamentos e a patologia para a qual o medicamento planejado se destina (STORPIRTS, 1993)

Esta disciplina se insere no Projeto Pedagógico do Curso (PPC) direcionando a formação do farmacêutico para um perfil humanista, crítico, reflexivo e generalista. Considera como item necessário o emprego de estratégias para essa formação centradas na aprendizagem do estudante, tendo o docente como mediador e facilitador

desse processo. Além disso, aponta que devem ser consideradas a incorporação de tecnologias de informação e comunicação em suas diferentes formas, metodologias ativas de ensino, tendo sempre o estudante como ator principal desse processo ensino-aprendizagem, visando sua participação ativa no processo de construção e difusão do conhecimento, com critérios de avaliação e acompanhamento coerentes.

No curso de Farmácia Noturno, a Biofarmácia é uma disciplina compartilhada por duas docentes que dividem a mesma em módulos e que podem contar com a participação de professores convidados que compartilham suas expertises profissionais. Quanto ao conteúdo programático a disciplina contextualiza assuntos já vivenciados em outras ciências como Farmacotécnica, Farmacocinética e Química Farmacêutica, mas que agora interagem de forma peculiar para dar forma a complexidade do Pensamento Farmacêutico.

Considerando o exposto, o alvo deste trabalho é a elaboração de métodos alternativos de ensino para a disciplina de Biofarmácia por meio do aplicação de uma metodologia participativa, alternativa aos métodos tradicionais de aula, chamada de Atividade Criativa (AC). Nesta, o aluno é convidado de forma individual ou coletiva a desenvolver novos recursos para abordar os conteúdos base da disciplina, segundo seu próprio ranqueamento de importância, afinidade, solução e desafio, podendo ser avaliado pelos próprios colegas e docentes responsáveis.

Essas iniciativas construtivistas são baseadas nos preceitos das metodologias ativas, as quais utilizam a problematização como estratégia de ensino-aprendizagem, com o objetivo de alcançar e motivar o discente. Diante do problema, o aprendiz se detém, examina, reflete, relaciona a sua história e passa a ressignificar suas descobertas, contribuindo para a passagem da consciência ingênua para a consciência crítica a qual requer a curiosidade criativa, indagadora e sempre insatisfeita de um sujeito ativo, que reconhece a realidade como sua e mutável (BUENO; FARIAS; FERREIRA, 2012).

As metodologias ativas têm sido utilizadas com sucesso em inúmeros trabalhos, e estão alicerçadas em um princípio teórico significativo: a autonomia, explícito na invocação de Paulo Freire - segundo o qual “*ensinar não é transferir conhecimentos, conteúdos nem formar a ação pela qual um sujeito criador dá forma, estilo ou alma a um corpo indeciso de acomodado*” (FREIRE, 2002) e ancoradas na teoria piagetiana de equilíbrio e desequilíbrio cognitiva (CYRINO; TORALLES-PEREIRA, 2004; SANTOS; JÚNIOR, 2007).

Para a elaboração deste Projeto de Metodologias Ativas no Ensino Superior, tendo como objeto a disciplina Biofarmácia planejou-se a seguinte sequência metodológica:

- 1 - Exposição para a turma da proposta de criação da AC descrevendo todas as regras necessárias para a sua elaboração. Nesse caso, as regras foram acordadas previamente entre as docentes de forma que a capacidade criativa dos alunos fosse desafiada, que se sentissem à vontade para selecionar o tema que



achassem pertinente para trabalhar a dinâmica da atividade e, principalmente, que tais acordos tivesse a flexibilidade de serem re-acordados, se necessários, entre os atores envolvidos, no momento da exposição. Desta forma, as próximas etapas da metodologia se fundem às regras para realização da atividade;

2 - Abordar o conteúdo didático da disciplina;

3- Escolha livre do tema, considerando para tal apenas a sua afinidade pessoal ou desenvoltura;

4- O grau de complexidade e dificuldade a ser desenvolvido AC também é de livre escolha, atentando para o fato de que, tendo escolhido para a atividade um jogo, este pode apresentar graus crescentes de complexidade;

5- Divisão livre de grupos, sabendo-se que a afinidade nas relações interpessoais pode ser um agregador no processo criativo;

6- Elaboração de regras da AC desenvolvida, tais como modo de se jogar e simulação do mesmo, caso seja desenvolvido um jogo;

7- Disponibilidade das docentes responsáveis pela disciplina para ajuda, esclarecimentos e discussão em todas as etapas durante o período letivo em que a atividade esta sendo desenvolvida;

8 - Estipulação de uma data para apresentação oral da proposta, que será realizado em momento de confraternização, onde os discentes devem demonstrar a atividade que fora elaborada;

9 - Na forma de diálogo ou por meio de avaliação escrita, após a apresentação, constrói-se um momento de exposição dos pontos de vista dos discentes participantes com críticas e sugestões sobre a atividade.

Este trabalho tem sido desenvolvido na disciplina de Biofarmácia Noturno, desde o primeiro semestre de 2015. Com essa abordagem, inicialmente, observou-se pouco entrosamento entre os participantes, dificuldade de entendimento da metodologia proposta e pouca aceitação pela turma, pontos que podem se considerados como uma reação esperada, no momento em que uma nova abordagem pedagógica é inserida no contexto de um curso em sua quase totalidade com perspectiva tradicional de ensino. Entretanto, a avaliação realizada no final do período letivo já sinalizava a concretude da contribuição para o envolvimento de um aluno mais participativo e envolvido com os temas abordados. A partir do segundo semestre de aplicação (2015-2), houve uma nítida melhora na aceitação, com dedicação e envolvimento espontâneo de todos os participantes, que refletiu também na crescente qualidade dos trabalhos e na divulgação entre os próprios discentes.

Vale a pena acrescentar, que a partir do ano seguinte (2016), tendo dois semestres de desenvolvimentos das AC's referentes ao ano 2015, adicionou-se ao calendário da disciplina, em datas específicas, ao final da aula contextualizada ou da aula invertida, um momento de descontração e jogos através de uma Oficina.

As oficinas de jogos tinham por principal objetivo levar os discentes a uma auto-avaliação quanto a assimilação dos conteúdos contextualizados durante o



processo dialógico de construção do conhecimento em sala de aula, utilizando-se da AC desenvolvida pelos seus colegas em períodos anteriores. Neste momento, os alunos também avaliavam o jogo desenvolvido pelos seus pares como: atrativo e interessante; sim ou não; sua complexidade (graus de dificuldade e temas abordados); a adaptação das regras (clareza e pertinência); sua contribuição efetiva para o processo ensino-aprendizagem considerando os temas conteúdos da disciplina de Biofarmácia.

Em outros momentos, seguido a construção de novas AC ao longo dos semestres seguintes (2017-1 e 2017-2), elas também puderam ser adicionadas aos planos de aula da disciplina, sendo executadas em datas do cronograma que antecederam as avaliações, através das oficinas de jogos com as AC. Neste momento, as AC's auxiliaram os alunos na discussão dos temas abordados, na verificação dos assuntos assimilados, na revisão de conteúdos e novamente incitando ideias para construção de suas próprias atividades criativas. Foi possível discutir os conteúdos de Biofarmácia de forma lúdica e prazerosa, tornando o processo de aprendizagem mais significativo. Como resultado, também observamos discentes com melhor desempenho nas avaliações da Disciplina e na participação nas aulas teóricas após a incorporação das oficinas de jogos no cronograma da disciplina..

A partir da experiência vivida na disciplina de Biofarmácia concordamos com Luckesi (1994, p 58) que diz “ *é mais importante o processo de aquisição do saber do que o saber propriamente dito*”. Tratando aprender a aprender, o princípio norteador do processo de aprendizagem não é o professor, nem os conteúdos disciplinares, mas o aprendiz como ativo e curioso, ou seja, a valorização do indivíduo como ser livre, ativo e social, onde os atores envolvidos, professor e aluno, aprendem juntos no compartilhamento do saber.

De fato, quando o professor motiva os alunos, despertando a busca do conhecimento pelo próprio educando, aliando também o alcance por metas de aprendizagem, de competências e habilidades, o docente facilita o desenvolvimento livre e espontâneo do indivíduo. Nesse cenário, ele somente organiza e coordena as situações de aprendizagem, utilizando-se de métodos alternativos que auxiliem esse processo, onde uma atividade lúdica, tal como a atividade criativa elaborada por discentes como aqui apresentada, pode ser a ferramenta. Desta forma, o processo de ensino é desenvolvido para proporcionar um ambiente favorável ao autodesenvolvimento e valorização do ser (COSCRATO; PINA; MELLO, 2010).

## **2 | ATIVIDADES CRIATIVAS DESENVOLVIDAS**

Os trabalhos desenvolvidos consistem de adaptações de jogos conhecidos como Ludo, Twister, Jogo do Milhão, Torta na Cara, Cara a Cara, Banco Imobiliário, ou a criação de novos Jogos de Tabuleiro com nomes e regras diversas, além de Música, abordando os conteúdos didáticos da disciplina de Biofarmácia tal como: fatores

envolvidos na fase biofarmacêutica, absorção oral, passagem do medicamento pelo trânsito gastrointestinal, biodisponibilidade de medicamentos, o caminho percorrido pelo medicamento desde sua fase pré-clínica até aprovação pela ANVISA, entre outros.

Nas AC's tipo jogos foram elaborados questionamentos que contemplam perguntas diretas com quatro opções de resposta; complete a lacuna; falso ou verdadeiro; adivinhação; e mímicas, as quais foram dispostos em diferentes graus de dificuldade ou de forma gradualmente complexa no mesmo jogo. Abaixo, daremos alguns exemplos das atividades criativas desenvolvidas na forma de jogos pelo corpo discente com suas regras e aplicações.

#### **a. Jogos Tipo: Pergunta/Resposta**

##### **Show do milhão: 3 Níveis de Roda**

**Farmacoins-F\$:** Nome da moeda criada pelos discente de graduação em Farmácia da UFRJ-curso noturno com valor entre 10 a 1000.000 a serem acumulados por respostas verdadeiras a cada rodada do jogo do Milhão:

F\$ 10/20/40/60 mil – 1ª Rodada; F\$ 80/100/125 mil – 2ª Rodada; F\$ 500/750 mil – 3ª Rodada; F\$ 1 milhão – 3ª Rodada – Pergunta final.

**Objetivos/Regras do Jogo do Milhão:** O grupo escolhe entre cinco alternativas de dada pergunta com temas da disciplina de Biofarmácia, a resposta verdadeira. Acertando, ganha pontos, os Farmacoins, e avança de fase. O Jogo é composto por 45 perguntas para responder. Os jogadores poderão ter auxílio apenas na segunda e terceira rodadas de perguntas: Ajuda de Cartas: F\$ 50.000, onde o participante do grupo escolhe uma dentre quatro cartas de baralho que podem eliminar de 0 a 3 alternativas incorretas. Também há ajuda de Universitários (Integrantes do grupo apresentador do jogo), no valor de F\$ 15.000.

#### **b. Jogos Tipo: Tabuleiro**

##### **Cápsulas do Saber**

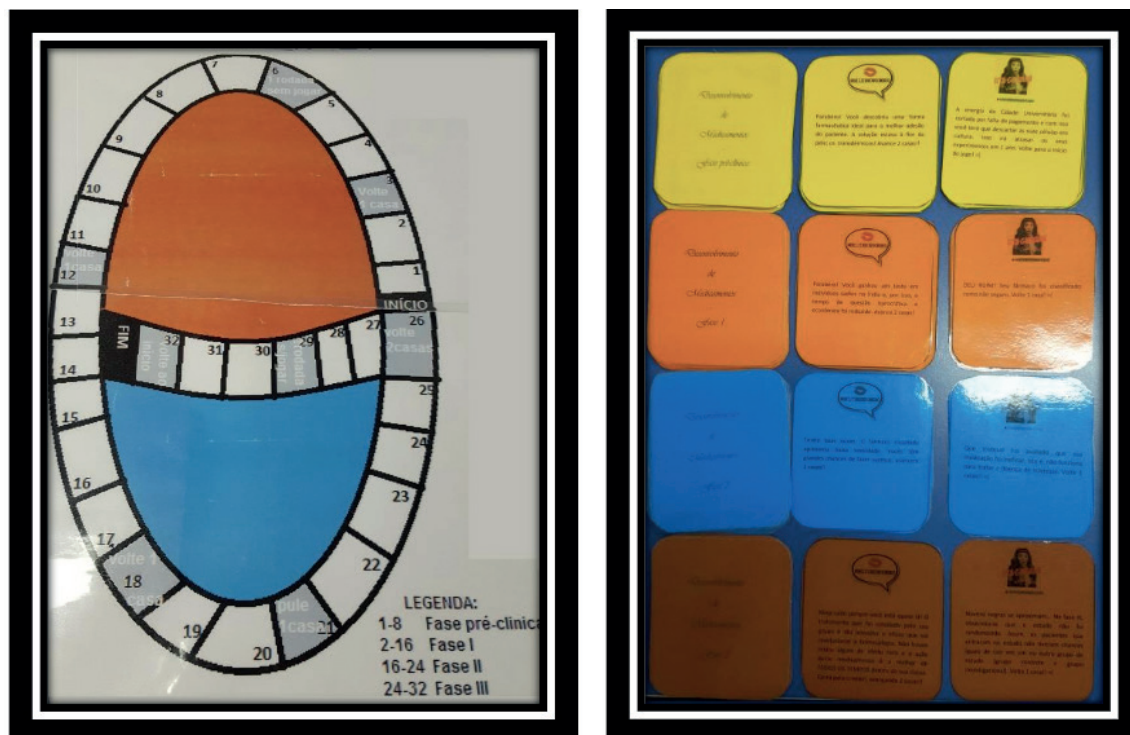


Figura 2: Imagem do Tabuleiro desenvolvido pelos graduando da Faculdade de Farmácia para o Jogo Cápsula do Saber em (A); Imagem das Cartas utilizadas no Jogo Cápsula do Saber com conteúdo sobre as etapas de desenvolvimento de um novo medicamento desde a Fase Pré-Clínica até a Fase III de Testes em Humanos (B).

**Objetivo/Regras do Jogo Cápsula do Saber:** O Jogo consiste em levar seu composto durante as fases de desenvolvimento até torna-se medicamento; a turma é dividida em 3 grupos; apresenta tabuleiro com 32 casas, dado, 10 cartas de cada Fase de Desenvolvimento (Pré-Clínica, Clínica I, II e III; totalizando 40 cartas) e 16 cartas da sorte (8 do Bem, 8 do Mal). Cada grupo joga o dado e sorteia uma carta, acertando ainda o número de casas retirado no dado. As cartas do Bem oferecem vantagens avançando nas casas do tabuleiro e as do Mal com ação inversa, retardam o jogador. Ganha o grupo que alcançar o Mercado primeiro.

### c. Jogos Tipo: Adivinhações ou Mímicas

#### Jogo Testa

**Objetivos/Regras do Jogo Testa:** Na versão desenvolvida pelos discentes através de cartas com características sobre diferentes vias de administração de medicamento, o jogador será capaz de adivinhar a forma farmacêutica, ou seja, o seu personagem, através de perguntas e resposta. O jogo Testa se inicia quando em roda, um aluno por vez, pega uma ficha com o nome de uma forma farmacêutica e coloca, sem olhar, em sua testa (pode colocar usando o durex que faz parte do kit do jogo desenvolvido). Em seguida, ele faz perguntas aos colegas, contudo, estas só podem ter dois tipos de resposta, sim ou não. O professor auxilia o jogo marcando o tempo, por meio de um cronômetro, anotando quanto que cada aluno demorou para descobrir sua forma farmacêutica. Quem adivinhar “quem sou eu?” em menos tempo

vence o jogo.

#### d. Jogos Tipo: Banco Imobiliário FARMBANK



Figura 3: Imagem do Banner FARMBANK desenvolvido pelos graduandos da Faculdade de Farmácia. Com regras e organização similares ao jogo tradicional Banco Imobiliário, o jogo termina quando sobrar somente um jogador, tendo os outros declarado falência.

**Objetivos/Regras do Jogo FARMBANK:** O jogo mais famoso das décadas de 80 e 90 ganhou uma versão em nosso curso de graduação que engloba vários conceitos das CF. Para isso, os alunos devem jogar os dados para a compra de medicamentos a partir da formulação farmacêutica descrita nas cartas desenvolvidas pelos alunos. Os alunos precisam transformá-las em medicamentos e registrá-los, torcendo para não ir para a prisão, que nesse caso é a ANVISA, a agência sanitária reguladora em nosso país.

Jogos Diversos, inventado pelos próprios alunos também foram desenvolvidos, tal como a Roleta Biofarmacêutica similar a uma roleta de apostas e o tradicional Jogo da Memória, ambos com conteúdo sobre os mais diversos temas abordados na disciplina de Biofarmácia.

Observamos que a opção por jogos foi a ferramenta mais utilizada pelos discentes ao longo dos 3 anos (2015, 2016 e 2017) em que se deu o desenvolvimento da AC no curso de Farmácia Noturno da UFRJ. Acreditamos que isso ocorre pela importância da ludicidade, uma vez que ela contempla os critérios para uma aprendizagem efetiva, tal como a intencionalidade/reciprocidade, quando motiva os

alunos a estudarem um determinado assunto e envolver-se na elaboração de um jogo, com objetivos e regras para o alcance de metas de aprendizagem. Além disso, através do lúdico, o significado do conteúdo didático pode ser discutido entre todos (professor e alunos) gerando o conhecimento que pode ser transportado para o campo da realidade (COSCRATO; PINA; MELLO, 2010).

No contexto em que o aluno é um agente passivo da aprendizagem perdem-se as necessidades do aprendiz, pois confunde-se o “ensinar” com o “transmitir”. Por outro lado, quando a ideia de se ensinar parte do interesse do aprendiz, colocando-o de forma ativa no processo de aprendizado, temos outro entendimento sobre o nosso papel como professor, onde tudo pode tornar-se material pedagógico promotor de significado e conhecimento; o docente que ensina passa ser um orientador, um ser estimulador, mas de uma maneira eficiente. Assim sendo, o jogo passa a ser um aliado do professor, já que gera estímulo ao estudante, um instrumento ideal da aprendizagem (ANTUNES, 1999).

Por fim, cabe ressaltar que em todas as avaliações apresentadas pelos discentes ao longo dos semestres, a AC é pontuada como de muita importância para diversificar e prender a atenção do aluno em um método de aprendizagem fora do tradicional, abordando uma metodologia participativa que contribui para a assimilação diferenciada do conteúdo da disciplina, gerando conhecimento de forma significada.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Atualmente, tem se buscado uma nova proposta de ensino na universidade, de forma que o conhecimento científico gerado no ambiente acadêmico seja compartilhado de forma ativa e menos tradicional durante a formação dos diferentes profissionais que ingressam no Ensino Superior. É sabido que tal perspectiva constitui-se um grande desafio, não apenas no Brasil, mas também no mundo, por um lado devido a um projeto político, onde temos um conservadorismo prevalecendo nas práticas educativas e, por outro, devido à responsabilidade que a Universidade possui quanto ao rigor científico.

Todavia, o mundo contemporâneo, marcada pela Sociedade do Conhecimento, inclui uma dimensão de transformação social, cultural, econômica, política e institucional, assim como uma perspectiva mais pluralista e de desenvolvimento, o que nos impõe um novo pensar em educação. Assim, não é possível basear-se nos modelos de aprendizado e pesquisa que surgiram com a ciência moderna. É preciso pensar uma nova configuração de conhecimento, assinalada pela interdisciplinaridade, pela ampliação da participação dos estudantes de forma mais ativa na busca do conhecimento e com metas de aprendizagem, marcadas por matrizes curriculares mais abertas e menos rígidas, com a utilização de metodologias ativas, para que



possa gerar uma aprendizagem significativa, mas também, o conhecimento capaz de fortalecer e desenvolver todos os setores da sociedade.

Assim, o desenvolvimento de uma atividade criativa pelos discentes, aplicável em sala de aula, através da apresentação do conteúdo programático da disciplina do currículo de formação das CF, de forma criativa e lúdica, constituiu um desafio gratificante e enriquecedor. Nosso desejo é que essa interação dialógica crie frutos e espalhe essa iniciativa entre nossos pares para que vejamos cada vez ampliada novas e exitosas práticas de ensino no nível superior, pois “*ensinar não é transferir conhecimento, mas criar as possibilidades para sua produção ou a sua construção. Quem ensina aprende ao ensinar e quem aprende ensina ao aprender*” (Paulo Freire).

## REFERÊNCIAS

ANTUNES C. **Jogos para a estimulação das múltiplas inteligências**. 2a ed. Petrópolis: Vozes; 1999.

BAPTISTA, G. C. S. **Importância da Demarcação de Saberes no Ensino de Ciências para Sociedades Tradicionais**. *Ciência & Educação, Brasil*, p.679-694, 2010.

BERBEL, N. A. N. **As metodologias ativas e a promoção da autonomia de estudantes**. *Semina: Ciências Sociais e Humanas*, v. 32, n. 1, p. 25-40, 2012.

BUENO, G. M. G. B.; FARIAS, S. A. D.; FERREIRA, L. H. **Concepções de Ensino de Ciências no Início do Século XX: O Olhar do Educador Alemão Georg Kerschensteiner**. *Ciência & Educação, Brasil*, p.435-450, 2012.

CONSELHEO FEDERAL DE FARMÁCIA. Especialidades Farmacêuticas em RESOLUÇÃO Nº 572, DE 25 DE ABRIL DE 2013- <http://www.cff.org.br/pagina.php?id=14&menu=14&titulo=%C3%81reas+de+atua%C3%A7%C3%A3o>, acessado em 15 de maio de 2019.

CYRINO, E. G.; TORALLES-PEREIRA, M. L. **Trabalhando com Estratégias de Ensino-Aprendizado por Descoberta na Área da Saúde: A Problematização e a Aprendizagem Baseada em Problemas**. *Cadernos de Saúde Pública, Brasil*, p.780-788, 2004.

FERREIRA, E.I. Editorial, **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v.43, n.3, São Paulo, Jul-Set. 2007.

FREIRE, P. **Pedagogia da Autonomia: Saberes Necessários à Prática Educativa**. Brasil: P. E. T. C. LEITURA, 2002. 52 p.

COSCRATO, G.; PINA, J. C; MELLO D. F. **Utilização de atividades lúdicas na educação em saúde: uma revisão integrativa da literatura**. *Acta Paul Enferm* 2010; 23(2):257-63.

MEC, RESOLUÇÃO Nº 6, DE 19 DE OUTUBRO DE 2017- Portal MEC: [http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com\\_docman&view=download&alias=74371-rces006-17-pdf&category\\_slug=outubro-2017-pdf&Itemid=30192](http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=74371-rces006-17-pdf&category_slug=outubro-2017-pdf&Itemid=30192), acessado em 15 de maio de 2019.

MITRE, S. M.; SIQUEIRA-BATISTA R.; GIRARDI-DE-MENDONÇA, J. M; Neila MORAIS-PINTO, M.; MEIRELLES, C. A. B.; PINTO-PORTO C.; MOREIRA T.; HOFFMANN, L. M. A. **Metodologias ativas de ensino-aprendizagem na formação profissional em saúde: debates atuais**. *Ciência & Saúde Coletiva*, 13(Sup 2):2133-2144, 2008.



- MORAN, J. **Mudando a educação com metodologias ativas**. In: Coleção Mídias Contemporâneas. Convergências Midiáticas, Educação e Cidadania: aproximações jovens. [S.l.: s.n.], 2015. v. 2.
- NEVES, R. D. A.; DAMIANI, M. F. **Vygotsky e as Teorias da Aprendizagem**. UNlrevista, Brasil, p.1-9, 2006.
- ROSA, C. W. D.; ROSA, Á. B. D. **O Ensino de Ciências (Física) no Brasil: Da História às Novas Orientações Educacionais**. Revista Ibero-americana de Educação, Brasil, p.1-24, 2012.
- SANTOS, I. C. T. D.; JÚNIOR, Á. L. **Metodologia da Problematização: Um Novo Desafio para a Educação Ambiental na Escola**. Brasil, 2007.
- STORPIRTS, S. **Biofarmácia e Farmacocinética: Ensino e Pesquisa**; Infarma, jul/ago, 19-20, 1993.
- VALENTE, J. A. **Blended learning e as mudanças no ensino superior: a proposta da sala de aula invertida**. Educar em Revista, n. 4, p. 79-97, 2014.

## AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE MATERIAIS MULTIEXTUSADOS: SIMULAÇÃO DO REPROCESSAMENTO DO POLIETILENO DE ALTA DENSIDADE (PEAD)

### **Fernando A. E Tremeço**

Instituto Nacional de Tecnologia – INT, Avenida  
Venezuela, 82 sl. 106, Saúde, Rio de Janeiro,  
CEP: 20081-312

### **Ricardo S. Souza**

Instituto Nacional de Tecnologia – INT, Avenida  
Venezuela, 82 sl. 106, Saúde, Rio de Janeiro,  
CEP: 20081-312

Instituto de Macromoléculas Professora Eloisa  
Mano – IMA - UFRJ, Av. Horácio Macedo 2030,  
Centro de Tecnologia, Bl. J, Cidade Universitária,  
Ilha do Fundão, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, CEP:  
21941-598

valeria.costa@int.gov.br

### **Valéria G. Costa**

Instituto Nacional de Tecnologia – INT, Avenida  
Venezuela, 82 sl. 106, Saúde, Rio de Janeiro,  
CEP: 20081-312

**RESUMO:** O descarte inadequado de materiais poliméricos pode causar um grande impacto ambiental. O polietileno de alta densidade é um polímero linear, altamente cristalino e de baixo teor de ramificações. Por ser um polímero rígido, resistente à fluidez, ao impacto e a abrasão, possui versatilidade de aplicação na indústria de transformação de plásticos. Através de algumas técnicas de caracterização tais como MFI e técnicas de análise térmica, podem-se avaliar as perdas de propriedades físico-químicas do PEAD, quando submetido a diversas extrusões,

por extrusoras mono ou dupla rosca. Conclui-se que o tipo de processamento vai influenciar diretamente sobre as propriedades mecânicas do material final e assim em sua aplicabilidade, o tipo de processamento por duplo rosca é mais agressivo em relação ao tratamento de mono rosca, devido ao maior cisalhamento.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Reprocessamento, Polietileno de alta densidade, Análise térmica, Melt Flow Index (MFI)*

### MATERIALS PERFORMANCE EVALUATION MULTI EXTRUDED: SIMULATION OF HIGH DENSITY POLYETHYLENE (HDPE) PROCESSING

**ABSTRACT:** The improper disposal of polymeric materials can cause a major environmental impact. The high density polyethylene polymer is a linear, highly crystalline and a low content of branches. Being a hard polymer, resistant to flow, impact and abrasion, has application versatility in the plastics processing industry. Through some characterization techniques such as MFI and thermal analysis techniques, one can evaluate the losses of physical-chemical properties of HDPE when subjected to multiple extrusions for single or twin screw extruders. It was concluded that the type of processing will directly influence on the mechanical properties

of the final material and thus in their applicability, the type of processing per double screw is aggressive in relation to the processing of mono thread due to higher shear.

**KEYWORDS:** *Reprocessing, high density polyethylene, thermal analysis, Melt Flow Index (MFI).*

## INTRODUÇÃO

A má gestão de resíduos sólidos urbanos no Brasil, tem com resultado a disponibilização inadequada dos mesmos, o que acarreta um grande impacto ambiental. A reciclagem é uma boa alternativa para estes materiais, que são recolhidos, separados e reprocessados, a fim de reutiliza-los como matéria-prima. Em 2007, cerca de 30 milhões de toneladas de polietileno de alta densidade (PEAD) foram produzidas mundialmente. Em 2008, no Brasil, cerca de 925.000 toneladas foram produzidas<sup>(1,2)</sup>.

O PEAD é produzido industrialmente por reações de polimerização em cadeia, utilizando-se catalisadores do tipo Ziegler-Natta e Phillips<sup>(3,4)</sup>. Possui baixo coeficiente de atrito, excelente resistência química, é soldável, moldável e estampável. Pode ser aditivado, é antiaderente e autolubrificante, possui ainda boa resistência dielétrica e boa resistência ao impacto<sup>(1,2,3)</sup>. É atacado somente por alta concentração de ácidos oxidantes, resiste a vários solventes a temperaturas menores que 80°C. No PEAD, ao sofrer degradação termo-oxidativa, ocorre à formação de radicais alquila a partir do polímero que podem reagir rapidamente com o oxigênio disponível no ambiente, gerando radicais peróxi. Esses radicais podem abstrair hidrogênios presentes na cadeia polimérica e formar hidroperóxidos, que em elevadas temperaturas, decompõem-se formando radicais alcóxi e hidróxi, que ao abstrair hidrogênio do polímero, forma novos radicais alquila<sup>(2,3,4,5)</sup>.

A degradação pode ser causada por eventos diferentes, dependendo do material, da forma de processamento e do seu uso<sup>(4)</sup>.

Durante seu processamento, o PEAD esta sujeito à temperatura, tensão cisalhante e pressão. Como o PEAD é uma poliolefina, a quebra de ligação química na cadeia principal corresponderá à quebra de uma ligação carbono-carbono simples, reduzindo a massa molar da cadeia polimérica, e assim alterando suas propriedades físico, químicas, mecânicas e reológicas, entre outras<sup>(4,6)</sup>.

A fim de caracterizar as propriedades físico-químicas deste material podem-se utilizar técnicas como a calorimetria exploratória diferencial (DSC), que deriva da análise térmica diferencial, onde através dela pode-se medir a mudança de energia calorífica enquanto a amostra é submetida a um programa de temperatura controlado. Conseguem-se medir transições físicas e reações químicas, que são acompanhadas através da variação de energia calorífica<sup>(6,7)</sup>.

Outra técnica que é muito comum, por sua simplicidade de execução é o índice

de fluidez na fusão (MFI), que através da taxa do fluxo do fundido, que passa através de uma matriz de dimensões conhecidas, sob a imposição de uma carga, pode ser obtido, tendo seu valor expresso pela quantidade de material em g/10 min. É uma técnica bastante útil para acompanhar a degradação de materiais plásticos, sendo inversamente proporcional à viscosidade do material fundido<sup>(7,8)</sup>.

Tem-se como objetivo nesse trabalho, avaliar através dessas técnicas de caracterização, determinar as perdas nas propriedades físico-químicas do polietileno de alta densidade (PEAD) multiextrudado.

## **EXPERIMENTAL:**

### **Extrusão**

Para a extrusão, parte do material pesado foi processado em extrusora mono rosca (Thermo Hakke, mod. Polylab OS), a 100 rpm/min, com vazão de 2 kg/h. As temperaturas foram ajustadas em: 130 °C, 150 °C, 160 °C e 180 °C. O material extrudado passou por granulador (SAGEC SG 35), a 100 rpm/min. Após, foi levado à estufa com circulação de ar (FAMEM- SP mod. 320E) por 1 hora a 120 °C. Parte do material seco foi identificado e a outra parte voltou ao processamento. Foram feitas duas extrusões, totalizando três amostras, PEAD virgem (correspondente a outra parte do material pesado) e extrudados 1 e 2. O mesmo procedimento foi adotado para o processamento em extrusora dupla-rosca (Extrusa Brasil, mod. DBC 22).

### **Índice de Fluidez (MFI):**

O índice de fluidez (MFI) foi medido de acordo com a norma ASTM D 1238-10 em equipamento TMI – XNR 400, à temperatura de 190 °C, carga de 2,16 kg.

### **Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC)**

Em balança analítica ( $\pm 0,001$  mg, Sartorius Cubis, mod. MSU) as amostras foram pesadas entre 5 e 7 mg em cadinho hermético de alumínio. No equipamento de DSC (TA Instruments, mod. Q 100) foi feito um ciclo de aquecimento-resfriamento-aquecimento: temperatura variando de -80 °C a 180 °C, resfriando de 180 °C a -80 °C e novamente aquecendo de -80 °C a 180 °C com taxa de 10 °C/min para o ciclo, e fluxo de N<sub>2</sub> de 20 mL/min.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

### MFI

A Figura 1 mostra o gráfico da variação do índice de fluidez nas quatro amostras reprocessadas em extrusora mono e dupla-rosca. Pode ser visto que para as amostras que foram extrudadas com dupla rosca, o MFI não muda quando o material é reprocessado uma ou duas vezes. Em relação ao material virgem, porém, o material torna-se mais fluido, devido ao cisalhamento que acarreta quebra das cadeias poliméricas. A extrusão realizada na mono-rosca tem efeito menos agressivo sobre o material como pode ser observado pelos resultados de MFI. É possível observar que o número de extrusões realizadas na mono-rosca afeta mais pronunciadamente o material que o processo de extrusão utilizando na dupla-rosca.

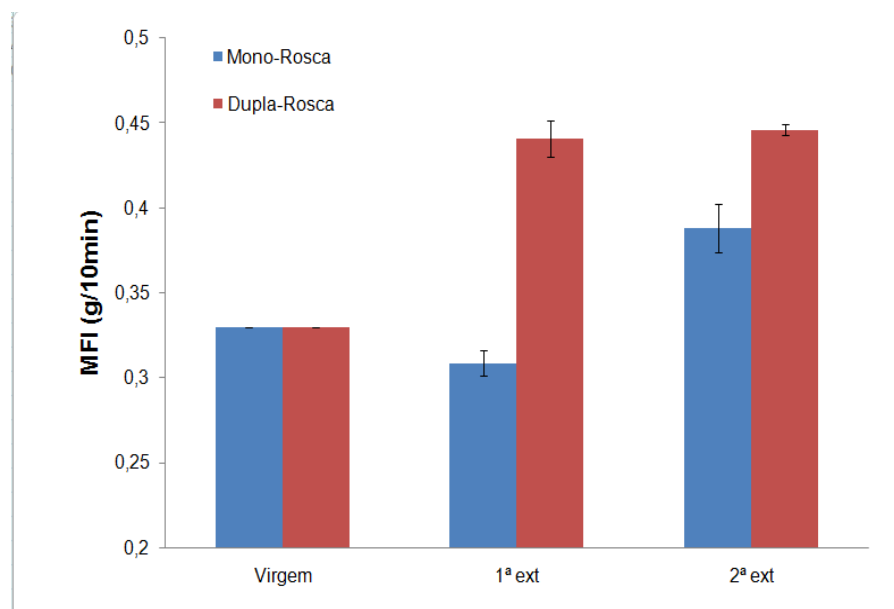


Figura 1: Índice de fluidez para PEAD virgem e seus reprocessados

### DSC

As análises por DSC apresentam as mudanças no comportamento térmico do material como é mostrado na Figura 2. Foi possível constatar que à medida que o material foi reprocessado, houve pequena diminuição em sua estabilidade térmica, em comparação ao polímero virgem. Ocorreu redução das temperaturas de fusão dos materiais reprocessados em ambas extrusoras. As curvas de DSC obtidas para todas as amostras apresentam apenas um evento exotérmico, referente ao fenômeno de fusão das unidades cristalinas ( $T_m$ ) existentes no material, que varia de 133,06 °C (PEAD, 1ª extrusão, dupla rosca) a 136,80 °C (PEAD virgem). Comparando-se os tipos de reprocessamentos, para os materiais reprocessados em extrusora mono-rosca e dupla-rosca não foram observadas alterações significativas provenientes

do tipo de instrumento de reprocesso, sugerindo assim, que para poucos ciclos de reprocesso (1 ou 2), o tipo de processamento utilizado produz um produto final que tem características muito semelhantes do ponto de vista da resistência térmica dos polímeros finais.

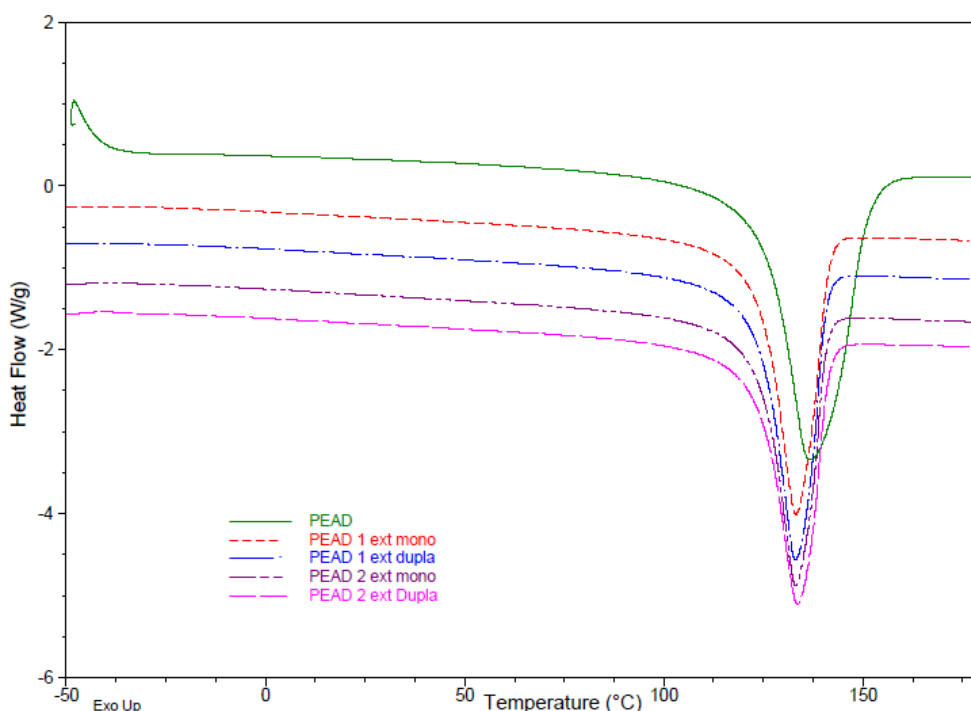


Figura 2: Curvas de DSC para PEAD virgem e seus reprocessados

## CONCLUSÕES

Através do estudo pode-se observar que ciclos de reprocessamento acarretam na degradação do material polimérico, devido à diminuição da massa molar. A degradação pode levar a diminuição do desempenho mecânico do material limitando assim a sua aplicação, uma vez que ele pode gerar peças ou produtos com resistência mecânica menor, em relação ao mesmo material obtido com polímero virgem. Conclui-se também que o tipo de processamento, assim como o pequeno número de reprocessos, não influencia significativamente as propriedades térmicas do material final, tendo em vista a pequena redução verificada para o ponto de fusão das amostras testadas. O reprocessamento realizado em dupla-rosca se mostrou mais agressivo em relação ao processamento realizado em extrusora monorroca, quando observado as análises de MFI, porém, para poucos ciclos de reprocessamento, produz materiais com características muito semelhantes, do ponto de vista da capacidade de escoamento.



## AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela bolsa concedida.

## REFERÊNCIAS

BNDS, O polietileno de baixa densidade, disponível em: [www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes](http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes), acesso em 10 de março de 2015.

Recicla Brasil, Reciclagem de PEAD: Característica e Limitações, disponível em: <http://reciclabrasil.net/hdpe.html>, acesso em 19 de março de 2015.

Canevarolo Jr. S. V. Ciência dos Polímeros – 2ª edição, Editora Artliber, pg 34, 2006.

De Paoli, M.A. Degradação e estabilização de polímeros, 2ª versão on line, pg 45, 2008.

CANDIAN, L.M.; DIAS, A.A. Estudo do polietileno de alta densidade reciclado para uso em elementos estruturais. Cadernos de Engenharia de Estruturas, São Carlos, v. 11, n. 51, p. 1-16, 2009.

Spinacé, M. A. D. S.; De Paoli. M. A. (2005) A tecnologia de reciclagem de polímeros. Química Nova, 28(1), 65

Canevarolo Jr, S.V. Técnicas de caracterização de polímeros, Editora Artliber, pag 214, 2004.

ASTM D1238 - 13 Standard Test Method for Melt Flow Rates of Thermoplastics by Extrusion Plastometer.

## CARACTERIZAÇÃO ESTRUTURAL DE ARGILAS BENTONÍTIAS PARA O DESENVOLVIMENTO DE NANOCOMPÓSITOS POLIMÉRICOS

### **Carlos Ivan Ribeiro de Oliveira**

Instituto Politécnico, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rua Bonfim 25, Bloco 5, Vila Amélia, 28625-570, Nova Friburgo, RJ

### **Nancy Isabel Alvarez Acevedo**

Instituto Politécnico, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rua Bonfim 25, Bloco 5, Vila Amélia, 28625-570, Nova Friburgo, RJ

### **Marisa Cristina Guimarães Rocha**

Instituto Politécnico, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rua Bonfim 25, Bloco 5, Vila Amélia, 28625-570, Nova Friburgo, RJ

### **Joaquim Teixeira de Assis**

Instituto Politécnico, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rua Bonfim 25, Bloco 5, Vila Amélia, 28625-570, Nova Friburgo, RJ

### **Alexei Kuznetsov**

Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia, Divisão de Metrologia de Materiais, Avenida Nossa Senhora das Graças 50, Xerém, 25250-020, Duque de Caxias, RJ

### **Luiz Carlos Bertolino**

Centro de Tecnologia Mineral – CETEM/MCTIC, Av. Pedro Calmon 900, Cidade Universitária, 21941-908, Rio de Janeiro, RJ

**RESUMO:** Argilas bentoníticas têm sido muito utilizadas no desenvolvimento de nanocompósitos poliméricos devido a possibilidade de exfoliação de partículas de argila até escala nanométrica da sua

espessura com a conseqüente elevada razão de aspecto apresentada por essas partículas. A disponibilidade alta de bentonitas no Brasil, com as principais jazidas no Estado da Paraíba, propicia a sua utilização em uma vasta gama de setores tecnológicos, entre eles o setor de produção de nanocompósitos poliméricos. Contudo, as propriedades físico-químicas específicas de nanopartículas de argila são requeridas para que elas sejam apropriadas como componente aditivo em materiais compósitos. O presente trabalho tem como objetivo a caracterização físico-mineralógica de amostras de bentonitas comerciais: uma bentonita sódica natural (BSN) importada e uma bentonita sódica ativada (BSA) de origem brasileira. As amostras das bentonitas foram caracterizadas por meio de determinação do tamanho de partículas por MALLS, fluorescência de raios X, difração de raios X, espectroscopia de absorção no infravermelho e análise termogravimétrica. Resultados obtidos com a caracterização química e estrutural das bentonitas indicaram que as mesmas são constituídas majoritariamente por argilomineral esmectítico, além de quartzo. Esses resultados foram confirmados por meio da caracterização das amostras por espectroscopia de absorção no infravermelho. A análise termogravimétrica mostrou que as bentonitas avaliadas apresentam natureza policatiônica.

**PALAVRAS-CHAVE:** argilas, bentonitas, caracterização físico-mineralógica, nanocompósitos poliméricos

## STRUCTURAL CHARACTERIZATION OF BENTONITE CLAYS FOR THE DEVELOPMENT OF POLYMERIC NANOCOMPOSITES

**ABSTRACT:** Bentonite clays have been widely used in the development of polymer nanocomposites due to the possibility of exfoliation of clay particles up to their nanometric scale with the consequent high aspect ratio presented by these particles. The high availability of bentonites in Brazil, with the main deposits in the state of Paraíba, propitiates its use in numerous technological sectors, among them the polymer nanocomposite production sector. However, the specific physico-chemical properties of clay nanoparticles are required to be suitable as an additive component in composite materials. In this context, the aim of this work is to proceed with the physical-mineralogical characterization of two samples of commercial bentonites: a natural sodium bentonite (BSN) of Argentine origin and an activated sodium bentonite (BSA) of Brazilian origin. In order to achieve this objective, the samples were characterized by granulometric analysis by laser diffraction, X-ray fluorescence, X-ray diffraction, infrared spectroscopy and thermal analysis. Results of the chemical and structural characterization indicated the mineralogical composition of the clays consisted of montmorillonite and quartz. These results were confirmed by characterization of the samples by infrared spectroscopy. The thermogravimetric analysis showed that the bentonites have a polycationic nature.

**KEYWORDS:** clays, bentonite clays, physical-mineralogical characterization, polymer nanocomposites

### 1 | INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o desenvolvimento de nanocompósitos polímero/argila têm recebido uma atenção considerável no setor acadêmico e industrial devido a necessidade de obter materiais com propriedades melhoradas quando comparados às propriedades do polímero puro ou de compósitos convencionais. Esses nanocompósitos compreendem uma classe de materiais formados pela adição de uma pequena quantidade em peso da carga inorgânica (<5%), que é finamente dispersa em uma matriz polimérica em escala nanométrica.

Argilas são materiais naturais constituídas em grande parte por partículas cristalinas extremamente pequenas de um ou mais argilominerais, os quais por sua vez são formados, basicamente, por silicatos hidratados de alumínio, ferro e magnésio. Além de argilominerais, as argilas contém alguns minerais acessórios, normalmente quartzo, mica e feldpastos; e ainda matéria orgânica e sais solúveis.

Silicatos lamelares como a montmorilonita são cargas inorgânicas comumente utilizadas na preparação de nanocompósitos poliméricos. A principal justificativa para

a utilização desses silicatos no desenvolvimento de nanocompósitos poliméricos é a possibilidade de obtenção de partículas em escala nanométrica e posterior intercalação nas cadeias poliméricas.

Bentonitas podem ser definidas como argilas compostas predominantemente por argilomineral esmectítico e cujas propriedades físicas são estabelecidas por esse argilomineral. A montmorilonita é o argilomineral esmectítico de maior ocorrência nas bentonitas. Outros argilominerais, geralmente ilitas e caolinitas, podem estar presentes em até 50% do teor total de argilominerais componentes da bentonita. Já o teor de minerais não argilosos dificilmente é menor do que 10% da massa total da bentonita.

As bentonitas naturais são policatiônicas, isto é, apresentam no espaçamento interplanar de sua estrutura cristalina diversos cátions trocáveis, como  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Al}^{3+}$ . Geralmente há predominância de um desses cátions na estrutura cristalina dessas argilas, como íon  $\text{Ca}^{2+}$ , por exemplo. As bentonitas cálcicas são mais abundantes, enquanto as bentonitas sódicas são as de maior uso industrial.

É possível através da troca de cátions obter bentonitas sódicas a partir de cálcicas. Na indústria isto é efetuado usando barrilha (carbonato de sódio). A bentonita assim obtida é chamada de bentonita ativada. A presença do cátion  $\text{Na}^+$  e a capacidade expansiva de sua configuração lamelar faz com que as bentonitas sódicas sejam adequadas para utilização como carga para nanocompósitos poliméricos.

Em relação às principais propriedades apresentadas pelas argilas bentoníticas podem ser destacadas: moderada carga negativa superficial, elevada capacidade de troca de cátions que varia de 80 a 150 meq/100 g e é atribuída a presença de argilomineral esmectítico, elevada área superficial (área da superfície externa das partículas), em torno de 800  $\text{m}^2/\text{g}$ , elevada capacidade de inchamento com a água, propriedades de intercalação com outros componentes entre as camadas e resistência à temperatura e a solventes.

Bentonitas nacionais apresentam diversos teores de argilominerais e muito baixa concentração de cations  $\text{Na}^+$ . A única bentonita sódica nacional com valor comercial é extraída no município de Boa Vista, Paraíba. A existência de grandes reservas e jazidas de argilas bentoníticas no país tem incentivado diversas pesquisas visando agregar valor comercial a esse argilomineral. Uma das alternativas é sua aplicação como carga em nanocompósitos poliméricos.

O principal objetivo do presente trabalho foi realizar a caracterização físico-mineralógica de duas amostras de bentonitas de forma a avaliar a aplicação desses argilominerais no desenvolvimento de nanocompósitos poliméricos. As amostras foram caracterizadas por meio de determinação de tamanho de partícula por MALLS, fluorescência de raios X, difração de raios X, espectroscopia de absorção no infravermelho e análise termogravimétrica.

## 2 | CARACTERIZAÇÃO ESTRUTURAL DAS ARGILAS BENTONÍTIICAS

As argilas bentoníticas estudadas no presente trabalho foram fornecidas pela BENTONISA Comercial Importadora e Exportadora Ltda. As amostras foram identificadas como Bentonita sódica natural (BSN) de procedência da Argentina e Bentonita sódica ativada (BSA) de origem nacional. Naturalmente, as bentonitas de origem brasileira contêm argilominerais esmectíticos com o cálcio como principal cátion de troca na sua estrutura. Para muitas aplicações industriais de argilas é preferível que o principal cátion de troca seja monovalente, por exemplo, sódio, como é o caso das argilas bentoníticas de procedência da Argentina. Para alterar a natureza de cátion nas argilas bentoníticas nacionais de bivalente para monovalente foi feito o processo de ativação utilizando o carbonato de sódio.

### 2.1 Determinação de tamanho de partícula por MALLS

A cinética de todos os processos de interação heterogênea “sólido-fluido” depende da área específica do reagente sólido. A medida da área específica de argilas é importante porque permite avaliar transformações estruturais ocorridas em processos de modificação de argilas, porém é pouco relatada na literatura.

A distribuição de partículas das argilas bentoníticas BSN e BSA foi determinada por meio de técnicas de espalhamento de luz (MALLS). Os dados obtidos pelas análises de MALLS das argilas encontram-se na Tabela 1. As curvas de distribuição de tamanho de partículas obtidas por essa técnica das argilas BSN e BSA são apresentadas na Figura 1.

	Argila BSN	Argila BSA
Área Superficial Específica	2,11 m <sup>2</sup> /g	1,41 m <sup>2</sup> /g
Diâmetro de Partícula, D10	1,11 µm	1,81 µm
Diâmetro de Partícula, D50	5,03 µm	8,64 µm
Diâmetro de Partícula, D90	32,51 µm	39,81 µm

Tabela 1: Dados de distribuição de tamanho de partículas das argilas bentoníticas natural (BSN) e ativada (BSA)

Como pode ser observado na Figura 1a, ambas as argilas, apresentam uma larga distribuição de partículas, concentrada na faixa de 2 a 10 µm, com diâmetros médios em torno de 5,03 e 8,64 µm para as argilas bentoníticas natural (BSN) e ativada (BSA), respectivamente. A área superficial específica da argila bentonítica natural foi de 2,11 m<sup>2</sup>/g, enquanto a argila bentonítica ativada apresentou uma área superficial específica de 1,41 m<sup>2</sup>/g (Tabela 1). Por meio da observação da Figura 1a é possível mostrar que ambas as amostras apresentaram distribuição multimodal,

seja de forma mais acentuada (Argila BSN), seja de forma mais suave (Argila BSA).

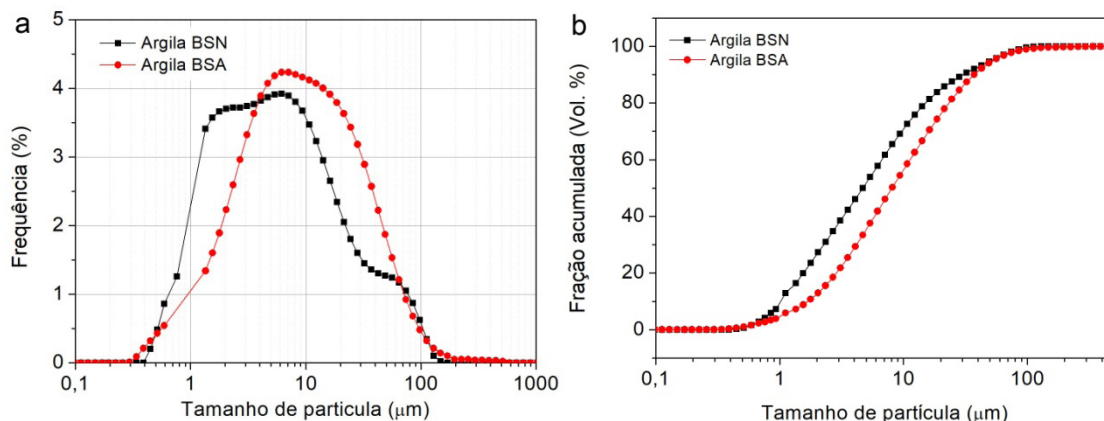


Figura 1: Curvas de distribuição da tamanho de partículas das argilas bentoníticas natural (BSN) e ativada (BSA): (a) histograma; (b) fração acumulada

A fração volumétrica abaixo de 2  $\mu\text{m}$  (fração argila) das argilas BSN e BSA foi de 26,62 e 12,67%, respectivamente (Figura 1b). O fato da bentonita natural apresentar um teor de fração argila mais de duas vezes o teor mostrado pela bentonita ativada pode estar relacionado com a maior área superficial apresentada pela argila natural. Em um trabalho da literatura, os autores avaliaram duas amostras de argilas bentoníticas provenientes de Cubati, Paraíba. As argilas, denominadas cinza superior e cinza inferior, apresentaram uma fração volumétrica abaixo de 2  $\mu\text{m}$ , que corresponde a fração argila, de 16,47 e 18,62%, respectivamente. Menezes e colaboradores encontraram um teor de fração argila de 45% na caracterização de uma bentonita de Boa Vista, Paraíba. Por meio da observação desses resultados é possível verificar que as bentonitas apresentam variações em suas propriedades, dependendo do local de origem da argila.

## 2.2 Fluorescência de raios X

A composição química das amostras de bentonitas obtida nos experimentos de fluorescência de raios X (FRX) está apresentada na Tabela 2. Conforme esperado, o processo de ativação da bentonita nacional resultou na concentração de sódio ( $\text{Na}^+$ ) na amostra comparável com a da bentonita natural. Vale ressaltar também que a concentração do  $\text{Ca}^{2+}$  é parecida em ambas as amostras. As principais diferenças na composição entre as amostras das bentonitas estudadas se referem aos teores de Fe e Al. Essas diferenças podem ser atribuídas à substituição mais pronunciada de cátions  $\text{Al}^{3+}$  por Fe nos sítios octaédricos da estrutura dos argilominerais das bentonitas nacionais. A análise de fases mineralógicas que compõem as amostras está apresentada a seguir. Combinada com a análise química, a análise de fase permite atribuir os elementos específicos detectados nas amostras às fases mineralógicas observadas.



Elemento	Argila BSN (%)	Argila BSA (%)	Elemento	Argila BSN (%)	Argila BSA (%)
O	51,27	49,65	Ba	0,05	0,02
Si	27,67	29,61	Cr	0,002	0,01
Al	11,11	7,57	Mn	0,02	0,008
Fe	2,68	4,67	Ni	0,003	0,007
Na	2,24	1,93	Zn	0,003	0,006
Mg	1,77	1,47	Mo	0,06	0,005
Ca	0,82	0,96	Cu	0,002	0,004
C	-	0,52	La	0,001	0,004
Ti	0,19	0,44	Zr	0,015	0,003
K	0,32	0,33	I	-	0,002
Cl	0,26	0,25	Sc	0,001	0,001
S	0,59	0,06	Ce	-	0,001
P	0,03	0,02	Pr	-	0,0006

Tabela 2: Composição química das amostras BSN e BSA

### 2.3 Difração de raios X

A difração de raios X é uma das técnicas mais utilizadas na caracterização de argilas. A caracterização de argilas bentoníticas por difração de raios X visa verificar a existência de minerais acessórios e de argilominerais. A Figura 2 mostra os difratogramas de raios X, obtidos pelo método do pó, das argilas bentoníticas avaliadas. No difratograma da argila bentonítica natural (BSN), é possível notar a presença de picos de difração ( $2\theta$ ) com os máximos em  $6,87^\circ$  e  $19,82^\circ$ . Para a argila bentonítica ativada (BSA), esses picos de difração aparecem no difratograma em  $5,97^\circ$  e  $19,8^\circ$ . Segundo a literatura, esses picos podem ser atribuídos a presença de montmorilonita na amostra.

É possível observar nos difratogramas a estrutura complexa do primeiro pico de difração nas duas amostras, sugerindo a sobreposição de dois picos. As montmorilonitas sódica e cálcica secas no ar têm, respectivamente, uma ou duas camadas de água entre as folhas 2:1 com o respectivo espaçamento basal em torno de 1,26 nm e 1,54 nm. Os presentes dados de difração podem ser interpretados como a mistura de montmorilonitas sódica e cálcica em ambas as amostras, sendo que a composição argilomineral da bentonita natural é dominada pela montmorilonita sódica, enquanto a amostra ativada tem majoritariamente a montmorilonita cálcica.

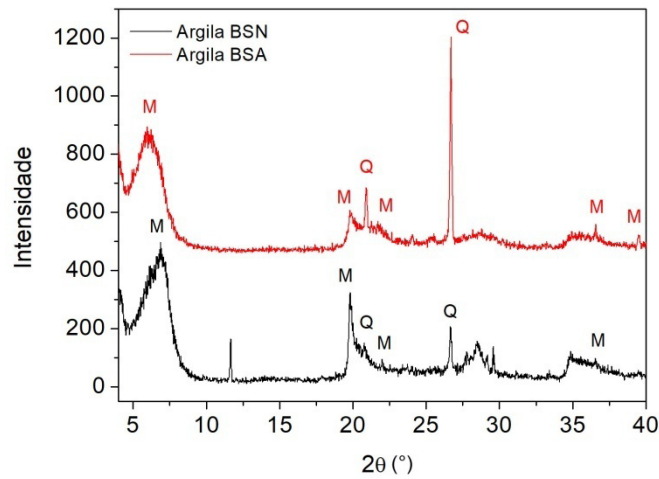


Figura 2: Difratogramas de raios X das argilas bentoníticas natural (BSN) e ativada (BSA) (M = montmorilonita, Q = quartzo)

Nos difratogramas de ambas as argilas avaliadas também é possível observar a presença de quartzo, principalmente na amostra da argila BSA, que apresenta um pico de difração de elevada intensidade relacionada a essa impureza em  $26,75^\circ$  ( $2\theta$ ). Leite e colaboradores caracterizaram por difração de raios X argilas bentoníticas provenientes de Campina Grande, PB. Os autores observaram a presença de quartzo em  $20,87$  e  $26,67^\circ$  ( $2\theta$ ) nos difratogramas de raios X das argilas bentoníticas avaliadas. Em um outro trabalho da literatura, os autores verificaram, qualitativamente, uma elevada quantidade de quartzo em duas amostras de argilas bentoníticas provenientes de Cubati, PB.

Na amostra BSN, além de argila e quartzo é possível observar os picos de difração de outras fases, com o pico mais pronunciado em torno de  $11,64^\circ$ . O aparecimento desse pico de difração pode ser atribuído as fases de óxidos/oxalatos hidróxidos/hidratos de cálcio-alumínio. A presença dessas fases de cálcio-alumínio explicaria a alta concentração de Ca observada na amostra BSN que deveria ser muito menor comparado com a do cátion de Na.

## 2.4 Espectroscopia de absorção no infravermelho

A Figura 3 mostra os espectros de absorção na região do infravermelho das argilas bentoníticas. É possível observar nos espectros, para ambas as argilas avaliadas, a presença de bandas de absorção em  $3650$  e  $3630\text{ cm}^{-1}$ , que podem ser atribuídas à deformação axial do grupo estrutural hidroxílico próprio da argila. Bandas de absorção referentes a vibrações de estiramento e angular do grupo OH e que estão relacionadas à água adsorvida e à água de hidratação presente na argila, podem ser observadas nos espectros em  $3441$  e  $1639\text{ cm}^{-1}$ , respectivamente.

No espectro da argila bentonítica ativada (BSA) podem ser observadas bandas de absorção características do argilomineral montmorilonita em  $1042\text{ cm}^{-1}$ , característica da ligação Si-O-Si, e em  $796\text{ cm}^{-1}$ , atribuídas as camadas octaédricas do aluminossilicato. Os resultados observados com a caracterização das amostras

por FTIR parecem indicar que as argilas são constituídas predominantemente por um argilomineral esmectítico.

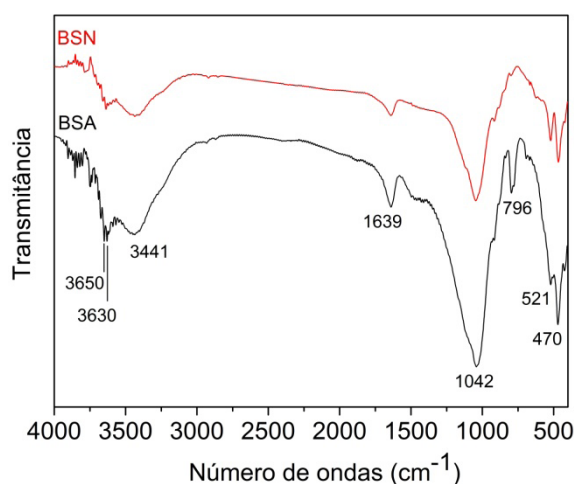


Figura 3: Espectros de absorção no infravermelho (FTIR) das argilas bentoníticas BSN e BSA

## 2.5 Análise termogravimétrica

Os resultados das análises térmicas das argilas bentoníticas são apresentados na Figura 4. A amostra da argila bentonítica sódica natural (BSN) apresentou picos endotérmicos duplos entre 30 e 200°C, que são atribuídos à perda de água livre e adsorvida. A presença desses picos endotérmicos nessa faixa de temperatura fica mais evidenciada pela observação das curvas de análise térmica diferencial da argila. O primeiro pico aparece com um máximo em torno de 69°C, enquanto uma leve banda endotérmica pode ser observada com um máximo em torno de 111°C. Na amostra da argila BSN é possível notar uma perda de massa entre 500 e 700°C com máximo em torno de 665°C, que pode ser associado à decomposição dos argilominerais presentes na argila.

A curva de análise térmica da argila bentonítica sódica ativada (BSA) (Figura 4b) mostra um pico endotérmico entre 30 e 200°C, que aparece com um máximo em 59°C. Uma leve banda endotérmica pode ser observada com um máximo em torno de 255°C. A curva de análise térmica dessa argila ainda mostra uma perda de massa entre 350 e 550°C, com máximo em torno de 476°C, que pode ser associado à desidroxilação dos argilominerais presentes na argila. Os resultados obtidos com a caracterização das argilas parecem indicar que ambas as bentonitas avaliadas são de natureza policatiônica.

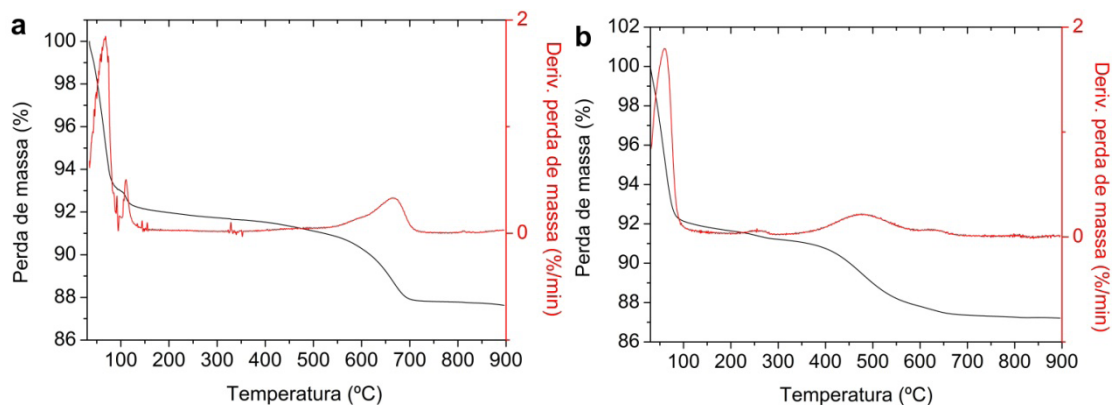


Figura 4: Curvas de análise térmica das amostras de argilas bentoníticas BSN (a) e BSA (b)

### 3 | CONCLUSÕES

Os resultados obtidos no presente trabalho com a caracterização das argilas por diferentes técnicas evidenciaram que ambas as amostras mostraram características físico-mineralógicas semelhantes à de argilas bentoníticas. Resultados de fluorescência de raios X mostraram que o processo de ativação da bentonita nacional foi eficiente e que ambas as argilas apresentam teores de cálcio semelhantes. Os difratogramas de raios X mostraram que as argilas avaliadas apresentam a montmorilonita como argilomineral principal, o que indica que as argilas podem ser classificadas como esmectitas. A caracterização das argilas por espectroscopia de absorção no infravermelho corroborou os resultados obtidos com a difração de raios X. Os resultados obtidos com a caracterização térmica das argilas parecem mostrar que ambas as argilas apresentam natureza policatiônica.

### 4 | AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001. Os autores também agradecem a Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) pelo apoio financeiro, ao Instituto de Macromoléculas Professora Eloisa Mano – IMA/UFRJ pela realização de algumas caracterizações e a BENTONISA Comercial Importadora e Exportadora Ltda, pelo fornecimento das argilas.

### REFERÊNCIAS

ACEVEDO, N. I. A.; ROCHA, M. C. G.; BERTOLINO, L. C. **Mineralogical characterization of natural clays from Brazilian Southeast region for industrial applications**. *Cerâmica*, v. 63, p. 253-262, 2017.

ARAUJO, E. M.; MELO, T. J. A. **Nanocompósitos poliméricos** – Pesquisas na UFCG com argilas

bentoníticas. 1.ed. Campina Grande : EDUEFG, 2012.

BRITO, G. F. et al. **Nanocompósitos de polietileno/argila bentonita nacional: influência da argila e do agente compatibilizante PE-g-MA nas propriedades mecânicas e de inflamabilidade.** Polímeros, v. 18, p. 170-177, 2008.

COSTA, J. M. R. et al. **Purification of bentonite clays from the district of Cubati, PB, for obtainment of organoclays for use in drilling fluids.** Materials Science Forum, v. 727-728, p. 1444-1450, 2012.

DAS, K. et al. **Crystalline morphology of PLA/clay nanocomposite films and its correlation with other properties.** Journal of Applied Polymer Science, v. 118, p. 143-151, 2010.

DORNELAS, C. B. et al. **Estudo do processo de intercalação via solução PVP-bentonita. A avaliação da influência do tempo reacional, da proporção de polímero-argila e da massa molar média.** Polímeros, v. 20, p. 275-279, 2010.

FERREIRA, J. L. A. N. G. **Processo de organofilização de argila bentonita para utilização como nanocarga em materiais poliméricos.** 2014. 51 p. Projeto Final de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica) – Instituto Politécnico, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Nova Friburgo, Rio de Janeiro, 2014.

GRIM, R. E. **Clay Mineralogy.** 2. ed. McGraw-Hill, New York, 1968.

LEITE, I. F.; RAPOSO, C. M. O.; SILVA, S. M. L. **Caracterização estrutural de argilas bentoníticas nacional e importada: antes e após o processo de organofilização para utilização como nanocargas.** Cerâmica, v. 54, p. 303-308, 2008.

LÍBANO, E. V. D. G.; VISCONTE, L. L. Y.; PACHECO, E. B. A. V. **Propriedades térmicas de compósitos de polipropileno e bentonita organofílica.** Polímeros, v. 22, p. 430-435, 2012.

LUZ, A. B.; LINS, F. A. F. **Rochas & Minerais Industriais: Usos e Especificações,** 2º ed, Copyright© CETEM/MCT, Rio de Janeiro, 2008.

MARINI, J.; BRETAS, R. E. S. **Optical Properties of Blown Films of PA6/MMT Nanocomposites.** Materials Research, v. 20, p. 53-60, 2017.

MENEZES, R. R. et al. **Caracterização de argilas bentoníticas do município de Sussego, Paraíba, Brasil.** Revista eletrônica de Materiais e processos, v. 3.2, p. 36-43, 2008.

MENEZES, R. R. et al. **Argilas bentoníticas de Cubati, Paraíba, Brasil: Caracterização física-mineralógica.** Cerâmica, v. 55, p. 163-169, 2009.

MURRAY, H. H. **Traditional and new applications for kaolin, smectite, and palygorskite: a general overview.** Applied Clay Science, v. 17, p. 207-221, 2000.

OLIVEIRA, C. I. R. et al. **Caracterização estrutural de argilas bentoníticas para utilização como nanocargas.** 2014. 21º Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, Cuiabá, MT.

OLIVEIRA, C. I. R. et al. **Characterization of bentonite clays from Cubati, Paraíba (Northeast of Brazil).** Cerâmica, v. 62, p. 272-277, 2016.

PAIVA, L. B. et al. **Argilas organofílicas: características, metodologias de preparação, compostos de intercalação e técnicas de caracterização.** Cerâmica, v. 54, p. 213-226, 2008.

PAUL, D. R.; ROBESON, L. M. **Polymer nanotechnology: nanocomposites.** Polymer, v. 49, p. 3187-

3204, 2008.

PAZ, R.A. et al. **Evaluation of impact strength of polyamide 6/bentonite clay nanocomposites**. Materials Research, v. 15, p. 506-509, 2012.

RODRIGUES, A. W. et al. **Desenvolvimento de nanocompósitos polipropileno/argila bentonita brasileira: tratamento da argila e influência de compatibilizantes polares nas propriedades mecânicas**. Polímeros: Ciência e Tecnologia, v. 17, p. 219-227, 2007.

RODOLFO Jr. A.; MEI, L. H. I. **Nanocompósitos de PVC com argila organicamente modificada: efeitos do processamento e do método de incorporação da argila**. Polímeros: Ciência e Tecnologia, v. 19, p. 1-9, 2009.

SILVA, A. R. V.; FERREIRA, H. C. **Argilas bentoníticas: conceitos, estruturas, propriedades, usos industriais, reservas, produção e produtores/fornecedores nacionais e internacionais**. Revista Eletrônica de Materiais e Processos, v. 3, p. 26-35, 2008.

SILVA, E. M. et al. **Influência da concentração e purificação da argila na estrutura e permeação ao vapor de água de nanocompósitos PEBDL/bentonita**. Polímeros, v. 23, p. 108-114, 2013.

SOUZA SANTOS, P. **Ciência e tecnologia de argilas**. 2º ed. Edgar Blücher, São Paulo, 1992.

VALANDRO, S. R. et al. **Thermal properties of poly (methyl methacrylate)/organomodified montmorillonite nanocomposites obtained by *in situ* photopolymerization**. Materials Research., 17, 265-270, 2014.



## AVALIAÇÃO PELA MODA, MÉDIA OU MEDIANA?

**Luiz Fernando Palin Droubi**

Universidade Federal de Santa Catarina  
Florianópolis - Santa Catarina

**Norberto Hochheim**

Universidade Federal de Santa Catarina  
Florianópolis - Santa Catarina

**Willian Zonato**

Universidade Federal de Santa Catarina  
Florianópolis - Santa Catarina

**RESUMO:** Este artigo trata do problema da retransformação de variáveis aplicada no caso de utilização da transformação logarítmica da variável dependente. A compreensão deste problema é útil não apenas na engenharia de avaliações, área de trabalho dos autores, mas também na Economia e nas mais diversas áreas em que a inferência estatística seja utilizada e onde se aplique a transformação logarítmica à variável dependente, em busca de conseguir um melhor modelo de regressão. Especificamente na Engenharia de Avaliações, contudo, o debate sobre qual medida de tendência central deve ser utilizada no processo de retransformação do modelo de regressão tomou grandes proporções, e provoca polêmica e conflitos inclusive em perícias judiciais envolvendo arbitramento de valores de imóveis, seja para desapropriações, seja para resolução de outros conflitos jurídicos de qualquer natureza em que se necessite da avaliação de um imóvel, como

na execução de uma garantia, numa liquidação forçada ou mesmo por questões inventariais.

**PALAVRAS-CHAVE:** retransformação, regressão, tendência central.

**ABSTRACT:** This article deals with the problem of the retransformation of variables applied in case of using the logarithmic transformation of the dependent variable. The understanding of this problem is useful not only in the Appraisals Engineering, our working area, but also in Economics and in the most diverse areas where statistical inference is used and where logarithmic transformation is applied to the dependent variable, in order to obtain a better regression model. Specifically in the Appraisals Engineering, however, the debate about what measure of central tendency should be used in the retransformation problem has taken on great proportions, and causes controversy and conflicts especially in judicial investigations involving arbitration of property values, either for expropriations or for resolution of other legal conflicts of any nature in which the assessment of a property is required, such as the execution of a guarantee, a forced liquidation or even for inventory matters.

**KEYWORDS:** retransformation, regression, central tendency.

## 1 | INTRODUÇÃO

Existe na área da avaliação de imóveis uma discussão frequente e a nosso ver indesejável a respeito da estimativa de tendência central adotada para a predição de valores quando da utilização de modelos lineares log-normais, isto é, modelos em que a variável resposta aparece transformada pela função logaritmo natural.

Como será visto oportunamente, quando um modelo linear log-normal for homocedástico ( $\sigma = \text{cte}$ ) e estiver razoavelmente bem ajustado, com um baixo erro-padrão, a adoção de qualquer estimativa de tendência central, moda, média ou mediana, resultará em valores praticamente equivalentes, com variação dentro da precisão da área de avaliações imobiliárias. No entanto, na presença de grande dispersão dos dados, o valor do erro-padrão da regressão linear pode se tornar relativamente alto e a diferença entre as avaliações por uma ou outra medida de tendência central pode tornar-se relevante, levando a uma situação altamente indesejável: um imóvel poderá ser avaliado por dois avaliadores independentes com uma diferença significativa entre os valores encontrados. Tendo em vista que a NBR14.653-02 (2011) se omite a este respeito, as duas avaliações serão válidas, porém com valores altamente discrepantes.

Pretende-se com este artigo dar a este problema uma abordagem formal, com o intuito de sugerir uma padronização das avaliações, sem no entanto especificar qual medida de tendência central é a correta, haja vista que todas elas são matematicamente válidas, apresentando prós e contras, nenhuma delas podendo ser considerada melhor que a outra.

## 2 | DESENVOLVIMENTO E FUNDAMENTAÇÃO

Major Point 1: When we talk about the relationship of one variable to one or more others, we are referring to the regression function, which expresses the mean of the first variable as a function of the others. The key word here is *mean!* (MATLOFF, 2009, p. 386, grifo do autor)

### 2.1 Valor Esperado

Segundo BENNETT (2006), a **esperança matemática** ou **valor esperado** de uma variável aleatória é a soma do produto de cada probabilidade de saída da experiência pelo seu respectivo valor. Isto é, representa o valor médio ‘esperado’ de uma experiência se ela for repetida muitas vezes. Matematicamente, a Esperança de uma variável aleatória  $X$  false é representada pelo símbolo  $E(X)$ .

Segundo Matloff (2009, p. 43), o valor esperado tem um papel central em probabilidade e estatística. A definição mais ampla de valor esperado de uma variável aleatória  $X$ , válida tanto para variáveis discretas como contínuas, é:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} = \frac{X_1 + \dots + X_n}{n}$$

### 2.1.1 Cômputo do Valor Esperado de uma variável aleatória discreta

Segundo Matloff (2009, p. 44), o valor esperado de uma variável aleatória  $X$  que assume valores definidos no conjunto  $A$  é:

$$E(X) = \sum cP(x=c)$$

onde  $P(X=c)$  representa a função probabilidade da variável aleatória  $X$  assumir o valor  $c$ .

### 2.1.2 Cômputo do Valor Esperado de uma variável aleatória contínua

O Valor Esperado de uma variável aleatória contínua  $W$  pode ser escrito da seguinte forma (MATLOFF, 2009, p. 128):

$$E(W) = \int_{-\infty}^{\infty} tf_w(t)dt$$

onde  $f_w(t)$  é a função densidade de probabilidade de  $t$ , para todo  $t$  onde a função  $f_w(t)$  esteja definida.

### 2.1.3 Propriedades do Valor Esperado

Seja  $a$  um escalar e  $U$  uma variável aleatória (MATLOFF, 2017, p. 47):

$$E(aU) = aE(U)$$

Sejam  $a$  e  $b$  dois escalares e  $U$  e  $V$  duas variáveis aleatórias, não necessariamente independentes, então (MATLOFF, 2017, p. 47):

$$E(aU + bV) = aE(U) + bE(V)$$

Finalmente, sejam  $U$  e  $V$  duas variáveis aleatórias **independentes**:

$$E(UV) = E(U)E(V)$$

Porém, se U e V não forem independentes, esta propriedade falha (covariância).

## 2.2 Lei da expectativa total

Segundo Matloff (2009, p. 339), a lei da expectativa total pode ser expressa como abaixo:

$$E(Y) = E[E(Y|W)]$$

## 2.3 Lei da Variância total

Outra relação importante é expressa pela lei da Variância Total que, de acordo com Matloff (2009, p. 345) estabelece que:

$$VAR(Y) = E[VAR(Y|W)] + VAR[E(Y|W)]$$

## 2.4 Desigualdade de Jensen

Segundo Matloff (2017), se  $\varphi(x)$  é uma função convexa, então a desigualdade de Jensen se exprime na seguinte desigualdade:

$$\varphi(E(X)) \leq E(\varphi(X))$$

Como pode-se demonstrar, a função  $e^x$  é uma função convexa, pois possui derivada segunda sempre maior que zero ( $f''(e^x) = e^x > 0$ ).

## 2.5 Erro médio quadrático (MSE)

Seja  $\pi$  o valor de uma estimativa. Então o seu erro médio quadrático (MSE) é dado por:

$$MSE = \int (y - \pi)^2 f(y) dy = E(y^2) - 2\pi E(y) + \pi^2$$

Para encontrar o valor mínimo do erro médio quadrático (MSE) quando  $\pi$  varia, faz-se:

$$d \frac{(E(Y^2) - 2\pi E(Y) + \pi^2)}{d\pi} = 0 \leftrightarrow \pi = E(Y)$$

Ou seja, a estimativa pelo valor esperado é a estimativa que minimiza o erro médio quadrático.

## 2.6 Valor Esperado condicional

O valor esperado de uma variável aleatória  $Y$  estatisticamente relacionada com outra variável aleatória  $X$  é (WASSERMAN, 2010, p. 77):

$$E(Y | X = t) = \int t f_{Y|X}(Y | X = t) dt$$

## 2.7 Estimadores

Earlier, we often referred to certain estimators as being “natural.” For example, if we are estimating a population mean, an obvious choice of estimator would be the sample mean. But in many applications, it is less clear what a “natural” estimate for a population quantity of interest would be. We will present general methods for estimation in this section. We will also discuss advanced methods of inference (MATLOFF, 2009, p. 303).

A definição de um *estimador*  $\Theta$  para um parâmetro ou uma variável é uma função  $\hat{\theta}(X)$ , que mapeia o espaço amostral para um conjunto de estimativas amostrais, em que  $X$  é uma variável aleatória dos dados observados. É usual denotar uma estimativa em um determinado ponto  $x \in X$  por  $\hat{\theta}(X = x)$  ou, mais simplesmente,  $\hat{\theta}(x)$ .

## 2.8 Propriedades de um estimador

Nesta secção adota-se como notação que  $\hat{\theta}$  é um estimador da variável aleatória  $\Theta$ .

### 2.8.1 Erro

$$e(x) = \hat{\theta}(x) - \theta$$

### 2.8.2 Desvio

$$d(x) = \hat{\theta}(x) - E[\hat{\theta}(x)]$$

onde  $E[\hat{\theta}(x)]$  é o Valor Esperado do estimador.

### 2.8.3 Variância

A variância de um estimador  $\hat{\theta}$  é (MATLOFF, 2009, p. 52):

$$VAR(\hat{\theta}) = E[(\hat{\theta} - E(\hat{\theta}))^2]$$

#### 2.8.4 Coeficiente de Variação

O coeficiente de variação de um estimador é uma medida adimensional que compara o desvio-padrão de uma variável ou estimador  $\theta$  à sua média, conforme abaixo (MATLOFF, 2009, p. 56):

$$CV = \frac{VAR(\hat{\theta})}{E(\hat{\theta})}$$

#### 2.8.5 Viés

O viés de um estimador  $\hat{\theta}$  é (MATLOFF, 2009, p. 317):

$$B(\hat{\theta}) = E(\hat{\theta}) - \theta$$

O viés coincide com o valor esperado do erro, pois  $E(\hat{\theta}) - \theta = E(\hat{\theta} - \theta)$ . Numa regressão linear:

$$B(\hat{\mu}(x_0)) = E[\hat{\mu}(x_0)] - \mu(x_0)$$

#### 2.8.6 Erro médio quadrático

Segundo Shen e Zhu (2008, p. 553), o erro médio quadrático é uma medida comum da qualidade de um estimador na literatura estatística.

$$MSE = E[(\hat{\theta} - \theta)^2]$$

Numa regressão linear, o erro médio quadrático pode ser descrito por:

$$MSE[\hat{\mu}(x_0)] = E[(\hat{\mu}(x_0) - \mu(x_0))^2] = VAR[\hat{\mu}(x_0)] + B^2[\hat{\mu}(x_0)]$$

#### 2.8.7 Consistência



A consistência é a propriedade que um estimador tem de se aproximar assintoticamente do valor “real” da variável, a medida que aumenta o número de observações. Matematicamente:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \hat{\theta} = \theta$$

### 2.8.8 Melhor estimador linear não-viesado ou BLUE

Em estatística, é comum o uso da sigla BLUE (*Best Linear Unbiased Estimator*) para indicar o melhor estimador linear não-viesado.

## 2.9 Trade-off entre viés e variância

Um dos problemas conhecidos dos modelos de regressão linear ou outros modelos estatísticos em geral é o sobreajustamento (do inglês *overfitting*). Resumidamente, *overfitting* é o ato de ajustar um modelo tão bem ajustado aos dados amostrais, que este se torna incapaz de fazer boas previsões para outros dados que não os do próprio modelo. Segundo Matloff (2017, p. 24), um modelo sobreajustado é um modelo tão elaborado que “capta o ruído ao invés do sinal”.

De acordo com Matloff (2017, pp. 24–26), por outro lado, um modelo com menor número de variáveis explicativas estará enviesando os seus resultados (no sentido de enviesamento sistêmico, inerente à amostragem, não proposital), e o acréscimo de uma variável independente a este modelo estará assim reduzindo o seu viés.

Por outro lado, de acordo com Matloff (2017, p. 25), quanto maior for o número de variáveis do modelo – mantido o mesmo número de dados amostrais –, maior será a variabilidade coletiva dos regressores e, assim, maior será a variância dos coeficientes estimados.

Desta maneira, em modelos mais simples, a redução do viés do mesmo através da adição de um novo regressor compensa o aumento na variabilidade conjunta do modelo, até que este número de regressores atinja um número ótimo, quando a diminuição adicional do viés gerada pela adição de um regressor torna-se tão pequena que não compensa a variabilidade dos coeficientes estimados. Um modelo com variáveis explicativas maior do que este número ótimo estará, portanto, sobreajustado.

Ou seja, existe um **tradeoff** entre *viés* e *variância*: para qualquer estimador estatístico (MATLOFF, 2017, p. 25), não se pode reduzir o seu viés sem aumentar a sua variância e vice-versa. Tem-se que conviver sempre com algum viés e tem que se aceitar alguma variância.

Matematicamente, isto decorre do desenvolvimento da expressão do Erro Médio

Quadrático (MSE) (MATLOFF, 2017, p. 49):

$$MSE(\hat{\theta}) = E[(\hat{\theta} - \theta)^2] = E[\hat{\theta} - E(\hat{\theta}) + E(\hat{\theta}) - \theta]^2$$

Desenvolvendo a expressão acima, chega-se:

$$MSE(\hat{\theta}) = E[(\hat{\theta} - E(\hat{\theta}))^2] + E[(E(\hat{\theta}) - \theta)^2] + E[2(\hat{\theta} - E(\hat{\theta}))(E(\hat{\theta}) - \theta)]$$

como:

- o termo  $E[(\hat{\theta} - E(\hat{\theta}))^2]$  é igual à variância do estimador ( $VAR(\hat{\theta})$ );
- o termo  $E[(E(\hat{\theta}) - \theta)^2]$  é o quadrado do viés do estimador ( $B^2(\hat{\theta})$ );
- e, finalmente, o termo  $E[2(\hat{\theta} - E(\hat{\theta}))(E(\hat{\theta}) - \theta)]$  é nulo, haja vista que  $E[\hat{\theta} - E(\hat{\theta})] = 0$ .

Matematicamente, portanto, temos que:

$$MSE(\hat{\theta}) = VAR(\hat{\theta}) + B^2(\hat{\theta})$$

## 2.10 Regressão Linear

### 2.10.1 Definição precisa

Sejam  $Y$  e  $X$  duas variáveis e  $m_{Y;X}(t)$  uma função tal que:

$$m_{Y;X}(t) = E(Y | X = t)$$

Chama-se  $m_{Y;X}$  de **função de regressão de  $Y$  dado  $X$**  (MATLOFF, 2009, p. 386, grifo do autor). Em geral,  $m_{Y;X}(t)$  é a **média** de  $Y$  para todas as unidades da população para as quais  $X = t$  (MATLOFF, 2009, p. 386, grifo nosso).

The word “regression” is an allusion to the famous comment of Sir Francis Galton in the late 1800s regarding “regression toward the mean.” This referred to the fact that tall parents tend to have children who are less tall closer to the mean – with a similar statement for short parents. The predictor variable here might be, say, the father’s height  $F$ , with the response variable being, say, the son’s height  $S$ . Galton was saying that  $E(S|F) < F$ .

Segundo Matloff (2009, p. 386, grifo do autor), ainda, a função  $m_{Y;X}(t)$  é uma

função da **população**, ou seja, apenas **estima-se** uma equação de regressão ( $\hat{m}_{Y,X}(t)$ ) à partir de uma amostra da população.

The function  $m_{Y,X}(t)$  is a population entity, so we must estimate it from our sample data. To do this, we have a choice of either assuming that  $m_{Y,X}(t)$  takes on some parametric form, or making no such assumption. If we opt for a parametric approach, the most common model is linear [...] (MATLOFF, 2009, p. 389).

Segundo Matloff (2009, pp. 394–397), as proposições acima sobre a função  $m_{Y,X}$  podem ser generalizadas para outras quantidades de regressores em  $X$  e seus termos de interação, tal que:

$$m_{Y,X}(t) = \beta_0 + \beta_1 t_1 + \beta_2 t_2 + \beta_3 t_1 t_2 + \beta_4 t_1^2$$

Notando que o termo **regressão linear** não necessariamente significa que o gráfico da função de regressão seja uma linha reta ou um plano, mas que se refere a função de regressão ser linear em relação aos seus parâmetros ( $\beta_i$ )

### 2.10.2 Estimação em modelos de regressão paramétricos

Segundo Matloff (2009, p. 389), é possível demonstrar que o mínimo valor da quantidade  $E[Y - g(X)]^2$  é obtido, entre todas as outras funções, para  $g(X) = m_{Y,X}(X)$ . Porém, “se pretendemos minimizar o erro médio absoluto de predição,  $E(|Y - g(X)|)$ , a melhor função seria a mediana  $g(Y) = \text{mediana}(Y|X)$ .” (MATLOFF, 2009, p. 389).

Matloff (2009) aqui está implicitamente se referindo a um outro tipo de regressão, chamada de regressão quantílica, mais especificamente, à regressão à mediana, ou seja, ao quantil de 50%.

### 2.10.3 A equação de regressão linear

Como será visto nesta secção, a equação de regressão linear  $\mu(t)$  é uma *função da população*, que geralmente não nos está acessível, pois se tem acesso a não mais do que uma parte (amostra) desta população em estudo. O que usualmente se faz, então, é *estimar* uma equação de regressão  $\hat{\mu}(t)$  para que se possa prever os valores reais da variável em análise.

Tem que se levar em conta que a equação de regressão linear não é uma equação determinística, mas probabilística. No dia-a-dia da prática de engenharia de avaliações, assim como em outras áreas, no entanto, a equação de regressão é usualmente escrita simplificada, sem o termo de erro  $\epsilon$ , ou seja, a equação de regressão é escrita como uma equação determinística, da forma  $Y = \alpha + X\beta$  ou, exemplificando em termos de variáveis de avaliação de imóveis,  $VU = \alpha + A\beta$ , onde  $VU$  representa o valor unitário dos imóveis e  $A$  a sua área.

No entanto, estas equações são uma simplificação da equação de regressão. Na verdade, a equação de regressão  $\mu(t)$  é uma função da *população* e pode ser escrita formalmente como abaixo (MATLOFF, 2017, p. 66):

$$\mu(t) = \beta_0 + \beta_1 t_1 + \dots + \beta_p t_p$$

Como o termo de erro da equação, ou seja, o erro que seria cometido ao prever  $Y$  se a equação de regressão da população fosse efetivamente conhecida, é (MATLOFF, 2017, p. 67):

$$\varepsilon = Y - \mu(t)$$

Então pode-se escrever a equação de regressão de outra maneira, como abaixo (MATLOFF, 2017, p. 67):

$$Y = \beta_0 + \beta_1 t_1 + \dots + \beta_p t_p + \varepsilon$$

Onde  $\varepsilon$  é uma variável aleatória supostamente tal que  $E(\varepsilon) = 0$  e  $\text{VAR}(\varepsilon) = \sigma^2$ , ou simplesmente  $\varepsilon \sim N(0, \sigma^2)$ .

Num modelo onde não há a adoção de qualquer transformação para a variável dependente, verificada a hipótese da normalidade, esta equação de regressão é também a equação de estimação da variável  $Y$ , ou seja, para uma equação de regressão sem transformação de variáveis, pode-se escrever:

$$E(Y | X) = E(\alpha + X\beta) + E(\varepsilon) = \alpha + X\beta$$

Haja vista que o valor esperado para o termo de erro  $\varepsilon$  é igual a zero.

No entanto, quando a variável dependente  $Y$  é transformada, este mesmo termo de erro, desprezado na equação de regressão acima, é de suma importância para o computo do valor esperado da variável original, como será visto neste artigo, pois ele determina a equação de estimação da variável original. Por exemplo, no caso que aqui nos interessa, que é o da transformação logarítmica da variável dependente, tem-se:

$$\ln(Y) = \alpha + X\beta + \varepsilon \Leftrightarrow$$

$$Y = \exp(\alpha + X\beta) \cdot \exp(\varepsilon) \Leftrightarrow$$

$$E(Y | X) = E[\exp(\alpha + X\beta)]E[\exp(\varepsilon) | X] <$$

$$E(Y | X) = \exp(\alpha + X\beta) \cdot E[\exp(\varepsilon) | X]$$

O fundamental a se perceber aqui é que, quando há transformação da variável dependente, para voltarmos à variável original, tem que se levar em conta o termo de erro, haja vista que uma propriedade do valor esperado é a de que  $E(f(X)) \neq f(E(X))$ , como será visto a seguir.

Mais precisamente, para funções convexas, pela **desigualdade de Jensen**,  $f(E(X)) \leq E(f(X))$ . Isto implica que o valor esperado da exponencial do termo de erro que precisa-se estimar é maior do que a exponencial do valor esperado do erro, ou seja,  $E(\exp(\varepsilon) | X) \geq \exp(E(\varepsilon | X))$ , ou  $E(\exp(\varepsilon) | X) \geq 1$ .

Desta maneira, não é correto imaginar que a equação de estimação da variável original esteja acessível pela simples retransformação (pela função exponencial) dos coeficientes da equação de regressão logaritmizada.

Ou seja, a consideração de que os erros aleatórios e com distribuição normal na equação de regressão logaritmizada possam ser diretamente retransformados por um fator de erro multiplicativo igual a 1 é equivocada, já que isto viola a desigualdade de Jensen. O fator de erro multiplicativo, pela desigualdade de Jensen, é maior do que 1.

Desta maneira, não seria correto afirmar que, ao utilizar a avaliação pela média, se esteja violando os princípios clássicos da regressão linear, já que na verdade o que ocorre é justamente o contrário: ao utilizar a média, estamos reafirmando a equação de regressão, que inclui o termo de erro.

GIANNAKOS; LEÃO (1996) faz uma crítica à utilização da avaliação pela moda da distribuição lognormal, crítica esta muito bem elaborada e da qual não se discorda no todo. Concorda-se que a moda não é o valor mais provável, contudo, pelo motivo que **o valor mais provável é o Valor Esperado** da variável, ou seja, o seu valor médio, como será visto oportunamente. E encontra-se mesmo em GIANNAKOS; LEÃO (1996), que “a média aritmética é o ‘valor esperado’ da variável”. Porém, o mesmo trabalho faz também uma defesa da utilização da estimativa pela mediana desta distribuição, o que não estaria de acordo com o que prevê a teoria.

Mesmo a avaliação pela média da variável lognormal não é exata, haja vista que inexistem estimadores exatos na inferência estatística. O que existe são estimadores com maior ou menor **viés**, e maior ou menor **variância**, ou ainda, existem estimadores com maior ou menos **Erro Médio Quadrático**. Na verdade, o que poderia ser afirmado é que, ao avaliar pela média, o avaliador estaria se aproximando melhor da equação de regressão do que ao avaliar pela moda ou pela mediana, haja vista que faz parte

da equação de regressão o termo de erro multiplicativo, de valor sabidamente maior do que 1.

#### 2.10.4 O problema da retransformação das variáveis

De acordo com Shen e Zhu (2008, p. 552), modelos lineares lognormais tem muitas aplicações e muitas vezes é de interesse prever a variável resposta ou estimar a média da variável resposta na escala original para um novo conjunto de covariantes.

Segundo Shen e Zhu (2008, p. 552), se  $Z = (Z_1, \dots, Z_n)^T$  é o vetor variável resposta de distribuição lognormal e  $x_i = (1, x_{i1}, \dots, x_{ip})^T$  é o vetor dos covariantes para a observação  $i$ , um modelo linear lognormal assume a seguinte forma:

$$Y = \ln(Z) = X\beta + \varepsilon$$

onde  $X = (X_1, \dots, X_n)^T$ ,  $\beta = (\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_p)^T$ , e  $\varepsilon = (\varepsilon_1, \dots, \varepsilon_n)^T$  com  $\varepsilon_1 \sim N(0, \sigma^2)$  i.i.d. (*identically independently distributed*) (SHEN; ZHU, 2008, pp. 552–553).

Em muitos casos, para um novo conjunto de covariantes  $x_0$ , pode-se estar interessado em prever a variável resposta em sua escala original:

$$Z_0 = e^{x_0^T \beta + \varepsilon_0}$$

ou estimar a média condicional da variável resposta:

$$\mu(x_0) = E[Z_0 | x_0] = e^{x_0^T \beta + \frac{1}{2}\sigma^2}$$

De acordo com Shen e Zhu (2008, p. 553), se  $\beta$  e  $\sigma^2$  são ambos conhecidos, então é fácil demonstrar que o melhor estimador de  $Z_0$  é de fato  $\mu(x_0)$ . Contudo, na prática, ambos  $\beta$  e  $\sigma^2$  são desconhecidos e precisam ser estimados para a obtenção de  $\mu(x_0)$ .

Segundo Shen e Zhu (2008, p. 552), existem na literatura diversos estimadores baseados em diversos métodos inferenciais, como **ML** (*Maximum Likelihood Estimator*), **REML** (*Restricted ML Estimator*), **UMVU** (*Uniformly Minimum Variance Unbiased Estimator*), além de um estimador **REML** com viés corrigido.

Na prática, estes estimadores pertencem a uma classe de estimadores definida na expressão abaixo:



$$\{\hat{\mu}_c(x_0) : \hat{\mu}_c(x_0) = \exp(x_0^T \hat{\beta} + x_0 RSS/2), c = \frac{1}{n-a}, a < n\}$$

Shen e Zhu(2008) então propõem dois novos estimadores baseados na minimização do erro médio quadrático assintótico (*MM*) e do viés assintótico (*MB*).

De maneira que a diferença entre os estimadores supra-citados pode ser resumida ao parâmetro  $\alpha$ :

$$a_{ML} = 0$$

$$a_{REML} = p + 1$$

$$a_{MM} = p - 1 - 3nv_0 - 3RSS/(2m)$$

$$a_{MB} = p + 1 - nv_0 - RSS/(2m)$$

### 2.10.5 Estimadores não-paramétricos

De acordo com Duan (1983, p. 606), o Valor Esperado  $E$  de uma variável resposta  $Y$  que tenha sido transformada em valores  $\eta$  durante a regressão linear por uma função  $g$  ( $Y$ ) **não-linear** não é igual ao valor da simples retransformação da variável transformada pela sua função inversa  $h(\eta) = g^{-1}(Y)$ . Em outros termos (DUAN, 1983, p. 606):

$$E(Y_0) = E(h(x_0\beta + \varepsilon)) \neq h(x_0\beta)$$

Reparar que o termo de erro faz parte da composição do valor esperado da variável de regressão. Em uma regressão linear clássica, sem transformação,  $E(\varepsilon) = 0$ , então  $E(Y_0) = E(x_0\beta)$ .

Numa regressão linear logaritmizada, ou seja, uma regressão linear com o logaritmo da variável dependente ( $h(\eta) = g^{-1}(\eta) = \exp(\eta)$ ), para efetuar apropriadamente a retransformação das estimativas de volta a sua escala original, precisa-se ter em conta a desigualdade mencionada na seção 2.4.

Segundo (MANNING; MULLAHY, 1999), quando se ajusta o logaritmo natural de uma variável  $Y$  contra outra variável  $X$  através da seguinte equação de regressão:

$$\ln(Y) = \beta_0 + \beta_1 X + \varepsilon$$

Se o erro  $\varepsilon$  é normalmente distribuído, com média zero e desvio padrão  $\sigma^2$ , então (DUAN, 1983, p. 606; MANNING; MULLAHY, 1999, p. 6):

$$E[Y | X] = e^{\beta_0 + \beta_1 X} \cdot E[e^\varepsilon] \neq e^{\beta_0 + \beta_1 X}$$

Embora o valor esperado dos resíduos  $\varepsilon$  seja igual a zero, ele está submetido a uma transformação não linear, de maneira que não se pode afirmar que  $E[e^\varepsilon] = 1$  (como foi visto na seção 2.4,  $E[\exp(X)] > \exp(E[X])$ ). Desta maneira, o estimador abaixo, chamado em (SHEN; ZHU, 2008, p. 554) de *naive back-transform estimator*, ou simplesmente **BT** não é consistente e é enviesado, tendo viés multiplicativo de valor assintótico igual a  $e^{-\sigma^2/2}$ :

$$BT = E[Y | X] = e^{\beta_0 + \beta_1 X}$$

Segundo (SHEN; ZHU, 2008, p. 554), ainda, o valor de  $e^{\sigma^2/2}$  é sempre menor do que 1 (SHEN; ZHU, 2008, p. 554).

As a result, the BT estimator underestimates  $\mu(x_0)$ , and the bias is large when  $\sigma^2$  is large. In our study, it appears that the BT estimator performs much worse than the other estimators[...]Actually, the BT estimator is more suitable for estimating the median of  $Z_0$ , which is  $\exp(x^T \beta)$  in this case.

Porém se o termo de erro  $\varepsilon$  é normalmente distribuído  $N(0, \sigma^2)$ , então um estimador não-enviesado para o valor esperado  $E(Y)$ , de acordo com DUAN (1983), assume a forma vista na equação abaixo (DUAN, 1983, p. 606; MANNING; MULLAHY, 1999, p. 2 e 6):

$$E(Y) = e^{\beta_0 + \beta_1 X} \cdot e^{\frac{1}{2}\sigma^2}$$

Cabe salientar, segundo (MANNING; MULLAHY, 1999, p. 6), que se o termo de erro não for i.i.d (independente e identicamente distribuído), mas for homoscedástico, então:

De qualquer maneira, o valor esperado de  $Y$  é proporcional à exponencial da previsão na escala log.

DUAN (1983) apresenta então um estimador não-paramétrico (*smearing estimate*), independente da função de transformação  $h(\eta)$  e da distribuição dos erros  $F(\varepsilon)$ , tal que:

$$E(\hat{Y}_0) = \int h(x_0 \hat{\beta} + \varepsilon) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n h(x_0 \hat{\beta} + \hat{\varepsilon}_i)$$

## 2.11 Considerações sobre os valores de $\sigma^*$

Segundo Limpert (LIMPERT et al., 2001, p. 346), distribuições lognormais de diversas ciências tem, em geral, valores de  $s^*$  (o desvio padrão da amostra, na escala original) variando de 1,1 a 33 (na escala logarítmica, entre 0,095 e 3,497), sendo que o mais comum é que estes valores estejam entre 1,4 e 3 ( $0,336 \leq s \leq 1,099$  na escala logarítmica).

## 2.12 Modelos Heteroscedásticos

Modelos heteroscedásticos não são raros, especialmente no caso de variáveis envolvendo valores em moeda, sendo muito comum em modelos econométricos. Em sua essência, são heteroscedásticos aqueles modelos lineares cujo termo de erro não pode ser considerado totalmente independente, ou seja, existe alguma função (linear ou não), tal que  $E(e^e) = f(X)$ , de modo que:

$$\ln(E[Y | X]) = X\beta + \ln(f(X))$$

É desnecessário dizer que, para estes modelos, o estimador para a média é diferente de  $E(Y) = e^{\beta_0 + \beta_1 X} \cdot e^{\frac{1}{2}\sigma^2}$ , haja vista que, neste caso,  $\sigma^2$  não é mais um escalar, mas uma função.

Existem diversas maneiras de se contornar este problema. Por exemplo, através da eliminação do viés através da utilização de uma função que modele a variância  $\sigma^2(X)$ , ou através do estimador sanduíche.

Cabe ainda salientar que, para os modelos heteroscedásticos, não apenas os erros estão comprometidos, mas também os intervalos de confiança.

## 2.13 Validação Cruzada

Em inferência estatística é fundamental que os erros sejam avaliados não apenas sobre o conjunto amostral dos dados do modelo, mas também que o modelo encontrado efetue boas previsões para novos conjuntos de dados, afinal, na engenharia de avaliações, o intuito final é estimar o valor de um *novo* imóvel, baseado num conjunto amostra de dados semelhantes ao avaliando.

Validação Cruzada ou *cross-validation* é uma técnica estatística que pode ser utilizada de diversas maneiras e consiste em dividir um conjunto de dados em duas ou mais partições distintas, chamados de partição ou partições de treino (*training set*) e partição de teste (*test set*), utilizadas para o ajuste do modelo e para a previsão da variável dependente, respectivamente. Os dados previstos na partição de teste

são então comparados aos valores observados.

Neste artigo será utilizada a validação-cruzada utilizando o procedimento chamado de *delete-one procedure*, ou *leave-one-out*, em que se retira apenas um dado do conjunto de dados, ajusta-se um modelo e então utiliza-se este modelo para prever o valor da variável dependente para o dado retirado (SHEN; ZHU, 2008, p. 564).

Para cada observação então calcula-se o seu erro quadrático  $(y_i - \hat{Y}_i)^2$ , utilizado para o cálculo da estatística **RMSPE** (erro de previsão médio quadrático, ou *root mean squared prediction error*) conforme expressão a seguir (SHEN; ZHU, 2008, p. 564):

$$RMSPE = \left( \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2 \right)^{1/2}$$

### 3 | ESTUDO DE CASO

Com o fim de averiguar qual estimador melhor se adequa ao procedimento de retransfor- mação de variáveis, aplicar-se-á um comparativo entre os estimadores média, moda e mediana, através do uso da estatística RMSPE.

#### 3.1 Procedimento com dados randômicos

Foram realizadas diversas simulações com dados randomicamente gerados através do software **R** versão 3.5.1.

Conforme mencionado na seção 2.5, os valores de  $s^*$  já encontrados nas aplicações práticas encontram-se entre 1,1 e 33 (0,095 e 3,497), sendo mais comum que estejam entre 1,4 e 3 ( $0,336 \leq s \leq 1,099$ ). As simulações, portanto, serão feitas para valores de  $s^*$  dentro destes limites.

Nas figuras 1 e 2 podem ser vistos graficamente os modelos para alguns valores de  $\sigma^*$ , na escala logarítmica e na escala original.

Para estes modelos, cujas principais estatísticas estão ilustradas na tabela 1, pode ser visto na figura 3, como variam as estimativas realizadas com cada um deles através de 3 estimadores: moda, média e mediana. Observa-se que, como os modelos são semelhantes, *i.e.* apresentam praticamente os mesmos coeficientes, diferindo apenas no erro-padrão, o valor da mediana permanece praticamente inalterado, enquanto moda e média, que para baixos valores de  $\sigma^*$  praticamente coincidem com a estimativa da mediana, se afastam progressivamente desta quando os valores de  $\sigma^*$  aumentam.

	Dependent variable:				
	log(y) (1)	log(y1) (2)	log(y2) (3)	log(y3) (4)	log(y4) (5)
x	0,125*** (0,0003)	0,125*** (0,001)	0,126*** (0,001)	0,126*** (0,002)	0,130*** (0,003)
Constant	0,001 (0,017)	0,005 (0,044)	-0,083 (0,075)	-0,031 (0,136)	-0,304 (0,205)
Observations	200	200	200	200	200
R <sup>2</sup>	0,999	0,994	0,982	0,942	0,885
Adjusted R <sup>2</sup>	0,999	0,994	0,982	0,942	0,885
Residual Std. Error (df = 198)	0,095	0,242	0,417	0,757	1,138

Tabela 1: Comparação dos diversos modelos gerados, com diferentes erro-padrão

Note: \* p<0,1; \*\* p<0,05; \*\*\* p<0,01

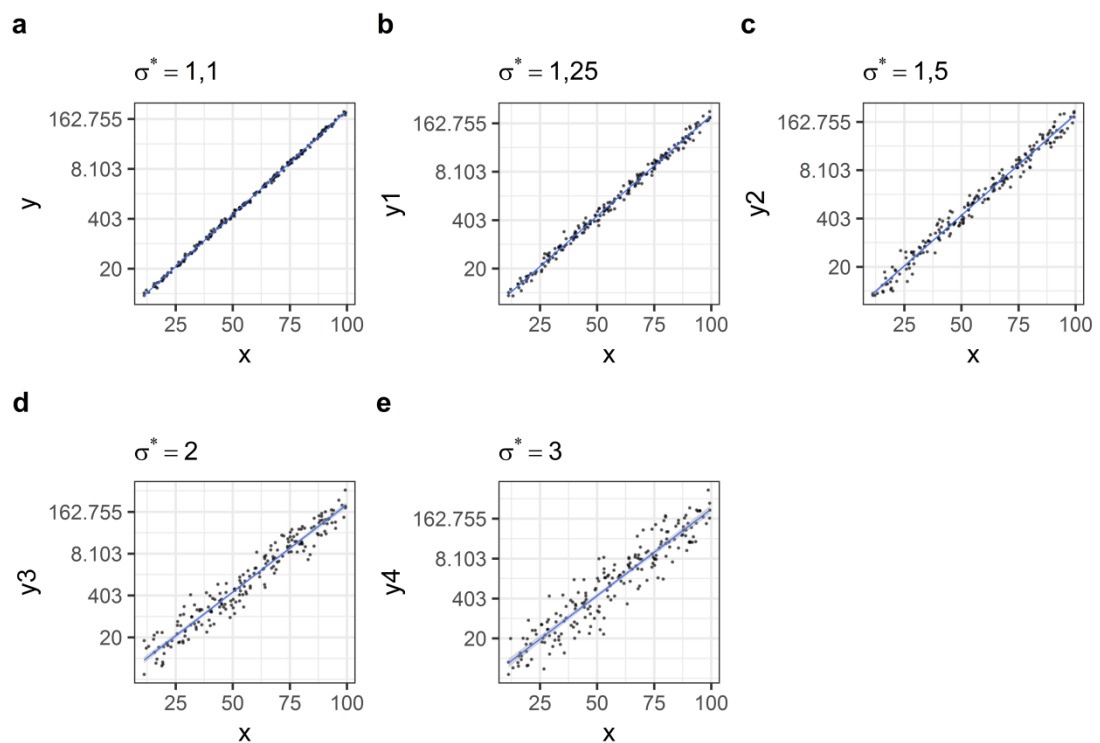


Figura 1: Diversas regressões similares, com diferentes valores de erro-padrão (escala logarítmica).

Fonte: Autores.

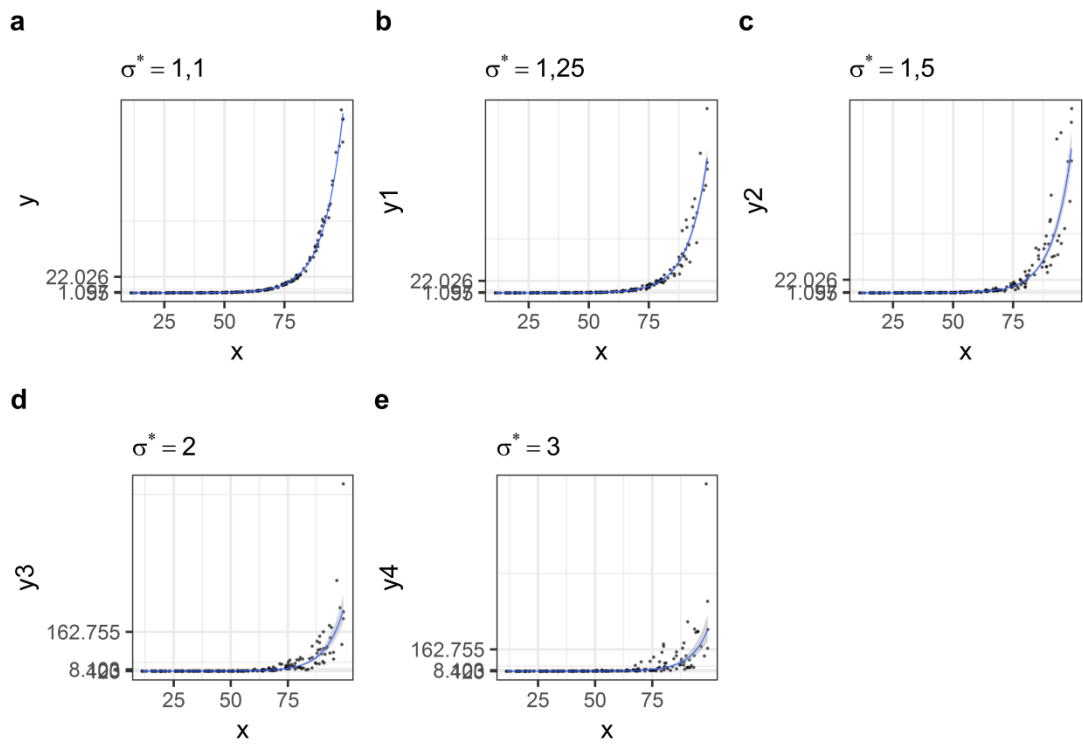


Figura 2: Diversas regressões similares, com diferentes valores de erro-padrão (escala original).

Fonte: Autores.

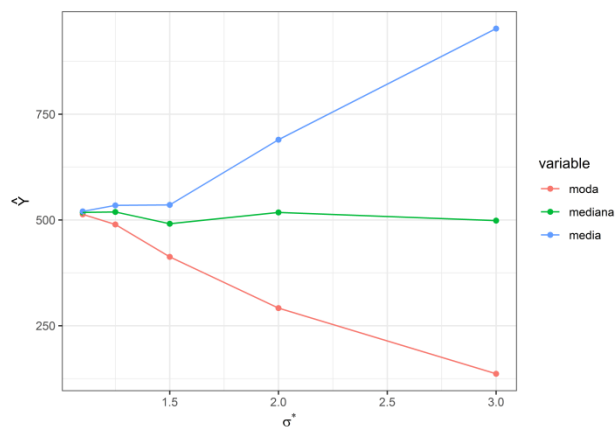


Figura 3: Impacto do erro-padrão no cálculo da estimativas segundo as diversas medidas de tendência central.

Fonte: Autores.

Foram gerados, então, randomicamente, 200 dados uniformes variando de 10 a 100 para variável independente e 200 dados lognormais para a variável dependente, estatisticamente cor- relacionados com a variável independente, tal que o erro padrão ajustado da equação de regressão  $\ln(Y) \sim X$  varie de 1,1 a 33, em passos de 0,1. Para cada valor de erro padrão ajustado, foram gerados 500 modelos de regressão linear, utilizando-se 70% (140) dos dados escolhidos randomicamente (partição de treinamento), efetuando-se as estimativas sobre os 30% (60) dos dados restantes (partição de testes). Para os dados da partição de testes, então, foi calculado o RMSPE para os diversos estimadores (média, moda e mediana).



Devido à aleatoriedade da escolha das partições de testes e treinamento, o menor RMSPE pode estar tanto na moda, como na média ou na mediana, dependendo dos dados escolhidos.

Nas figuras 4 e 5, podem ser vistos o número de vezes em que cada uma das estimativas obteve o menor valor de RMSE entre elas, quando varia o erro-padrão da regressão.

Percebe-se claramente na figura 4 que, para baixos valores de erro-padrão, a média predomina como melhor estimativa. À partir de um valor de erro-padrão aproximadamente igual a 5, a mediana torna-se a estimativa com menor RMSE.

Na figura 5, pode-se ver os resultados das simulações, porém apenas para a faixa de valores dita mais comum ( $1,4 \leq \sigma^* \leq 3$ ), onde percebe-se que sempre a média tem um melhor comportamento.

Nesta faixa, pelas simulações, a estimação pela média obteve maior eficiência do que a estimação pela mediana ou pela moda, ou seja, os valores de RMSE para as estimativas pela média são menores do que os estimados pela moda ou mediana em aproximadamente 50 a 60% dos casos (250/300 em 500).

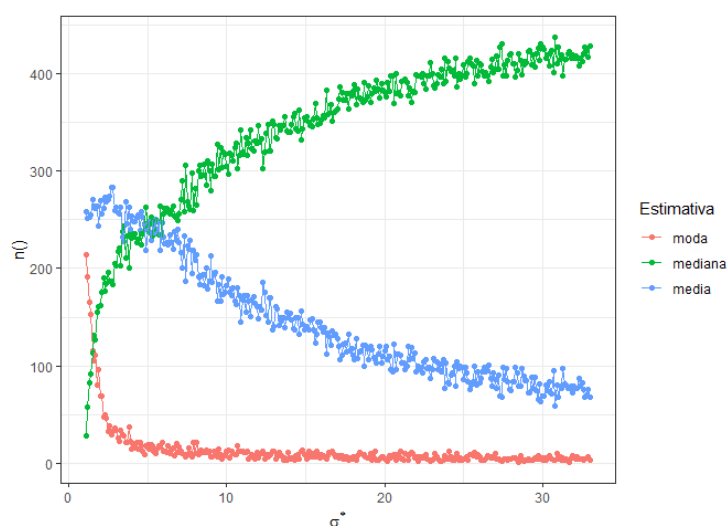


Figura 4: Resultados das simulações.

Fonte: Autores.

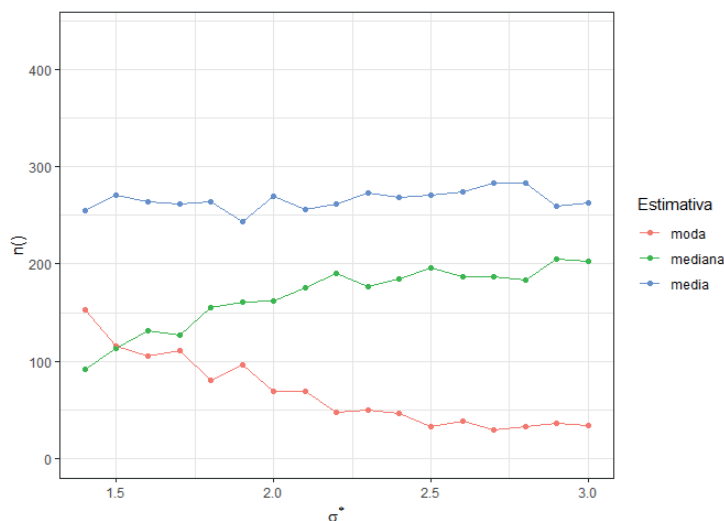


Figura 5: Resultados das simulações para valores mais normais de erro-padrão.

Fonte: Autores.

## 3.2 Regressão com dados reais de mercado

### 3.2.1 Dados

Neste estudo será comparada a precisão de diversos modelos estatísticos sobre dados de mercado reais disponíveis em Hochheim (2015, pp. 21–22) e com dados gerados aleatoriamente. A distribuição da variável dependente (valor), pode ser vista na figura 6.

Pode-se mostrar que os dados de Hochheim (2015, pp. 21–22) utilizados no estudo de caso deste artigo, de acordo com a estimação **MLE** (*Maximum Likelihood Estimator*), possuem média  $\bar{x}^* = 789.611,2$  e desvio-padrão  $s^* = 1,851$ , calculadas conforme Limpert (2001, p. 345) e o modelo encontrado na mesma referência possui erro-padrão  $\hat{\sigma} = 0,136$ . Para valores de  $\hat{\sigma}$  tão baixos como este, as estimativas efetuadas com a média, moda ou mediana são praticamente idênticas, com variação de mais ou menos 1 ou 2% entre as estimativas. Porém, para valores apenas um pouco mais altos de  $\hat{\sigma}$ , verifica-se que a tendência é que a diferença entre as estimativas realizadas por estes diferentes estimadores se tornem relevantes, o que será mostrado oportunamente.

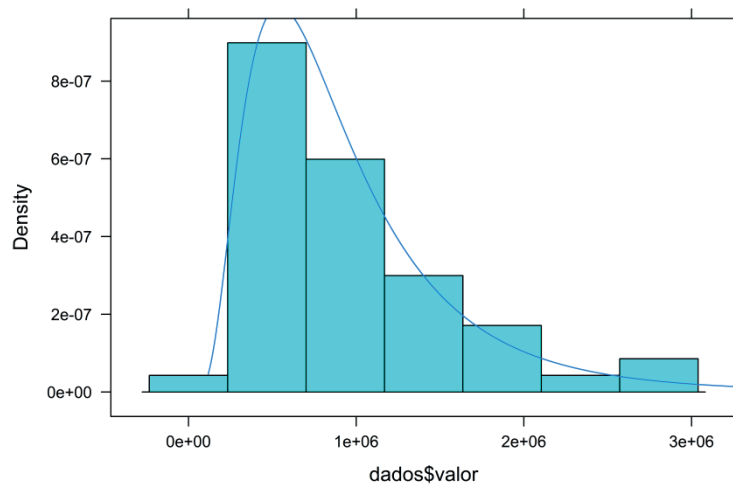


Figura 6: Histograma da variável valor e sua distribuição teórica (lognormal).

Fonte: Autores.

### 3.2.2 Cálculo do RMSPE

Para o cálculo do RMSPE foi utilizado como referência o modelo proposto por Hochheim(2015, p. 29), ou seja, foram utilizadas as mesmas transformações de variáveis utilizadas no modelo proposto. Os valores dos  $\hat{\beta}_i$  são calculados a cada passo.

Os valores encontrados para o erro de predição médio quadrático para cada estimador foram: **R\$203.939,11** para a média, **R\$204.006,84** para a mediana e **R\$205.537,36** para a moda.

Como esperado, o RMSPE foi menor para a média, e maior para a moda. O que comprova a teoria, já que o *naive estimator* é viesado, com viés conhecido de  $-\sigma^2/2$ , logo a moda possui viés de  $-1,5\sigma^2$ .

### 3.2.3 Impacto do erro-padrão

Na tabela 2 são mostrados, analogamente ao que foi feito no exemplo anterior com dados randômicos, os valores calculados das estimativas pela moda, média e mediana para o bem avaliando (ver HOCHHEIM (2015), p.22) pelo modelo de Hochheim (2015, p. 29), com o erro- padrão do modelo (0,136) e para outros valores de erro-padrão.

Pela análise dos valores da tabela, percebe-se que, para diversos modelos com iguais coeficientes  $\hat{\beta}_i$ , mas com diferentes erro-padrão, a única estimativa que se mantém constante para todos os modelos é a mediana. Para as outras estimativas, os valores tornam-se rapidamente muito diferentes.

Estimativa / Erro-Padrão	0,136	0,25	0,5	0,75
Moda	944.013,56	903.396,57	748.942,06	547.937,72
Dif. em relação à Mediana	-1,84%	-6,06%	-22,12%	-43,02%
Mediana	961.660,64	961.660,64	961.660,64	961.660,64
Média	970.607,51	992.187,03	1.089.704,27	1.273.993,36
Dif. em relação à Mediana	+0,93%	+3,17%	+13,31%	+32,48%

Tabela 2: Estimativas Moda, Média e Mediana para diferentes valores de erro-padrão

## 4 | CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Conforme se discute em DROUBI et al. (2018), a transformação da variável dependente na regressão linear tem por objetivo tentar remover a heteroscedasticidade do modelo, o que acarreta em distorções, haja vista que a regressão assim obtida é válida apenas para a variável transformada, já que na escala original esta equação de regressão difere da equação da escala logarítmica, pela desigualdade de Jensen.

Conforme apresentado em ZONATO et al. (2018), existem outras maneiras de se contornar o problema da heteroscedasticidade, através do uso de métodos que computem erros heteroscedásticos-consistentes, como o método de Eicker-White, ou através da utilização de regressão ponderada.

Recomenda-se, desta maneira, que seja evitada a utilização de transformações nos modelos de regressão, sempre que possível e, em caso de heteroscedasticidade, utilizar os métodos supra-citados. No entanto, se a transformação da variável dependente for necessária, recomenda-se especial atenção à heteroscedasticidade, fazendo uso de métodos como o de Box-Cox para encontrar a transformação que melhor estabiliza a variância do modelo.

Em caso de transformação da variável dependente pela função logaritmo natural, deve ser escolhida a estimativa adequada. Como foi visto na secção 2.10, o método clássico de regressão linear é uma minimização do erro médio quadrático de predição e a função de regressão  $m_{Y,X}$  é uma equação para a média da população  $Y$  dado  $X$ , seja ela uma função de outra variável ou não.

Ora, claro está, de acordo com todos os trabalhos citados, inclusive GIANNAKOS; LEÃO (1996), que o valor esperado da variável é a média. A regressão linear com o método dos mínimos quadrados é uma regressão para a média. Isto posto, como então avaliar o valor da variável original? Porque na área de avaliações não há interesse na previsão da variável  $W = \ln(Y)$ , mas sim na variável  $Y$ , ou seja, existe interesse nos valores previstos para a variável original, não nos valores da variável transformada. Está claro que deve-se proceder a retransformação da variável  $W$  na variável original, mas para isso, qual estimativa utilizar?

Conforme mostrado, matematicamente as três estimativas são válidas. No âmbito da Engenharia de Avaliações, no entanto, para a determinação do valor

de um imóvel em específico, entende-se que não seria ideal que se utilizasse a avaliação pela média ou pela moda da variável lognormal, haja vista que, conforme demonstrado, os seus valores podem variar bastante de um modelo para outro, a depender do erro-padrão.

Assim, poder-se-ia imaginar hipoteticamente que, dois avaliadores, de maneira independente, ao estudar um determinado mercado para a avaliação de um imóvel cheguem a modelos de regressão semelhantes, com transformação da variável dependente pela função logaritmo natural, obtendo-se valores semelhantes dos coeficientes de regressão. Porém, a depender de suas amostras, um dos modelos pode ter um erro-padrão diferente do outro. Estes dois avaliadores, ao avaliarem o imóvel em pauta pela mediana da variável lognormal, chegariam ao mesmo resultado. Porém, se os mesmos adotarem a média ou a moda da variável lognormal, estes valores podem ser significativamente diferentes. A situação ainda se agravaria caso um dos avaliadores adotasse a avaliação pela média e o outro a avaliação pela moda.

Em vários campos, a mediana tem sido adotada como melhor estimativa, por sua propriedade de estar menos vulnerável a presença de *outliers*, o que não ocorre com a média.

## REFERÊNCIAS

ABNT. **NBR 14653-2: Avaliação de bens – parte 2: Imóveis urbanos**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2011.

BENNETT, H. Lecture note 4: Expectations (moments)., 2006. MIT. Disponível em: <<https://tinyurl.com/yayljdpq>>..

DROUBI, L. F. P.; ZONATO, W.; HOCHHEIM, N. Distribuição Lognormal: Propriedades e aplicações na engenharia de avaliações. In: 13º Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário e Gestão Territorial. **Anais...**, 2018. Florianópolis: COBRAC. Disponível em: <<http://droubi.me/cobrac2018>>..

DUAN, N. Smearing estimate: A nonparametric retransformation method. **Journal of the American Statistical Association**, v. 78, n. 383, p. 605–610, 1983. Taylor & Francis. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01621459.1983.10478017>>..

GIANNAKOS, I. B. D. S.; LEÃO, M. L. Crítica à avaliação pela moda da distribuição log-normal. In: VIII Congresso Brasileiro de Avaliações e Perícias. **Anais....** p.267–278, 1996. Florianópolis: COBREAP. 2015.

HOCHHEIM, N. **Engenharia de avaliações - módulo básico**. Florianópolis: IBAPE - SC, 2015

LIMPERT, E.; A. STAHEL, W.; ABBT, M. Log-normal distributions across the sciences: Keys and clues., v. 51, p. 341–352, 2001.

MANNING, W. G.; MULLAHY, J. **Estimating log models: To transform or not to transform?** Working Paper, National Bureau of Economic Research, 1999.

MATLOFF, N. **Statistical regression and classification: From linear models to machine learning**. Boca Raton, Florida: Chapman & Hall, 2017.

MATLOFF, N. S. **From Algorithms to Z-Scores: Probabilistic and statistical modeling in computer science**. Davis, California: Orange Grove Books, 2009.

SHEN, H.; ZHU, Z. Efficient mean estimation in log-normal linear models. **Journal of Statistical Planning and Inference**, v. 138, p. 552–567, 2008. Elsevier. Disponível em: <<https://www.unc.edu/~haipeng/publication/empInM1.pdf>>..

WASSERMAN, L. **All of statistics: A concise course in statistical inference**. Springer Publishing Company, Incorporated, 2010.

ZONATO, W.; DROUBI, L. F. P.; HOCHHEIM, N. Pressupostos clássicos dos modelos de regressão linear e suas implicações sobre as avaliações em massa. In: 13º Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário e Gestão Territorial. **Anais...**, 2018. COBRAC. Disponível em: <<http://droubi.me/cobrac2018>>..



## COMPARAÇÃO ENTRE O MÉTODO DAS SOLUÇÕES FUNDAMENTAIS E O MÉTODO DOS VOLUMES FINITOS APLICADOS A UM PROBLEMA BIDIMENSIONAL DE DIFUSÃO DE CALOR

**Bruno Henrique Marques Margotto**

Universidade Federal do Espírito Santo  
Vitória – Espírito Santo

**Carlos Eduardo Polatschek Kopperschmidt**

Universidade Federal do Espírito Santo  
Vitória – Espírito Santo

**Wellington Betencurte da Silva**

Universidade Federal do Espírito Santo  
Alegre – Espírito Santo

**Júlio Cesar Sampaio Dutra**

Universidade Federal do Espírito Santo  
Alegre – Espírito Santo

**Luiz Alberto da Silva Abreu**

Universidade do Estado do Rio de Janeiro  
Nova Friburgo – Rio de Janeiro

**RESUMO:** É resolvido um problema de difusão de calor bidimensional em uma geometria quadrangular com duas superfícies adiabáticas e duas apresentando fluxo de calor por convecção, de modo a apresentar transferência de calor linear no domínio de estudo, através dos métodos numéricos Volumes Finitos e Soluções Fundamentais, sendo o segundo utilizando pontos-fonte dentro do domínio, se assemelhando ao Método dos Nós de Contorno. Os dois métodos foram eficazes na determinação do perfil de temperatura no domínio. O Método das Soluções Fundamentais

apresentou melhores resultados em relação à precisão e a velocidade em todos os casos estudados.

**PALAVRAS-CHAVE:** Métodos Numéricos, Volumes Finitos, Soluções Fundamentais, Nós de Contorno, Difusão.

### COMPARISON BETWEEN METHOD OF FUNDAMENTAL SOLUTIONS AND FINITE VOLUME METHOD APPLIED TO A BIDIMENSIONAL HEAT DIFFUSION PROBLEM

**ABSTRACT:** The purpose of this article is to solve a two-dimensional diffusion equation of heat problem for a quadrangular geometry with two adiabatic surfaces and two convection heat flux. The main goal is to present linear heat transfer on the studied domain, using Finite Volume Method and Method of Fundamental Solution, similar to Boundary Knot Method. Both methods were effective to determine domain temperature profile. The Method of Fundamental solution presented better results regarding accuracy and calculation time on studied cases.

**KEYWORDS:** Numerical method, Finite Volumes, Fundamental Solution, Boundary Knot, Diffusion.

## 1 | INTRODUÇÃO

A compreensão da física envolvida na transferência de calor e na dinâmica dos fluidos possui um papel fundamental para processos industriais, eventos naturais e diversos outros (Patankar, 1980). Para isso os métodos numéricos são amplamente utilizados para prever fenômenos que possuam geometrias e/ou equacionamentos mais complexos, sendo estes métodos muito estudados para se obter respostas cada vez mais precisas e rápidas. Visto isso, o objetivo deste artigo é a comparação da acurácia e tempo de resposta entre o Método dos Volumes Finitos e o Método das Soluções Fundamentais em um problema direto bem definido.

## 2 | MÉTODOS NUMÉRICOS

Os métodos numéricos aplicados neste artigo são apresentados nesta seção.

### 2.1 Método dos Volumes Finitos

O Método dos Volumes Finitos é um método numérico que consiste em integrar as equações diferenciais governantes no espaço e no tempo para um domínio tal a ser estudado de forma conservativa, como definido por Patankar (1980).

A discretização do domínio a ser estudado é necessária, visto que as equações governantes são definidas diferencialmente. Para isso, o domínio deve ser dividido em subdomínios, chamados de volumes de controle, descritos como na Figura 1, onde a integração das equações diferenciais é realizada em cada um dos volumes de controle. Para isso, a discretização será feita com malha estruturada simples, com elementos quadrangulares de dimensões estipuladas a partir do número de elementos desejados nas direções  $x$  e  $y$ .

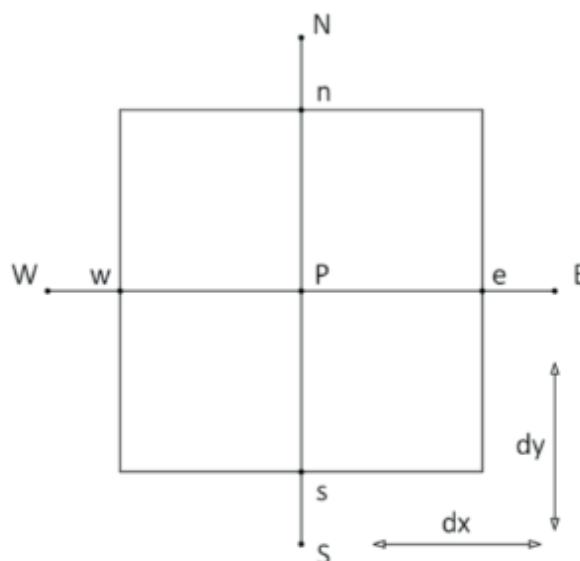


Figura 1 – Volume de controle quadrangular bidimensional

Fonte: Elaborada pelo autor.

Como definido por Versteeg & Malalasekera (1995), em um volume de controle, a propriedade analisada é dada em um ponto P, e os pontos N, S, E e W são os pontos de vizinhança ao norte, sul, leste e oeste, ou, para o caso 2D, ponto superior, inferior, à direita e à esquerda, respectivamente. A célula, como também é chamado o volume de controle, tem a interface representada por n, s, e, w, seguindo a convenção estabelecida para N, S, E, W, respectivamente.

A equação de difusão de calor sem geração em regime estacionário para um material isentrópico é expressa por (1).

$$\nabla(k\nabla T) = 0 \tag{1}$$

Para isso, integra-se a equação (1) e esta ficará representada pelos Método dos Volumes Finitos de acordo com (2).

$$\Delta y k \frac{(T_E - T_P)}{\Delta x} + \Delta y k \frac{(T_P - T_W)}{\Delta x} + \Delta x k \frac{(T_N - T_P)}{\Delta y} + \Delta x k \frac{(T_P - T_S)}{\Delta y} = 0 \tag{2}$$

Assim, de acordo com Versteeg & Malalasekera (1995), podemos rearranjar os termos e obter o equacionamento como se segue em (3).

$$a_P T_P = a_N T_N + a_S T_S + a_e T_e + a_w T_w + S_U \tag{3}$$

Onde os coeficientes são definidos como descrito na Tabela 1.

$a_N, a_S$	$a_E, a_W$	$a_P$
$\frac{\Delta x k y}{\Delta y}$	$\frac{\Delta y k x}{\Delta x}$	$a_N + a_S + a_E + a_W - S_P$

Tabela 1 - Coeficientes para os volumes de controle no interior do domínio

Fonte: Elaborada pelo autor.

Os valores de  $S_U$  e  $S_P$ , neste caso, variam de acordo com as condições de contorno. Para as condições de contorno, imprescindíveis para a solução numérica, foram propostas para as faces à esquerda e à direita influência de fluxo de calor por convecção, e faces superior e inferior como superfícies adiabáticas, gerando assim os contornos descritos na Tabela 2.

Esquerda	Direita	Superior	Inferior
$a_E = 0$	$a_W = 0$	$S_U = h_{ref,N} T_{ref,N} dx$	$S_U = h_{ref,S} T_{ref,S} dx$
$S_U = q_l$	$S_U = q_r$	$S_P = h_{ref,S} dx$	$S_P = h_{ref,S} dx$

Tabela 2 - Coeficientes para os volumes de controle no contorno

Fonte: Elaborada pelo autor.

Com isso, aplica-se a todos os volumes de controle e faz-se o uso do método iterativo para obtenção do campo de temperatura no interior do domínio, neste caso, Gauss-Seidel.

## 2.2 Método das Soluções Fundamentais

O método das Soluções Fundamentais foi inicialmente descrito por Kupradze e Aleksidze (1964), vindo a se tornar um método efetivo na resolução de problemas diretos e inversos governados por equações diferenciais parciais, tendo se estendido para equações diferenciais parciais hiperbólicas, como apresentado por Young et. al. (2009).

A solução a partir do Método das Soluções Fundamentais é baseada na combinação linear de soluções fundamentais, como explicitado por Sun e He (2017), sendo um método que se aproxima da família dos Métodos de Trefftz, como explicitado por Karageorghis et. al. (2011).

Loeffler e Falchetto (2015) afirmam que a modelagem do Método das Soluções Fundamentais consiste na inserção de uma série de pontos de colocação sobre o contorno onde o problema será analisado, o que exige uma computação rigorosa das condições de contorno do problema mesmo sem ele exigir uma discretização explícita.

A aproximação através do Método das Soluções Fundamentais é dada pela Eq. (4), onde  $\beta_j$  são os coeficientes desconhecidos a serem determinados,  $G$  é a solução fundamental da equação diferencial elíptica em questão e  $N$  é o número de pontos fonte-fonte considerados.

$$u(x) = \sum_{j=1}^N \beta_j G(x, y_j) \quad (4)$$

De modo análogo ao desenvolvimento de Colaço et al. (2006), tem-se para solução da equação de Helmholtz em 2D a solução fundamental descrita na Eq. (5), onde  $H_0^{(1)}$  é a função de Hänkel, definida pelas funções de Bessel de primeiro e segundo tipo e  $k$  equivale ao número de onda.

$$G(x, y_j) = (i/4)H_0^{(1)}(\kappa\|x - y\|) \quad (5)$$

Adotando apenas a função de Bessel de primeiro tipo em (5) é possível considerar pontos dentro do domínio, resultando em uma metodologia semelhante ao Método dos Nós de Contorno, ideia também desenvolvida por Chen (2001), resultando, portanto, nas Eq. (6) e (7), para cada ponto de colocação utilizado, sendo as funções para a temperatura e fluxo de calor, respectivamente, onde  $\|\mathbf{r}_j\| = \|x - y_j\|$ ,  $\mathbf{n}$  o vetor normal e  $K$  a condutibilidade térmica do material de estudo.

$$\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N \beta_{i,j} J_0(\kappa_i \|\mathbf{r}_j\|) = T_0 \quad (6)$$

$$\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N \left( \frac{\mathbf{n} \cdot \mathbf{r}_j}{\|\mathbf{r}_j\|} \right) \kappa_i \beta_{i,j} J_1(\kappa_i \|\mathbf{r}_j\|) = \frac{q_{med}(x,y)}{K} \quad (7)$$

Nota-se que, conhecidos pontos no contorno em relação ao fluxo de calor e à temperatura é possível reduzir as Eq. (6) e Eq. (7) em um sistema linear descrito na forma matricial descrita na Eq. (8), onde existem  $M \times N$  incógnitas  $\beta_{i,j}$  e  $2P$  equações, para  $P$  sendo o número de pontos de colocação, descrito em  $\mathbf{b}$  como o termo da direita das Eq. (6) e (7).

$$A\beta = \mathbf{b} \quad (8)$$

Determinados os coeficientes  $\beta_{i,j}$ , após aplicado mínimos quadrados quando o número de linhas é superior ao de colunas, é possível obter as temperaturas e fluxos a partir das aproximações indicadas pela Eq. (9) e (10), respectivamente.

$$T(x) = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N \beta_{i,j} J_0(\kappa_i \|\mathbf{r}_j\|) \quad (9)$$

$$\frac{\partial T(x,y)}{\partial n} = - \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N \left( \frac{\mathbf{n} \cdot \mathbf{r}_j}{\|\mathbf{r}_j\|} \right) \kappa_i \beta_{i,j} J_1(\kappa_i \|\mathbf{r}_j\|) \quad (10)$$

### 3 | RESULTADOS

O domínio em estudo é baseado no problema descrito por Valle (2007), que possui geometria simples de material isentrópico sem geração de calor de largura  $L$  e altura  $H$ .

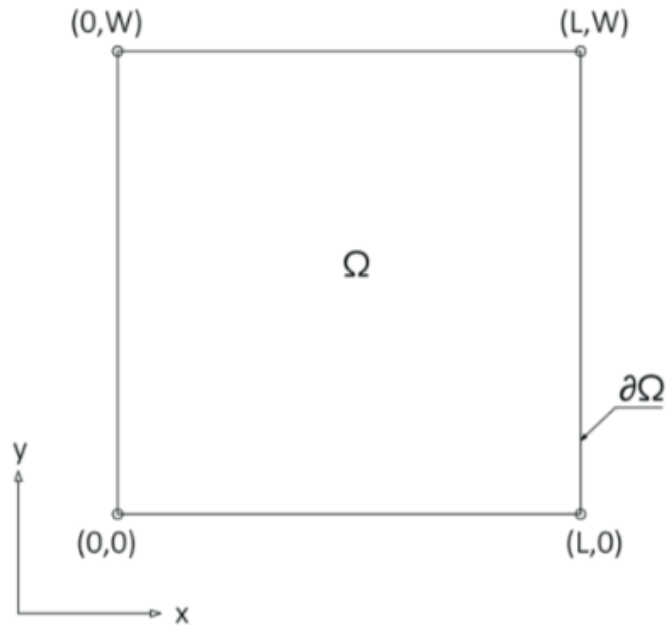


Figura 2 - Esquema para geometria estudada

Fonte: Elaborada pelo autor.

As equações governantes no domínio e as condições de contorno são apresentadas como segue nas Eq. (11), (12), (13), e (14).

$$\nabla^2 T = 0 \text{ no domínio } \Omega \quad (11)$$

$$k \frac{\partial T}{\partial x} = h_{ref,l} (T - T_{ref,l}) \quad \text{em } x = 0 \quad (12)$$

$$-k \frac{\partial T}{\partial x} = h_{ref,r} (T - T_{ref,r}) \quad \text{em } x = L \text{ no domínio } \Omega \quad (13)$$

$$\frac{\partial T}{\partial y} = 0 \quad \text{em } y = 0 \text{ e em } y = W \quad (14)$$

Portanto, tem-se nas faces em  $x = 0$  e  $L$  contorno regido por convecção e nas faces em  $y = 0$  e  $W$  contorno adiabático.

Inicialmente utilizou-se o Ansys® Steady-State Thermal de modo a gerar os dados que servirão de base para o desenvolvimento do artigo. Optou-se pelo uso da plataforma como forma de validação dos casos de estudo devido a sua simplicidade, sendo os resultados desta modelagem explicitados na Figura 3.



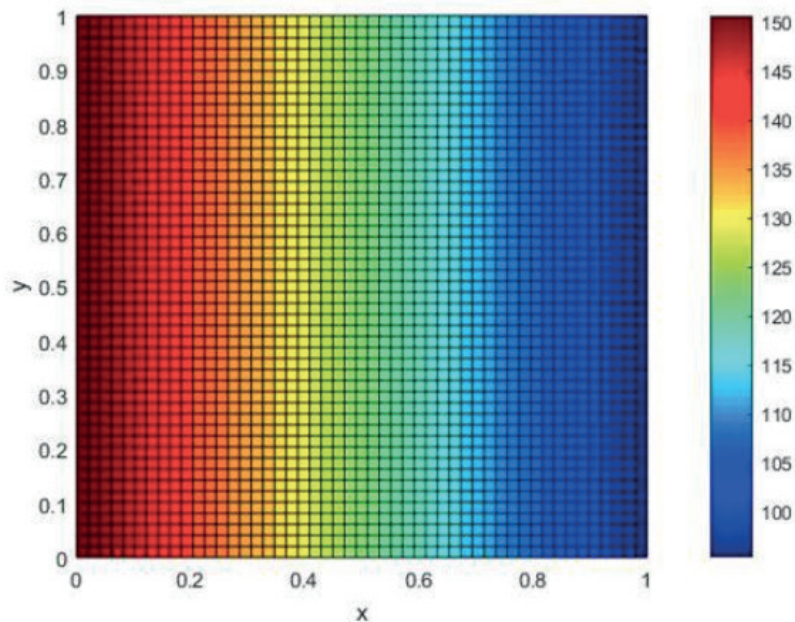


Figura 3 - Representação dos dados utilizados como modelo base nos experimentos numéricos

Fonte: Elaborada pelo autor.

Os programas desenvolvidos para a solução do modelo via Método dos Volumes Finitos e Método das Soluções Fundamentais foram desenvolvidos na plataforma Matlab®, sendo o computador utilizado um Notebook de processador Core I5 com 8gb de memória RAM. Para as simulações, foram utilizadas malhas de 50x50, 25x25 e 10x10, respectivamente, sendo apresentados os erros e os tempos em cada caso, dispostos na Tabela (3).

Malha	erro MVF (%)	tempo MVF (s)	erro MSF (%)	tempo MSF (s)
<b>10 x 10</b>	0,7908	0.37	0,00042	0.19
<b>25 x 25</b>	0,6919	13.38	0,37645	2.73
<b>50 x 50</b>	0,3256	193.89	0,00066	53.42

Tabela 3 – Resultado dos experimentos numéricos

Fonte: Elaborada pelo autor.

Nos experimentos utilizando o Método das Soluções Fundamentais foi necessário encontrar em cada caso o melhor valor para o número de números de onda na obtenção da solução do sistema, sendo a ideia de Colaço et al. (2006) de determinar a frequência que apresente o menor erro na solução do sistema da Eq. (8), sendo neste artigo comparado o erro máximo relativo para cada valor de  $\omega$ . O valor de 5 para o número de ondas se mostrou o melhor caso. Na resolução do sistema linear dado pela Eq. (8) foi utilizado o GMRES com tolerância de  $1e-9$ , dados os resultados positivos obtidos por Valle (2007), tanto devido à velocidade do método quanto a sua boa precisão.

## 4 | CONCLUSÕES

Neste trabalho foram comparados parâmetros da solução de um problema direto de condução de calor através do Método dos Volumes Finitos e o Método das Soluções Fundamentais, sendo o último implementado de modo semelhante ao Método dos Nós de Contorno, onde os pontos fonte são inseridos dentro do domínio de estudo. Dados os parâmetros do sistema foram determinadas as temperaturas no domínio do problema.

O Método das Soluções Fundamentais se mostrou uma opção poderosa na aproximação das temperaturas tendo a exigência apenas de existir uma solução fundamental conhecida para a equação diferencial parcial do problema.

Além de ser mais rápido na solução direta do problema tanto para malhas mais grosseiras quanto mais refinadas em comparação ao Método dos Volumes Finitos para o caso estudado, o Método das Soluções Fundamentais apresentou acurácia consideravelmente maior em relação aos três casos estudados. Apesar de tais vantagens, o Método dos Volume Finitos apresenta relativa simplicidade de implementação, dada a ampla gama de trabalhos já desenvolvidos neste sentido, enquanto o Método das Soluções Fundamentais tem representado um tema de destaque em pesquisas mais recentes

## 5 | AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 e com o apoio do Edital FAPES/CAPES nº 01/2018.

## REFERÊNCIAS

CHEN, W. **Boundary Knot Method for Laplace and Biharmonic Problems**. Proceeding of the 14<sup>o</sup> Nordic Seminar on Computational Mechanics, 117-120, Lund, 2001.

COLAÇO, M. J.; ORLANDE H. R. B.; ROBERTY N. C.; ALVES, C. J. S.; LEITÃO, V.; **On the use of MFS in linear inverse diffusion problems**, ENCIT, Curitiba, PR, 2006.

KARAGEORGHIS A., LESNIC D., MARIN L.; **A survey of applications of the MFS to inverse problems**. Inverse Problems in Science and Engineering. Vol. 19, No. 3, 309–336, abril, 2011

KUPRADZE, V. D.; ALEKSIDZE, M. A. **The Method of Functional Equations for the Approximative Solution of Certain Boundary Value Problems**; USSR Computational Mathematics and Mathematical Physics, Vol. 4, 82–126, Tbilisi, 1964.

LOEFFLER, C. F.; FALCHETTO, V. P., **Comparação entre os Métodos dos Elementos de Contorno e das Soluções Fundamentais em Problemas de Laplace**. Proceeding Series of the Brazilian Society of Applied and Computational Mathematics, Vol. 3, N. 2. Trabalho apresentado no III CMAC - SE, Vitória, ES, 2015.

PATANKAR, S. V., **Numerical Heat Transfer and Fluid Flow**, 1° ed., CRC Press, Florida, 1980.

SUN, Y.; HE, S.; **A meshless method based on the method of fundamental solution for three-dimensional inverse heat conduction problems**, International Journal of Heat and Mass Transfer. Vol. 108 ,945–960. 2017.

VALLE, M. F. **Estimativa Do Coeficiente De Transferência De Calor Em Uma Placa Via Método Das Soluções Fundamentais**, Tese de Mestrado, IME, Rio de Janeiro, RJ, 2007.

VERSTEEG, H. K.; MALALASEKERA, W. **An introduction to computational fluid dynamics: The Finite Volume Method**, 1° ed., Longman Scientific & Technical, Harlow, 1995.

YOUNG, D. L., GU, M. H., FAN, C.M. **The time-marching method of fundamentals solutions for wave equations**. Engineering Analysis with Boundary Elements, Vol. 33, 1411-1425, 2009.

## SINERGISMO DE MISTURAS DE COMPLEXOS ENZIMÁTICOS UTILIZADAS NA HIDRÓLISE DA CELULOSE EXTRAÍDA DO BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR PRÉ-TRATADO COM $H_2SO_4/H_2O_2$ , EM MEIO ALCALINO

### **Leila Maria Aguilera Campos**

Universidade Salvador, Mestrado em Energia  
Salvador – BA

### **Luciene Santos de Carvalho**

Universidade Federal do Rio Grande do Norte,  
Instituto de Química  
Natal – RN

### **Luiz Antônio Magalhães Pontes**

Universidade Federal da Bahia, Escola Politécnica  
Salvador – BA

### **Samira Maria Nonato de Assumpção**

Universidade Federal da Bahia, Escola Politécnica  
Salvador – BA

### **Maria Luiza Andrade da Silva**

Universidade Salvador, Escola de Arquitetura,  
Engenharia e TI  
Salvador – BA

### **Heloise Oliveira Medeiros de Araújo Moura**

Universidade Federal do Rio Grande do Norte,  
Instituto de Química  
Natal – RN

### **Anne Beatriz Figueira Câmara**

Universidade Federal do Rio Grande do Norte,  
Instituto de Química  
Natal – RN

**RESUMO:** A celulose é um polímero linear de D-glicose, sendo o polissacarídeo mais amplamente distribuído na natureza. Existe grande interesse na hidrólise da celulose para

produção de glicose, cujo campo de atuação envolve o setor de alimentos, produção de combustível e de substâncias químicas, no conceito de biorrefinaria. Vários microrganismos são capazes de promover a biodegradação da celulose, dentre eles, os dos gêneros *Trichoderma*, *Aspergillus* e *Penicillium*. Neste trabalho, o bagaço de cana-de-açúcar (BCA) foi pré-tratado usando uma combinação de ácido sulfúrico e peróxido de hidrogênio, em meio alcalino e, a celulose obtida foi submetida à hidrólise com diferentes complexos enzimáticos, separadamente e misturados, com 10, 20 e 30 FPU/g substrato, sendo a cooperação entre enzimas celulolíticas, parte do mecanismo de hidrólise da celulose. O uso de combinações de diferentes complexos enzimáticos com cargas enzimáticas equivalentes a 30 FPU foi mais efetivo na hidrólise da celulose do que suas atividades individuais, evidenciando um provável sinergismo entre as enzimas que degradam a celulose. Tal sistema é complexo e envolve uma série de variáveis físicas e bioquímicas a serem consideradas na hidrólise da celulose.

**PALAVRAS-CHAVE:** bagaço de cana-de-açúcar, celulose, hidrólise, sinergismo, enzimas.

**SYNERGISM OF ENZYMATIC COMPLEXES MIXTURES USED IN THE HYDROLYSIS OF**

## THE CELLULOSE OBTAINED FROM PRE-TREATED SUGARCANE BAGASSE WITH H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, IN ALKALINE MEDIUM

**ABSTRACT:** Cellulose is a linear polymer of D-glucose, the polysaccharide being more widely distributed in nature. There is great interest in the hydrolysis of cellulose for the production of glucose, whose field of activity involves the food, fuel production and chemical sectors, in the concept of biorefinery. Several microorganisms are capable of promoting the biodegradation of cellulose, among them, the genera *Trichoderma*, *Aspergillus* and *Penicillium*. In this work, sugarcane bagasse (BCA) was pretreated using a combination of sulfuric acid and hydrogen peroxide in alkaline medium. The obtained cellulose was separated and subjected to hydrolysis with different enzymatic complexes, separately and mixed, with 10, 20 and 30 FPU/g substrate, since the cooperation between cellulolytic enzymes is part of the hydrolysis mechanism of the cellulose. The use of combinations of different enzymatic complexes with enzymatic charges equivalent to 30 FPU was more effective in cellulose hydrolysis than their individual activities, evidencing a probable synergism between enzymes that degrade cellulose. Such a system is complex and involves a number of physical and biochemical variables to be considered in the hydrolysis of cellulose.

**KEYWORDS:** Sugarcane bagasse, cellulose, hydrolysis, synergism, enzymes.

### 1 | INTRODUÇÃO

A desconstrução das fibras lignocelulósicas constituintes do bagaço de cana-de-açúcar, visando maior aproveitamento da celulose para conversão em glicose, tem sido um dos grandes desafios tecnológicos a serem superados, em escala industrial, na produção de etanol celulósico. Novas tecnologias envolvendo as etapas de pré-tratamento e hidrólise, com a utilização de enzimas, têm sido estudadas de modo a garantir a viabilidade econômica deste processo.

Coquetéis enzimáticos vem sendo desenvolvidos por empresas, tais como Novozymes, Dupont-Genecor e Abengoa, para atender aos diferentes tipos de biomassa. Entretanto, a falta de especificidade leva a uma perda de eficiência do processo de hidrólise. Uma estratégia considerada promissora consiste na customização de coquetéis para cada tipo de biomassa, o que pode levar à redução dos custos do processo de sacarificação da biomassa [KLEIN-MARCUSCHAMER *et al.*, 2012].

Os complexos enzimáticos celulase são biocatalisadores altamente específicos capazes de atuar sobre materiais lignocelulósicos, que atuam em sinergia, ou seja, apresentam um rendimento melhor em conjunto do que a soma dos rendimentos individuais. Tanto os substratos naturais como os resultantes de processos de pré-tratamentos contêm lignina e hemicelulose, o que impede o acesso de componentes de celulase às ligações 1,4-β-glucosídicas o que pode exigir, para a hidrólise, atividades

enzimáticas distintas das envolvidas na degradação da celulose [CASTAÑEDA & MALLOL, 2013]. Desta forma, a realização de uma etapa de pré-tratamento eficiente da biomassa é fundamental para desestruturar a biomassa, liberando lignina e/ou cinco açúcares hemicelulósicos de carbono, tornando a celulose remanescente acessível à hidrólise enzimática, e assim, garantir a acessibilidade das enzimas. Um pré-tratamento ameno, associado a formulações enzimáticas avançadas, pode permitir a diminuição da produção de compostos inibidores e maior rendimento da fração hemicelulose. Tal abordagem exigirá o uso de enzimas “acessórias” para degradar a hemicelulose restante e sinergizar com as celulases, que são tipicamente responsáveis por uma parcela significativa da produção de açúcar durante a conversão enzimática da biomassa. Estas enzimas podem ser divididas em três principais tipos de reações, as endoglucanases, as exoglucanases (ou celobiohidrolases) e as  $\beta$ -glucosidases [THAMBIRAJ, 2017].

O sinergismo entre endoglucanases e exoglucanases tem sido muito estudado, por ser considerado um dos mais importantes para a hidrólise da celulose cristalina, entretanto, por se tratar de um conjunto envolvendo várias celulases em um sistema de reação heterogênea, apresenta um mecanismo altamente complexo.

A hidrólise da celulose também requer a ação de  $\beta$ -glucosidases (BGs), que hidrolisam a celobiose, liberando duas moléculas de glicose fornecendo uma fonte de carbono, que é fácil de metabolizar. A primeira etapa da hidrólise ocorre na superfície de substratos sólidos e libera açúcares solúveis com um grau de polimerização (DP) até 6, na fase líquida, por hidrólise, através das endoglucanases e exoglucanases, que são limitantes da velocidade de todo o processo de hidrólise da celulose. A segunda etapa envolve, principalmente, a hidrólise de celobiose em glicose, por  $\beta$ -glucosidases, embora algumas dessas enzimas também hidrolisam celodextrinas mais longas. As ações combinadas de endoglucanases e exoglucanases modificam as características de superfície da celulose ao longo do tempo, resultando em rápidas mudanças nas taxas de hidrólise [SELIG *et al.*, 2008].

Este sistema complexo de enzimas necessita ser mantido estável para a atividade celulolítica elevada. A celobiose e a glicose são obtidas a partir da ação destas enzimas na celulose e, enquanto a concentração dos respectivos produtos aumenta gradualmente no meio reacional, a atividade destas enzimas é inibida por estes produtos, tendo como resultado uma diminuição final na taxa e no rendimento do processo de sacarificação.

As combinações enzimáticas aparecem como opções promissoras para atingir rendimentos glicosídicos próximos ao teórico e o emprego de técnicas modernas de microbiologia e engenharia genética podem otimizar o processo integrado. O grande desafio consiste em tornar o processo enzimático viável, de modo que a produção de etanol a partir de biomassas lignocelulósicas possa tornar-se competitiva com as demais rotas de produção de biocombustíveis em larga escala.

O objetivo deste trabalho consiste em avaliar o sinergismo de misturas de



complexos enzimáticos com diferentes cargas, utilizadas na hidrólise da celulose oriunda do bagaço de cana-de-açúcar pré-tratado com  $H_2SO_4$  e  $H_2O_2$ , em meio ácido, visando a maximização da produção de glicose.

## 2 | EXPERIMENTAL

### 2.1 Pré-tratamento do bagaço de cana-de-açúcar

O bagaço foi previamente lavado em água para remover o resíduo de caldo, seco em estufa, à 100 °C, peneirado e triturado até 42-60 mesh. Em seguida, foi submetido a tratamento com  $H_2SO_4$  1,45% (v/v) a 120 °C, 1:10 (m/v) durante 75 minutos, sob agitação constante, em evaporador rotativo Fisatom (Modelo 802 D). O bagaço foi transferido para um balão contendo  $H_2O_2$  7,5% (v/v) com pH 11,5, ajustado com NaOH 4,0% (v/v), na proporção 1:20 (m/v), à temperatura de 80 °C, sob agitação constante, durante 3 horas. A fração sólida remanescente foi lavada com água destilada até atingir a neutralidade e seca, em estufa Quimis (Q317B252), à 100 °C até estabilização da massa. A celulose obtida foi quantificada através de metodologia de caracterização química desenvolvida por Sluiter *et al.* (2012). As alíquotas foram analisadas por espectroscopia UV-Vis (Cary 60 – Agilent) para lignina solúvel, gravimetria para lignina insolúvel e, por cromatografia líquida de alta eficiência (Chromaster 600 – Merck) para açúcares estruturais.

### 2.2 Hidrólise Enzimática

Todas as hidrólises foram realizadas em frascos de Erlenmeyer de 125 mL com 5,5 g de bagaço pré-tratado, solução tampão citrato de sódio (pH = 4,8) e complexos enzimáticos comerciais Celluclast® 1,5L (CL) e CelC (CC), ambas da Novozymes, com cargas enzimáticas iguais a 10, 20 e 30 FPU/g de bagaço pré-tratado, com 8,71% de teor de umidade. Inicialmente, os ensaios foram realizados utilizando CL e CC em separado, com diferentes cargas enzimáticas a fim de verificar o desempenho individual quanto à liberação de glicose e, em seguida foram utilizadas misturas destes complexos, nas mesmas condições (Tabela 1)

Exp.	Carga Enzimática	
	CL (FPU/g substrato)	CC (FPU/g substrato)
1	10	10
2	30	10
3	10	30
4	30	30
5	20	20

Tabela 1: Misturas de complexos enzimáticos.

Os frascos foram mantidos em mesa incubadora de agitação orbital (HX430 – TECNAL), a 50 °C, durante 120 horas, e 200 rpm. No decorrer da hidrólise, foram coletadas amostras do líquido reacional nos tempos 0h, 2h, 4h, 8h, 12h, 24h, 48, 72h, 96h e 120h, e centrifugadas (Eppendorf, Minispin) por 7 minutos na rotação de 10.000 rpm, sendo que, os sobrenadantes, após filtração em membrana de 0,45 µm, foram submetidos a análise de cromatografia líquida de alta eficiência visando a quantificação de glicose.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 BCA pré-tratado

A composição química do BCA, antes e após o pré-tratamento, está mostrada na Tabela 2.

Amostras	Composição Mássica (% m/m)		
	Celulose	Hemicelulose	Lignina*
<i>In natura</i>	39,58	20,50	24,57
Pré-tratado	71,04	7,48	11,91

Tabela 2: Composição química do BCA *in natura* e pré-tratado com H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, em meio alcalino.

\*Lignina Total = Lignina Solúvel + Lignina Insolúvel

Observa-se que após a etapa de pré-tratamento, o bagaço resultante apresentou um enriquecimento significativo de celulose, 71,04%, em relação ao BCA *in natura*, 39,58%, resultando em uma fração sólida rica em celulose, com redução de hemicelulose e lignina, componentes que envolvem a celulose e dificulta a acessibilidade das enzimas, na posterior etapa de hidrólise enzimática.

A Figura 1 mostra as morfologias do bagaço *in natura* e pré-tratadas obtidas através da análise de microscopia eletrônica de varredura (MEV).

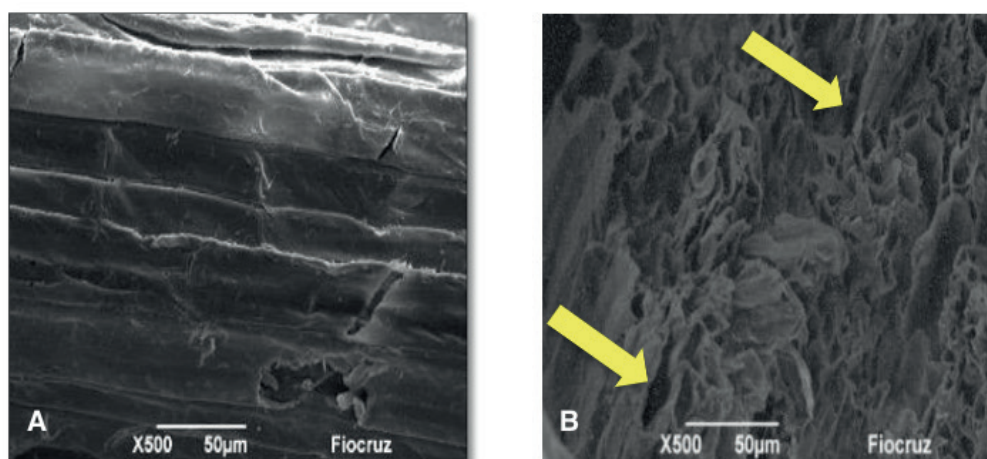


Figura 1: Micrografia da fibra BCA *in natura* (A) e pré-tratado (B).

Na Figura 1A observa-se uma estrutura uniforme, com fibras ordenadas, paralelas e lisas, características do material lignocelulósico [REZENDE *et al.*, 2011] [SINGH *et al.*, 2014]. Entretanto, após o pré-tratamento (Figura 1B), as fibras tornaram-se mais desestruturadas, com a formação de uma parede celular estratificada e abertura de fendas ou canais (indicada pela seta amarela), tornando-se mais exposto para ação de agentes hidrolíticos. Verifica-se ainda, a presença de espaços entre as fibras decorrentes da remoção e solubilização da capa protetora formada pela lignina e hemicelulose com conseqüente perda da cristalinidade da celulose [JOUZANI & TAHERZADEH, 2015].

### 3.2 3Hidrólise enzimática *versus* sinergismo

A Figura 2 mostra os perfis de conversão da celulose em glicose, construídos a partir da quantificação das alíquotas extraídas em intervalos de tempo pré-estabelecidos durante a hidrólise, utilizando Celluclast<sup>®</sup>1,5L e CelC com diferentes cargas enzimáticas, separadamente, durante 120 horas.

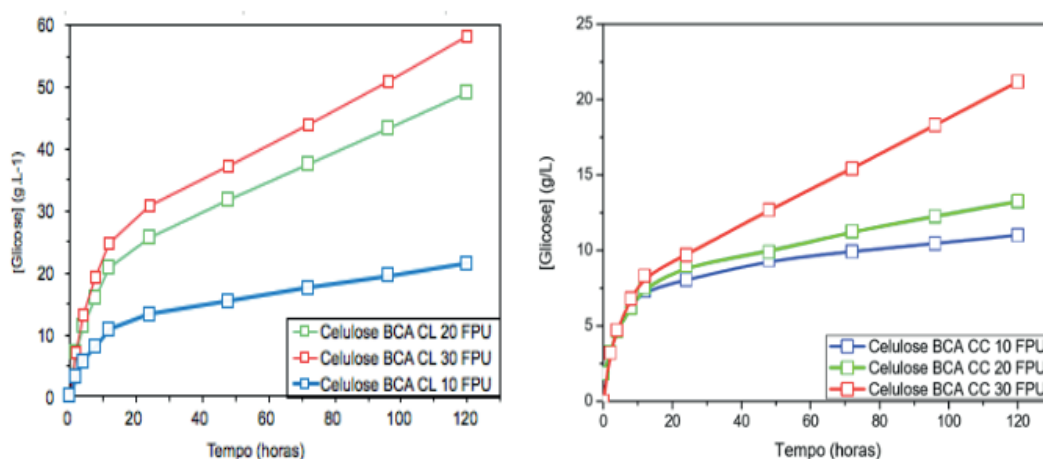


Figura 2: Perfis de concentração de glicose, obtidas a partir da hidrólise enzimática da celulose com (A) Celluclast<sup>®</sup>1,5L (CL) e (B) CelC (CC).

Observa-se que, durante as primeiras 12 horas, o processo de sacarificação foi acelerado e que, a partir de 24 horas a concentração de glicose continuou a aumentar, entretanto com uma taxa de reação menor até atingir 120 horas de hidrólise, cuja concentração de glicose obtida foi equivalente a 58,21 g.L<sup>-1</sup>, observada para o complexo Celluclast<sup>®</sup>1,5L, com 30 FPU/g substrato, seguido do mesmo complexo, com carga enzimática de 20 FPU/g substrato, 49,12 g.L<sup>-1</sup>. Ao comparar o desempenho dos dois complexos, verificou-se que o desempenho da Celluclast<sup>®</sup> 1,5L foi três vezes maior em relação à CelC.

A Figura 3 mostra as curvas referentes à produção de glicose utilizando misturas dos complexos Celluclast<sup>®</sup>1,5L e CelC, com variações nas cargas enzimáticas, nas mesmas condições.

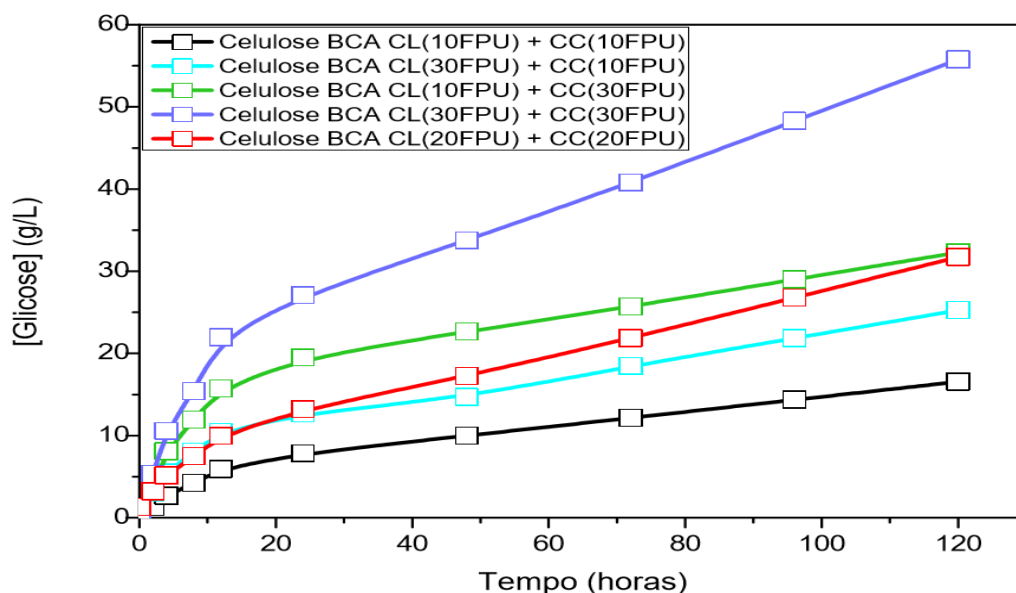


Figura 3. Perfis de concentração de glicose, obtidos a partir da hidrólise enzimática da celulose utilizando misturas dos complexos Celluclast®1,5L (CL) e (B) CelC (CC).

Observa-se que os resultados obtidos apresentaram conversões variáveis, em função das misturas dos complexos enzimáticos com diferentes cargas, sendo que, a maior concentração de glicose (55,77 g/L) foi obtida ao se utilizar a mistura CL (30 FPU/g) + CC (30 FPU/g), cuja conversão foi equivalente a 25,48%. A menor concentração de glicose ocorreu quando se utilizou a mistura CL (10 FPU/g) + CC (10 FPU/g), cuja conversão foi de 5,28%. Verificou-se ainda, que ao se trabalhar com CL (10 FPU/g) + CC (30 FPU/g), a conversão enzimática, 15,30%, foi maior que a da mistura CL (30FPU/g) + CC (10 FPU/g), correspondendo a 11,52%.

Na avaliação da eficiência da hidrólise leva-se em conta o sinergismo, que estabelece a razão entre a concentração de glicose liberada na mistura de enzimas e o somatório da concentração de glicose liberada pela ação das enzimas, individualmente. Para considerar que houve sinergismo entre os complexos enzimáticos, a concentração de glicose obtida na reação, cujos complexos encontravam-se misturados, deveria ter sido maior do que a soma das concentrações de glicose liberada nas reações onde os complexos foram utilizados isoladamente

#### 4 | CONCLUSÕES

Neste trabalho verificou-se que, a concentração de glicose obtida durante a hidrólise enzimática, quando se utilizaram diferentes misturas de complexos enzimáticos, foi inferior ao obtido quando se utilizaram os complexos enzimáticos separadamente. Desta forma, pode-se inferir que não houve o sinergismo esperado entre os complexos enzimáticos Celluclast 1,5L e CelC, apesar da utilização de diferentes cargas enzimáticas. Uma das justificativas possíveis para a falta de

sinergismo pode estar relacionada ao fato de o complexo enzimático utilizado não estar devidamente balanceado em relação às enzimas individuais. Outra justificativa pode ser atribuída à presença de enzimas com a mesma capacidade hidrolítica, ou ainda, possuir parte das atividades presentes nas enzimas isoladas de maneira que a sua adição pouco contribuiu para um aumento na conversão da biomassa.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio das instituições MCT/FINEP, CNPq e FAPESB, UFSCar pela caracterização química, UNIFACS, UFBA e UFRN, pela disponibilidade dos laboratórios.

## REFERÊNCIAS

- CASTAÑEDA, R. E. Q.; MALLOL, J. L. F. **Hydrolysis of Biomass Mediated by Cellulases for the Production of Sugars**. Sustainable Degradation of Lignocellulosic Biomass – Techniques, Applications and Commercialization. In: **Intech**, CHANDEL A. K. e SILVA S. S., 2013.
- JOUZANI G. S., TAHERZADEH M. J. **Advances in consolidated bioprocessing systems for bioethanol and butanol production from biomass: a comprehensive review**. *Biofuel Research Journal* 5, 152-195, 2015.
- KLEIN-MARCUSCHAMER, D.; OLESKOWICZ-POPIEL, P.; SIMMONS, B. A.; BLANCH, H. W. **The challenge of enzyme cost in the production of lignocellulosic biofuels**. *Biotechnology and Bioengineering*, v. 109, no. 4, pp. 1083-1087, 2012.
- REZENDE, C.A., LIMA, de M. A.; MAZIERO, P.; AZEVEDO, de E.R.; GARCIA, W. POLIKARPOV, I. **Chemical and morphological characterization of sugarcane bagasse submitted to a delignification process for enhanced enzymatic digestibility**. *Biotechnology For Biofuels*, v. 4, n. 1, p.54-63, 2011.
- SELIG, M. J., KNOSHAUG, E. P., ADNEY, W. S., HIMMEI, M. E., DECKER, S. R. **Synergistic enhancement of cellobiohydrolase performance on pretreated corn stover by addition of xylanase and esterase activities**. *Bioresource Technology*, 99(11), 4997–5005, 2008.
- SINGH, R., TIWARI, S., SRIVASTAVA, M., SHUKLA, A. **Experimental study on the performance of microwave assisted hydrogen peroxide (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) pretreatment of rice straw**. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 16 (1), 173-181, 2014.
- SLUITER A., HAMES B., RUIZ R., SCARLATA C., SLUITER J., TEMPLETON D., CROCKER D. **Determination of Structural Carbohydrates and Lignin in Biomass Laboratory Analytical Procedure**. Laboratory Analytical Procedure (LAP) NREL/ TP – 510-42618, 2012.
- THAMBIRAJ, S., SHANKARAN, D. R. **Preparation and physicochemical characterization of cellulose nanocrystals from industrial waste cotton**. *Applied Surface Science*, v. 37, 2017.

## CONCEPÇÕES DE LINGUAGEM E SUAS IMPLICAÇÕES PARA O ENSINO E A APRENDIZAGEM DA LINGUAGEM MATEMÁTICA

**Cíntia Maria Cardoso**

Universidade de São Paulo / Universidade  
Federal Rural da Amazônia  
São Paulo–SP / Belém–PA

### LANGUAGE CONCEPTS AND THEIR IMPLICATIONS FOR THE TEACHING AND LEARNING OF MATHEMATICAL LANGUAGE

**RESUMO:** O presente trabalho tem como objetivo discutir concepções de linguagem e suas implicações para o ensino e a aprendizagem do conhecimento matemático. Trata-se de uma pesquisa de cunho bibliográfico que pretende expor algumas concepções de linguagem vigentes nas principais correntes filosóficas da matemática, uma vez que a linguagem pode contribuir para a compreensão do conhecimento matemático. O estudo segue uma abordagem bakhtiniana e wittgensteiniana e procura verificar como a linguagem pode contribuir nos estudos da aprendizagem do conhecimento matemático. Percebe-se que há necessidade de se contextualizar o conteúdo matemático, de tal forma que proporcione uma melhor interação entre o professor, que orienta as tarefas matemáticas, e os alunos que necessitam compreender o conhecimento matemático.

**PALAVRAS-CHAVE:** Concepções de linguagem. Linguagem matemática. Ensino e aprendizagem. Conhecimento matemático.

**ABSTRACT:** The present work aims to discuss language conceptions and their implications for teaching and learning mathematical knowledge. This is a bibliographical research that intends to expose some conceptions of language in force in the main philosophical currents of mathematics, since language can contribute to the understanding of mathematical knowledge. The study follows a Bakhtinian and wittgensteinian approach and seeks to verify how language can contribute to the studies of mathematical knowledge learning. It is perceived that there is a need to contextualize the mathematical content, in such a way that it provides a better interaction between the teacher, who guides mathematical tasks, and students who need to understand mathematical knowledge.

**KEYWORDS:** Conceptions of language. Mathematical language. Teaching and learning. Mathematical knowledge.

### 1 | CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A história da humanidade tem constado que a dominação dos povos sempre ocorreu pela imposição da língua dos povos



conquistadores, que impõem sua hegemonia política e social a partir do domínio ideológico, cultural, religioso e linguístico, que serve como instrumento de controle de massas. Porém, a dominação de um povo também pode ocorrer sutilmente, por meio de outras formas, que nem se percebe, como, por exemplo, pela ação discursiva construída nas interações sociais entre sujeitos.

Segundo Fairclough (2008, p. 94), o discurso é uma prática política e ideológica que “estabelece, constitui, naturaliza, mantém e transforma os significados do mundo de posições diversas nas relações de poder” e essas práticas não são independentes uma da outra, pois “a ideologia são os significados gerados em relações de poder como dimensão do exercício do poder e da luta pelo poder”. Por isso, é importante compreender a linguagem enquanto instrumento das práticas sociais do sujeito, necessária para a sociabilidade humana.

Nesse sentido, por ser um instrumento que realiza ações individuais e sociais, a linguagem possibilita relevantes ações de interação em sala de aula, pois, é por meio da interação professor X aluno e aluno X aluno que os conhecimentos são construídos e ressignificados. Por isso, a escola, enquanto agente que promove cidadania, através das práticas escolares, tem um importante papel nas discussões relacionadas à linguagem.

Desde a década de 1970, as práticas escolares vêm sofrendo transformações conceituais na concepção de linguagem, que deixou de ser analisada apenas como a expressão do pensamento e passou a ser investigada também como um instrumento de comunicação.

As correntes teóricas avançaram e muitos estudiosos, como Mikhail Bakhtin, Jean-Paul Bronckart, Michael Halliday, Michel Foucault, Sylvain Auroux, Ludwig Wittgenstein etc, assumiram papéis de destaque nas discussões sobre as novas concepções de linguagem, demonstrando o caráter dinâmico e social da linguagem que exige para cada momento social e histórico uma percepção de língua, de mundo e de sujeito.

Neste trabalho, discutimos concepções de linguagem, especialmente a linguagem matemática e suas implicações para o ensino e a aprendizagem do conhecimento matemático a partir dos conceitos de dois filósofos: Mikhail Bakhtin (2009) e Ludwig Wittgenstein (2013), fundamentais no que tange o que é linguagem.

## 2 | CONCEPÇÕES DE LINGUAGEM

A produção de literatura sobre o tema proposto, ainda é limitada, portanto, este artigo pretende apresentar uma revisão de literatura a partir da discussão sobre concepções de linguagem, abordadas por Bakhtin na obra "Marxismo e filosofia da linguagem" e Wittgenstein em "Investigações filosóficas"<sup>1</sup>, filósofos que rompem

---

1. *Investigações Filosóficas* (IF) é uma obra em que Wittgenstein expressa suas ideias, por meio de parágrafos, denominados aforismos. Por isso, referenciaremos este livro pelos seus parágrafos.

com as formas tradicionais de se conceber a linguagem e influenciaram os estudos da linguagem ao longo do século XX e início do XXI.

A concepção de linguagem na perspectiva bakhtiniana tem sido objeto de estudo em diferentes áreas do conhecimento, mas, com pouca profundidade. A própria linguística, que estuda a linguagem, pouco explora essa concepção; apenas nos estudos discursivos e literários é que encontramos abordagens bakhtinianas de maneira mais aprofundada.

Bakhtin (1895-1975) é um dos maiores filósofos do século XX, que influenciou os estudos da linguagem, sobretudo o campo da filosofia da linguagem no que tange a construção da identidade e da efetivação das relações humanas construídas cotidianamente. Ele rompe com a concepção de sistema linguístico-formal e não concebe que a lógica possa explicar a existência humana e a linguagem.

Bakhtin (2006) toma a linguagem a partir de duas concepções: subjetivismo individualista e objetivismo abstrato e defende uma teoria enunciativo-discursiva de linguagem, concebendo-a como um processo de interação, em que os sujeitos provocam transformações sociais de acordo com as relações de produção em que estão inseridos e que podem gerar uma mudança nas formações ideológicas e, por consequência, nas formações discursivas. O autor demonstra a natureza constitutivamente dialógica da linguagem, em que o dialogismo diz respeito ao diálogo existente entre os diversos discursos que se configuram na sociedade. Entende-se que o dialogismo diz respeito também às relações estabelecidas entre o eu e o outro nos processos discursivos historicamente constituídos pelos sujeitos (BRAIT, 2005).

Para Bakhtin, o dialogismo é o princípio que rege a noção da linguagem e a torna uma atividade sociointerativa, em que um sujeito emite um enunciado para outro sujeito e ambos interagem na construção de enunciados na situação comunicativa, isto é, a essência da linguagem está no fato social, constituído na interação enunciativa, resultado da interação estabelecida em situações dialógicas. Nas palavras do autor,

[...] para observar o fenômeno da linguagem, é preciso situar os sujeitos - emissor e receptor [...] no meio social. [...] é imprescindível que o locutor e o ouvinte pertençam à mesma comunidade lingüística [...]. É apenas sobre este terreno preciso que a troca lingüística se torna possível [...]. Portanto, *a unicidade do meio social e a do contexto social imediato* são condições absolutamente indispensáveis para que o complexo físico-psicológico-fisiológico que definimos possa ser vinculado à língua, à fala, possa tornar-se um fato de linguagem (grifo do autor) (BAKHTIN, 2009, p. 72-73).

Nessa perspectiva, entendemos que o fenômeno da linguagem considera os sujeitos sócio-historicamente constituídos, visto que a interação é parte constitutiva da linguagem e a interação é um fenômeno social que se realiza por meio da enunciação.

Segundo Di Fanti (2003), a teoria dialógica do discurso bakhtiniano é rica para o desenvolvimento de estudos sobre a linguagem em diversos segmentos, pois,

essa teoria ultrapassa os estudos da língua, chegando a alcançar uma dimensão filosófica e reflexiva, que encontra campo de estudo em áreas, como a sociologia, a filosofia, a antropologia e a semiótica.

Assim como Bakhtin, Wittgenstein (1889-1951) rompe com a concepção de significado da semântica formal, critica os formalistas lógicos, defende a importância da linguagem e diz que a mesma deve ser analisada a partir da descrição de semelhanças e diferenças entre seus diversos e diferentes usos. Para esse autor, a linguagem não possui uma única estrutura lógica e formal, afirma que é preciso "comparar a variedade de instrumentos da linguagem e seus modos de aplicação, a variedade das espécies de palavras e de frases com o que os lógicos disseram sobre a estrutura da linguagem" (IF, § 23), ou seja, para Wittgenstein (2013) existem várias formas de manifestação e de apropriação da linguagem e o indivíduo está exposto a várias de suas manifestações, não sendo possível que uma única estrutura lógica e formal dê conta da dinâmica que envolve a linguagem, por isso, é necessário que o indivíduo compreenda a dinâmica dessas manifestações, pois,

Não é possível um único homem ter seguido uma regra uma única vez. Não é possível uma única comunicação ter sido feita, uma única ordem ter sido dada ou entendida uma única vez, etc. - Seguir uma regra, fazer uma comunicação, dar uma ordem, jogar uma partida de xadrez, são *hábitos* (usos, instituições). Compreender uma frase significa compreender uma língua. Compreender uma língua significa dominar uma técnica (WITTGENSTEIN, 2013, IF, § 199).

Para o autor, as diferentes atividades que envolvem a linguagem são denominadas de "jogos de linguagem", entendidos como regras<sup>2</sup> que coordenam determinadas situações que podem, ou não mudar; ou seja, para cada situação, existem regras propostas pelos participantes, mas a escolha por essas regras não exclui a possibilidade de que outras regras possam ser utilizadas em outras situações, em um novo "jogo de linguagem".

Segundo Grayling (1996), as regras wittgensteinianas são naturais e intencionalmente aliadas aos jogos de linguagem, sendo que o homem é treinado para fazer isso e reagir a uma ordem de forma particular. E esse treino ao qual Wittgenstein se refere são as vivências do homem em diversas práticas sociais, em diversos e diferentes jogos da linguagem.

Nessa perspectiva, a linguagem é uma ação, retratada nos "jogos de linguagem" como uma variedade de modos de agir ou formas de vida; sendo que "essa variedade não é algo fixo, dado de uma vez por todas; mas, podemos dizer que novos tipos de linguagem, novos jogos de linguagem surgem, outros envelhecem e são esquecidos" (IF, § 23); destaca-se ainda que, nas regras do jogo, não pode haver contradição "porque, então, não saberíamos como jogar" (WITTGENSTEIN, 2010, p. 239). Dessa forma, a linguagem representa uma multiplicidade de formas de vida não fixas, em que os "jogos de linguagem", analogamente, mostram o caráter múltiplo e variado que envolve a linguagem, ou seja, "os jogos de linguagem são tão 2. Para Wittgenstein (IF, § 206), "seguir uma regra é análogo a cumprir uma ordem".

diversos e numerosos quanto são os usos linguísticos; falar é uma forma de ação, de comportamento, de atividade de nossas formas de vida e não de representação lógica" (ARAÚJO, 2007, p. 21).

Wittgenstein defende uma noção de "jogos de linguagem" pragmática em que suas fronteiras não são claramente definidas e sua utilização só é possível em uma comunidade linguística, ou seja, compreende os jogos de linguagem como toda atividade linguística, que se vale do uso dos signos, do contexto, dos gestos. Na teoria wittgensteiniana, o conceito de "jogo de linguagem" é central e busca explicar como o significado da palavra pode ser entendido em um determinado contexto, ou seja, em seu uso (IF, § 432).

Nas *Investigações Filosóficas*, Wittgenstein propõe discutir a linguagem no cotidiano, com isso, abre um campo de investigação que possibilita entender e compreender a linguagem natural e cotidiana; pois, se o que pretendemos é investigar a linguagem para solucionar os problemas humanos, é imprescindível adentrarmos o universo da linguagem natural e do cotidiano (SANTOS, 2011).

Quando Wittgenstein se refere à linguagem, fala da "linguagem do cotidiano" (IF, § 120) com seus desvios, incoerências e contradições, pois, "o ideal, na linguagem real" não existe (IF, § 105). Dessa forma, é preciso voltar-se a investigação do uso prático da linguagem, o "modo como a linguagem funciona" (IF, § 2) seja na escrita, seja na oralidade, pois a "palavra só tem um significado no contexto de uma frase" (IF, § 49). Para exemplificar o funcionamento da linguagem cotidiana proposto por Wittgenstein, vejamos o exemplo de dois operários da construção civil, em que "A" é o pedreiro e "B", o ajudante:

A constrói um edifício usando pedras de construção. Há blocos, colunas, lajes e vigas. B tem que lhe passar as pedras na sequência em que A delas precisa. Para tal objetivo, eles se utilizam de uma linguagem constituída das palavras "bloco", "coluna", "laje", "viga". A grita as palavras; - B traz a pedra que aprendeu a trazer ao ouvir esse grito (IF, § 2).

Wittgenstein concebe esta cena como "uma linguagem primitiva completa" que, para os operários da construção civil, trata-se de um uso prático da linguagem presente no cotidiano deles: quando A quando grita "laje", está dizendo "Traga-me uma laje!" e quando B responde "laje", está dizendo "lá vai, segure a laje". Todavia, para alguém que desconhece o funcionamento do trabalho na construção civil, dificilmente compreenderá a mensagem. O diálogo entre o pedreiro e seu ajudante é uma situação do dia a dia, um "jogo de linguagem" próprio, regido por uma gramática própria.

Nesse sentido, identificamos nos jogos de linguagem de Wittgenstein também uma abordagem dialógica e interativa, em que a interação ocorre entre sujeitos que usam a linguagem em situações concretas e as regras linguísticas são construídas a partir da participação dos sujeitos nas interações dialógicas. Em outras palavras, o jogo de linguagem é resultado da interação social e se constitui a partir das

necessidades dos sujeitos.

E, para compreender as necessidades desses sujeitos e sua linguagem, é necessário desvelar como ela é concebida a partir de uma comparação entre o pensamento de Bakhtin (2009) e Wittgenstein (2013), no quadro 1, discutimos as visões de linguagem desses autores:

	Bakhtin	Wittgenstein
A linguagem é	dialógica	jogo de linguagem
A língua é	um processo da interação verbal, mutável e social	um sistema de ações simbólicas e performativas
A língua privilegia	relações sociais entre sujeitos	relações entre o pensamento e a palavra num contexto
A linguagem ocorre	na interação verbal	nos jogos de linguagem
O sujeito é	sócio-historicamente construído	inscrito no social
O enunciado	é constituído sócio-historicamente	são proposições (hipótese da realidade) que expressam pensamentos que podem ser constantemente reformulados dependendo da situação de uso
O contexto	determina o sentido das palavras, estrutura a enunciação e impõe uma "moldura interpretativa"	constrói o significado dos enunciados em uso nas práticas sociais
Os elementos linguísticos são	ideológicos e sociais	armadilhas da linguagem, social e cognitiva

Quadro 1 - Concepção de Linguagem segundo Bakhtin e Wittgenstein

Fonte: Baseado em Lopes (2006).

Tanto Wittgenstein (2013) quanto Bakhtin (2009) destacam a importância do contexto para a compreensão do enunciado. Bakhtin (2009) defende a língua enquanto um fenômeno social e dialógico, por isso, aborda as interações sociais dos sujeitos e o papel do outro no discurso. Enquanto que Wittgenstein (2013) defende a língua como ação, que ocorre na esfera social, sendo que

Os problemas que surgem pela má interpretação de nossas formas de linguagem possuem um caráter profundo. Eles são inquietações profundas; suas raízes estão tão profundas em nós quanto as formas de nossa linguagem e sua significância é tão grande quanto a importância de nossa linguagem (IF, § 111).

Ou seja, para Wittgenstein (2013), o homem é linguagem, porque sua essência é verbal. E as regras (jogos de linguagem) de que trata o autor estão contidas em práticas sociais, que se estabelecem socialmente no contexto e no uso (no jogo) entre os sujeitos na interação. É o uso das palavras e as regras nos jogos de linguagem que determinam o significado.

Bakhtin (2009, p. 106) também destaca a importância do contexto quando diz que "o sentido da palavra é totalmente determinado por seu contexto", ou seja, o

significado das palavras está relacionado no uso com o outro e com o mundo.

### 3 | CONCEPÇÕES DE LINGUAGEM MATEMÁTICA

A Matemática é uma disciplina que suscita nos alunos, quase unanimemente, a insatisfação, o insucesso e a sensação de incapacidade, pois é vista por muitas pessoas, inclusive pais e professores, como uma disciplina de “difícil” compreensão.

É possível que isso aconteça porque muitas pessoas consideram a matemática uma disciplina que se ocupa apenas da realização de cálculos numéricos. Contudo, aprender matemática é estar diante de inúmeros e diferentes conceitos e regras, que envolvem a leitura e a compreensão, tanto na linguagem natural quanto na linguagem matemática. E, as dificuldades de entendimento de um problema matemático podem estar situadas nas construções dos enunciados matemáticos e não nos algoritmos ou nas fórmulas ou nos conceitos específicos.

A linguagem matemática, foco deste trabalho, encontra-se na área de conhecimento das Ciências da Natureza e da Matemática, que engloba também a Física, a Química e a Biologia. Essa área objetiva compreender e utilizar "os conhecimentos científicos, para explicar o funcionamento do mundo, bem como planejar, executar e avaliar as ações de intervenção na realidade" (BRASIL, 1999, p. 20). Nessa área, os saberes destacados são as competências relacionadas à apropriação dos conhecimentos dessas ciências com suas particularidades metodológicas, nas quais o exercício da interdisciplinaridade é indispensável. Muitas são as competências a serem desenvolvidas e o ensino de Matemática busca superar os obstáculos atribuídos a esse conhecimento e que dificultam seu processo de aprendizagem, objetivando desenvolver, além das competências mais gerais, as específicas do conhecimento matemático (BRASIL, 2002, 2006a).

A linguagem matemática é um sistema simbólico, constituído por símbolos e regras próprios, que deve ser compreendido por seus usuários, e apropriar-se de tal conhecimento é imprescindível para a construção do conhecimento matemático.

Como toda forma de conhecimento se constrói a partir da relação da leitura de mundo com a leitura particular do sujeito, a matemática, como forma de conhecimento, também se processa pela apropriação do saber por meio da leitura de diferentes gêneros textuais e discursivos. Nessa perspectiva, as relações entre signos semióticos e práticas sociais são imprescindíveis para a compreensão da linguagem específica de cada ciência e deveriam constituir-se em objetos de investigação para uma melhor compreensão dos textos e dos usos sociais da linguagem verbal (oral e escrita), pois o sentido não se constrói na palavra, mas nas interações discursivas entre indivíduos; logo, compreender um texto implica compreendê-lo como produto de atividade social e não apenas como suporte de conteúdos.

Para Wittgenstein (2010), a linguagem fala por si mesma, ou seja, não se deve



pensar, mas ver como de fato ela é utilizada, pois seu significado está no uso que se faz dela em um determinado contexto. No que diz respeito à significação,

toda prática poderia ser descrita como uma tentativa de transformar a unidade da experiência em unidade de uma estrutura, mas essa tentativa comporta sempre um resíduo. A significação nasceria das alusões a este resíduo. (...) Na prática que os elabora, os elementos e as relações de uma estrutura abstrata são necessariamente associações de signos; estes, inicialmente, remetem, pois em princípio a um conjunto de noções abstratas (...) (GRANGER, 1974, p. 135).

Ou seja, a leitura da linguagem matemática depende da compreensão do significado dos símbolos. Segundo Granger (1974), os símbolos por si só não revelam de maneira explícita os seus significados, pois, existe sempre um resíduo subjacente à simbologia de uma linguagem formalizada como a da matemática. Dessa forma, os símbolos matemáticos só adquirem significados para o aluno quando ele consegue compreender os sentidos que estão ausentes na linguagem codificada da matemática. O autor destaca ainda que, a significação também se dá na experiência do sujeito com o objeto, em uma situação vivenciada no cotidiano.

Dessa forma, compreender o funcionamento da linguagem matemática pode ajudar o professor na orientação e explicação das tarefas aos alunos em sala de aula.

#### 4 | CONSIDERAÇÕES NÃO CONCLUSAS

Neste cenário, compreendemos que os aspectos linguísticos e textuais limitados e reduzidos, presente nos textos matemáticos, ou a complexidade como se expõem os conceitos matemáticos dificultam a compreensão da linguagem matemática. É imprescindível compreender todas as formas humanas de interpretar, explicar e analisar o mundo; a matemática é uma dessas formas: possui seus códigos, sua linguagem, seu sistema de comunicação e representação da realidade. Por isso, explicar como o aluno compreende a linguagem matemática e nosso maior desafio.

Para que essas atividades sejam desenvolvidas, professores de diferentes áreas devem interagir e discutir práticas de ensino e de aprendizagem. Isso requer a participação e a formação sólida dos profissionais que atuam na educação, especialmente dos professores, pois "ensinar e aprender são ações sociais e complementares" (BRASIL, 2006b, p. 44), que implicam na construção e apropriação dos conhecimentos de diferentes naturezas.

Nesse processo, os estudos linguísticos e filosóficos podem contribuir na compreensão da linguagem matemática. Pesquisas sobre os recursos linguísticos e as condições discursivas que constroem a textualidade e produzem os sentidos do texto podem mostrar que a seleção e a combinação dos elementos linguísticos, disponibilizados pela gramática da língua materna e da matemática, funcionam como instrumentos de orientação e busca de sentido.

Essas propostas coadunam-se com as discussões acadêmicas que consolidaram a articulação entre essas áreas, considerando que, embora sejam distintas, são complementares e importantes no processo de ensino e de aprendizagem do indivíduo. Assim, entende-se que, o domínio da linguagem, seja em língua materna ou em matemática, está relacionado à compreensão dos significados e seus usos sociais em diferentes contextos.

Em suma, é necessário um ensino que enfoque no significado que o leitor precisa para potencializar o conhecimento matemático. Esta maneira de examinar a linguagem leva a considerar os desafios de leitura e escrita da/na matemática por reconhecer os conceitos presentes nos textos matemáticos.

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO, I. L. Por uma concepção semântico-pragmática da linguagem. **Revista Virtual de Estudos da Linguagem – ReVEL**. v. 5, n. 8, p. 1-26, mar., 2007. Disponível em: <[http://www.revel.inf.br/files/artigos/revel\\_8\\_por\\_uma\\_concepcao\\_semantico\\_pragmatica\\_da\\_linguagem.pdf](http://www.revel.inf.br/files/artigos/revel_8_por_uma_concepcao_semantico_pragmatica_da_linguagem.pdf)>. Acesso em: 07 maio 2016.

BAKHTIN, Mikhail. **Marxismo e filosofia da linguagem**. Tradução Michel Lahud e Yara Frateschi Vieira. 13. ed. São Paulo: Hucitec, 2009.

BRAIT, B. **Bakhtin**: dialogismo e construção do sentido. 2. ed. rev. Campinas, SP: Editora da Unicamp, 2005.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros curriculares nacionais**: ensino médio (Parte III - Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias). Brasília: MEC/SEMT, 1999.

\_\_\_\_\_. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **PCN + ensino médio**: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Brasília: MEC/SEMTEC, 2002.

\_\_\_\_\_. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. **Orientações curriculares para o ensino médio**: Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. v. 2. Brasília: MEC/SEB, 2006a.

\_\_\_\_\_. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. **Orientações curriculares para o ensino médio**: Linguagens, códigos e suas tecnologias. v. 1. Brasília: MEC/SEB, 2006b.

CERVO, Amado Luiz. **Metodologia científica**. 6. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.

DI FANTI, M.G.C. A linguagem em Bakhtin: pontos e pespontos. **VEREDAS - Revista de Estudos Linguísticos**, Juiz de Fora, v.7, n.1 e 2, p.95-111, jan./dez. 2003.

FAIRCLOUGH, N. **Discurso e mudança social**. Brasília: Universidade de Brasília, 2008.

GRANGER, Gilles-Gaston. **Filosofia do estilo**. São Paulo: Perspectiva, Ed. da Universidade de São Paulo, 1974.

GRAYLING, A.C. **Wittgenstein**: a very short introduction. NY: Oxford, 1996.

LOPES, M. O. M. **Leitura**: uma categoria híbrida - pistas do discurso dos professores da rede

particular e pública. 2006. 183f. Dissertação (Mestrado em Estudos da Linguagem) - Departamento de Letras. PUC-Rio, 2006. Disponível em: <[http://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/Busca\\_etds.php?strSecao=resultado&nrSeq=9775@1](http://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/Busca_etds.php?strSecao=resultado&nrSeq=9775@1)>. Acesso em 29 jun. 2016.

SANTOS, Ivanaldo; NASCIMENTO, Maria Eliza Freitas do. Bakhtin e Wittgenstein: teorias em diálogo. **Theoria, Revista Eletrônica de Filosofia**. v. 2, n. 1, p. 76-85, 2010. Disponível em: <[http://www.theoria.com.br/edicao0310/bakhtin\\_e\\_wittgenstein.pdf](http://www.theoria.com.br/edicao0310/bakhtin_e_wittgenstein.pdf)>. Acesso em: 02 maio. 2016, às 10h20.

SANTOS, I. Reflexões sobre a relação entre Wittgenstein e as preocupações contemporâneas da filosofia. **Princípios**. Natal, v. 18, n. 30, p. 293-305, jul./dez. 2011. Disponível em: <<http://www.principios.cchla.ufrn.br/arquivos/30.pdf>>. Acesso em: 03 jun. 2016, às 16h19.

WITTGENSTEIN, Ludwig. **Investigações filosóficas**. Tradução de Marcos G. Montagnoli. Revisão da tradução e apresentação Emmanuel Carneiro Leão. 8. ed. Petrópolis/RJ: Vozes, 2013.

WITTGENSTEIN, L. **Gramática filosófica**. Tradução de Luís Carlos Borges. 2. ed. São Paulo: Edições Loyola, 2010.

## DESENVOLVIMENTO E VALIDAÇÃO DE SOFTWARE INTERATIVO PARA PROJETOS CONCEITUAIS DE AERONAVES

### **Carlos Antonio Vilela de Souza Filho**

Universidade Federal de Uberlândia – UFU –  
Faculdade de Engenharia Mecânica – Uberlândia  
– MG

### **Giuliano Gardolinski Venson**

Universidade Federal de Uberlândia – UFU –  
Faculdade de Engenharia Mecânica – Uberlândia  
– MG

### **Jefferson Gomes do Nascimento**

Universidade Federal de Uberlândia – UFU –  
Faculdade de Engenharia Mecânica – Uberlândia  
– MG

**RESUMO:** Desde o ano de 2013, um novo termo chamado Indústria 4.0 vem sendo repetido de forma exaustiva nas empresas que pretendem modernizar seus meios de produção como forma a exigir menos mão de obra e obter um resultado mais eficiente, permitindo a tomada de decisões em tempo real, que é um dos pilares da implantação da Indústria 4.0. O presente trabalho se alia a este conceito por meio do fato de, ao desenvolver um software integrado a uma interface de usuário, onde o próprio usuário pode tomar suas decisões e de acordo com a necessidade, mudar seus parâmetros e ter um resultado instantâneo e visual, se obtém maior agilidade no processo de concepção de um projeto conceitual de aeronaves se comparado à execução de um

script, sem interface, criado com a finalidade apenas de resolução matemática das equações pertinentes a um projeto desta complexidade. O presente trabalho foi desenvolvido através da plataforma GUIDE do software comercial MATLAB®, criando um arquivo executável através do paradigma da programação orientada a eventos, com o objetivo de dar autonomia ao usuário quanto a seu projeto.

**PALAVRAS-CHAVE:** programação orientada a eventos, projetos conceituais de aeronaves, aeronaves a jato, aeronaves a hélice, interface de usuário.

### DEVELOPMENT AND EVALUATION OF INTERACTIVE SOFTWARE FOR CONCEPTUAL AIRCRAFT DESIGNS

**ABSTRACT:** Since 2013, a new term called Industry 4.0 has been repeated exhaustively in companies that intend to modernize their means of production as a way to demand less labor and to obtain a more efficient result, allowing decisions made in real time, which is one of the pillars of the implementation of Industry 4.0. The present work is allied to this concept through the fact that, when developing a software integrated with a user interface, where the user can make their decisions and, according to the need, change their parameters

and have an instantaneous and visual result, obtains greater agility in the design process of a conceptual design of aircraft if compared to the execution of a script, without interface, created basically with the purpose of mathematical resolution of the equations pertinent to a project of this complexity. The present work was developed through the GUIDE platform at commercial software MATLAB®, creating an executable through the paradigm of event-driven programming, with the main objective of granting autonomy to the user regarding his project.

**KEYWORDS:** event-driven programming, conceptual aircraft designs, jet aircrafts, propeller aircrafts, users guide.

## 1 | INTRODUÇÃO

Quando olhamos para um código computacional finalizado por terceiros, normalmente a questão que vem em mente é: “por onde devo começar a entender?”. Sensações assim são normais já que a escrita de um código computacional é, por muitas vezes, feita de forma pessoal. Cada pessoa tem sua forma de programar e nem sempre é fácil entender os códigos gerados por outras pessoas, por melhor estruturado que o código esteja.

Pensando na problemática que é ter uma ferramenta computacional em que o usuário necessite interpretar scripts que na maioria das vezes são extensos e não óbvios a uma primeira vista, foram criadas as interfaces gráficas de usuários, que nada mais são do que ambientes onde são aceitas entradas através de sistemas como o mouse ou o próprio monitor (*touchscreen*), fornecendo saídas gráficas no monitor. A Figura 1 exemplifica como um código com interface pode ser mais familiar a um usuário.

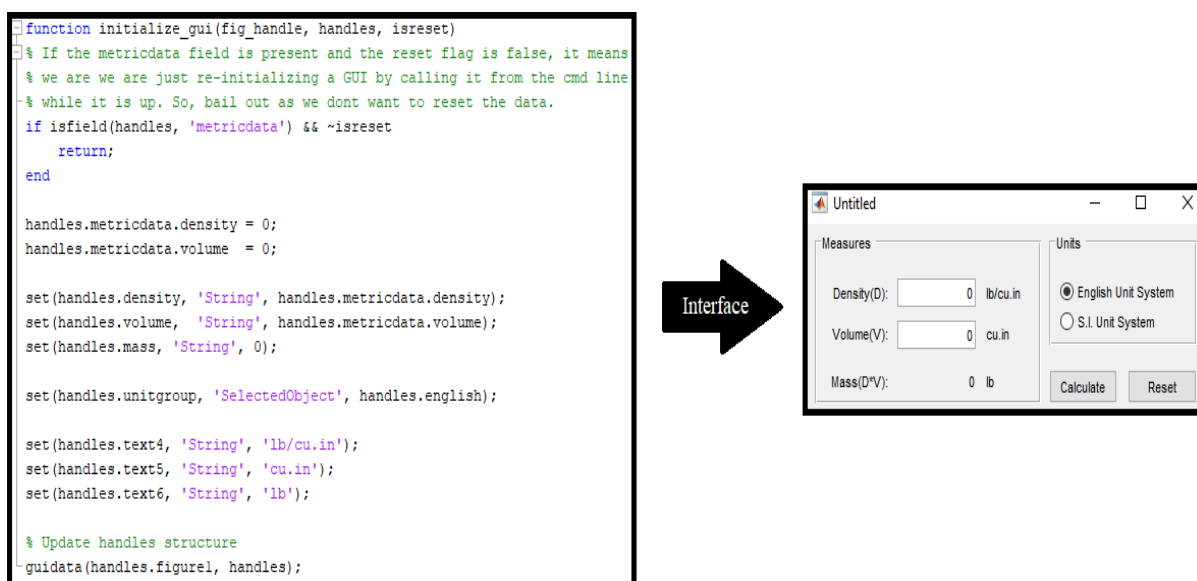


Figura 1 – Mudança de linhas de código para interface de usuário. Fonte: Própria, 2018.

Na engenharia é muito comum observar a prática da programação de forma

a criar ferramentas que solucionam problemas de forma mais eficaz, pensando no tempo computacional utilizado, porém nem sempre são encontradas interfaces gráficas destas ferramentas para minimizar o tempo humano utilizado, inclusive quando o tema abordado é projeto de aeronaves. Por vezes o usuário necessita entrar nas linhas de código, entender linha a linha destes scripts para apenas então começar seu projeto.

Se tratando de projetos de aeronaves, segundo (Raymer, 1999), inicia-se pelo projeto conceitual, onde são definidas as características básicas da aeronave. Para (Barros, 2000), esta etapa se divide em duas, onde na primeira são definidas as especificações e requisitos para a aeronave enquanto que na segunda etapa são realizados os estudos preliminares com a finalidade de delimitar o protótipo da aeronave. Para (Venson, 2013), a etapa de projeto conceitual é a que tem maior influência no resultado final do projeto como um todo, apontando para o sucesso ou fracasso comercial da aeronave.

Surge então a ideia de criar uma ferramenta computacional que alie projetos de aeronaves com uma interface gráfica de usuário, criando uma ferramenta computacional que seja responsável pelos cálculos existentes na fase de projeto conceitual de aeronaves, mas que também mantenha o usuário conectado à ferramenta por meio da interface.

(Corke, 2003) desenvolveu um fluxograma mostrando onde cada etapa de um projeto se encontra, cronologicamente. Neste presente trabalho, as etapas de Requisitos de Missão e Projeto Conceitual serão abordadas.

A fase chamada Projeto Conceitual desenvolve o primeiro tamanho geral e configuração para uma nova aeronave. Envolve as estimativas dos pesos e a escolha de características aerodinâmicas que serão mais adequadas aos requisitos de missão estabelecidos na proposta do projeto. O projeto fará estimativas do arrasto total e do tamanho dos componentes da aeronave. Ele determinará a melhor estrutura para acomodar a carga paga e o posicionamento das asas e do motor. O projeto conceitual localizará os principais grupos de pesos da aeronave para atender aos requisitos de estabilidade estática e dimensionará as superfícies de controle para atingirem um grau desejado de manobrabilidade.

Em alguns casos, os requisitos de missão podem não ser atingidos, sendo necessário que haja um relaxamento destes requisitos, que é representado pelo loop mostrado no fluxograma da Figura 2. Quando os requisitos forem atingidos, pode-se passar para a etapa seguinte, chamada Projeto Preliminar.



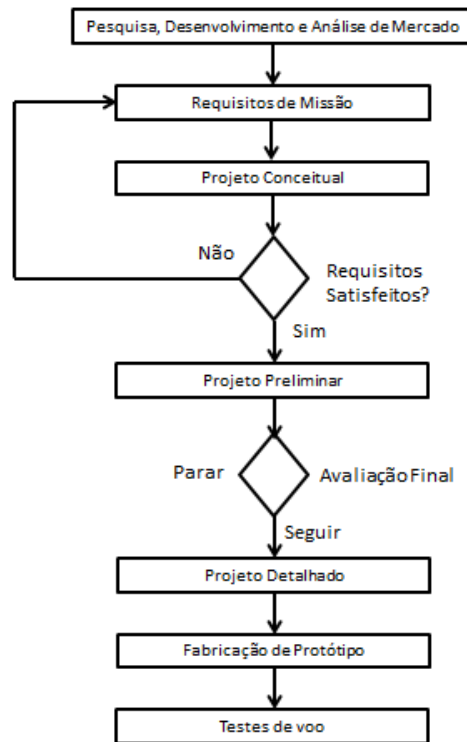


Figura 2 – Fluxograma de projetos de aeronaves. Fonte: Corke, 2013.

Para a etapa de especificações e requisitos, é definida a finalidade da aeronave, qual é o desempenho almejado pela mesma, sua missão típica a ser realizada e suas características desejadas, a fim de elaborar uma lista de requisitos que serve de base para a realização dos estudos preliminares, que culminarão com a delimitação de um esboço inicial de projeto (Barros, 1989). Para a delimitação deste esboço, utilizam-se métodos comparativos entre as diversas aeronaves existentes para identificar características essenciais e desejáveis para a aeronave a se projetar.

O trabalho foi dividido em duas etapas, sendo a primeira a criação do código desenvolvido no software comercial MATLAB® e a segunda etapa o teste do software criado, utilizando duas aeronaves já existentes de forma a obter resultados que garantam um nível seguro de confiabilidade para a ferramenta em desenvolvimento. Em suma, o objetivo deste trabalho é desenvolver um software para o uso em atividades referentes a projetos conceituais de aeronaves, utilizando a plataforma de desenvolvimento do software comercial MATLAB® através do paradigma de programação orientada a eventos, criando uma interface de usuário onde o mesmo pode entrar com os seus dados e de forma quase que imediata, imprimir seus resultados na própria tela do software, otimizando todo o processo de cálculo na fase conceitual de um projeto de aeronave.

## 2 | METODOLOGIA

### 2.1 Programação orientada a objetos

O software foi desenvolvido através da plataforma de desenvolvimento de aplicativos do software comercial MATLAB®, chamada GUIDE, que é um ambiente *drag-and-drop* para layout de interface de usuários. O usuário codifica o comportamento interativo de seu aplicativo separadamente, no editor do MATLAB®. Os aplicativos criados usando o GUIDE podem exibir qualquer tipo de gráfico do MATLAB®. O GUIDE também fornece vários componentes interativos, como menus, barras de ferramentas e tabelas. É possível também codificar o layout e o comportamento do seu aplicativo utilizando totalmente as funções do MATLAB®.

### 2.2 Projetos multidisciplinares conceituais de aeronaves

O software necessita trabalhar com múltiplos cálculos, iniciando-se pelo cálculo preliminar do peso da aeronave, que é feito basicamente como mostrado na Figura 3. Através de dados como o alongamento da asa ( $AR_w$ ), o coeficiente de fricção de superfície equivalente ( $C_{fe}$ ), o alcance da aeronave (R), dentre outros parâmetros, é possível obter uma estimativa inicial para o peso da aeronave. Após essa primeira estimativa, utilizando dados estatísticos obtidos através de dados históricos dos projetos já existentes que podem ser encontrados em vários trabalhos (Raymer, 1999; Roskam, 2000-2003), e utilizando as devidas equações, é possível obter o peso bruto da aeronave de uma forma mais refinada.

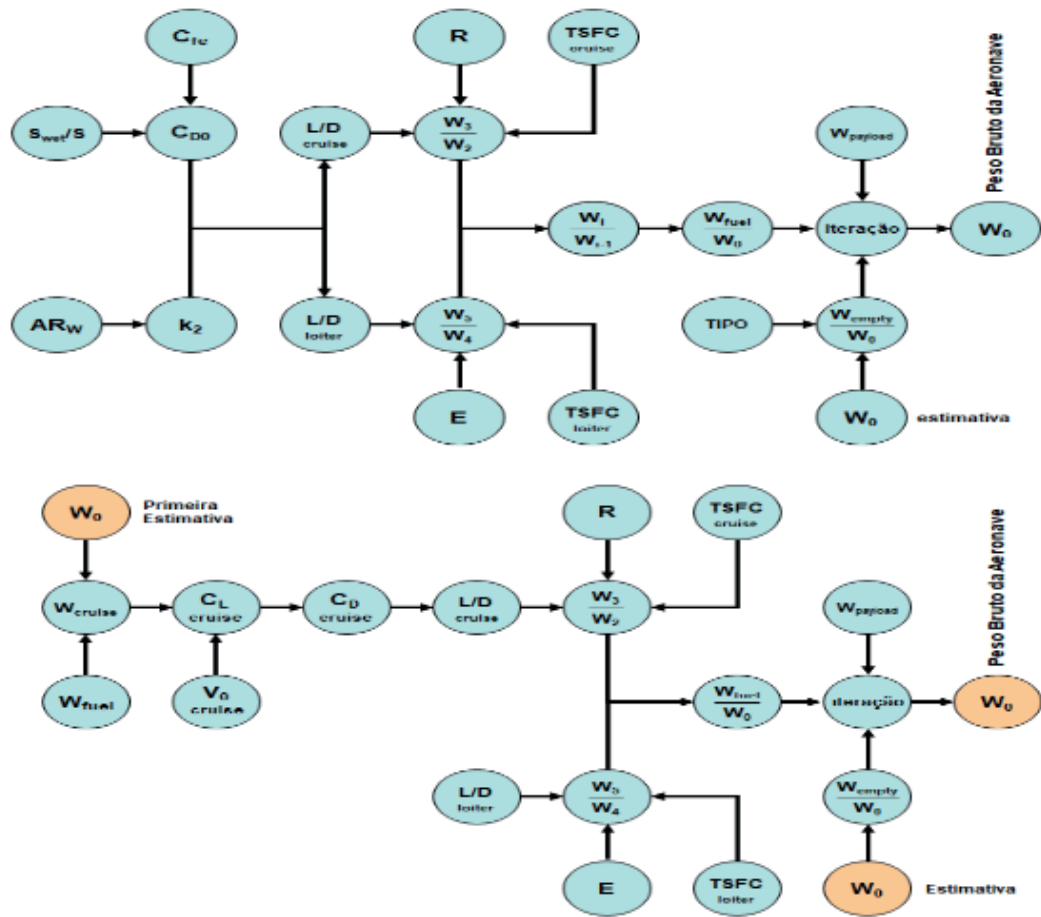


Figura 3 – Fluxograma para a obtenção do peso bruto de decolagem de um projeto de aeronave conceitual

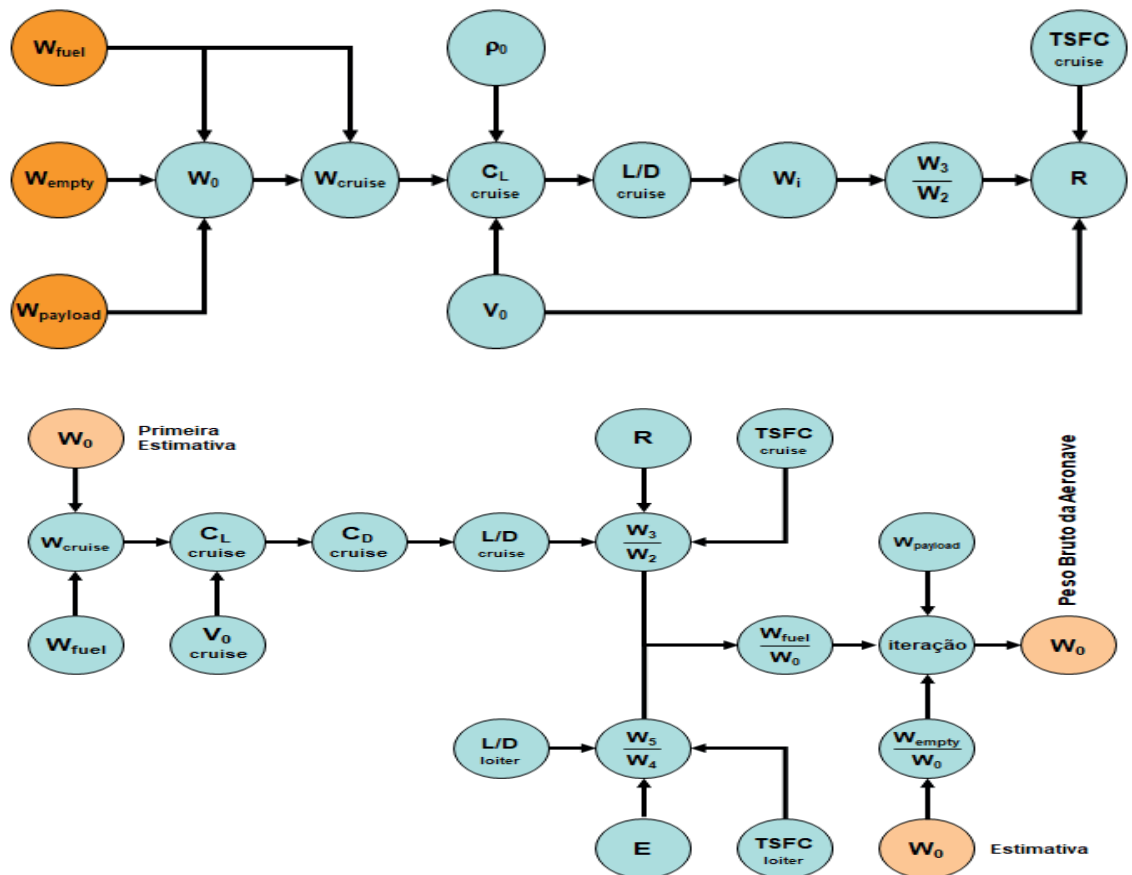


Figura 4 – Estimativa de alcance de aeronaves a jato para missões de voo

Após a obtenção dos pesos principais da aeronave, é possível obter vários outros parâmetros de desempenho da aeronave, entre eles a velocidade de estol, a razão de empuxo-peso de aeronaves a jato ou razão potência-peso de aeronaves a hélice, a distância de aterrissagem e decolagem e a estimativa de alcance e desempenho em cruzeiro, como mostrado no fluxograma da Figura 4.

É possível também calcular o diagrama payload-range que, em termos operacionais, consiste em um diagrama que apresenta diferentes combinações de carga-paga, peso de combustível, peso bruto de decolagem e alcance de voo.

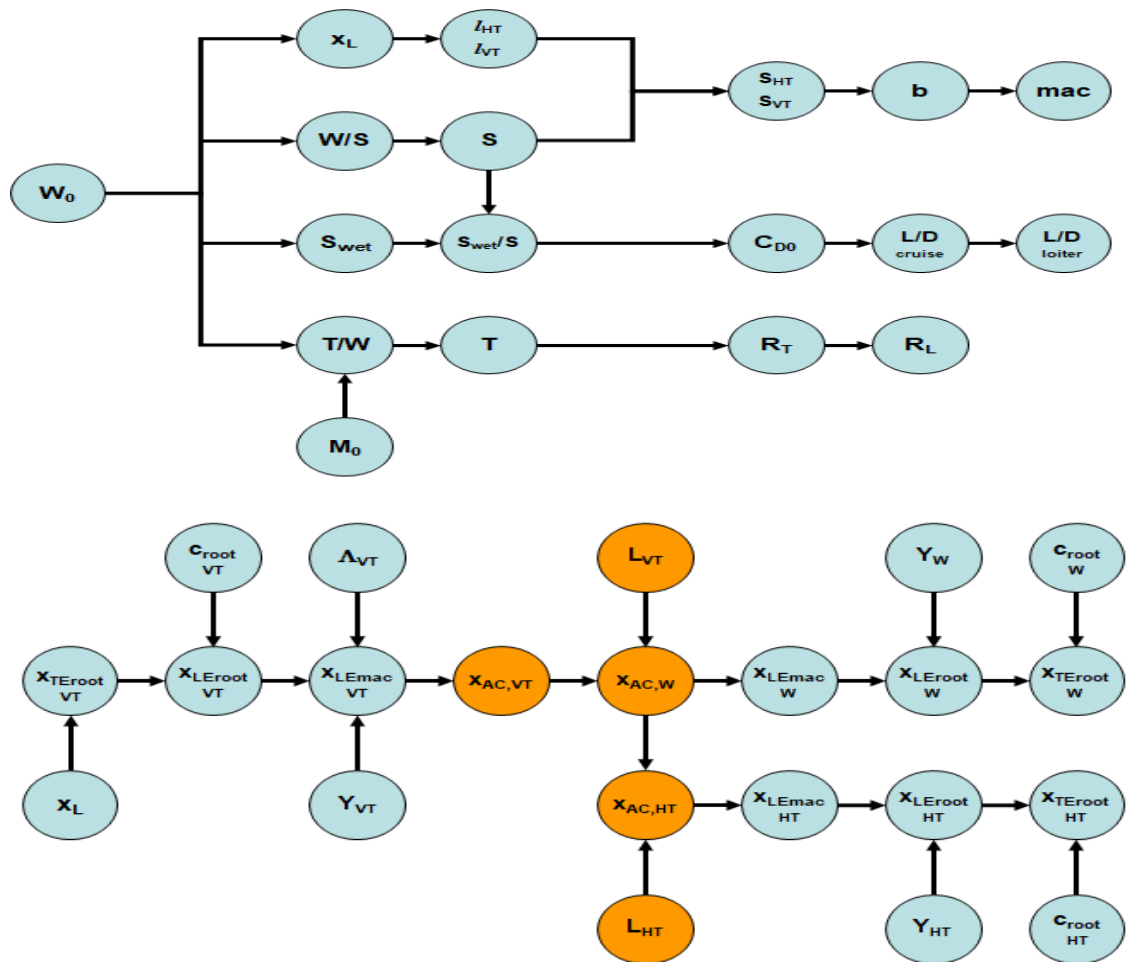


Figura 5 – Fluxogramas para obtenção de parâmetros geométricos em um projeto multidisciplinar conceitual de aeronaves

Com os dados de desempenho já calculados, é possível então obter os parâmetros iniciais da geometria da aeronave, como mostrados no fluxograma da Figura 5.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Figura 6 mostra a tela principal do software desenvolvido com todas as suas funcionalidades. Além disso, para a validação do software, utilizou-se de um modelo

de aeronave já existente, Embraer E190, com o intuito de avaliar a confiabilidade dos dados estatísticos utilizados no software. A entrada dos dados foi feita baseada nos dados encontrados no manual da fabricante da aeronave em questão. Além do E190, também se testou outra categoria de aeronave: a de aeronave geral e utilitária multimotora turbo-hélice, representada pelo modelo EMB-121 Xingu.

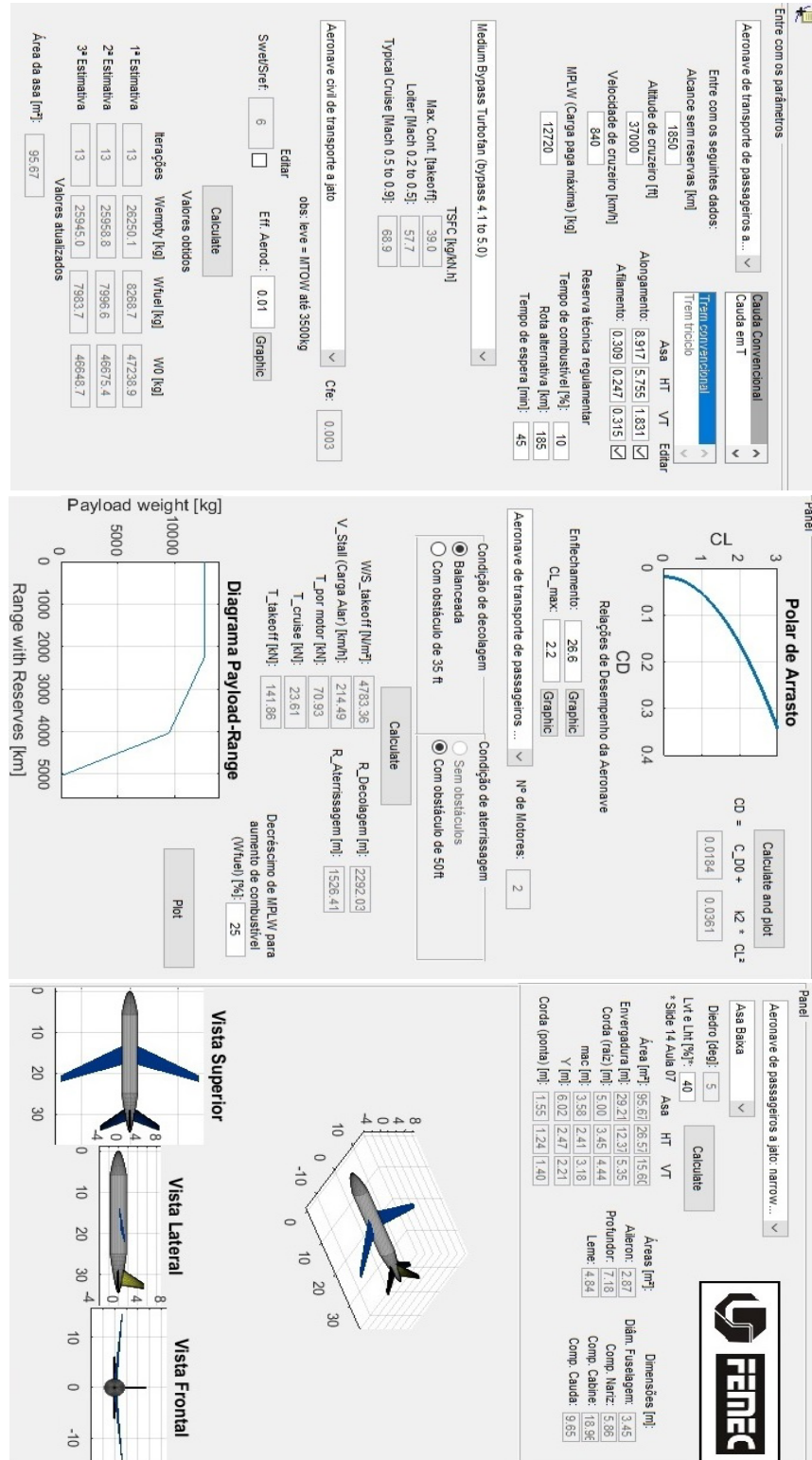


Figura 6 – Captura da tela de abertura do software desenvolvido. Fonte: Própria, 2018.

Com os dados obtidos pelo software, foi possível a construção das Tabelas

1 e 2, onde se tem a visão geral sobre os dados da aeronave Embraer E190 de desempenho e os dados geométricos, respectivamente. Nota-se que a diferença entre os valores encontrados e os do fabricante é substancialmente baixa, o que credita uma alta confiabilidade ao software bem como ao método estatístico utilizado.

<b>Parâmetros de Desempenho – E190</b>				
<b>Parâmetro</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Modelo</b>	<b>Fabricante</b>	<b>Diferença [%]</b>
Peso máximo de decolagem		46648.7 kg	47790 kg	-2.39
Peso vazio operacional		25945.0 kg	28080 kg	-7.60
Peso de combustível		7983.7 kg	6990 kg	+14.22
Distância de decolagem		1939 m	2100 m	-7.67
Distância de aterrissagem		1291 m	1244 m	+3.78

Tabela 1 – Diferença entre parâmetros de desempenho do modelo em relação ao fabricante

<b>Parâmetros Geométricos - Embraer E190</b>				
<b>Geometria da Aeronave</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Modelo</b>	<b>Fabricante</b>	<b>Diferença [%]</b>
Comprimento da aeronave		34.47 m	36.24 m	-4.88
Envergadura da asa		29.21 m	28.72 m	+1.71
Área de referência da asa		95.67 m <sup>2</sup>	92.5 m <sup>2</sup>	-3.43
Corda na raiz da asa		5 m	4.92 m	+1.63
Corda média aerodinâmica da asa		3.58 m	3.519 m	+1.73
Envergadura da empenagem horizontal		12.37 m	12.09 m	+2.32
Área de referência da empenagem horizontal		26.57 m <sup>2</sup>	25.40 m <sup>2</sup>	+4.61
Corda na raiz da empenagem horizontal		3.45 m	3.44 m	+0.29
Corda média aerodinâmica da emp. horizontal		2.41 m	2.406 m	+0.17
Envergadura da empenagem vertical		5.35 m	5.48 m	-2.37
Área de referência da empenagem vertical		15.60 m <sup>2</sup>	16.40 m <sup>2</sup>	-4.88
Corda na raiz da empenagem vertical		4.44 m	4.57 m	-2.84
Corda média aerodinâmica da emp. vertical		3.18 m	3.277 m	-2.96

Tabela 2 – Diferença entre parâmetros geométricos do modelo em relação ao fabricante.

Já as Tabelas 3 e 4 mostram os resultados para a aeronave Embraer Xingu. Por uma diferença existente no software para o cálculo de parâmetros de aeronaves a jato e aeronaves a hélice, pode-se observar que o modelo obteve alguns parâmetros, como a corda na raiz da empenagem horizontal com uma diferença substancialmente alta entre o modelo e o dado do fabricante.



Parâmetros de Desempenho – Embraer Xingu				
Parâmetro	Símbolo	Modelo	Fabricante	Diferença [%]
Peso máximo de decolagem		5394.1 kg	5670 kg	-4.87
Peso vazio operacional		3324.1 kg	3500 kg	-5.03
Peso de combustível		910.0 kg	1010 kg	-9.9
Distância de decolagem		1123 m	1000 m	+12.3
Distância de aterrissagem		464.9 m	610 m	-23.8

Tabela 3 – Diferença entre parâmetros de desempenho do modelo em relação ao fabricante

Parâmetros Geométricos - Embraer Xingu				
Geometria da Aeronave	Símbolo	Modelo	Fabricante	Diferença [%]
Comprimento da aeronave		12.44 m	12.25 m	+1.55
Envergadura da asa		13.93 m	14.45 m	-3.69
Área de referência da asa		25.56 m <sup>2</sup>	27.50 m <sup>2</sup>	-7.05
Corda na raiz da asa		2.28 m	2.48 m	-8.06
Corda média aerodinâmica da asa		1.87 m	2.034 m	-8.06
Envergadura da empenagem horizontal		6.31 m	5.76 m	+9.55
Área de referência da empenagem horizontal		7.38 m <sup>2</sup>	6.20 m <sup>2</sup>	+19.03
Corda na raiz da empenagem horizontal		1.55 m	1.15 m	+34.78
Corda média aerodinâmica da emp. horizontal		1.21 m	0.901 m	+34.30
Envergadura da empenagem vertical		2.08 m	2.12 m	-1.89
Área de referência da empenagem vertical		4.07 m <sup>2</sup>	4.20 m <sup>2</sup>	-3.10
Corda na raiz da empenagem vertical		2.45 m	2.50 m	-2.00
Corda média aerodinâmica da emp. vertical		2.00 m	2.038 m	-1.86

Tabela 4 – Diferença entre parâmetros geométricos do modelo em relação ao fabricante

## 4 | CONCLUSÕES

O trabalho apresentado teve o objetivo de produzir um software com interface de usuário desenvolvido para o uso em projetos conceituais de aeronaves através do software comercial MATLAB®. O objetivo principal foi atendido, que era o de criar um software com uma interface de usuário que permitisse o uso rápido e eficiente, de forma que a concepção de um projeto preliminar de uma aeronave não fosse responsável por tomar um tempo considerável do usuário.

Com os resultados obtidos na seção 3 deste trabalho foi possível concluir que o software apresenta bons resultados, com taxas de erro baixas na grande parte dos cálculos e, portanto boa confiabilidade. Para os parâmetros de desempenho do modelo E190, teve-se uma média de diferença de 7.1%, enquanto os parâmetros geométricos tiveram uma média de diferença na casa dos 2.6%. Já para o modelo Xingu, teve-se uma média de diferença de 11.2% para os parâmetros de desempenho e 10.3% para os parâmetros geométricos. Analisando os dados, é necessário que em um futuro breve o código sofra revisões nos cálculos dos parâmetros geométricos

da empenagem horizontal para aeronaves a hélice, uma vez que os mesmos apresentaram valores muito acima da média da diferença calculada. A média sem estes valores cai de 10.3% para 4.1%.

Para o futuro, com o objetivo de aumentar a consistência e confiabilidade do software, algumas implementações são necessárias. A um curto prazo, é necessário implementar restrições no código que impeçam o usuário de entrar com valores negativos ou entrar com letras e símbolos ao invés de valores numéricos. Levando em consideração que o software é feito para usuários com algum conhecimento na área, leva-se em conta que este tipo de erro pode ser evitado apenas pelo bom senso, porém é necessário que qualquer erro de digitação, por exemplo, seja evitado. Além disso, é necessário a correção de bugs existentes no software que são descobertos conforme o aumento de uso do software. Para esta fase, é necessário um feedback dos usuários sobre o comportamento do software perante o uso individual de cada um. Em médio prazo, considera-se a implementação de outras plataformas de cálculo no software para obter estimativas de cálculos estruturais, de desempenho, de aerodinâmica, de mecânica do voo e de estabilidade da aeronave em desenvolvimento.

Outro objetivo obtido foi o de deixar um legado para o Curso de Graduação em Engenharia Aeronáutica da Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Uberlândia. Com a criação desta ferramenta, por mais simples que ela seja neste primeiro momento, encerra-se uma etapa inicial de desenvolvimento de uma ferramenta computacional para uso inicialmente exclusivo de fins didáticos. Sendo assim, com um trabalho inicial concluído, as etapas que se seguirem podem usar este trabalho como referência para uma possível modificação buscando uma melhoria para a ferramenta.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Uberlândia e especialmente ao LPA – Laboratório de Projetos de Aeronaves e a todos os envolvidos, direta ou indiretamente, na realização deste trabalho bem como no levantamento de dados e ajuda nos testes do software em desenvolvimento.

## REFERÊNCIAS

Anderson, J.D., **Aircraft Performance and Design**. New York: McGraw-Hill. 1999

Barros, C.P., **Introdução ao Projeto de Aeronaves Leves**. Departamento de Engenharia Mecânica – UFMG. 1989

Barros, C.P., **Uma metodologia para o desenvolvimento de aeronaves leves subsônicas** – Tese

de doutorado – Departamento de Engenharia Mecânica – UFMG. 2001

Corke, T.C., **Design of Aircraft**. New Jersey: Pearson Education Inc, Prentice Hall. 2003.

Raymer, D.P., **Aircraft Design: A Conceptual Approach**, AIAA Education Series. 1999

Sommerville, I., **Engenharia de Software** São Paulo: Addison Wesley, 2003.

Venson, G G. **Processo de Desenvolvimento de Aeronaves** - slides no PowerPoint. Coletânea Pessoal para Projetos de Aeronaves. Curso de Graduação em Engenharia Aeronáutica – Faculdade de Engenharia Mecânica – UFU. Uberlândia, 2013.

Venson, G G. **Layout Geral de Aeronaves** - slides no PowerPoint. Coletânea Pessoal para Projetos de Aeronaves. Curso de Graduação em Engenharia Aeronáutica – Faculdade de Engenharia Mecânica – UFU. Uberlândia, 2013.

Venson, G G. **Estimativa da Polar de Arrasto de Aeronaves** - slides no PowerPoint. Coletânea Pessoal para Projetos de Aeronaves. Curso de Graduação em Engenharia Aeronáutica – Faculdade de Engenharia Mecânica – UFU. Uberlândia, 2013.

Venson, G G. **Estimativa de Pesos de Aeronaves** - slides no PowerPoint. Coletânea Pessoal para Projetos de Aeronaves. Curso de Graduação em Engenharia Aeronáutica – Faculdade de Engenharia Mecânica – UFU. Uberlândia, 2013.

Venson, G G. **Relações de Desempenho de Aeronaves** - slides no PowerPoint. Coletânea Pessoal para Projetos de Aeronaves. Curso de Graduação em Engenharia Aeronáutica – Faculdade de Engenharia Mecânica – UFU. Uberlândia, 2013.

Venson, G G. **Dimensionamento Inicial de Aeronaves** - slides no PowerPoint. Coletânea Pessoal para Projetos de Aeronaves. Curso de Graduação em Engenharia Aeronáutica – Faculdade de Engenharia Mecânica – UFU. Uberlândia, 2013.

Albuquerque, P. (2015). **Em que consiste uma boa experiência de usuário**. Retirado de <<http://catarinadesign.com.br/em-que-consiste-uma-boa-experiencia-do-usuario/>> Acessado em 09 de julho de 2018.

ANAC. (2010). **RBAC 121 - Requisitos operacionais: operações domésticas, de bandeira e suplementares**. Retirado de: <<http://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/boletim-de-pessoal/2014/27/anexo-i-2013-rbac-121-emd-03>>. Acessado em 06 de julho de 2018.

Cardoso, R.C; (2006). **Necessidades para o desenvolvimento de uma interface adequada para resultados de ensino-aprendizado bem sucedidos**. Retirado de: <<http://www.abed.org.br/seminario2006/pdf/tc047.pdf>>. Acessado em 03 de julho de 2018

da Silva, C. (2014). **Eventos: Programação Orientada a Eventos**. Retirado de <<http://www.ideiasprogramadas.com.br/evento-programacao/>> Acessado em 03 de julho de 2018.

Ferg, S. (2006). **Event-Driven Programming: Introduction, Tutorial, History**. Retirado de: <[http://Tutorial\\_EventDrivenProgramming.sourceforge.net](http://Tutorial_EventDrivenProgramming.sourceforge.net)>. Acessado em 09 de julho de 2018.

Mathworks (2018). **Ways to Build Apps**. Retirado de: <[https://www.mathworks.com/help/matlab/creating\\_guis/ways-to-build-matlab-guis.html](https://www.mathworks.com/help/matlab/creating_guis/ways-to-build-matlab-guis.html)>. Acessado em 02 de julho de 2018.

Tupolev (2016). **Tu-204-120CE**. Retirado de: <[http://www.tupolev.ru/en/civil\\_aviation/tu-204-120se](http://www.tupolev.ru/en/civil_aviation/tu-204-120se)>. Acessado em 09 de julho de 2018.

## ESTÁGIO CURRICULAR SUPERVISIONADO: UM OLHAR PARA O PROCESSO FORMATIVO POSSIBILITADO POR OBSERVAÇÕES DE AULA

### **Mariele Josiane Fuchs**

Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia Farroupilha – IFFar/*Campus* Santa  
Rosa - RS

### **Cláudia Maria Costa Nunes**

Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia Farroupilha – IFFar/*Campus* Santa  
Rosa – RS

### **Elizangela Weber**

Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia Farroupilha – IFFar/*Campus* Santa  
Rosa - RS

### **Lucilaine Goin Abitante**

Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia Farroupilha – IFFar/*Campus* Santa  
Rosa - RS

**RESUMO:** Esta produção apresenta algumas discussões sobre aspectos intrínsecos à formação inicial de professores decorrentes de percepções a partir dos estágios curriculares supervisionados do curso de Licenciatura em Matemática, de uma instituição do noroeste do estado do RS. Buscou-se evidenciar as aprendizagens construídas pelos licenciandos no Estágio Curricular Supervisionado I com vistas à constituição profissional docente. Para as análises foram utilizados alguns excertos das escritas dos licenciandos produzidas nos relatórios de observações de aula, realizadas em

turmas dos anos finais do Ensino Fundamental. Dessa forma, evidenciou-se que este momento da formação é de extrema importância, visto que os licenciandos demonstraram em seus relatos a pertinência existente entre a teoria desenvolvida no curso de Licenciatura e a prática observada em sala de aula, relações estas que contribuem para a construção da identidade profissional.

**PALAVRAS-CHAVE:** Práticas Pedagógicas; Observação de Aula; Constituição Profissional Docente.

**ESTÁGIO CURRICULAR SUPERVISIONED:  
A GLANCE FOR THE FORMATIVE PROCESS  
MADE POSSIBLE BY OBSERVATIONS OF  
CLASS**

**ABSTRACT:** This production presents some discussions about intrinsic aspects to the initial formation of teachers resulting from perceptions from the supervised curricular estagio of the degree in Mathematics, from an institution in the northwest of the state of RS. The purpose of this study was to highlight the learning acquired by the licenciandos in the Supervised Curricular Internship with a view to the professional teaching profession. For the analyses some were used excerpts of the writings of the licenciandos produced in the reports of class

observations, accomplished in groups of the years die of the Fundamental Teaching. Thus, it was evidenced that this moment of formation is of extreme importance, since the licenciandos demonstrated in their reports the pertinence existing between the theory developed in the course of Degree and the practice observed in the classroom, relations that contribute to the construction of professional identity.

**KEYWORDS:** Pedagogic Practices; Observation of Class; Teaching Professional Constitution.

## 1 | INTRODUÇÃO

Sendo o estágio curricular supervisionado elemento indispensável nos cursos de licenciatura, visto que oportuniza aos licenciandos o primeiro contato com o universo das escolas de educação básica a partir da análise em loco das vivências com os alunos em sala de aula, optou-se por analisar o quão as experiências providas do mesmo são partícipes da construção das aprendizagens que irão contribuir na consolidação do perfil deste profissional em constituição, mais especificamente do profissional docente em Matemática.

Os cursos de licenciatura organizam seus projetos pedagógicos embasados em documentos legais, tais como a Lei nº 11.788 de 25 de Setembro de 2008, no Art. 1 no parágrafo 2º (BRASIL, 2008), o qual pontua que o estágio tem como objetivo promover o aprendizado de competências próprias da atividade profissional e à contextualização curricular, propiciando o desenvolvimento do educando para a vida cidadã e para o trabalho.

Desse modo entende-se que o estágio é mais do que esse momento instrumentalizador, pois é nele que o professor em formação inicial tem a chance de perceber a materialização das temáticas estudadas e discutidas durante a graduação, se constituindo como um momento de testar, comprovar teorias e reformular conceitos.

O referido estudo discorre acerca da análise dos relatos produzidos pelos licenciandos em momentos de observação de aulas de Matemática em turmas dos anos finais do ensino fundamental. Entende-se a importância de estudar a contribuição desta prática com significativa carga horária na organização curricular das licenciaturas e na formação inicial de professores de matemática e suas implicações no processo de constituição deste profissional, bem como as aprendizagens que a ele são proporcionadas.

Cabe salientar que o Estágio Curricular Supervisionado é de 400 (quatrocentas) horas conforme Resolução CNE/CP nº 2, de 19 de fevereiro de 2002, Resolução nº 48/2010 do Conselho Superior e Resolução 13/2014, distribuída entre os semestres do Curso. Todavia, as análises em questão se referem às produções do Estágio Curricular Supervisionado I, o qual se desenvolveu no 5º semestre do curso de Licenciatura em Matemática de uma Instituição do noroeste do estado do Rio Grande

do Sul, no ano de 2017.

O presente trabalho embasou-se em autores que discorrem sobre tal temática, como Pimenta (2012), Zabalza (2014), Marques (2006), bem como nas Diretrizes Curriculares Nacionais (2001) entre outros. Também nos excertos dos relatórios das observações de aula, a partir dos quais foram tecidas reflexões sobre os processos educativos desenvolvidos nos ambientes escolares e suas implicações na formação docente.

## 2 | PRESSUPOSTOS TEÓRICOS

Considerando a pertinência da apropriação do ambiente escolar e, partindo de vivências em que presenciamos processos formativos inerentes ao Estágio Curricular Supervisionado I na formação de professores de Matemática, pretendemos evidenciar alguns aspectos perceptíveis nos relatos de observação de aula dos licenciandos acerca do trabalho desenvolvido por professores na abordagem da Matemática e sobre as aprendizagens decorrentes destas observações em sala de aula, pensando na constituição profissional docente.

Desse modo vale refletir sobre estes fatores e a influência dos mesmos no desenvolvimento do processo de ensino e aprendizagem de Matemática e das práticas de docência dos licenciandos, futuros docentes da educação básica, que terão de experienciar estas realidades desde seus períodos de estágio. No entendimento de Zabalza (2014, p.98):

O período de práticas é especialmente propício para abordar todo o espectro de conhecimentos e competências que pretendemos que nossos estudantes alcancem. O estágio permite contemplar as aprendizagens disciplinares e enriquecê-las mediante a possibilidade de aplicá-las em contextos profissionais reais. Porém, junto a isso, incorporam-se a formação outros elementos que tem a ver com a atitude intelectual, com a capacidade de trabalho em equipe, a capacidade de adaptar-se a situações novas e, às vezes exigentes, a capacidade de comprometer-se e assumir responsabilidades, a capacidade de idealizar e empreender entre outros.

Sendo assim, é importante afirmar a importância que há neste tempo vivido pelos licenciandos, inseridos nos laboratórios vivos que são as escolas, interagindo com todos os segmentos do contexto escolar. Tal experiência torna-se um período em que os elementos constitutivos do *ser docente* (grifo do autor) convergem e divergem numa constante busca de saberes.

Neste sentido, nos fala Marques (2006, p.41) que “aprender não é confrontar-se com os objetos em si, mas com os retalhos dos construtos teóricos anteriores, cuja materialidade é a do significante que importa reprocessar e recombinar (...)”. Portanto, os períodos de estágio supervisionado servem para aproximar os licenciandos do mundo e da cultura da futura profissão à qual possivelmente exercerão, oportunizando experienciar situações que só acontecem no interior das escolas, intervindo nestas realidades e colhendo exemplos para suas ações na



execução da dinâmica pedagógica.

Nas Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação de Professores da Educação Básica, o estágio curricular supervisionado é compreendido como

(...) um tempo de aprendizagem que, através de um período de permanência, alguém se demora em algum lugar ou ofício para aprender a prática do mesmo e depois poder exercer uma profissão ou ofício”, ou seja, “como uma relação pedagógica entre alguém que já é um profissional reconhecido em um ambiente institucional de trabalho e um aluno estagiário (BRASIL, 2001, p. 10).

Pensamos que a leitura, a pesquisa, a reflexão e a investigação da e na prática são alguns dos elementos que constituem o desenvolvimento do profissional da educação matemática. Acreditamos também que quanto mais soubermos acerca das aprendizagens promovidas pelas vivências em estágio, melhor será nossa prática para orientar tais experiências dos licenciandos.

Entendemos que durante o curso de licenciatura os acadêmicos precisam experimentar práticas pedagógicas que mobilizem e produzam os saberes docentes necessários a sua atuação profissional. Nessa direção, as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação de Professores da Educação Básica pontuam que:

Sem a mediação da transposição didática, a aprendizagem e a aplicação de estratégias e procedimentos de ensino tornam-se abstratas, dissociando teoria e prática. Essa aprendizagem é imprescindível para que, no futuro, o professor seja capaz tanto de selecionar conteúdos como de eleger as estratégias mais adequadas para a aprendizagem dos alunos, considerando sua diversidade e as diferentes faixas etárias. (...) É preciso identificar, entre outros aspectos, obstáculos epistemológicos, obstáculos didáticos, relação desses conteúdos com o mundo real, sua aplicação em 11 outras disciplinas, sua inserção histórica. Esses dois níveis de apropriação do conteúdo devem estar presentes na formação do professor (BRASIL, 2001, p. 20-21).

Vale destacar que nas Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação de Professores da Educação Básica é questionado o fato de haver certa supervalorização, para não dizer supremacia, dos conteúdos específicos nas licenciaturas em detrimento aos pedagógicos, neste caso os da Matemática. Acreditamos que a constituição deste novo docente deve lhe propiciar aprender a profissão em um lugar condizente com a realidade onde irá atuar e tal afirmação justifica a proposição legal de incluir 400 horas de estágios nos Projetos Pedagógicos dos Cursos. Tão relevante este tempo que refuta a necessidade de ser investigada a eficácia do mesmo para com a aprendizagem dos futuros docentes de Matemática que irão atuar na Educação Básica do país.

No que tange a experiência pessoal dos estudantes, Zabalza (2014, p.236) diz:

Seja qual for a estrutura e os propósitos formativos do estágio, este tem sempre uma dimensão pessoal que ultrapassa amplamente os objetivos acadêmicos. Um dos aspectos que ganha destaque na experiência do estágio como momento formativo é que se diferencia muito claramente das atividades acadêmicas convencionais: das aulas, dos laboratórios, entre outros.

Com vistas a esta discussão, percebemos ser este um tempo de extrema

importância na formação do licenciando, em que há vivências ímpares na trajetória acadêmica até então percorrida. Fato que novamente reforça a pertinência de buscar elucidar detalhes sobre as aprendizagens construídas a partir destas experiências. Quanto ao estágio ser um promotor do diálogo entre os componentes curriculares do curso de licenciatura, Pimenta (2012, p.56) defende:

Como reflexão sobre as práticas pedagógicas das instituições escolares, o estágio não se faz por si. Envolve todas as disciplinas do curso de formação, constituindo um verdadeiro e articulado projeto pedagógico de formação de professores cuja marca é alavancar o estágio como pesquisa. (...) possibilitando que a relação entre os saberes teóricos e os saberes das práticas ocorra durante todo o percurso da formação, garantindo inclusive, que os alunos aprimorem sua escolha de ser professores a partir do contato com as realidades de sua profissão.

Por vivenciar a oportunidade de participar das orientações dos estágios no curso de Licenciatura em Matemática, podemos afirmar também que nestes momentos ocorre a culminância da interação entre os docentes do curso, sendo iniciado um processo de planejamento e trocas de saberes muito rico. As diferentes áreas do conhecimento agora necessitam dialogar na busca de entendimento das práticas exercidas nas salas de aula pelos acadêmicos, construindo, assim, um entendimento conjunto acerca do desempenho dos estagiários, ao mesmo tempo em que constroem conhecimentos sobre os demais conteúdos trabalhados no curso. Este fato, ano após ano, qualifica a ação pedagógica no curso de Licenciatura em Matemática da instituição em que atuamos como docentes.

### 3 | ANÁLISE DOS EXCERTOS DAS OBSERVAÇÕES DE AULA

No decorrer dos estágios curriculares supervisionados são possibilitados, aos licenciandos, processos de análise comparativa e reflexiva entre o referencial teórico construído ao longo do curso de Licenciatura em Matemática, os documentos oficiais das escolas, as orientações curriculares nacionais e a prática de observação de aula e regência de classe nos níveis fundamental e médio.

As observações de aula, foco da presente escrita, se constituem como uma atividade que permite ao licenciando analisar e refletir sobre os fatores que compõem as vivências em sala de aula, especialmente no que tange o processo de ensino e aprendizagem da Matemática, sendo esta uma percepção destacada pelo excerto de um aluno:

Aluno J: (...) é fundamental estar atento a todas as atitudes, procedimentos, metodologias e relações que acontecem durante uma aula, a fim de compreender as causas e consequências de fatos que interferem na formação integral dos estudantes e, a partir disso, realizar escolhas para a futura atuação docente.

Ao destinarmos um olhar para as escritas dos licenciandos, evidenciamos a preocupação dos mesmos com as práticas pedagógicas atualmente desenvolvidas pelos professores de Matemática nos ambientes escolares. Destacam aspectos que

apontam para posturas dos alunos e professores observados frente ao processo de ensino e a necessidade de inserção de diferentes metodologias para que o processo de aprendizagem de fato ocorra.

Aluno A: Durante as observações de aula pude perceber com bastante frequência que os alunos veem as aulas de matemática como algo muito distante da sua realidade, isso se deve ao fato de que a professora ainda faz muito uso apenas do método tradicional em suas aulas. (...) onde o professor é o transmissor do conhecimento e o aluno é o receptor.

Aluno R: Aulas muito expositivas demonstraram serem cansativas e provocaram a inquietude por parte dos educandos. Quando trabalharam em equipe mostraram-se mais interessados e envolvidos no processo (...).

Aluno L: (...) cremos que uma dose de ousadia é preciso para realmente colocar o protagonismo no aluno. Há muito desinteresse em aprender matemática e isto nos faz pensar que algo está errado. Diante disso o desafio a que nos caberá é provocar e estimular o aluno na construção do conhecimento.

Diante destes excertos podemos notar certa inquietude com as situações visualizadas no espaço da sala de aula, sendo pontuado pelos licenciandos a importância de uma resignificação na elaboração de planejamentos para a efetivação do trabalho docente, considerando que

Aluno J: O ensino é um processo que exige do professor muita atenção e responsabilidade, (...) é extremamente necessário um planejamento que atenda aos eventuais imprevistos, além das particularidades de cada aluno em aprender. Neste contexto, vale ressaltar que cada indivíduo carrega consigo uma trajetória construída historicamente e socialmente, e o professor não pode ignorar tal fato a ponto de considerar que todos aprendem de maneiras iguais.

Por este motivo que o trabalho docente se torna algo complexo, pois sua efetivação depende de vários fatores/aspectos, dentre eles a subjetividade humana. Neste cenário, o professor assume o papel de mediador entre o conhecimento matemático – objeto de saber – e o aluno, sendo necessário estabelecer relações para que os conceitos sejam compreendidos pelo mesmo. Estas relações, por sua vez, estão diretamente implicadas à transposição didática do professor ao desenvolver seu planejamento, à medida que precisa vir ao encontro das expectativas dos alunos em participar de aulas criativas e incentivadoras do aprender.

Com relação à proposição de atividades diferenciadas no processo educativo com a Matemática percebemos que os licenciandos destinam um olhar para os jogos, trabalhos coletivos, momentos para diálogos, considerando a necessidade de processos interacionistas para a construção do conhecimento. Como já dizia Freire (apud ALRø; SKOVSMOSE, 2006, p.14) “(...) dialogar é indiscutivelmente uma forma de interação que é rica em nuances e qualidade”.

Aluno L: (...) tivemos a oportunidade de constatar de forma clara e reveladora que aulas bem planejadas e o trabalho em equipe despertam o interesse e favorecem a aprendizagem.

Aluno R: Em muitos relatórios coloquei como sugestão a utilização de jogos na aula. Assim os alunos participariam com maior interesse pela aula, bem como auxiliariam na aprendizagem. (...) vem como ferramenta para auxiliar o aluno no pensamento desenvolvendo sua criatividade e raciocínio lógico.

Aluno C: Percebe-se que os alunos podem se interessar muito mais se as aulas contarem metodologias diferenciadas, na qual se sintam motivados, apresentando assim, resultados mais satisfatórios na participação das atividades propostas.

Aluno M: Gostaria de dar destaque para as aulas nas quais as professoras incentivavam o diálogo, sempre que possível faziam perguntas sobre o assunto que estavam trabalhando, durante a correção dos exercícios, elas questionavam os alunos sobre o como resolver tal questão e o porquê de tal resultado. Nesses momentos percebi a importância de o professor questionar os alunos quando eles não esperam ser questionados, isso acaba por testar o conhecimento dos estudantes (...).

Cabe destacar a necessidade de interações entre os sujeitos no espaço da sala de aula para que o processo educativo se desenvolva. É preciso propor momentos em que os alunos possam perguntar e realizar debates sobre os conceitos em estudo. Todavia, “(...) para que o aluno realize esse diálogo (...) é fundamental que ele tenha sido instigado e tenha curiosidade em aprender aquilo que está sendo apresentado” (Aluno J).

Neste sentido reafirmamos a importância de haver um planejamento de aulas que propiciem aos alunos serem ativos no processo de construção de saberes, participação esta que permite aos mesmos sentirem-se parte integrante nas ações de aula e não apenas um espectador que, por vezes, assume papéis mecânicos de reprodução de atividades sem sentido, de modo passivo.

Aluno J: A prática de observações de aulas nos coloca diretamente em contato com o funcionamento de uma escola em seu cotidiano. Vivenciar o trabalho que os professores desenvolvem em suas aulas fez refletir sobre uma série de questões que como professores de matemática iremos certamente enfrentar.

(...) conclui-se que a realização do Estágio Curricular Supervisionado I foi uma etapa indispensável na formação inicial de professores para todos os alunos que aceitaram sua proposta e se depararam com realidades, vivências e experiências que afrontaram as ideias inerentes ao processo educativo já construídas em curso. Deste modo, o Estágio promoveu a reflexão sobre os fatores que interferem e contribuem para que os objetivos escolares sejam atingidos e estabeleceu um novo posicionamento frente aos desafios que nos esperam na futura docência.

Este excerto refuta a efetivação dos objetivos do estágio curricular supervisionado em questão, que é inserir-se no ambiente escolar com um olhar crítico relativo à sua formação em licenciatura. Tais vivências propiciam aos licenciandos vislumbrar sua futura ação docente ao observar as aulas acontecendo, momento em que avaliam os conhecimentos construídos ao longo do curso e se colocam no lugar do professor regente da turma. Sendo assim, torna-se possível comparar as orientações que recebem no curso, o que percebem em sala de aula e as concepções profissionais que já foram construídas enquanto futuro docente,

como nos relata o aluno N:

Aluno N: [...] é através dele [Estágio Curricular Supervisionado I] que você cria noções do que realmente é ser educador, é ele quem vai te dar um norte para sua regência de classe posteriormente. Todo esse envolvimento com a instituição de ensino, durante essa estadia, aproxima o acadêmico dessa realidade, onde o mesmo pode visualizar e aproximar com todo referencial teórico aprendido em sala de aula, fazendo relações, observando as necessidades de um planejamento, a importância de conhecer os documentos e o que eles dizem de fato, a importância de uso de metodologias diferenciadas, bem como atividades que provoquem no educando o prazer em aprender, enfim a possibilidade de refletir sobre tudo o que uma instituição de ensino representa para a sociedade.

Ainda sobre as percepções do aluno N, destacamos a riqueza de estar dentro da sala de aula, espaço considerado um laboratório vivo de aprendizagens, sem o qual a formação docente não se efetivaria, pois é neste espaço que se faz possível refletir e agir sobre o aprender a aprender e o aprender a fazer, pilares essenciais à condição humana.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Entendemos o Estágio Curricular Supervisionado como um tempo especial de viver as teorias apreendidas durante o curso de formação, de comparar as mesmas com a realidade e construir assim a identidade docente, sendo que com estas experimentações os licenciandos sentem-se melhor preparados para a atuação profissional.

Neste sentido, o estágio precisa ser visto como um importante elemento na formação do professor, pois dá subsídios para o exercício diário do mesmo. É neste período que o licenciando reconhece as possibilidades de uso do referencial teórico já construído em consonância com reflexões sobre a prática, na busca de melhorias e transformações nos contextos em que irá atuar após a conclusão da licenciatura. Sabedores de que cada turma possui uma realidade diferente, que exige posturas adaptadas às mesmas, que a cada ano são situações novas, sendo exigida do professor muita flexibilidade, constantes atualizações e, dessa forma, mudanças na maneira de desenvolver o seu trabalho.

Frente ao exposto, enquanto docentes em cursos de licenciatura, destacamos a preocupação com ações efetivas que sejam voltadas para a reflexão sobre as aprendizagens construídas na formação inicial dos licenciandos. Assim, é requerido um olhar sensível sobre todos os fatores que estão envolvidos neste espaço/tempo de formação que se constitui na licenciatura, promovendo análises, reflexões, debates, problematizações e sugestões que venham contribuir com questões relevantes a prática pedagógica dos estágios. Salientamos, ainda, que os resultados deste estudo poderão subsidiar os processos formativos desenvolvidos em cursos de Licenciatura, tanto de Matemática quanto de outras áreas.

## REFERÊNCIAS

ALRØ, H.; SKOVSMOSE, O. **Diálogo e Aprendizagem em Educação Matemática**. Belo Horizonte: Autêntica, 2006.

BRASIL. Conselho Pleno. **Parecer CNE/CP 009/2001 de 09 de maio de 2001**. Institui Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação de Professores da Educação Básica, em nível superior, curso de licenciatura, de graduação plena. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/009.pdf>>. Acesso em: 20 out.2018.

BRASIL. Resolução CNE/CP 2/2002, de 19 de fevereiro de 2002. Institui a duração e a carga horária dos cursos de licenciatura, de graduação plena, de formação de professores da Educação Básica, em nível superior. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 2002c. Seção I, p.9.

MARQUES, M. O. **A aprendizagem na mediação social do aprendido e da docência**. 3. ed. rev. Ijuí: Editora Unijuí, 2006.

PIMENTA, S. G. **Estágio e Docência**. 7 ed. São Paulo: Cortez, 2012.

ZABALZA, M. A. **O estágio e as práticas em contextos profissionais na formação universitária**. 1 ed. São Paulo: Cortez, 2014.



## OTIMIZAÇÃO DOS CUSTOS FINANCEIROS DE UMA MADEIREIRA UTILIZANDO PROGRAMAÇÃO LINEAR

### **Brenno Souza de Oliveira**

Instituto Federal da Bahia  
Vitória da Conquista – Bahia

### **Edson Patrício Barreto de Almeida**

Instituto Federal da Bahia  
Vitória da Conquista – Bahia

### **Vitor Miranda Sousa Brito**

Instituto Federal da Bahia  
Vitória da Conquista – Bahia

**RESUMO:** No mundo atual o mercado tem se tornado cada vez mais competitivo. Desta forma, uma empresa deve buscar alternativas de melhoria para a sua gestão, otimizando os seus recursos e mantendo a sua qualidade. Cabe aos seus gestores conciliar essas variáveis dentro das restrições existentes e ainda assim ser capaz de obter bons resultados com o menor custo possível. O presente trabalho apresenta a aplicação da Programação Linear num balanço semestral de uma madeireira na cidade de Vitória da Conquista - BA, tendo como objetivo de minimizar os custos com mão de obra dessa empresa. Para isso, necessita-se da coleta de dados como: número de funcionários, salários por funcionário, quantidade de horas extras, valores de demissão e admissão de funcionários, produtividade diária e mensal de cada funcionário, entre outros e o desenvolvimento de um modelo matemático linear baseado na

Pesquisa Operacional (PO). Com o auxílio da ferramenta Solver, do software Microsoft Excel, serão feitas simulações de diversos cenários e comparadas com o cenário atual da empresa.

**PALAVRAS-CHAVE:** Pesquisa Operacional, Programação Linear, Minimizar Custos, Gestão, Solver.

### OPTIMIZATION OF THE FINANCIAL COSTS OF A WOODWOOD USING LINEAR PROGRAMMING

**ABSTRACT:** Nowadays the market is increasingly becoming more competitive. On this manner, an enterprise must search alternatives to improve management, optimizing ways of keeping quality. It is the manager's role to conciliate this variants inside the restrictions and still be able to obtain good results with the best price possible. The data from this research show the implementation of linear numerical data consisting of a semi-annual balance sheet of a lumber company in Vitória da Conquista with the objective of reducing the cost of the workforce. In this regard, is required some data as: number of employees, salary per employee, overtime work quantities, cost of dismissal and admission of employees, daily and monthly production of each employee, among others and the development of an consistent linear

data based on the mathematical modeling. With the aid of the tool Solver, from the Microsoft Excel software, simulations of diverse scenes will be done compared to the company situation nowadays.

**KEYWORDS:** Operational Research, Linear Programming, Minimize Costs, Management, Solver. .

## 1 | INTRODUÇÃO

O setor da Construção Civil e suas ramificações é reflexo do cenário econômico atual do país. Diante disso, as empresas e construtoras devem sempre buscar informações para garantir maior segurança na tomada de decisões e com isso traçar caminhos para a realização de um planejamento mais assertivo e coerente.

Empregar os conhecimentos matemáticos aos problemas do cotidiano é uma prática indispensável, pois ela condiciona a pensar e criar um senso crítico, trabalhando o raciocínio diante das tarefas que encontramos diariamente. Nesse contexto, apresenta-se um ramo faz uso de modelos matemáticos, estatísticos e de algoritmos na ajuda à tomada de decisões, trata-se da Pesquisa Operacional (PO). Neste trabalho, utilizou-se uma das técnicas da PO denominada Programação Linear, que auxiliará na resolução de expressões lineares.

Segundo Almeida (2015), a Programação Linear é uma das técnicas utilizadas na Pesquisa Operacional, que consiste num método matemático utilizado no processo de tomada de decisão. Ela procura encontrar a melhor solução (solução ótima) para problemas que tenham seus modelos representados por expressões lineares, o que as tornam simples e altamente aplicável.

Os dados foram coletados na Madeireira X (empresa fornecedora de matéria-prima para a Construção Civil), situada em Vitória da Conquista - BA. O empreendimento é voltado exclusivamente para o comércio de madeira, e para atender as demandas da clientela os pedidos são feitos por encomenda. O processo operacional é baseado no uso de máquinas industriais e um quadro de funcionários reduzido. Um dos principais obstáculos para o maior rendimento da empresa é o desperdício de material e o aproveitamento baixo dos recursos humanos.

Nesse contexto, o objetivo do trabalho é minimizar os custos e, conseqüentemente, maximizar o lucro da madeireira em questão. Dessa forma, o problema é retratado em expressões matemáticas que, por sua vez, possui soluções ótimas mediante restrições impostas. Portanto, todas as informações somadas aos conhecimentos obtidos através de um levantamento bibliográfico em sites, artigos, livros, revistas e o auxílio fundamental da ferramenta solver, evidenciaram a aplicabilidade da Programação Linear no sistema produtivo de uma empresa.

## 2 | REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Pesquisa Operacional

O trabalho deve ser digitado no Word for Windows e não deve ser paginado. O título do trabalho em Língua Inglesa deve ser apresentado logo após o título do trabalho em Língua Portuguesa. De acordo com Hillier e Lieberman (2006), o surgimento da Pesquisa Operacional (PO) acontece muitas décadas atrás quando foram realizadas tentativas no emprego de uma abordagem científica na gestão das organizações. O início das atividades em pesquisa operacional é atribuído às atividades militares no começo da Segunda Guerra Mundial. Em meio a guerra, havia necessidade de se alocar de maneira eficiente os recursos cada vez mais escassos das diversas operações militares e atividades internas a cada operação. Dessa forma, os comandos militares britânicos e norte-americanos convocaram o maior número de cientistas para aplicar uma abordagem científica para lidar com este e outros problemas táticos e estratégicos, sendo eles pioneiros no uso da PO. Na prática lhes foi solicitado a realização de pesquisas sobre operações (militares), conseqüentemente, por intermédio dessas pesquisas sobre como melhor administrar operações de comboio e anti-submarinos, esses cientistas desempenharam papel fundamental na vitória da Batalha do Atlântico Norte.

Segundo Marins (2011), PO é uma ciência aplicada que utiliza técnicas científicas conhecidas (ou as desenvolve quando necessário), tendo como ponto de referência a aplicação do método científico. A PO tem a ver, portanto, com a pesquisa científica criativa em aspectos fundamentais das operações de uma organização.

### 2.2 Modelagem Matemática

A matemática deve ser considerada importante não apenas por alguma definição arbitrária ou por possuir aplicações, sua importância deve residir também ao fato dessa ciência ser tão agradável quanto interessante. Nesse contexto, a modelagem pode ser tomada tanto como um método científico de pesquisa quanto como uma estratégia de ensino e aprendizagem. A modelagem matemática consiste na arte de transformar problemas da realidade em problemas matemáticos e resolvê-los interpretando suas soluções na linguagem do mundo real. (BASSANEZI, 2011, p. 17).

Segundo Barbosa (2001), a modelagem matemática é entendida como um ambiente de aprendizagem no qual os alunos são convidados a indagar e/ou investigar, por meio da matemática, situações oriundas de outras áreas da realidade. Estas se constituem como integrantes de outras disciplinas ou do dia-dia; seus atributos e dados quantitativos existem em inúmeras circunstâncias.

## 2.3 Programação Linear

Para Hillier e Lieberman (2006), a programação linear é considerada um dos mais importantes avanços científicos dos meados do século XX. Nos dias atuais essa é uma ferramenta-padrão que poupou muitos milhões de dólares para muitas empresas e acordos comerciais em diversos países industrializados em todo o mundo, como consequência outros setores da sociedade empregou sua utilização. A maior parte de toda a computação científica realizada em computadores é dedicada ao uso da programação linear.

A programação linear usa um modelo matemático para resolver o problema proposto. O termo linear empregado significa que todas as funções matemáticas presentes no modelo são necessariamente funções lineares. A expressão programação, não se refere à programação de computador, ela significa um sinônimo para planejamento. Desta forma, a programação linear utiliza-se de um planejamento de atividades para obter um resultado ótimo que atinja o melhor objetivo entre todas as alternativas possíveis (HILLIER E LIEBERMAN, 2006).

Segundo Marins (2011, p.23), na resolução de um Problema de Programação Linear (PPL) é necessário seguir alguns passos.

O primeiro é a Modelagem do problema, seguindo-se o método de solução do modelo. No caso de um PPL o método mais utilizado é o Método Simplex, que será examinado adiante. Não existem técnicas precisas capazes de permitir o estabelecimento do modelo de um problema, pois a modelagem envolve aspectos de arte, ou seja, pode ser melhorada com a prática e observação. Para modelar uma situação geral é importante se ter experiência e capacidade de análise e síntese. (MARINS, 2011, p.23).

## 2.4 Método Simplex

Para Marins (2011), “O Método Simplex é um procedimento iterativo que fornece a solução de qualquer modelo de PL em um número finito de iterações. Indica, também, se o modelo tem solução ilimitada, se não tem solução, ou se possui infinitas soluções”.

Na aplicação do Método Simplex existem duas etapas, após colocar o modelo de PL na forma-padrão:

1. Teste de Otimalidade da solução ou identificação de uma solução ótima;
2. Melhoria da solução ou obtenção de solução básica viável (s.b.v.) melhor que a atual;

## 2.5 A Ferramenta Solver

Segundo Júnior (2004, p.01), a ferramenta Solver do Microsoft Excel, faz parte de um conjunto de programas que algumas vezes são chamados de ferramentas de análise hipotética.

Com o Solver você pode localizar um valor ideal para uma fórmula em uma célula – chamada de célula de destino – em uma planilha. Ele trabalha com um grupo de células relacionadas direta ou indiretamente com a fórmula na célula de destino, além disso, ajusta os valores nas células variáveis que você especificar – chamadas de células ajustáveis – para produzir o resultado especificado por você na fórmula da célula de destino. Você pode aplicar restrições para restringir os valores que o Solver poderá usar no modelo e as restrições podem se referir a outras células que afetem a fórmula da célula de destino. (JUNIOR, 2004, p.01)

### 3 | METODOLOGIA

O desenvolvimento do presente artigo é fruto de um estudo de modelagem matemática com a utilização da Programação Linear, em que buscou-se solucionar problemas no gerenciamento de custos para o setor produtivo de uma madeireira. O trabalho foi realizado por estudantes e professores de Engenharia Civil, no Instituto Federal da Bahia. Para isso, foi coletado os dados da empresa e, a partir disso, formulada uma função objetivo que se limitasse as restrições lineares do funcionamento fornecidos pelo empreendimento.

A empresa objeto de estudo tem sua sede no sudoeste da Bahia e atua no fornecimento de madeira para o setor da construção civil. Sua produção é baseada em seleções manuais para escolha da madeira e utiliza o auxílio de máquinas para corte e transporte. Desse modo, o seu gerenciamento é feito sem a ajuda de qualquer programa ou *software*, o que torna o processo rudimentar.

A análise foi baseada no processo produtivo deste empreendimento, tratando-se assim de um estudo de caso com a coleta de dados. Ademais, atrelou-se a pesquisa documental que foi executada em diferentes setores da empresa, são eles: departamento de produção para observar a capacidade produtiva de cada funcionário; departamento financeiro com a finalidade de coletar dados referente ao custo com salários e horas extras; e por fim, o departamento de recursos humanos no qual foi mostrado o custo para admissão e demissão. Após a coleta de dados, foi usado o *software Excel* para tabular os valores obtidos com o estudo de caso. Posteriormente, utilizou-se o método Simplex com o auxílio da ferramenta solver para formular uma solução ótima com o intuito de minimizar os custos operacionais sem afetar a produtividade da madeireira.

#### 3.1 Dados da empresa

A seguir estão dispostos os dados que foram cedidos pela madeireira para a realização do estudo.

##### 3.1.1 Dados de custos por funcionário

Os valores que serão apresentados foram cedidos pelo setor financeiro da

empresa e referem-se ao valor de salário mensal pago a cada funcionário, valor pago a cada hora extra de trabalho, valor para admitir cada funcionário e o valor para demitir cada funcionário. Esses valores exibidos na Tabela 1 serão coeficientes da função objetivo “Min Z” apresentada posteriormente.

<b>Custo por funcionário</b>				
<b>Mês</b>	<b>Salário</b>	<b>Valor Extras</b>	<b>Admissão</b>	<b>Demissão</b>
<b>Janeiro</b>	R\$ 954,00	R\$ 8,90	R\$ 436,00	R\$ 1.874,00
<b>Fevereiro</b>	R\$ 954,00	R\$ 8,90	R\$ 436,00	R\$ 1.874,00
<b>Março</b>	R\$ 954,00	R\$ 8,90	R\$ 436,00	R\$ 1.874,00
<b>Abril</b>	R\$ 954,00	R\$ 8,90	R\$ 436,00	R\$ 1.874,00
<b>Mai</b>	R\$ 954,00	R\$ 8,90	R\$ 436,00	R\$ 1.874,00
<b>Junho</b>	R\$ 954,00	R\$ 8,90	R\$ 436,00	R\$ 1.874,00

Tabela 1 – Dados de custos por funcionário

Fonte: Autoria própria

### 3.1.2 Dados do setor produtivo

Na seguinte tabela, são expostos os dados relativos ao setor produtivo da madeireira. Essas informações da Tabela 2 serão objetos das restrições que limitam a função objetivo.

<b>Setor de produção</b>	
Produção individual mensal	24 m <sup>3</sup>
Carga horaria mensal disponível	200 horas
Capacidade máxima produtiva	2560 m <sup>3</sup>
Quantidade máxima de funcionários	12

Tabela 2 – Dados do setor produtivo

Fonte: Autoria própria

A produção individual mensal refere-se à capacidade por funcionário de produzir o volume de madeira que será vendido pela empresa, durante o período de um mês. Além disso, a carga horária mensal disponível está vinculada a quantidade de horas que o funcionário tem à sua disposição para produzir, isto é, a empresa funciona 10 horas por dia, com início das atividades às 07 horas e término às 17 horas e, como produz 20 dias no mês, o total de horas mensais disponíveis é de 200 horas.

A capacidade máxima produtiva refere-se ao limite de produção da empresa quando todas as suas atividades estão em pleno funcionamento, ou seja, a quantidade de funcionário e horas extras não interferem na produção, pois todas as suas máquinas, a disponibilidade de matéria para produção está em seu limite de aproveitamento. Ademais, a quantidade máxima de funcionário que a empresa pode



contratar é o limite de funcionários que podem trabalhar na empresa no mês, devido a questões logísticas.

### 3.1.3 Dados mensais da demanda

Adiante são mostrados os dados das demandas referentes a cada mês do período analisado. A demanda refere à quantidade em volume de madeira que a empresa deve produzir para atender a sua clientela. Essas informações da Tabela 3 serão objeto das restrições da função objetivo.

Demanda mensal da empresa	
Mês	Demanda (m <sup>3</sup> )
Janeiro	260
Fevereiro	230
Março	265
Abril	285
Mai	290
Junho	300

Tabela 3 – Demanda mensal

Fonte: Autoria própria

## 3.2 Função Objetivo

A função objetivo representa o custo operacional da madeireira que deve ser minimizado no período semestral analisado.

$$\text{Min } Z = 954 * \sum_{n=1}^6(\text{funcn}) + 8,9 * \sum_{n=1}^6(\text{hxn}) + 436 * \sum_{n=1}^6(\text{admtn}) + 1874 * \sum_{n=1}^6(\text{dmtn})$$

As variáveis definidas na função fazem referência por:

*funcn* = Quantidade de funcionário no mês *n*.

*hxn* = Horas extras utilizadas no mês *n*.

*admtn* = Funcionários admitidos no mês *n*.

*dmtn* = Funcionários demitidos no mês *n*.

## 3.3 Restrições do modelo matemático

### Restrição 1

As variáveis descritas na função objetivo devem ser não negativas.

$$\text{funcn, hxn, admtn, dmtn} \geq 0, \text{ para } n = 1, 2, 3, 4, 5, 6.$$

### Restrição 2

A capacidade máxima de funcionários que a empresa pode empregar deve ser menor ou igual a 12.

$$funcn \leq 12$$

### Restrição 3

A quantidade de horas extras disponíveis para utilização deve ser menor ou igual ao número de funcionário do mês anterior multiplicado por 20% das horas mensais de funcionamento da empresa.

$$hxn \leq func(n - 1) * 0,2 * 200, \text{ para } n = 2, 3, 4, 5, 6.$$

### Restrição 4

O número de funcionário do mês  $n$  multiplicado por 160 (horas normais de trabalho), somado as horas extras mensais e multiplicado pela capacidade produtiva referente a uma hora de trabalho (0,15 m<sup>3</sup>) deve ser igual a demanda mensal.

$$((funcn * 160) + hxn) * 0,15 = demn$$

demn = Demanda produtiva referente ao mês  $n$

### Restrição 5

A capacidade máxima mensal produtiva da empresa deve ser menor ou igual a 2560 m<sup>3</sup> de madeira.

$$demn \leq 2560, \text{ para } n = 1, 2, 3, 4, 5, 6.$$

## 4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Funcionamento operacional atual da empresa

A seguir estão dispostos na Tabela 4 a quantidade de recursos que a madeireira utiliza para o funcionamento normal das atividades.

Mês	Funcionários	Horas Extras	Funcionários Admitidos	Funcionários Demitidos	Demanda (m³)
Janeiro	12	120	0	0	260
Fevereiro	12	120	0	0	230
Março	12	120	0	0	265
Abril	12	120	0	0	285
Maio	12	120	0	0	290
Junho	12	120	0	0	300

Tabela 4 – Quantidade de recursos utilizados para funcionamento.

Fonte: Autoria própria.

Mês	Funcionários	Horas Extras	Funcionários Admitidos	Funcionários Demitidos	Total
Janeiro	R\$ 11.448,00	R\$ 1.068,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 12.516,00
Fevereiro	R\$ 11.448,00	R\$ 1.068,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 12.516,00
Março	R\$ 11.448,00	R\$ 1.068,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 12.516,00
Abril	R\$ 11.448,00	R\$ 1.068,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 12.516,00
Maio	R\$ 11.448,00	R\$ 1.068,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 12.516,00
Junho	R\$ 11.448,00	R\$ 1.068,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 12.516,00
				Total	R\$ 75.096,00

Tabela 5 – Custos gastos com gerenciamento atual

Fonte: Autoria própria.

De acordo com a Tabela 4, verifica-se que a madeireira faz uma combinação de horas normais e horas extras no semestre analisado. No entanto, é possível perceber também que existem variações nas demandas referentes cada mês, logo a empresa necessita adequar seus recursos de modo continuar atendendo suas demandas, pois conforme o quadro atual, ora o funcionário trabalha freneticamente, outrora fica ocioso.

## 4.2 Resultado otimizado

A Tabela 6 apresenta o resultado ótimo para obter melhor aproveitamento dos recursos humanos, respeitando todas as restrições anteriormente impostas e levando em consideração as demandas mensais relativas a cada mês do período analisado.

Mês	Funcionários	Horas Extras	Funcionários Admitidos	Funcionários Demitidos	Demanda (m³)
Janeiro	11	0	0	1	260
Fevereiro	11	0	0	0	230
Março	11	7	0	0	265
Abril	12	0	1	0	285
Maio	12	13	0	0	290
Junho	12	80	0	0	300

Tabela 6 – Resultado ótimo para aproveitamento dos recursos

Fonte: Autoria Própria.

Mês	Funcionários	Horas Extras	Funcionários Admitidos	Funcionários Demitidos	Total
<b>Janeiro</b>	R\$ 10.494,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 1.874,00	R\$ 12.368,00
<b>Fevereiro</b>	R\$ 10.494,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 10.494,00
<b>Março</b>	R\$ 10.494,00	R\$ 62,30	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 10.556,30
<b>Abril</b>	R\$ 11.448,00	R\$ 0,00	R\$ 436,00	R\$ 0,00	R\$ 11.884,00
<b>Mai</b>	R\$ 11.448,00	R\$ 115,70	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 11.563,70
<b>Junho</b>	R\$ 11.448,00	R\$ 712,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 12.160,00
				Total	R\$ 69.026,00

Tabela 7 – Custos gastos com a solução ótima

Fonte: Autoria própria

O custo atual para o funcionamento normal das atividades produtivas da madeireira é de R\$ 75.096,00, conforme a Tabela 5 descreve. Por outro lado, a solução otimizada do problema, conforme é exposto na Tabela 7, aponta um custo real de R\$ 69.026,00, incluindo as despesas para contratar e demitir funcionários. Esse resultado viabiliza uma economia de R\$ 6.070,00 o que equivale a 8,08% do custo real a empresa.

A solução aponta para a redução de um funcionário no primeiro trimestre, atrelado a uma pequena quantidade de horas extras. A medida que, no segundo semestre, é contratado um funcionário para atender a demanda e, ainda assim, são utilizadas horas extras para complementar as horas de produção. Durante esse período foram realizadas apenas (01) uma demissão e (01) uma contratação e, a ao mesmo tempo, foram usadas um total de (100) cem horas extras.

## 5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

O mercado competitivo, a grande concorrência e os altos custos de produção tornam essencial uma análise criteriosa das empresas a fim de alcançar maiores lucros. Dessa forma, a busca por redução de custos deve ser incansável para garantir um maior desempenho. É nesse sentido que a Programação Linear (PL) se tornou útil para auxiliar nessa finalidade. Ela juntamente com a ferramenta Solver, indicou qual seria a melhor decisão a ser tomada com relação ao arranjo no quadro de funcionários e, com isso, foi possível perceber quando seria vantajoso demitir, contratar ou pagar horas extras, eliminando custos desnecessários a empresa.

A falta de informação ou a renúncia dos recursos disponíveis como as ferramentas de Programação Linear, acabam impedindo as empresas de usufruir com maior eficiência do seu processo produtivo, tornando utópico o desejo por maiores lucros.

Tomando todos os dados e análises obtidas, pôde-se perceber que a programação linear com o auxílio do solver pode ser utilizado pela Madeireira X

para uma otimização do seu sistema produtivo. De todo modo, deve ser levado em consideração que o estudo se limitou apenas a uma amostra referente ao período de 1 semestre de produção, cabendo um estudo mais longo para determinar resultados mais precisos.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, E. P. B. **Introdução à Programação Linear: uma proposta de ensino e aprendizagem para alunos do ensino médio**. Dissertação (Mestrado). UESB. Vitória da Conquista, 2015.

BARBOSA, J. C. **Modelagem matemática e os professores: a questão da formação**. Bolema, Rio Claro, n. 15, p. 5-23, 2001.

BASSANEZI, R. **Ensino-Aprendizagem com Modelagem Matemática: uma nova estratégia**. São Paulo, SP: Contexto, 2011.

HILLIER, F. S.; LIEBERMAN, G. J. **Introdução À Pesquisa Operacional**. 8ª Edição. São Paulo: McGrawHill Interamericana do Brasil Ltda. 2006.

JÚNIOR, A.C. G; SOUZA, M.J.F. **Solver (Excel): Manual de referência**. Disponível em: [http://www.decom.ufop.br/marcone/Disciplinas/OtimizacaoCombinatoria/solver\\_p.pdf](http://www.decom.ufop.br/marcone/Disciplinas/OtimizacaoCombinatoria/solver_p.pdf). Acesso em: 29 de abril de 2018.

MARINS, Fernando Augusto Silva. **Introdução à Pesquisa Operacional**. São Paulo: 4 Cultura Acadêmica: Universidade Estadual Paulista, Pró-Reitoria de Graduação, 2011.

## ESTUDO ATUALIZADO E ABRANGENTE DAS APLICAÇÕES PRÁTICAS DE GEOPROSPECÇÃO ELÉTRICA

**Pedro Henrique Martins**

IFTO – Instituto Federal do Tocantins  
Palmas - TO

**Antonio Marcelino da Silva Filho**

IFTO – Instituto Federal do Tocantins  
Palmas - TO

**Kaisson Teodoro de Souza**

IFTO – Instituto Federal do Tocantins  
Palmas - TO

**Márcio Augusto Tamashiro**

IFTO – Instituto Federal do Tocantins  
Palmas - TO

**Humberto Rodrigues Macedo**

IFTO – Instituto Federal do Tocantins  
Palmas - TO

**RESUMO:** O objetivo deste trabalho é realizar estudo bibliográfico acerca das aplicações práticas de geoprospecção elétrica como técnica de estudo do solo, a fim de apontar tendências e demonstrar a importância desta metodologia de investigação do solo para as engenharias. Verificou-se a importância da geoprospecção elétrica para as Engenharia Elétricas, Civil, de Minas e petróleo, bem como forte tendência de aplicação desta técnica no levantamento de características físico-químicas do solo na Agricultura de Precisão.

**PALAVRAS-CHAVE:** Aterramentos Elétricos, Agricultura de Precisão, Geoprospecção

Elétrica, Método de *Wenner*.

### UPDATE AND EMBRACING STUDY OF THE PRACTICAL APPLICATIONS OF ELECTRICAL GEOPROSPECTION

**ABSTRACT:** The objective of this paper is to carry out a bibliographic study on the practical applications of electrical geoprospection as soil study technique, to indicate tendencies and demonstrate the importance of this soil research methodology for engineering. It was verified the importance of electrical geoprospection for the Electrical, Civil, Mining and Petroleum Engineering, as well as a strong application tendency of this technique in the survey of physical-chemical characteristics of the soil in Precision Agriculture.

**KEYWORDS:** Electrical Groundings, Precision Agriculture, Electrical Geoprospecting, *Wenner* Method.

### 1 | INTRODUÇÃO

Nas áreas relacionadas ao estudo do solo, como em qualquer outro ramo do conhecimento técnico-científico, surgem subdivisões ou especializações, pois, qualquer objeto de estudo deve ser interpretado de diferentes linhas de raciocínio para que os estudiosos



possam melhor observar e desenvolver suas teorias. Atualmente, existem várias especialidades relacionadas com os estudos do solo, a maior parte visando soluções de problemas práticos (SILVA FILHO, 2016).

No ambiente geológico, os diferentes tipos litológicos existentes apresentam como uma de suas propriedades fundamentais o parâmetro físico resistividade elétrica, o qual reflete algumas de suas características, servindo para caracterizar seus estados e termos de alteração e até identificá-los litologicamente, sem necessidade de escavações físicas (mais caras e demoradas) (BRAGA, 2005).

Uma rocha condutora de corrente elétrica pode ser considerada como sendo um agregado com estrutura de minerais sólidos, líquidos e gases, na qual sua resistividade elétrica é influenciada por: (a) resistividade dos minerais que formam a parte sólida, (b) resistividade dos líquidos e gases que preenchem os poros, (c) umidade, (d) porosidade, (e) textura e (f) forma e distribuição de seus poros (VISACRO FILHO, 2002).

Neste trabalho é apresentado estudo abrangente das principais aplicações práticas da Geoprospeção Elétrica associada a estudo do solo em Engenharia Elétrica, Engenharia Civil, Engenharia de Minas e Agricultura de Precisão.

## 2 | GEOPROSPECÇÃO ELÉTRICA

A condutividade elétrica é uma propriedade intrínseca de todo material condutor de corrente elétrica. Em Geoprospeção, o condutor é o solo, no qual a corrente elétrica circula graças à presença de sais livres na solução do solo (fase líquida) e devido aos íons trocáveis na superfície das partículas (FRIEDMAN, 2005) (SILVA FILHO, 2016).

Segundo Telford et al. (1990) o método da eletrorresistividade baseia-se no estudo do potencial elétrico, tanto dos campos elétricos naturais, como dos campos artificialmente provocados. A partir de medições do potencial elétrico na superfície do terreno pode-se determinar, no subsolo, a existência de corpos minerais, reconhecer estruturas geológicas e caracterizar camadas.

Um dos conceitos mais importantes na prospecção geoelétrica é o da resistividade aparente. Os dados físicos, medidos em um levantamento de campo de eletrorresistividade, são a corrente  $I$ , emitida através de dois eletrodos de corrente A e B, e a diferença de potencial  $\Delta V$ , medida entre dois eletrodos de potencial M e N, intermediários à A e B. A partir destes parâmetros é possível obter a resistividade. Se existisse um terreno homogêneo e isotrópico, esta resistividade seria constante para qualquer disposição de eletrodos que fossem utilizados nas medições. Na prática, esta condição de homogeneidade é muito rara, daí se tem a necessidade da estratificação do solo, representando o solo por camadas onde cada camada é uniforme e tem um valor de resistividade e espessura.

## 2.1 Técnicas de Geoprospecção

As técnicas de desenvolvimento de campo dos métodos geoeletricos podem ser de três tipos principais: sondagem, caminhamento elétrico e perfilagem (Figura 1). A diferença básica entre estas técnicas, está no procedimento de campo para se obter o parâmetro físico a ser estudado, ou seja, na disposição dos eletrodos na superfície do terreno ou interior de furos de sondagens e a maneira de desenvolvimento dos trabalhos para se obter os dados de campo, ligada aos objetivos da pesquisa (BRAGA, 2005).

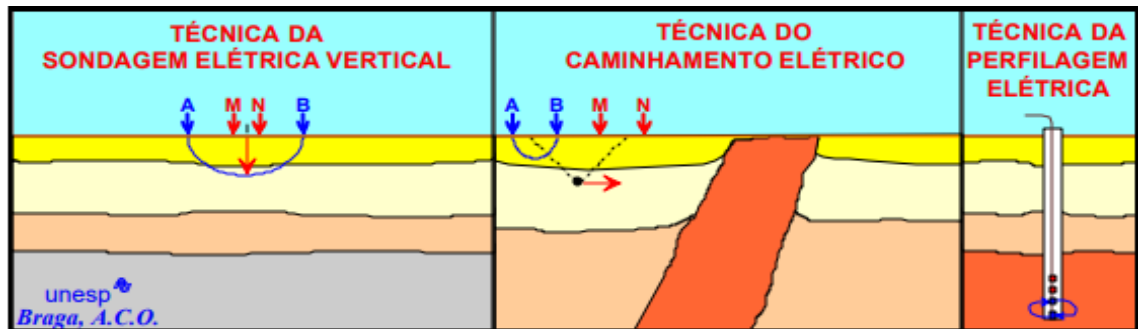


Figura 1: Principais técnicas de campo dos métodos geoeletricos (BRAGA, 2005).

- Sondagem Elétrica Vertical (SEV)

É uma investigação vertical das propriedades de um parâmetro físico com a profundidade, efetuadas na superfície do terreno a partir de um ponto fixo (investigações verticais – pontuais).

- Caminhamento Elétrico (CE)

É uma investigação lateral das variações de um parâmetro físico, a uma ou mais profundidades determinadas, efetuadas na superfície do terreno (investigações horizontais).

- Perfilagem Elétrica (PERF)

É uma investigação lateral e vertical das variações de um parâmetro físico, efetuadas no interior de furos de sondagens mecânicas.

Existem dois tipos principais de arranjos de campo para o desenvolvimento da técnica da SEV: *Schlumberger* e *Wenner* (BRAGA, 2005).

No arranjo *Wenner* (Figura 2), os quatro eletrodos apresentam uma separação 'a' crescente e constante durante todo o desenvolvimento do ensaio, sendo deslocados simultaneamente, mantendo sempre a relação:  $AM = MN = NB = a$ , e o centro do arranjo permanece fixo. No arranjo *Schlumberger*, enquanto os eletrodos de corrente A e B apresentam uma separação crescente em relação ao centro do arranjo, os eletrodos de potencial M e N permanecem fixos durante o desenvolvimento da medição.

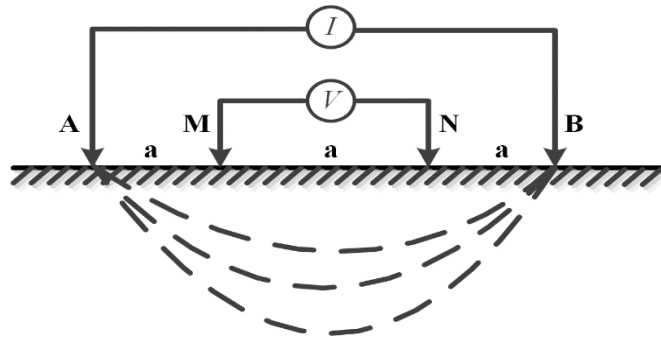


Figura 2: Método de *Wenner*.

A técnica do caminhamento elétrico se baseia na análise e interpretação de um parâmetro físico, obtido a partir de medidas efetuadas na superfície do terreno, investigando, ao longo de uma seção, sua variação na horizontal, a uma ou mais profundidades determinadas.

Os resultados obtidos se relacionam entre si através de mapas (a uma ou mais profundidades determinadas), ou de seções (com várias profundidades de investigação – vários níveis de investigação).

Existem várias modalidades de arranjo de campo no desenvolvimento desta técnica. Um dos arranjos mais tradicionais e importantes é o arranjo dipolo-dipolo, ilustrado na Figura 3. Uma de suas vantagens reside no fato de que o estudo da variação lateral pode ser efetuado em vários níveis de profundidades, obtendo-se uma caracterização das subsuperfícies tanto horizontalmente como verticalmente. Esta característica do dipolo-dipolo é importante, por exemplo em estudos ambientais, onde a caracterização de uma pluma de contaminação pode ser estudada tanto horizontalmente como verticalmente.

A Figura 3 ilustra a disposição inicial desse arranjo ao longo de uma linha a ser estudada. Pode-se observar vários dipolos MN, em relação ao dipolo AB, representando um nível de investigação. Portanto, quanto mais dipolos de MN forem instalados, maior será a produtividade de investigação. Entretanto, deve-se ressaltar que, como nesse tipo de arranjo o potencial diminui sensivelmente à medida que nos afastamos do dipolo AB, as leituras mais afastadas se tornarão difíceis de serem obtidas com precisão (PINTO et al, 2013).

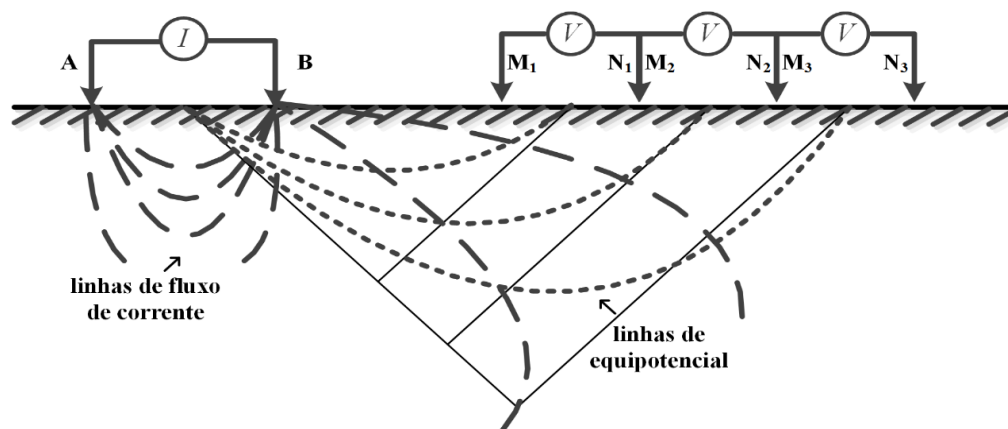


Figura 3: Exemplo de caminhamento, arranjo elétrico dipolo-dipolo.

A técnica de perfilagem elétrica é utilizada no interior de furos feitos anteriormente a utilização do equipamento. Com a perfilagem elétrica pode-se caracterizar e localizar as formações do solo como mole/macias e duras, zonas de fraturas, fissuras ou cavidades.

### 3 | METODOLOGIA

A metodologia empregada neste trabalho foi a pesquisa bibliográfica em acervos digitais e físicos, pesquisas em artigos, monografias, dissertações de mestrado e teses de doutorado a respeito de aplicações práticas de geoprospecção elétrica. Realizou-se levantamento de trabalhos realizados em âmbito nacional e internacional a fim de verificar as tendências de utilização desta técnica de investigação do solo nas diversas áreas do conhecimento.

## 4 | APLICAÇÕES PRÁTICAS DE GEOPROSPECÇÃO ELÉTRICA

### 4.1 Aplicação da Geoprospecção Elétrica na Engenharia Civil

A construção de obras civis exige o conhecimento de determinadas características geotécnicas e ambientais do local de interesse. Para o desenvolvimento de um empreendimento urbanístico, é necessária a elaboração de levantamentos geotécnicos detalhados no intuito de se obter informações essenciais a respeito do solo e da subsuperfície. (Silva, 2011).

Em um estudo realizado por CAMARGO (2015), podemos ver a técnica da geoprospecção sendo aplicada com o intuito de avaliar o solo de uma determinada região, foi utilizada a técnica de caminhamento elétrico, com o arranjo dipolo-dipolo.

Para esse trabalho foi separado a área desejada em 12 linhas (L1 – L12) onde deveria ser realizada a técnica do caminhamento elétrico em todas elas, as linhas foram dispostas com 710 m, 835 m, 715 m, 595 m, 595 m, 595 m, 585 m, 475 m, 235 m, 235 m, 160 m, e 180 m, respectivamente e com um espaçamento de

aproximadamente 50 m entre as linhas 1 a 8. As linhas L9 a L12 foram posicionadas entre as linhas L4 e L5, L6 e L7, L2 e L3 e L1 e L2, respectivamente. Essas linhas que possuem o comprimento menor foram posicionadas entre duas linhas maiores, onde poderia aparecer algum tipo de anomalia para poderem ser analisadas mais detalhadamente. Após a coleta dos dados foi utilizado um software para simular os dados coletados e elaborar um modelo 2D da subsuperfície e já com os dados da topografia inseridos. A Figura 4 apresenta a simulação do caminhamento da linha L5, pois verifica-se todos os aspectos envolvidos da geoprospecção.

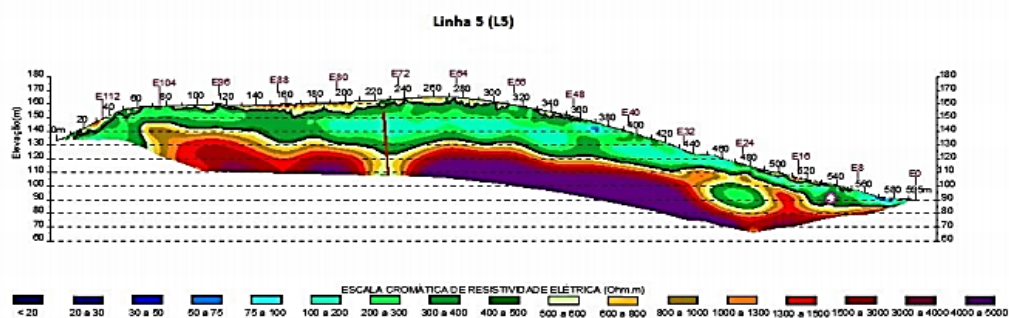


Figura 4: Seção de resistividade elétrica - caminhamento da linha 5 (L5).

O topo rochoso está indicado pelo traçado preto; as anomalias indicando presença de matações aparecem delimitadas por um traçado em magenta; e as regiões interpretadas como compostas por areias secas foram delimitadas por um traçado azul marinho. O traço vertical em vermelho indica uma falha inferida. E no fim pode ser definida os materiais presentes na subsuperfície do terreno, assim identificando os riscos e/ou vantagens da construção de um empreendimento naquele lugar.

O trabalho de Xavier (2010) mostra a aplicação da Geofísica Elétrica aplicada a Geotecnia para investigação de estabilidade de taludes, foram realizados estudos geoeletricos através da técnica do caminhamento elétrico (CE) e sondagem elétrica vertical (SEV) com a finalidade de determinar as camadas, indicar a presença de blocos, posição das rochas, possíveis planos de escorregamento, o nível do lençol freático e o fluxo subterrâneo. O estudo teve início após um escorregamento na área e um interesse de uma empresa local em determinar possíveis riscos de deslizamentos e determinar as ações a serem tomadas a curto, médio e longo prazo.

#### 4.2 Aplicação da Geoprospecção Elétrica na Engenharia de Minas

A aplicabilidade da prospecção geoeletrica na área de minas é ampla e podem ser utilizados de diversas formas com finalidades distintas, como os estudos realizados por Moreira e Ilha (2011) testando métodos geofísicos da eletrorresistividade com a técnica do caminhamento elétrico e o arranjo azimutal, com o objetivo de caracterizar

zonas mineralizadas por carbonato de cobre. O trabalho ocorreu na bacia sedimentar do Camaquã, formada por sequências estratigráficas sedimentares e vulcanogênicas, no sul do Rio Grande do Sul.

Moreira et al. (2006) apresenta um estudo sobre a aplicação da técnica de caminhamento elétrico em uma área industrial contaminada por benzeno, tolueno, xileno, 1,2 dicloroetano e sais inorgânicos. Levantamentos geofísicos em áreas impactadas por derivados de petróleo demonstram distúrbios nos valores de resistividade elétrica, confirmadas como fase contaminante por meio de análises químicas. Esta informação pode refletir processos de degradação, associado ao tempo de residência de contaminantes no meio, por meio da geração de subprodutos que alteram as propriedades físicas do meio, principalmente pela dissolução mineral por ação de ácidos orgânicos e pela neoformação de minerais de óxidos e hidróxidos de ferro.

O trabalho de Moreira et al. (2012) foi desenvolvido numa ocorrência de cobre na Colônia Santa Barbara, localizada a nordeste de Caçapava do Sul-RS, pesquisada pelo DNPM em 1965. O uso combinado de dados diretos e indiretos resultou no avanço dos conhecimentos acerca da ocorrência mineral estudada. A aplicação dos métodos de resistividade com a técnica do caminhamento elétrico, permitiu determinar regiões com predomínio de elevados valores de cargabilidade e baixos valores de resistividade na área de tufos vulcânicos, indicam também a presença de sulfeto disseminado.

Braga (2007) apresenta um trabalho sobre os diversos usos da geoprospecção elétrica com o intuito de analisar os aquíferos subterrâneos seja pelo estudo de captação e contaminação dos mesmos, ele faz uma análise detalhada dos usos das diversas técnicas de geoprospecção e como utilizar essas técnicas analisando os melhores lugares para serem realizados.

### **4.3 Aplicação da Geoprospecção Elétrica na Agricultura de Precisão**

O uso da geoprospecção na agricultura é utilizado para verificar a condutividade e a saturação do solo. A vinhaça é um subproduto da destilação do álcool, é muito utilizado como fertilizantes em algumas plantações de cana de açúcar, pois é rico, principalmente, em potássio, sódio, magnésio e cálcio. Entretanto o excesso de vinhaça pode causar a contaminação do solo e dos afluentes subterrâneos (BORTOLIN 2014).

Em estudos realizados por Silva et al (2015) foi utilizado o método da geoprospecção para avaliar o nível de contaminação da vinhaça no solo, aplicando-se o arranjo de *Wenner*. Foram coletados três tipos de solo para verificar a eficiência do método, e partes da amostra coletada foi separada para realização de testes. As amostras foram colocadas em recipientes com 4 hastes em suas bordas para utilizar o método da geoprospecção. Em seguida diferentes percentuais de vinhaça foram



aplicados enquanto mensurou-se os valores de condutividade elétrica com relação a saturação do solo com vinhaça. Esta ocorreu quando o conteúdo de vinhaça foi a metade do conteúdo do solo com vinhaça ou seja 50% de vinhaça presente no solo. Os resultados apresentaram aumento no valor de condutividade elétrica do solo, com aplicação da vinhaça. Concluiu-se que este método de prospecção geoeletrico pode ser utilizado para monitoramento do solo.

O trabalho de Silva Filho (2016) apresenta correlação entre a umidade, teor de argila e compactação do solo com os valores de resistividade elétrica obtidos por meio de geoprospecção elétrica. É possível identificar o teor de argila do solo desde que se conheça *a priori* o teor de umidade e compactação. Outra contribuição deste trabalho foi o mapeamento da resistividade elétrica do solo de determinada região através da técnica do caminhamento elétrico. Através deste mapeamento, identificou-se regiões de mesma resistividade e, conseqüentemente, regiões do solo com mesmas características físico-químicas. De posse desta superfície contendo as isopotenciais mapeadas e georreferenciadas, é possível proceder a coleta sobre as regiões de mesma resistividade e, partindo do pressuposto de que resistividades iguais tem características físico-químicas iguais, reduzir consideravelmente a quantidade de coleta de amostras de solo a serem analisadas em laboratórios. Desta forma, desonerando na tomada de decisão de como e quando intervir com insumos, defensivos e irrigação na área agricultável.

Godoi (2016) apresenta uma metodologia, em bancada laboratorial, que se utiliza do arranjo de *Wenner*, para estudos de condutividade elétrica do solo, sob efeito de alguns dos mais comuns tipos de fertilizantes, utilizados na agricultura: NPK-05:30:15, NPK-20:00:20, sulfato de amônia, e ainda o calcário. Os resultados dos estudos apontam que há um período indicado para a realização eficaz de tais testes, que visem a produção de mapas e que possibilitem estudos de avaliação da distribuição destes aditivos na área sob teste.

#### 4.4 Aplicabilidade da Geoprospecção Elétrica na Indústria do Petróleo

As pesquisas atuais indicam uma forte tendência para o uso da geoprospecção elétrica como métodos para a exploração de hidrocarbonetos em perspectiva offshore, além de ser um método que possui um certo nível de confiança e pouco nível de complexibilidade, ainda é pouco utilizado pois há certa dificuldade no uso das técnicas comuns da geoprospecção elétrica em meio marítimo.

O trabalho de Marineko & Epov (2016), dá uma visão sobre os métodos utilizados para exploração de depósitos de hidrocarbonetos em perspectiva offshore, além de mostrar a técnica mais utilizada e desenvolver métodos e equipamentos para a utilização da prospecção elétrica marítima, permitindo assim, uma confiança nos resultados adquiridos e uma diminuição da complexidade do método utilizado.

A pesquisa realizada por Afanasenkov & Yakovlev (2017), estuda o potencial

do uso da técnica da geoprospecção elétrica na exploração de jazidas de petróleo e gás e ainda demonstra um meio para utilizar as duas técnicas (geoprospecção elétrica e sísmica) em conjunto. É um estudo realizado na margem norte da Plataforma Siberiana e mostra os resultados dos últimos 12 anos de pesquisa naquela região.

#### **4.5 Aplicabilidade da Geoprospecção Elétrica na Engenharia Elétrica**

Na Engenharia Elétrica, o conhecimento do comportamento dos parâmetros elétricos do solo é de grande importância para o correto dimensionamento das malhas de aterramento elétrico dos sistemas de energia. Para que as instalações elétricas operem adequadamente, com desempenho seguro do sistema de proteção, é fundamental que o quesito aterramento tenha atenção especial (KINDERMANN, 1998).

O trabalho de Silva Filho et. Al. (2018) apresenta estudo sobre a influência do concreto em um sistema de aterramento. Para isto, foram construídos alguns protótipos de aterramento com hastes envolvidas por concreto de diferentes tamanhos e espessuras. Um dos motivos do uso do concreto em um sistema de aterramento está no fato dele ser um material higroscópico, com grande capacidade de absorver umidade rapidamente e liberar lentamente. Independente da aplicação do sistema de aterramento elétrico, a resistividade elétrica do solo é uma grandeza física importante no desenvolvimento de um projeto de aterramento elétrico. A elaboração de sistemas de aterramento pode se tornar mais complexa quando o solo da região apresentar um elevado valor de resistividade elétrica. Nos últimos anos vários métodos e técnicas têm sido desenvolvidas para melhorar o desempenho dos sistemas de aterramento. Um desses métodos consiste em envolver o sistema de aterramento em concreto. Este método é conhecido como aterramento UFER e foi empregado pela primeira vez, em 1941, pelo engenheiro Herb Ufer.

## **5 | RESULTADOS E DISCUSSÕES**

O levantamento bibliográfico realizado nesta pesquisa demonstra a importância e a gama de aplicabilidade dos métodos geoeletricos para investigação do solo em diversas áreas. Verificou-se que a Geoprospecção Elétrica tem sido utilizada como ferramenta de pré-diagnóstico na investigação do solo, por se tratar de uma técnica de investigação rápida, prática e não invasiva no solo.

Observou-se a relevância da Geoprospecção Elétrica aplicada em sistemas de aterramentos elétricos para o seu correto dimensionamento e para o desenvolvimento da eficiência dos sistemas de aterramentos elétricos das instalações.

### **5.1 Tendências do uso da Geoprospecção elétrica na Engenharia Civil**

Durante o estudo realizado pode ser observado uma forte tendência do uso

das técnicas da geoprospecção elétrica para a área da construção civil, seja para analisar as condições do solo para um futuro empreendimento ou para avaliar possíveis movimentações de massa em um determinado local. Vale lembrar que todo empreendimento deve ser feito o estudo do terreno e uma das maneiras para realizar isso é a geoprospecção, pois a técnica pode mostrar problemas ocultos e massas rochosas presente no interior da área a ser estudada.

## **5.2 Tendências do uso da Geoprospecção elétrica na Engenharia de Minas**

Podemos observar que a Geoprospecção Elétrica é bastante utilizada nessa área para a exploração mineral, pois, cada tipo de material tem uma diferente resistividade e com isso pode se estimar o percentual de minérios de um local e saber qual minério será encontrado na área em questão, e também é bastante utilizada para localizar possíveis aquíferos subterrâneos e pode ser utilizada para determinar o nível de contaminação desses aquíferos proveniente de resíduos derivados do petróleo.

## **5.3 Tendências do uso da Geoprospecção na Agricultura de precisão**

A tendência do uso da Geoprospecção Elétrica nessa área é o estudo do solo, para identificar possíveis excessos, seja de fertilizantes ou do próprio material natural da região e com isso é possível identificar problemas no solo antes de realizar o plantio, dessa forma é possível identificar a melhor área para a plantação e definir as características físico-químicas do solo para o plantio de determinado produto.

## **5.4 Tendências do uso da Geoprospecção na Indústria do Petróleo**

As pesquisas atuais indicam um aumento no uso da Geoprospecção Elétrica na indústria do petróleo e indicam as vantagens no uso de possíveis técnicas com a finalidade de investigar poços petrolíferos seja em terra ou mar.

## **5.5 Tendências do uso da Geoprospecção na Engenharia Elétrica**

O uso da Geoprospecção Elétrica na área da engenharia elétrica se resume a aterramentos elétricos, atualmente há estudos sobre o uso do concreto como uma forma de melhorar o desempenho do aterramento, assim melhorando o escoamento da energia para o aterramento em locais onde a resistência do solo é elevada.

# **6 | CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Pode ser observado que o método da Geoprospecção Elétrica é muito utilizado em diversos campos, para avaliar as características físico-químicas do solo, verificar a condição do terreno para a construção de algum empreendimento, detectar jazidas de minerais, estimar o nível de poluição presente no solo e a ocorrência de falhas geológicas e verificar a presença de afluentes e aquíferos subterrâneos. Além de ser

um método bastante eficiente, não tem tanto custo como outros métodos de avaliar as condições do solo.

## REFERÊNCIAS

- AFANASENKOV, A. P.; YAKOVLEV, D. V. **Application of electrical prospecting methods to petroleum exploration on the northern margin of the Siberian Platform.** *All-Russian Research Geological Oil Institute, shosse Entuziastov 36, Moscow, 105118.* Russia, 2017.
- BEZERRA, S. R. C. **Avaliação de sistemas de aterramento considerando a utilização de condutores e hastes envolvidas em concreto,** Dissertação (Mestrado em Ciências). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.
- BORTOLIN, J. R. M. **Métodos geoeletricos empregados na caracterização e monitoramento de anomalias inerentes à infiltração controlada de vinhaça.** Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente). Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2014.
- BRAGA, A. C. O. **Método geoeletricos aplicados: módulo: hidrogeologia.** Universidade estadual paulista- UNESP, 2005.
- BRAGA, A. C. O. **Método geoeletricos aplicados no estudo de captação e contaminação das águas subterraneas.** Universidade estadual paulista- UNESP, 2007.
- CAMARGO, M. M. **Modelagem geoeletrica para apoio em investigação geotécnica do subsolo na região de Cachoeiro de Itapemirim – ES.** TCC UNICAMP 2015
- CAMPOS, A. F. **Utilização de método geoeletricos na caracterização de rochas fraturadas. Estudo de caso nos arenitos do grupo itararé – bacia do paraná.** Curitiba, 2004.
- DOBRIN, M. B. **Introdução à prospecção geofísica** (3a ed., Pp. 25-56, 292-336, 568-620). Nova York: McGraw Hill Book C. (1976).
- FRIEDMAN, S. P. **Soil properties influencing apparent electrical conductivity: a review.** [S.l.]: *Computers and Electronics in Agriculture*, 2005.
- GODOI, F. F. F. **Estudo de Método Geoeletrico, para ser utilizado em área agrícola, para produzir mapeamento da aplicação de fertilização química do solo.** Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Sustentáveis) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Goiânia, 2016.
- KINDERMANN, G. **Aterramento elétrico.** 4 ed; Porto Alegre: Editora Sagra, 1998;
- MARINEKO, A. V.; EPOV, M. I. **Subsurface geoelectric array with two transmitters for petroleum exploration in offshore areas.** *A. A. Trofinuk intitute of petroleum Geology and Geophysics, Siberia Branch of the Russian Academy of Sciences.* 2016.
- MOREIRA, C. A.; ILHA, L. M. **Prospecção geofísica em ocorrência de cobre localizada na bacia sedimentar do camaquã (RS).** Rem: Revista Escola de Minas, Escola de Minas, p. 305–311, 2011.
- MOREIRA, C. A. et al. **Geoelectrical prospecting of disseminated sulfide mineral occurrences in camaquã sedimentary basin, Rio Grande do Sul state, Brazil.** Revista Brasileira de Geofísica, v. 30, n. 2, 2012.
- MOREIRA, C. A.; DOURADO, J. C.; BRAGA, A. C. O. **Aplicação da técnica de caminhamento**

**elétrico em área contaminada por derivados de petróleo.** Revista Brasileira de Geofísica vol.24 no.3 São Paulo July/Sept. 2006.

PINTO, L.G.R.; OLIVEIRA, C.E.S.; FARIA, B.M.; ANDRADE, J.B.F. **Estudo geoeletricos (sondagem vertical e caminhamento elétrico) em sedimentos aluvionares do rio madeira – Município de Porto Velho-RO,** CPRM 2013.

SILVA, C. P. L., 2011. **Cartografia Geotécnica Tridimensional do Setor Noroeste de Brasília.** Tese de Doutorado, Publicação G.TD-072/2011, *Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, DF*

SILVA FILHO, A. M. **Correlação entre propriedades físicas e parâmetros elétricos do solo: Mapeamento da variabilidade espacial do solo através de suas propriedades elétricas.** Novas Edições Acadêmicas. Saarbrücken: 2016.

SILVA et al. **Análise da influência da aplicação de vinhaça no solo através de métodos de prospecção geoeletrica.** XXXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Natal – RN, 2015.

SILVA FILHO, A.M.; SOUZA, K. T.; TAMASHIRO, M. A.; MACEDO, H. R.; MARTINS, P. H.; SILVA, M. V. S.; SILVA, L. C. **Estudo Teórico – Experimental de um Sistema de Aterramento Envolvido por Concreto em Solos com Alta Resistividade Elétrica.** II Encontro de Iniciação Científica. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, Palmas, 2018.

TELFORD, W.M., Geldart, L.P., Sheriff, R.E. **Applied Geophysics.** New York: Cambridge University Press, 1990.

VISACRO FILHO, S. **Aterramentos Elétricos: conceitos básicos, técnicas de medição e instrumentação, filosofias de aterramento.** Editora Artliber. São Paulo: 2002.

XAVIER, F. F., 2010. **Geofísica elétrica aplicada a geotecnia para investigação de estabilidade de taludes.** VII Simpósio de Prática de Engenharia Geotécnica da Região Sul, ABMS, Foz do Iguaçu, PR.

## FIQUE SABENDO: PLATAFORMA ACADÊMICA DE COMUNICAÇÃO

**Marco Antônio Castro Martins**

Faculdade Pitágoras

São Luís — Maranhão

**Lúcio Flávio de Jesus Silva**

Faculdade Pitágoras

São Luís — Maranhão

**George Miler Gomes Farias**

Faculdade Pitágoras

São Luís — Maranhão

**Diego Lisboa Pires**

Faculdade Pitágoras

São Luís — Maranhão

**RESUMO:** Este artigo apresenta uma plataforma de comunicação seletiva para Instituições de Ensino Superior, desenvolvida após análises da baixa eficácia dos sistemas convencionais online utilizados por boa parte das IES na comunicação a seus discentes, bem como expõe sua arquitetura de notificações por triagem, seus custos gerados na implementação e os resultados alcançados durante um ano letivo de execução na Faculdade Pitágoras de São Luís em comparação com outras soluções.

**PALAVRAS-CHAVE:** Comunicação, Notificação, Aplicativo móvel.

FIQUE SABENDO: ACADEMIC PLATFORM

OF COMMUNICATION

**ABSTRACT:** This article presents a selective communication platform for higher education institutions, developed after analysis of the low effectiveness of conventional online systems used by the HEIs in the communication to their students, as well as exposes its architecture of notifications by screening, their costs generated in the Implementation and the results achieved for one year of execution in the Faculdade Pitágoras de São Luís in comparison with other solutions

**KEYWORDS:** Communication, Notification, Mobile Application.

### 1 | INTRODUÇÃO

Com a expansão social conduzida pela Internet nos últimos anos, a comunicação e o modo de vida dos jovens e adultos ganharam novas vertentes, que não só obrigaram as diversas instituições a adaptarem-se, como também as fizeram buscar novas estratégias de sobrevivência de seus negócios. Empresas, então, passaram a contar com departamentos e verbas exclusivas para lidarem com os requisitos novos impostos pelo novo paradigma.

De acordo com Magalhães a Mac-



allister (2005), no âmbito do mercado educacional, a TI vem sendo absorvida pelas instituições de ensino; tanto na área acadêmica, composta pelo tripé ensino, pesquisa e extensão, quanto na área administrativa. E dentre os processos empregados, a comunicação se caracteriza como um serviço fundamental para o suporte e fidelidade ao consumidor, que garantirá ao final o bom funcionamento interno da instituição.

Os altos investimentos em tecnologia da informação por parte das IES, no entanto, nem sempre levam aos efeitos desejados, sendo necessária a sua adoção e utilização por parte dos atores envolvidos no processo, conforme Kaufmann (2005) defende. Nessa situação, buscando entregar uma solução que lide com a linha de risco financeiro e entrega rápida de valor, foi desenvolvido o Fique Sabendo, um aplicativo móvel de interação institucional com o aluno através de notificações *push* personalizadas, que oferece a possibilidade de uma maior taxa de retorno de bons resultados com um custo minimamente baixo de implementação e manutenção.

Por fim, para a comprovação de sua eficácia, foi feito um estudo detalhado durante um ano letivo na Faculdade Pitágoras de São Luís, o qual está descrito em seções neste artigo. A seção 2 expõe algumas soluções semelhantes, já a seção 3 apresenta a plataforma Fique Sabendo. Na seção 4 e seção 5, são apresentadas, respectivamente, a metodologia seguida e os resultados alcançados durante sua execução. Na seção 6, por último, são apontadas as considerações finais do trabalho.

## 2 | TRABALHOS RELACIONADOS

O projeto deste artigo, porém, não inicia um novo ramo de tecnologias de comunicação, dado que já existem aplicações de comunicação acadêmica fora e dentro do país, mas se destaca pela sua funcionalidade exclusiva de notificações *push* seletivas. São exemplos de aplicações relacionadas:

ClipEscola - Desenvolvido por uma empresa especializada em Comunicação Escolar, tem como objetivo ser o meio de comunicação que aproxima pais, professores e escola, através de funcionalidades que reduzem ou até eliminam o uso de agendas, impressões gráficas, correio e telefonia (EMPRESA, 2016);

Pertoo - É um aplicativo de comunicação para escolas que trabalha com funcionalidades de envio de comunicados, troca de mensagens e arquivos em tempo real com os pais dos alunos (APLICATIVO, 2014).

## 3 | PLATAFORMA DESENVOLVIDA

A plataforma Fique Sabendo é composta por dois módulos independentes de envio e recebimento de notificações, conforme é exibido na Figura 1. O primeiro, um painel Web, é de acesso exclusivo do administrador do sistema ou do setor de comunicação da IES e fica responsável por enviar as notificações ao segundo

módulo, o móvel, que por sua vez dá acesso detalhado ao informativo para o usuário/aluno.

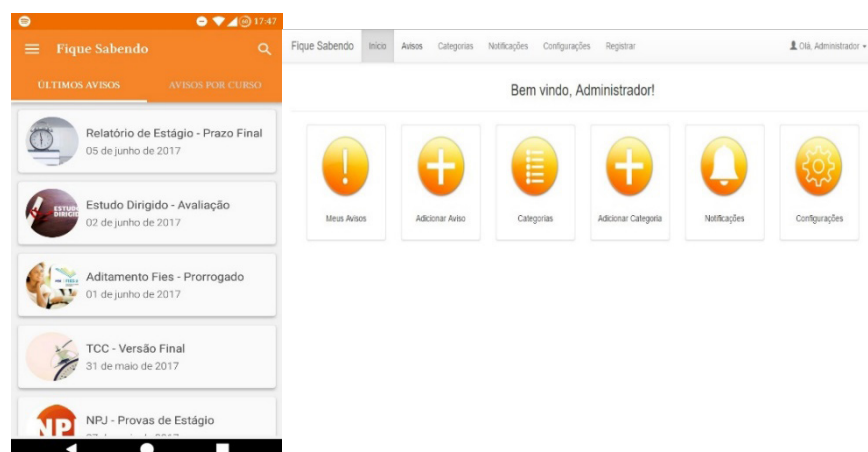


Figura 1. Módulo móvel e Web, respectivamente.

### 3.1 Tecnologias e ferramentas

Para o módulo Web da plataforma, foi utilizado a linguagem PHP para o *back-end*, as linguagens de marcação e folha de estilo HTML e CSS, respectivamente, e o *framework Bootstrap* para facilitar a criação do *front-end*. Já o módulo móvel, por sua vez, foi desenvolvido para dispositivos Android através da IDE Android Studio, e possui os padrões Java para o *back-end* e o XML para o *front-end*.

A interação entre a instância central e a plataforma da aplicação é feita através da solução de mensagens *Firebase Cloud Messaging (FCM)*, que permite a entrega confiável das notificações ao aplicativo móvel.

### 3.2 Arquitetura de notificações seletivas

Nesta subseção é apresentada a arquitetura de notificações seletivas que permite à Instituição de Ensino Superior o envio de mensagens personalizadas para determinados grupos de usuários na aplicação.

Os procedimentos de funcionamento da plataforma para docentes e discentes seguem uma ordem de numeração, conforme ilustra a Figura 2.

1 — O funcionário da instituição prepara as informações necessárias para criar um informativo e as envia por meio do módulo Web para o Web Server;

2 — O Web Server valida as informações, identificando e selecionando o público alvo por meio de parâmetros pré-estabelecidos pelo funcionário. Em seguida, envia parte do conteúdo do informativo (título, data e identificador único da postagem) e os tokens dos usuários selecionados para o *Firebase Cloud Messaging*.

3 — O *Firebase Cloud Messaging* valida, arquiva as informações em seu banco de dados e as reenvia aos smartphones dos usuários finais.

4 — Os usuários finais recebem a notificação do *Firebase Cloud Messaging* que contém parte do informativo. Ao clicar na notificação, o usuário recupera o restante

das informações que estão armazenadas no Web Server.

### Modelo Arquitetural da Plataforma

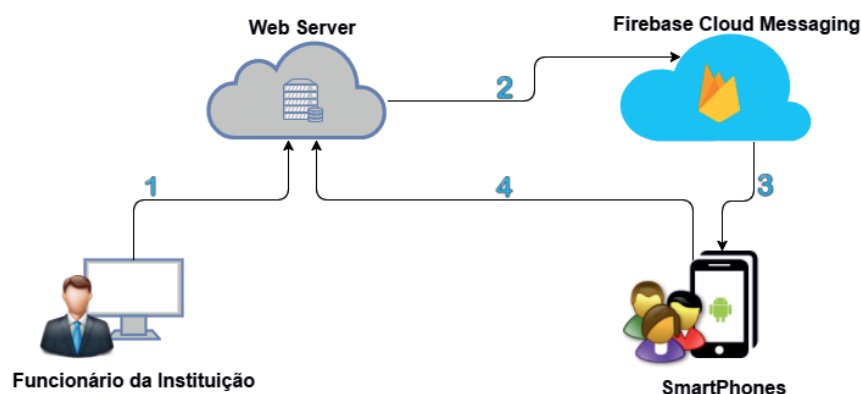


Figura 2. Modelo Arquitetural da Plataforma.

### 3.3 Funcionalidades dos módulos

As seguintes funcionalidades estão implementadas no módulo pertencente ao administrador do sistema:

1. Adição de informativos com a opção de quatro tipos de envio de notificações:
  - a) Notificação geral: permite que toda a base de usuários receba o informativo.
  - b) Notificação seletiva: permite ao administrador o envio de notificações exclusivas e personalizadas para determinados grupos de usuários, como, por exemplo, alunos do curso de Ciência da Computação ou de uma turma específica de um determinado curso.
  - c) Notificação agendada: opção que possibilita o agendamento do envio do informativo junto a outros tipos de notificações.
  - d) Notificação padronizada: automatiza o envio de informativos de acordo com o plano acadêmico da instituição, permitindo, por exemplo, que o sistema avise ao aluno o início e término do período e o acontecimento de feriados.
2. Gerenciamento de informativos cadastrados, autorizando, portanto, que o administrador exclua, edite e reenvie um informativo com a possibilidade de selecionar um novo tipo de envio de notificação.
3. Visualização de métricas e estatísticas do sistema através do *Firebase Analytics*, uma solução de medição que fornece informações sobre o uso do aplicativo e comportamento do usuário, auxiliando assim a tomada de decisões de suporte e marketing da instituição.

No lado do cliente móvel, por sua vez, estão implementadas as funções: pesquisa e listagem de informativos; marcação de informativos que o usuário queira guardar; possibilidade de agendamento no calendário do dispositivo Android; compartilhamento de notícias com as redes e mídias sociais.

## 4 | METODOLOGIA

O trabalho seguiu uma metodologia que compreendeu na análise de eficácia durante a implementação em dois períodos letivos da plataforma Fique Sabendo na Faculdade Pitágoras de São Luís. O primeiro período de testes, compreendido durante os meses de agosto/2016 a dezembro/2016, foi feito em paralelo integralmente com os meios convencionais de envio de informações habitualmente utilizados, onde buscou-se comparar os resultados obtidos por ambas as partes. Já no segundo período, iniciado em fevereiro/2017 e finalizado em junho/2017, foi diminuída a utilização dos meios convencionais e aumentado o emprego da plataforma como meio oficial de relacionamento com o discente.

Para tanto, a equipe de desenvolvimento contou com a colaboração dos departamentos de comunicação com o aluno e de computação da Faculdade Pitágoras de São Luís, cujos esforços possibilitaram a coleta dos resultados apresentados a seguir.

## 5 | RESULTADOS

Nesta seção são apresentados os problemas previamente identificados e os resultados obtidos em dois períodos letivos de execução do projeto. Os dados exibidos da aplicação estão relacionados aos dados de outras soluções de envio de informações para fins de comparação. Na pesquisa, a taxa de retorno é avaliada como sendo a quantidade de alunos alcançados, e o custo é medido como sendo a soma de todos os gastos durante o mês com a solução.

Frisa-se ainda que a ferramenta é capaz de alcançar todos os usuários da base, haja vista que por padrão as notificações *push* do aplicativo são aceitas.

### 5.1 Problemas prévios

Por possuir um sistema de avisos online, a aplicação demanda conexão com a Internet, o que exigiu previamente uma maior preparação para o início dos testes na instituição, a qual não possuía, até então, rede Wi-Fi aberta aos alunos. Assim, para o contorno do problema, a aplicação precisou ter sua estrutura repensada para permitir uma melhor usabilidade em conexões lentas.

Além disso, outro obstáculo encontrado foi incentivar os discentes a instalarem e criarem o hábito de utilização da aplicação, exigindo-nos uma ampla estratégia de divulgação da mesma durante alguns meses que antecederam o início dos testes.

### 5.2 Resultados do período 1

Durante o período 1, a Faculdade Pitágoras utilizou a solução proposta junto aos seus serviços de E-mail, SMS e Facebook. Nos primeiros meses, a taxa de retorno esteve baixa, pois a aplicação possuía uma base de usuários relativamente

pequena, porém, nos meses seguintes, por volta do início de outubro/2016, com uma base de usuários maior, a aplicação passou a possuir dados de retorno similares aos esperados, como mostra a Figura 3.

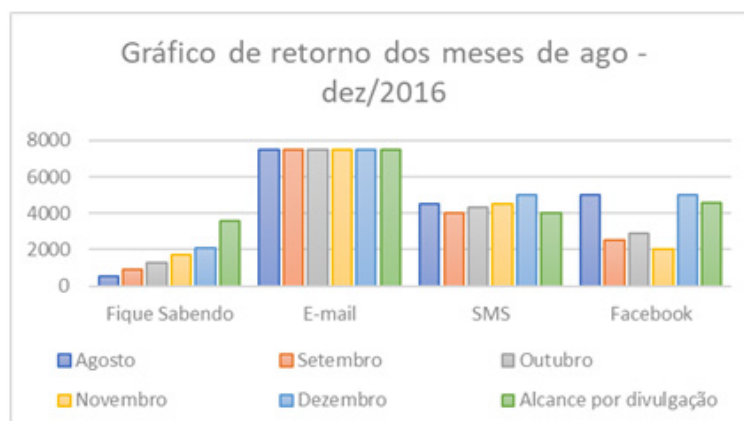


Figura 3. Gráfico de retorno do 2º semestre de 2016 e dos testes de alcance.

Ainda no mês de outubro/2016, a plataforma precisou passar por mudanças no back-end para continuar enviando notificações corretamente aos usuários sem a necessidade de apresentar gastos com o *Firestore Cloud Messaging*. Posteriormente, nos meses seguintes até o fim do teste 1, a instituição passou a postar informativos exclusivos nas diferentes plataformas para avaliar o desempenho separado de cada uma, como é exibido na Figura 3. O gráfico da figura mostra ainda a quantidade de alunos alcançados por meio da divulgação/compartilhamento da própria ferramenta nos testes realizados.

Ao fim da análise do período 1, foram levantados todos os gastos com a plataforma no decorrer dos testes. No mês inicial, a taxa no valor de US\$25,00 para a abertura da conta para a publicação da aplicação móvel na Google Play foi somada ao gasto mensal com a hospedagem da plataforma, que teve custo de R\$25,00 durante alguns meses e R\$10,00 ao final do ano. Portanto, o custo total gerado no término do período 1 foi de R\$192,00.

### 5.3 Resultados do período 2

No período 2 a aplicação iniciou com o dobro de usuários em relação ao período de testes 1, o que permitiu que a faculdade pudesse diminuir o uso de boa parte das soluções de envio de informações para sobrecarregar o Fique Sabendo, analisando assim a possibilidade de uma possível oficialização da ferramenta para o suprimento das necessidades do departamento de comunicações.

Durante os meses de fevereiro/2017 a junho/2017 a plataforma passou a suprir a falta das ferramentas retiradas, e os seguintes dados da taxa de retorno exibidos na Figura 4 foram levantados:

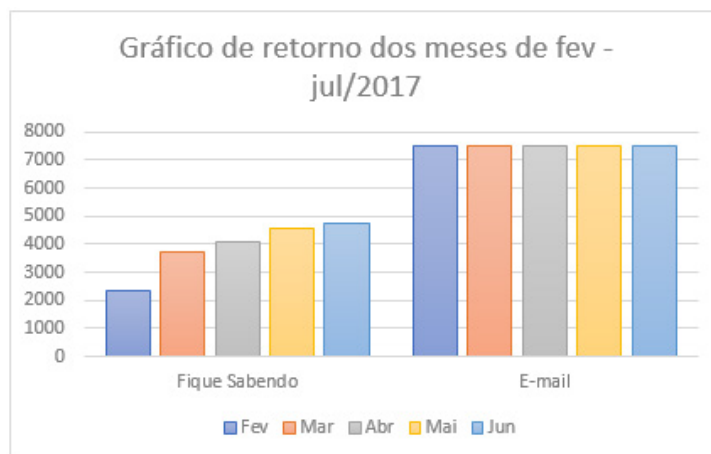


Figura 4. Gráfico de retorno do Período 2.

Ressalta-se ainda que a plataforma, após ser submetida a uma grande sobrecarga de envio de notificações, continuou com gastos similares ao do período 1. E ao final do período 2, o custo geral foi de R\$135,00, levando em consideração o mês ocioso de janeiro/2017 que teve o gasto de R\$10,00.

## 6 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como observado nas subseções acima, a plataforma Fique Sabendo, em virtude de sua funcionalidade, portabilidade e usabilidade, adiciona uma nova maneira de envolver os usuários em atividades acadêmicas de seus interesses. Além disso, com a sua capacidade de entrega em totalidade à base de usuários, oferece uma ótima taxa de retorno em comparação com as demais tecnologias usualmente utilizadas e apresenta baixos custos de implementação e manutenção. Portanto, conclui-se que o sistema exposto neste artigo é viável tanto em valor entregue quanto em custo, o que o torna uma ferramenta com grande potencial de funcionamento e crescimento se incorporado e investido nas Instituições de Ensino Superior.

Em colocações futuras, ainda, será expandida a sua presença no polo de pesquisa atual a partir de uma versão para dispositivos iOS, um cliente Web alternativo para alunos e professores da IES e uma maior integração com as turmas e os processos de iniciação e acompanhamento do aluno na instituição, para que assim uma nova pesquisa de efetividade da aplicação acadêmica possa ser iniciada.

## REFERÊNCIAS

EMPRESA especializada em comunicação escolar. **Clipescola**, 2016. Disponível em: <<https://www.clipescola.com>>. Acesso em: 18 mai. de 2017.

KAUFMANN, S. M. A. **Tecnologia da informação em uma instituição de ensino superior: fatores que influenciam sua utilização**. UFRGS/UNIVATES, Programa de Pós-Graduação em Administração da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005.



MAGALHÃES, C; MAC-ALISTER, M. **Gestão da Tecnologia da Informação (TI) nas Instituições de Ensino Superior (IES): um estudo de caso numa IES particular de Salvador**. UNIFACS - Universidade de Salvador. 2015.

APLICATIVO de comunicação para as escolas modernas. **Pertoo**, 2014. Disponível em:<<https://www.pertoo.com>>. Acesso em: 19 mai. de 2017.

## INVESTIGAÇÃO ESTRUTURAL, MORFOLÓGICA E FOTOCATALÍTICA DE MICROCRISTAIS DE $\beta$ -( $\text{Ag}_{2-2x}\text{Zn}_x$ ) $\text{MoO}_4$

### **Fabiana de Sousa Cunha**

PPGQ-CCN-DQ-DF-GERATEC, Universidade Estadual do Piauí, Rua: João Cabral, N. 2231, P.O. Box 381, CEP: 64002-150, Teresina, PI, Brazil  
fabianadesousa3@gmail.com

### **Francisco Henrique Pereira Lopes**

PPGQ-CCN-DQ-DF-GERATEC, Universidade Estadual do Piauí, Rua: João Cabral, N. 2231, P.O. Box 381, CEP: 64002-150, Teresina, PI, Brazil  
henriquethe.11@gmail.com

### **Amanda Carolina Soares Jucá**

PPGQ-CCN-DQ-DF-GERATEC, Universidade Estadual do Piauí, Rua: João Cabral, N. 2231, P.O. Box 381, CEP: 64002-150, Teresina, PI, Brazil

### **Lara Kelly Ribeiro da Silva**

DQ-UFSCar, Universidade Federal de São Carlos, P.O. Box 676, CEP: 13565-905, São Carlos, SP, Brazil

### **Keyla Raquel Batista da Silva Costa**

UFPI, Universidade Federal do Piauí - Bairro Ininga, CEP: 64049-550, Teresina, PI, Brasil.

### **Júlio César Sczancoski**

DQ-UFSCar, Universidade Federal de São Carlos, P.O. Box 676, CEP: 13565-905, São Carlos, SP, Brazil

### **Francisco Eroni Paz dos Santos**

UFPI, Universidade Federal do Piauí - Bairro Ininga, CEP: 64049-550, Teresina, PI, Brasil.

### **Eelson Longo**

DQ-UFSCar, Universidade Federal de São Carlos, P.O. Box 676, CEP: 13565-905, São Carlos, SP, Brazil

### **Laécio Santos Cavalcante**

PPGQ-CCN-DQ-DF-GERATEC, Universidade Estadual do Piauí, Rua: João Cabral, N. 2231, P.O. Box 381, CEP: 64002-150, Teresina, PI, Brazil

### **Gustavo Oliveira de Meira Gusmão**

PPGQ-CCN-DQ-DF-GERATEC, Universidade Estadual do Piauí, Rua: João Cabral, N. 2231, P.O. Box 381, CEP: 64002-150, Teresina, PI, Brazil

**RESUMO:** Neste capítulo de livro, nós relatamos sobre a estrutura, morfologia e as propriedades fotocatalíticas dos microcristais de molibdato de prata e zinco [ $\beta$ -( $\text{Ag}_{2-2x}\text{Zn}_x$ ) $\text{MoO}_4$ ] com as seguintes concentrações ( $x = 0; 0,01; \text{ e } 0,02$ ) sintetizados pelo método de injeção de íons em uma solução quente a 90 °C em 1 minuto com rápido resfriamento por imersão em banho de gelo. Estes microcristais foram caracterizados estruturalmente por difração de raios-X (DRX) e refinamento Rietveld. O comportamento óptico foi investigado por espectroscopia ultravioleta-visível (UV-Vis) à temperatura ambiente. As morfologias foram observadas por meio de microscopia eletrônica de varredura por emissão de campo (MEVEC). As propriedades

fotocatalíticas para degradação do corante Rodamina B foram realizadas empregando quatro lâmpadas de UV ( $\lambda_{\text{max}} = 254 \text{ nm}$ ). Os padrões de DRX e refinamento Rietveld indicam que todos os microcristais de  $\beta\text{-(Ag}_{2-2x}\text{Zn}_x\text{)MoO}_4$  apresentam estrutura cúbica do tipo espinélio. Os espectros de UV-Vis indicaram que o aumento da concentração molar de Zn promove um ligeiro decréscimo no valor de banda proibida. As imagens of FE-SEM mostram uma modificação na forma, bem como o aparecimento de várias faces e poros na superfície dos cristais. Finalmente, nós demonstramos que a atividade fotocatalítica pode ser aumentada até 120 min com aproximadamente 99,99% para a degradação do corante Rodamina B usando os microcristais de  $\beta\text{-(Ag}_{2-2x}\text{Zn}_x\text{)MoO}_4$  com ( $x = 0.01$ ) como fotocatalisador.

**PALAVRAS-CHAVE:** Microcristais de  $\beta\text{-(Ag}_{2-2x}\text{Zn}_x\text{)MoO}_4$ ; Dados de Refinamento Rietveld; Banda proibida; Atividade Fotocatalítica

## TITLE: STRUCTURAL, MORPHOLOGICAL AND PHOTOCATALYTIC INVESTIGATION OF $\beta\text{-(Ag}_{2-2x}\text{Zn}_x\text{)MoO}_4$ MICROCRYSTALS

**ABSTRACT:** In this chapter of the book, we report about the structure, morphology and photocatalytic properties of silver and zinc molybdate [ $\beta\text{-(Ag}_{2-2x}\text{Zn}_x\text{)MoO}_4$ ] microcrystals with the following concentrations ( $x = 0, 0.01, \text{ and } 0.02$ ) synthesized by the ions injection method in a hot solution at  $90 \text{ }^\circ\text{C}$  in 1 minute with fast cooling by immersion in an ice bath. These microcrystals were characterized structurally by X-ray diffraction (XRD) and Rietveld refinement. The optical behavior was investigated by ultraviolet-visible (UV-Vis) spectroscopy at room temperature. The morphologies were observed by means of field emission scanning electron microscopy (FE-SEM). The photocatalytic properties for rhodamine B dye degradation were performed using four UV lamps ( $\lambda_{\text{max}} = 254 \text{ nm}$ ). The XRD patterns and Rietveld refinement patterns indicate that all [ $\beta\text{-(Ag}_{2-2x}\text{Zn}_x\text{)MoO}_4$ ] microcrystals have a spinel-type cubic structure. The UV-Vis spectra indicated that the increase in the molar concentration of Zn promotes a slight decrease in the band gap value. FE-SEM images show a change in shape as well as the appearance of several faces and pores on the surface of the crystals. Finally, we demonstrated that the photocatalytic activity can be increased up to 120 min with approximately 99.99% for the degradation of the Rhodamine B dye using the  $\beta\text{-(Ag}_{2-2x}\text{Zn}_x\text{)MoO}_4$  microcrystals with ( $x = 0.01$ ) as a photocatalyst.

**KEYWORDS:**  $\beta\text{-(Ag}_{2-2x}\text{Zn}_x\text{)MoO}_4$  microcrystals; Rietveld Refinement data; Band gap; Photocatalytic Activity

### 1 | INTRODUCTION

In the past years, crystals and ceramics of silver molybdate ( $\text{Ag}_2\text{MoO}_4$ ) were initially prepared by different synthesis methods, such as oxides mixture or solid state reaction (WENDA, E., 1990; WENDA, E., 1998; SUTHANTHIRARJ, S.A.; PREMCHAND, Y.D., 2004), precipitation with calcination at high temperature (ROCCA,

F. et al, 1999), and by crystal growth by the so-called “Czochralski” (BROWN, S.; MARSHALL, A.; HIRST, P., 1993). However, all these synthetic methods require high temperature, pressure thermodynamics, long processing times, low reaction kinetics, and sophisticated equipment with expensive financial costs for the teaching and research center. Furthermore, these synthesis methods of obtention of  $\text{Ag}_2\text{MoO}_4$  crystals can induce the formation of deleterious or secondary phases and produce powder/crystals of non-homogeneous shape and size.

In recent years, various synthesis methods have been developed and used in the preparation of  $\text{Ag}_2\text{MoO}_4$  micro- and nanocrystals (KOKULNATHAN, T. et al, 2019; WU, M. et al, 2018). These preparation methods can overcome the problems encountered in older synthetic methods and may also facilitate crystals with pure phase, size and controlled form. The different methods of synthesis that have been reported in the literature to obtain the  $\text{Ag}_2\text{MoO}_4$  crystals are controlled precipitation (RAO, K.S.; VAIDYA, V.G., 1975; RICCI, J.E.; LINKE, W.F., 1951) and conventional hydrothermal (CH) (CUI, X. et al, 2004; SINGH, D.P. et al, 2012) and microwave-hydrothermal (MH) (LI, Z.Q.; CHEN, X.T.; XUE, Z.L., 2013). In particular, the CH method has been recently used in the preparation of several molybdates with different shapes and sizes (LI, L. et al, 2014; TAWDE, D.; SRINIVAS, M.; MURTHY, K.V.R., 2011; WANG, X.F. et al, 2014). Therefore, the CH and MH methods have received a lot of attention from the scientific community due to its numerous advantages over the older conventional methods, such as the use of non-toxic solvent to the environment (water) and low processing temperatures ( $\leq 200\text{ }^\circ\text{C}$ ) (TIAN, G.; SUN, S., 2011; SCZANCOSKI, J.C. et al, 2008).

According to the literature (LEI, F. et al, 2009; SOMIYA, S.; ROY, R., 2000), the CH method is defined with a processing method for obtaining crystalline materials from aqueous solution-soluble or dissolved reagents or with the use of mineralizers as chemical bases [hydroxide (NaOH) and potassium hydroxide (KOH)] under temperature ( $\geq 100\text{ }^\circ\text{C}$ ) and pressure ( $\geq 1.0\text{ atm}$ ). Generally, the materials oxide obtained by this synthesis method are very fine, crystalline and easily dispersed in several solvents (KOMARNENI, S.; ROY, R.; LI, Q.H., 1992). Recently, the CH method has been reported in the literature (CUI, X. et al, 2004) for the preparation of  $\text{Ag}_2\text{MoO}_4$  and  $\text{Ag}_2\text{Mo}_2\text{O}_7$  crystals. However, to obtain these crystals by this method, long processing times (12-24 h) were required due to the low reaction kinetics (HASHIM, M. et al, 2011).

Recently, (FODJO, E.K. et al, 2013) prepared very fine  $\text{Ag}_2\text{MoO}_4$  powders by the homogeneous precipitation method at  $80\text{ }^\circ\text{C}$  (pH = 8) assisted by HC processing for 3 h with possible applications as substrate for Raman scattering improvement. In another work, (GOUVEIA, A.F. et al., 2014) performed a theoretical and experimental text about the electronic structure and photoluminescent properties of  $\text{Ag}_2\text{MoO}_4$  microcrystals of different sizes and shapes. In addition, (FABBRO, M.T. et al, 2016) prepared microcrystals of  $\text{Ag}_2\text{MoO}_4$  by the precipitation method with different solvents

(water, ethanol and ammonia) and investigated their optical and antifungal properties as: broom and flower by HC method at different pH ranges. Very recently, (NG, C.H.B.; FAN, W.Y., 2017) have prepared  $\beta$ - $\text{Ag}_2\text{MoO}_4$  concave and convex crystals with high-index facets by the controlled precipitation between  $\text{AgNO}_3$  and  $\text{Na}_2\text{MoO}_4$  in aqueous media.

In addition, the literature has reported (LI, Z.Q.; CHEN, X.T.; XUE, Z.L., 2013; CUTRONI, M. et al. 1998; MANDANICI, A. et al, 2009; JUAREZ, J.C.; MORALES, R., 2008; BAI, Y.Y.; LU, Y.; LIU, J.K. J., 2016; LIU, E. et al, 2013), thermal expansion, ionic conductivity and electrical properties of the system ( $\text{AgI-Ag}_2\text{MoO}_4$ ), investigations on the coefficient of friction and reduction mechanisms of  $\text{Ag}_2\text{MoO}_4$  to obtain Ag and Mo with hydrogen gas, on the photocatalytic activity of the  $\text{Ag-Ag}_2\text{MoO}_4$  and  $\text{Ag @ Ag}_2\text{MoO}_4$ -AgBr crystals for degradation of organic dyes rhodamine B, bromophenol blue and starch 10B using visible light and also with synergistic lubricating action.

In relation to the modification of the A-site in the  $\text{Ag}_2\text{MoO}_4$  crystals, one work in the literature has been found to dope with 1% of rare-earth ( $\text{Eu}^{3+}$ ) ions (GUPTA, S.K. et al, 2015). However, very recently (COIMBRA, D.W.R. et al, 2019) has reported in the literature the modification the A-site of  $\beta$ - $\text{Ag}_2\text{MoO}_4$  microcrystals with the  $\text{Zn}^{2+}$  ions and investigating their structure, morphology and photocatalytic properties for degradation of Remazol Brilliant Violet 5R (RBV5R) anionic dye, which were synthesized by the sonochemical method at 30 °C for 3 h.

In relation to the crystalline structure, the molybdates ( $\text{AMoO}_4$ ;  $\text{A}^{2+} = \text{Ca}, \text{Sr}, \text{Ba},$  and  $\text{Pb}$ ) has a scheelite-type tetragonal structure and characterized by presenting a space group ( $I4_1/a$ ) (RYU, J.H. et al, 2005; GONG, Q. et al, 2006; MARQUES, A.P.A. et al, 2006; BI, J. et al, 2009; WANG, W.S. et al, 2009). Meanwhile, the molybdates ( $\text{AMoO}_4$ ;  $\text{A}_{2+} = \text{Mn}, \text{Fe}, \text{Co}, \text{Ni}, \text{Cu}$  e  $\text{Zn}$ ) formed by transition elements (d-block) exhibit a wolframite-type tetragonal structure with space group ( $P2/c$ ) or a triclinic structure with phase alpha (a) and space group ( $P$ ) (ABRAHAMS, S.C.; REDDY, J.M., 1965; YADAVA, Y.P.; SINGH, R.A., 1986; SMITH, G.W.; IBERS, J.A., 1965; THÉODET, M. et al, 2016; SMITH, G.W.; IBERS, J.A., 1965; SOUZA, E.L.S. et al, 2014; CAVALCANTE, L.S. et al, 2013). Therefore, both scheelite and wolframite types obey a general chemical formula ( $\text{AMoO}_4$ ), since they are composed of bivalent ( $\text{A}^{2+}$ ) cations and molybdate ( $\text{MoO}_4^{2-}$ ) complex ions in aqueous solution. The scheelite-type tetragonal structure is formed by following clusters coordination, the  $\text{A}^{2+}$  are deltahedral [ $\text{AO}_8$ ] clusters and Mo are tetrahedral [ $\text{MoO}_4$ ] clusters, while the wolframite-type tetragonal structure is formed by octahedral [ $\text{AO}_6$ ] clusters and octahedral [ $\text{MoO}_6$ ] clusters both as a solid solution, respectively. However, the  $\text{Ag}_2\text{MoO}_4$  crystal may be formed in aqueous solution from monovalent cations silver ions ( $\text{Ag}^+$ ). Thus, 2 moles of  $\text{Ag}^+$  ions is required for 1 mol of complex ions, which must be presents in aqueous solution to form the solid phase of this crystal.

The  $\text{Ag}_2\text{MoO}_4$  crystals presents two types of electronic structure, depending on the pressure conditions under which the crystal is subjected (ARORA, A.K.

et al, 2012). At room temperature,  $\text{Ag}_2\text{MoO}_4$  crystal exhibits a beta-phase ( $\beta$ ) is related to spinel-type cubic structure, which is more stable in nature over ambient conditions. However, when subjected to high hydrostatic pressures, these crystals have a tetragonal structure associated with the alpha ( $\alpha$ ) phase that is metastable. Therefore, there may be two types of crystals one stable  $\beta\text{-Ag}_2\text{MoO}_4$  phase and another  $\alpha\text{-Ag}_2\text{MoO}_4$  metastable (BELTRÁN, A. et al, 2014). Recently, the literature (NG, C.H.B.; FAN, W.Y., 2015) has reported the formation of metastable  $\alpha\text{-Ag}_2\text{MoO}_4$  crystals by the solution phase precipitation method under environmental conditions using different amounts of the [3-bis (2-pyridyl) pyrazine] dopant. In addition to this work, Moura et al. Investigated that a first-order phase transition with an increase in temperature around 268 °C of the cubic structure related to phase- $\beta$  to an unknown structure can occur (MOURA, J.V.B. et al, 2016).

Figure 1 illustrates the schematic representation of our unit cell for spinel-type cubic structure of the  $\beta\text{-Ag}_2\text{MoO}_4$  microcrystal prepared by method of ion injection in a hot solution at 90 ° C in 1 minute with fast cooling by immersion in an ice bath and modeled from the structural refinement data by the Rietveld method reported in the literature (CUNHA, F.S. et al, 2015).

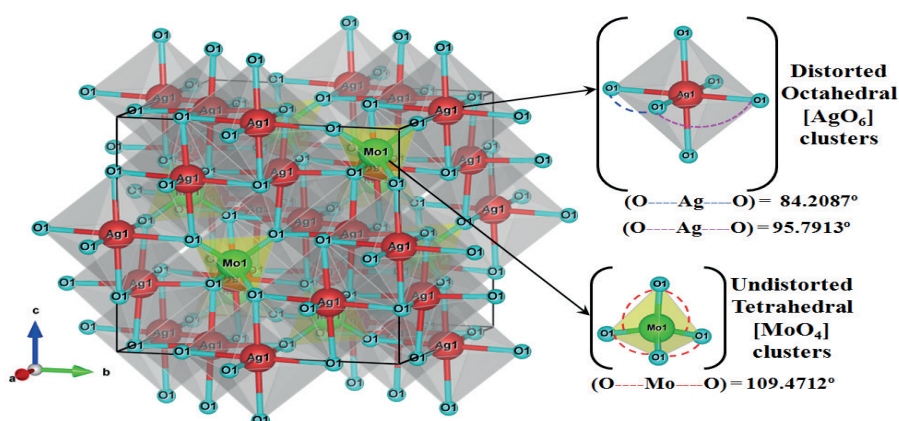


Figure 1: Schematic representation of the unit cell of the  $\beta\text{-Ag}_2\text{MoO}_4$  crystals with their respective cluster coordination.

The unit cell for the  $\beta\text{-Ag}_2\text{MoO}_4$  crystals shown in Figure 1 can be modeled using the VESTA program version 3.4.6 for Windows-7 (MOMMA, K.; IZUMI, F., 2008; MOMMA, K.; IZUMI, F., 2011) using the lattice parameter data and atomic positions obtained from the Rietveld method (RIETVELD, H.M., 1967; RIETVELD, H.M., 1969). The  $\beta\text{-Ag}_2\text{MoO}_4$  crystals have a cubic structure with a space group ( $F\bar{d}3m$ ), with symmetry point group ( $O_h^7$ ) and eight molecules per unit cell ( $Z = 8$ ) (WYCKOFF, R.W.G. J., 1922). In this cell the O-Ag-O and O-Mo-O bonds were designed out of unit cell. It can be observed in Figure 1 that all the molybdenum atoms (Mo) are coordinated to four oxygen atoms forming distorted tetrahedral  $[\text{MoO}_4]$  clusters. These polyhedra have a tetrahedral configuration with symmetry point group ( $T_d$ ) formed by (4 vertices, 4 faces, and 6



edges), while all the silver atoms (Ag) are coordinated by six oxygen atoms forming distorted octahedral  $[\text{AgO}_6]$  clusters. These octahedral polyhedra have a symmetry point group ( $O_h$ ) formed by (6 vertices, 8 faces, and 12 edges). All octahedral  $[\text{AgO}_6]$  clusters are distorted into the crystal lattice promotion the break of high symmetry at  $\beta\text{-Ag}_2\text{MoO}_4$  cubic structure. All octahedral  $[\text{AgO}_6]$  clusters are distorted into the crystal lattice promotion the breaking of high symmetry for  $\beta\text{-Ag}_2\text{MoO}_4$  cubic structure. These differences in the (O-Ag-O) and/or (O-Mo-O) bonding angles may lead to different levels of order-structural disorder or distortions in the lattice of this crystal.

In general, the literature has focused their works and investigations for the photocatalytic properties of pure and/or modified  $\beta\text{-Ag}_2\text{MoO}_4$  crystals with the addition of other photocatalytic compounds (oxides and graphene) in the visible region. Therefore, the present book chapter has as the main objective synthesize the pure and modified  $[\beta\text{-(Ag}_{2-2x}\text{Zn}_x)\text{MoO}_4]$  microcrystals with the following concentrations ( $x = 0, 0.01, \text{ and } 0.02$ ) by a new method of synthesis. These crystals were synthesized by the ions injection method in a hot solution at  $90\text{ }^\circ\text{C}$  in 1 minute with fast cooling by immersion in an ice bath. Moreover, all the microcrystals were structurally characterized by means of X-ray diffraction (XRD) and Rietveld refinement analyses. The optical behavior was investigated by ultraviolet-visible (UV-Vis) spectroscopy at room temperature. The shape and average crystal sized were observed by field emission electron microscopy (FE-SEM). Finally, the photocatalytic activity properties for degradation of rhodamine B (RhB) and methylene blue dyes were performed by using four UV lamps (18 W each).

## 2 | EXPERIMENTAL PROCEDURE

### 2.1 Synthesis Method

The experimental procedure of synthesize the pure and modified  $[\beta\text{-(Ag}_{2-2x}\text{Zn}_x)\text{MoO}_4]$  microcrystals with the following concentrations ( $x = 0, 0.01, \text{ and } 0.02$ ) by the ion injection method in a hot solution at  $90\text{ }^\circ\text{C}$  in 1 minute with fast cooling by immersion in an ice bath. In the first step,  $1 \times 10^{-3}$  moles of sodium molybdate dihydrate ( $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ; 99.5% purity; Sigma-Aldrich®) was dissolved in deionized in 50 mL of deionized water at  $90\text{ }^\circ\text{C}$ . In the second step,  $1 \times 10^{-3}$  moles of silver nitrate ( $\text{AgNO}_3$ ; 99.0% purity, Sigma–Aldrich®) for obtain the pure  $\beta\text{-Ag}_2\text{MoO}_4$  microcrystals. In the third step, the modified  $[\beta\text{-(Ag}_{2-2x}\text{Zn}_x)\text{MoO}_4]$  microcrystals with ( $x = 0.01, \text{ and } 0.02$ ) or  $x$ .mols(%) of zinc nitrate hexahydrate ( $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ; 99.0% purity, Sigma–Aldrich) were dissolved separately in deionized water. In following, both the aqueous solution containing the  $x\text{Ag}^+$  and  $x\text{Zn}^{2+}$  ions were mixed in a plate at  $90\text{ }^\circ\text{C}$  under stirring at 380 rotations per minute (RPM). In the fourth step, the  $x\text{Ag}^+$  and  $x\text{Zn}^{2+}$  ions were sucked for the interior of a syringe and rapidly injected to the molybdate ( $\text{MoO}_4^{2-}$ ) complex ions in aqueous solution. Finally, this white suspension this system was

immediately transferred to a plastic becker containing 100 mL deionized water with cubes ice, which later it was taken to the refrigerator staying in this one during 24 hours. After this time in the refrigerator, a precipitate of beige coloration was obtained in suspension. After 10 cycles of washes in an Eppendorf® centrifuge (model 5804) at 8,000 RPM for 10 min, in each cycle. Finally, the precipitates were dried at 65 °C for 10 hours in a muffle furnace (model EDG3000/3P) with a heating rate of 5 °C/min. These procedures were performed for all four concentrations.

## 2.2 Characterizations

The structural analysis of  $[\beta-(\text{Ag}_{2-2x}\text{Zn}_x)\text{MoO}_4]$  microcrystals with the following concentrations ( $x = 0, 0.01, \text{ and } 0.02$ ) was performed by means of XRD patterns and Rietveld refinement analysis by using a D/Max-2500PC diffractometer (Rigaku, Japan) with CuK $\alpha$  radiation. These data were collected over  $2\theta$  ranging from 10° to 80° in normal routine and over  $2\theta$  ranging from 10° to 110° in Rietveld routine both with a scanning scan rate and step size of 0.2°/min and 0.02°, respectively. The shapes and sizes of these  $[\beta-(\text{Ag}_{2-2x}\text{Zn}_x)\text{MoO}_4]$  microcrystals were observed using a Supra 35-VP field-emission scanning electron microscope (FE-SEM) (Carl Zeiss, Germany) operated at 5 kV. UV-Vis spectroscopy was performed using a Shimadzu® spectrophotometer (model UV-2600, Japan) in the 200-800 nm wavelength range to obtain diffuse reflectance spectra.

## 2.3 Photocatalytic Activity Measurements

The photocatalytic (PC) activity of these  $\beta-(\text{Ag}_{2-2x}\text{Zn}_x)\text{MoO}_4$  microcrystals for degradation of [9-(2-carboxyphenyl)-6-diethylamino-3-xanthenylidene]-diethylammonium chloride, which is known as tetraethylated rhodamine or Rhodamine B dye (RhB; C<sub>28</sub>H<sub>31</sub>ClN<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 95% purity, Sigma–Aldrich®, USA) with colour index number (CI. 45170) in aqueous solution were tested under UV-light. 50 mg of  $\beta-(\text{Ag}_{2-2x}\text{Zn}_x)\text{MoO}_4$  microcrystals with different ( $x = 0; 0.01; \text{ and } 0.02$ ) as a catalyst were placed in 250 mL beakers, and 50 mL of the RhB dye solution ( $1 \times 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$ ; pH = 6.25). The suspensions were ultrasonicated initially for 30 min in an ultrasonic cleaner (1510 DTH Branson®, CPX1800H model, USA) with a frequency of 40 kHz before illumination and then stored in the dark for 2 min to allow the saturated absorption of RhB dye solutions onto the catalyst. The beakers were then placed in a photo-reactor at 25 °C, kept inside the ultrasound bath switched on and illuminated by four UV-C lamps (Moran Ligth® model, USA) with power of 18 W each, the luminosity of 145 lumens, beam angle at 320° and maximum intensity at 254 nm the source with the distance about 45 cm of the surface dye solution. At ten-minute intervals, a 3 mL aliquot was removed and centrifuged at 8,500 rpm for 10 min to remove the nanocrystals from the suspension. The following equation (1) was used to calculate the colour removal efficiency of RhB dye:

$$\text{Efficiency of catalyst } [\beta-(\text{Ag}_{2-2x}\text{Zn}_x)\text{MoO}_4]\% = \frac{C_0 - C_t}{C_0 \times 100} \quad (1)$$

where,  $C_0$  is the concentration of RhB dye solution at initial and  $C_t$  is the concentration of the RhB dye solution at the time  $t$ , respectively.

Finally, variations in the absorption band maximum of the supernatant solutions were monitored by means of UV-Vis spectroscopy using a double-beam spectrophotometer with a double monochromator and a photomultiplier tube detector of Shimadzu Scientific Instruments (UV-2600 model, Japan).

### 3 | RESULTS AND DISCUSSION

#### 3.1 XRD Patterns Analysis

The Fig. 2(a-c) illustrates the XRD patterns of  $\beta-(\text{Ag}_{2-2x}\text{Zn}_x)\text{MoO}_4$  microcrystals with ( $x = 0$ ; 0.01; and 0.02) prepared by the ions injection method in a hot solution at 90 °C in 1 minute with fast cooling by immersion in an ice bath, respectively.

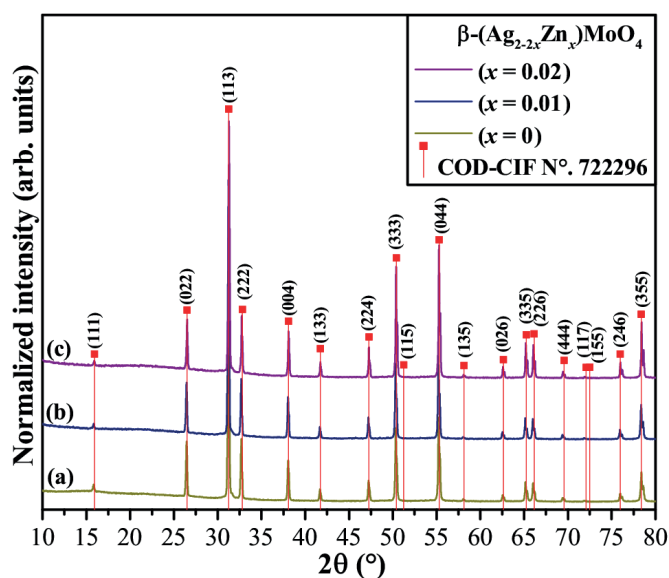


Fig. 2: Normalized XRD patterns of  $\beta-(\text{Ag}_{2-2x}\text{Zn}_x)\text{MoO}_4$  microcrystals with (a)  $x = 0$ ; (b)  $x = 0.01$ ; and (c)  $x = 0.02$ ; synthesized by the ions injection method at 90 °C for 1 min, respectively.. The vertical lines (I) indicate the respective positions and intensities found in COD-CIF card N° 722296 corresponding to the cubic  $\beta\text{-Ag}_2\text{MoO}_4$  phase.

According to the literature (FIGUEIREDO, A.T. et al, 2006), the degree of structural order-disorder at long-range or the periodicity of crystalline lattice for  $\beta-(\text{Ag}_{2-2x}\text{Zn}_x)\text{MoO}_4$  microcrystals with different ( $x$ ) amount in moles of Zn atoms at the A-site replacing Ag atoms was verified by the XRD technique (COIMBRA, D.W.R. et al, 2019). As it can be observed in XRD patterns displayed in Fig. 2(a–c), all our microcrystals present XRD peaks sharp and well-defined, in this way it's possible attributed to a

good degree of structural order at long-range. All our XRD patterns can be indexed exactly to a spinel-type cubic structure with space group ( $Fd\bar{3}m$ ) and with symmetry point group ( $O_h^7$ ) (SUDARSHAN, S.S. et al, 2019). Moreover, any diffraction peaks related to silver oxide ( $Ag_2O$ ) or reduced silver ( $Ag^0$ ) nanoparticles were detected (WANG, P. et al, 2009). We can clearly observe that all XRD peaks can be indexed and purchased with results reported in Crystallography Open Database (COD) and crystallographic information file (CIF) base N°. 722296 (WANG, X.F. et al, 2014) and recent papers reported in the literature (XUE, Y.N. et al, 2019; JIAO, Z. et al, 2019). To confirm whether the qualitative data observed by means of XRD measurements are very significant. Therefore, we have carried out the structural refinement by the Rietveld method (CUNHA, F.S. et al, 2015) for our  $\beta-(Ag_{2-2x}Zn_x)MoO_4$  microcrystals with ( $x = 0; 0.01; \text{ and } 0.02$ ).

It is well known and established in the literature that the quality of a structural refinement also can be verified by the value of  $R_w$  values, that is very important. Its absolute value does not depend on the absolute value of the intensities, but it depends on the background. With a high background is more easy to reach very low values. Increasing the number of peaks (sharp peaks) is more difficult to get a good value. As can be observed in Fig. 2(a-c), the replacement of  $Ag^+$  by  $Zn^{2+}$  ions into the pure  $\beta-Ag_2MoO_4$  cubic lattice promoted a small displacement of all diffraction peaks to low  $2\theta$  angles. According to Bragg's law ( $n\lambda = 2d\sin\theta$ ), this displacement occurs when there is a change in the lattice parameters (NOGUEIRA, I.C. et al, 2013). The behavior is promoted by the replacement of  $Ag^+$  (ionic radius of 145 pm) by  $Zn^{2+}$  (ionic radius of 74 pm), reducing the unit cell volume. In addition, more details quantitative about XRD patterns can be verified in the following 3.2 section from Rietveld refinement data.

### 3.2 Rietveld refinement analyses

Our structural refinements using the Rietveld refinement method (RIETVELD, H.M., 1967) confirmed that all  $\beta-(Ag_{2-2x}Zn_x)MoO_4$  microcrystals with ( $x = 0; 0.01; \text{ and } 0.02$ ) have a spinel-type cubic structure without deleterious or secondary phases, as illustrated in Figs. 3(a–c), respectively.

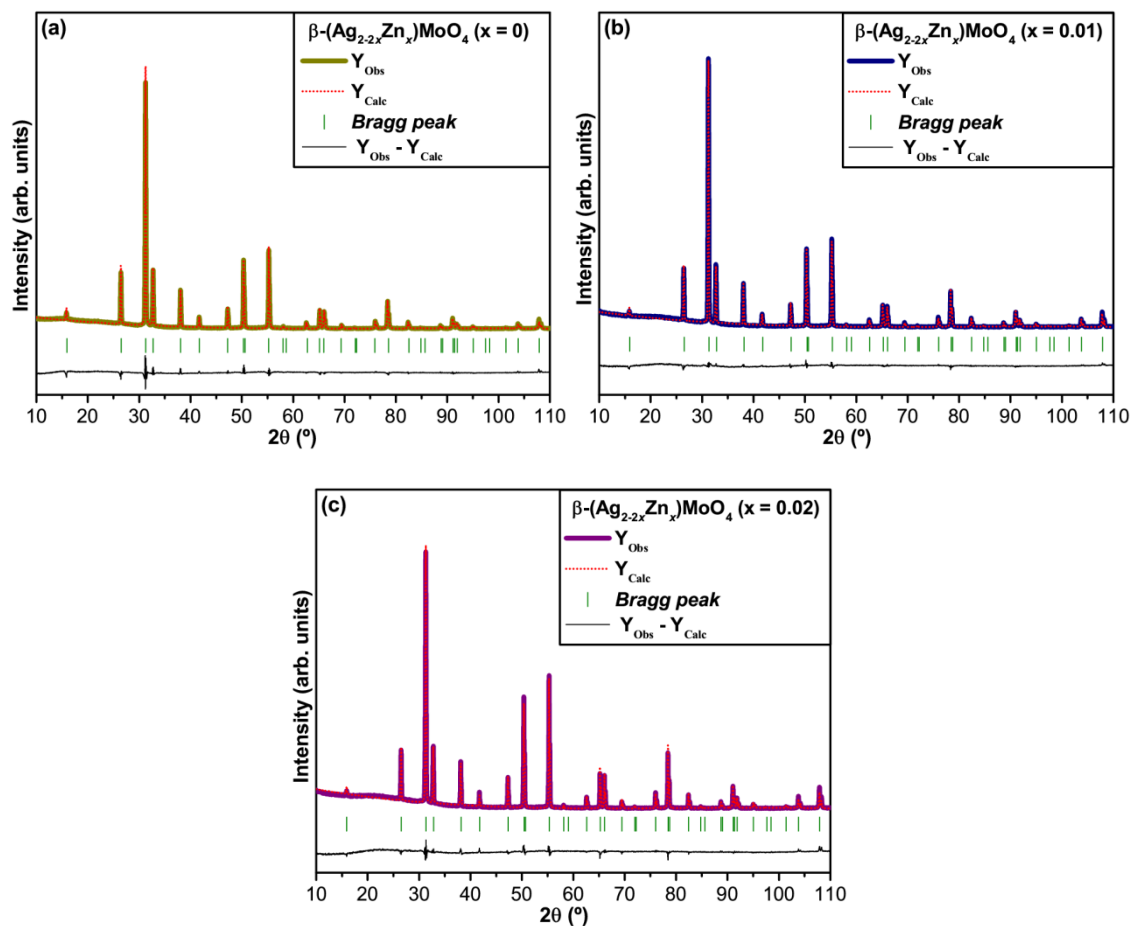


Fig. 3: Rietveld refinement plot of  $\beta$ -( $\text{Ag}_{2-2x}\text{Zn}_x$ ) $\text{MoO}_4$  microcrystals with (a)  $x = 0$ ; (b)  $x = 0.01$ ; and (c)  $x = 0.02$ ; synthesized by the ions injection method at  $90^\circ\text{C}$  for 1 min, respectively.

The experimental lattice parameters, unit cell volume and atomic positions of  $\beta$ -( $\text{Ag}_{2-2x}\text{Zn}_x$ ) $\text{MoO}_4$  microcrystals with ( $x = 0$ ; 0.01; and 0.02) obtained experimentally by new synthesis method were calculated using the Rietveld refinement method (CUNHA, F.S. et al, 2015), using the ReX software new version 0.9.0 (BORTOLOTTI, M.; LUTTEROTTI, L.; LONARDELLI, I., 2009; BORTOLOTTI, M.; LONARDELLI, I., 2013), as displayed in Figs. 3(a-c). The Rietveld method is based on the construction of diffraction patterns calculated according to the structural model (WANG, X.; LIAO, L., 2017). The calculated patterns are adjusted to fit the observed patterns and thus provide the structural parameters of the material and the diffraction profile. In this work, the Rietveld method was applied to adjust the atomic positions, lattice parameters, and unit cell volume. The structural refinement was performed indicated the presence of strain lattice and stress (FINGER, L.W.; COX, D.E.; JEPHCOAT, A.P., 1994). The structural refinement quality is generally checked using the  $R$  values ( $R_p$ ,  $R_{\text{exp}}$ ,  $R_{\text{wp}}$ ),  $\chi^2$ , and  $GoF$  (*Goodness of Fit*) (TOBY, B.H., 2006). The difference between the observed and calculated patterns is the best way to judge the success of the Rietveld refinement. However, other parameters with additional functions were applied to find a structural refinement with better quality and reliability. As a general rule, the use of ReX software new version 0.9.0 for a the best Refinement of our samples were performed with the automatic optimization works only a few

parameters are enabled at a time, as trying to optimize too many parameters at once may lead to instabilities in the optimization algorithm and/or location of false minima. This particularly holds for chemical, physical, and atomic properties which have non linear effects on the diffraction model, as atom coordinates and displacement factors. Therefore, the optimized parameters were the scalar factor,  $2\theta$  offsets, sample position, background function with Chebyshev polynomial coefficients ( $C_0$ ,  $C_1$ ,  $C_2$ , and  $C_3$ ), adjusting the diffraction peaks shape with pseudo-Voigt function, a effective correction of powder diffraction peak due to axial divergence, basic phase, crystal structure, cell parameters ( $a$ ,  $b$ ,  $c$ ), angles ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ), lattice strain, and  $U_{isotropic}$  factor (BISH, D.L.; POST, J.E., 1993). All the structural refinement results obtained using the Rietveld method (BORTOLOTTI, M.; LUTTEROTTI, L.; LONARDELLI, I., 2009; BORTOLOTTI, M.; LONARDELLI, I., 2013) were quite consistent with COD-CIF card N°. 722296 (WANG, X.F. et al, 2014). However, the lower angle region where the most intense peaks are located revealed a major difference. Finally, all refinements illustrated in Figs. 3(a–c) indicate a reasonable correlation between observed and calculated XRD patterns ( $Y_{Obs} - Y_{Calc}$  lines), which proves and reinforces the reliability of the experimental results. More details on these obtained data to  $\beta$ -(Ag<sub>2-2x</sub>Zn<sub>x</sub>)MoO<sub>4</sub> microcrystals with ( $x = 0$ ; 0.01; and 0.02) prepared by the ions injection method in a hot solution at 90 °C in 1 minute with fast cooling by immersion in an ice bath is shown in Table 1(a–c) below:

<sup>(a)</sup> Atoms	Wyckoff	Site	S.O.F	x	y	z	$U_{iso}$
Ag	16d	-.3m	1	0.5	0.5	0.5	0.034520
Mo	8a	-43m	1	0.125	0.125	0.125	0.029516
O	32e	.3m	1	0.234836	0.234751	0.235789	0.033757
<sup>(a)</sup> $a = b = c = 9.31957(9)$ Å, $V = 809.12(1)$ Å <sup>3</sup> ; $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$ , $r = 6.17$ g/cm <sup>3</sup> ; $m/r = 164.58 = \text{cm}^2/\text{g}$							
$R_p$ (%) = 8.1413, $R_{wp}$ (%) = 10.1763, $R_{exp}$ (%) = 3.5866, $\chi^2 = 8.0485$ and $GoF = 2.837$							
<sup>(b)</sup> Atoms	Wyckoff	Site	S.O.F	x	y	z	$U_{iso}$
Ag	16d	-.3m	0.979	0.5	0.5	0.5	0.030963
Zn	16d	-.3m	0.021	0.5	0.5	0.5	0.029310
Mo	8a	-43m	1	0.125	0.125	0.125	0.028068
O	32e	.3m	1	0.234823	0.234823	0.234823	0.034939
<sup>(b)</sup> $a = b = c = 9.31750(1)$ Å, $V = 808.94(1)$ Å <sup>3</sup> ; $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$ , $r = 6.11$ g/cm <sup>3</sup> ; $m/r = 162.65 = \text{cm}^2/\text{g}$							
$R_p$ (%) = 7.0792, $R_{wp}$ (%) = 9.3312, $R_{exp}$ (%) = 3.9334, $\chi^2 = 5.62781$ and $GoF = 2.3723$							
<sup>(c)</sup> Atoms	Wyckoff	Site	S.O.F	x	y	z	$U_{iso}$
Ag	16d	-.3m	0.968	0.5	0.5	0.5	0.041442
Zn	16d	-.3m	0.032	0.5	0.5	0.5	0.038915
Mo	8a	-43m	1	0.125	0.125	0.125	0.014974
O	32e	.3m	1	0.237408	0.237408	0.237408	0.027793
<sup>(c)</sup> $a = b = c = 9.31757(7)$ Å, $V = 808.94(8)$ Å <sup>3</sup> ; $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$ , $r = 6.11$ g/cm <sup>3</sup> ; $m/r = 162.65 = \text{cm}^2/\text{g}$							
$R_p$ (%) = 0,089241, $R_{wp}$ (%) = 10.6447, $R_{exp}$ (%) = 3.6857, $\chi^2 = 8,34112$ and $GoF = 2.8881$							

Table 1: Data obtained from Rietveld refinements for  $\beta$ -(Ag<sub>2-2x</sub>Zn<sub>x</sub>)MoO<sub>4</sub> microcrystals with (a) x



= 0; (b)  $x = 0.01$ ; and (c)  $x = 0.02$ ; synthesized by the ions injection method at 90 °C for 1 min, respectively.

In these tables, fit parameters ( $R_p$ ,  $R_{exp}$ ,  $R_{wp}$ ,  $\chi^2$ , and  $GoF$ ) suggest that refinement results are very reliable and consistent with a spinel-type cubic structure. Moreover, we can also notice a slight reduction in the value of the lattice parameters and unit cell volume, which is promoted by replacement of  $Ag^+$  by  $Zn^{2+}$  ions into the cubic lattice. These Rietveld data are considerable variations in the atomic positions related to the O atoms, while Ag, Zn, and Mo atoms remain fixed in their positions within the cubic structure. This information indicates the existence of distorted octahedral  $[AgO_6]/[ZnO_6]$  clusters and undistorted tetrahedral  $[MoO_4]$  clusters to the  $\beta-(Ag_{2-2x}Zn_x)MoO_4$  structure with ( $x = 0; 0.01$ ; and  $0.02$ ), which arise with different levels of defects and strain lattice.

### 3.3 Unit Cell Representation Of $\beta-(Ag_{1.96}Zn_{0.02})MoO_4$ Crystals

Fig. 4 shows the schematic representation for the unit cell of  $\beta-(Ag_{2-2x}Zn_x)MoO_4$  microcrystals with ( $x = 0.02$ ).

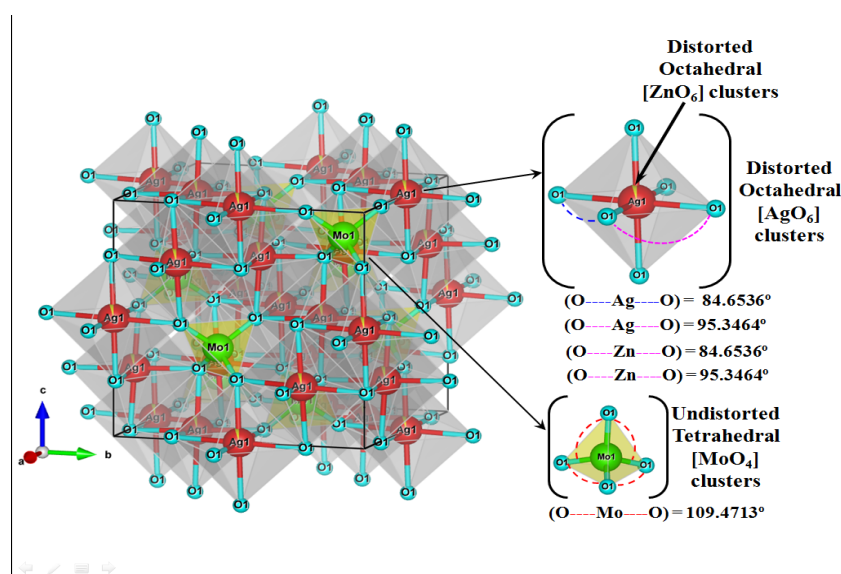


Fig 4: Schematic representation of the unit cell of the  $\beta-(Ag_{2-2x}Zn_x)MoO_4$  crystals ( $x = 0.02$ ) with their respective cluster coordination.

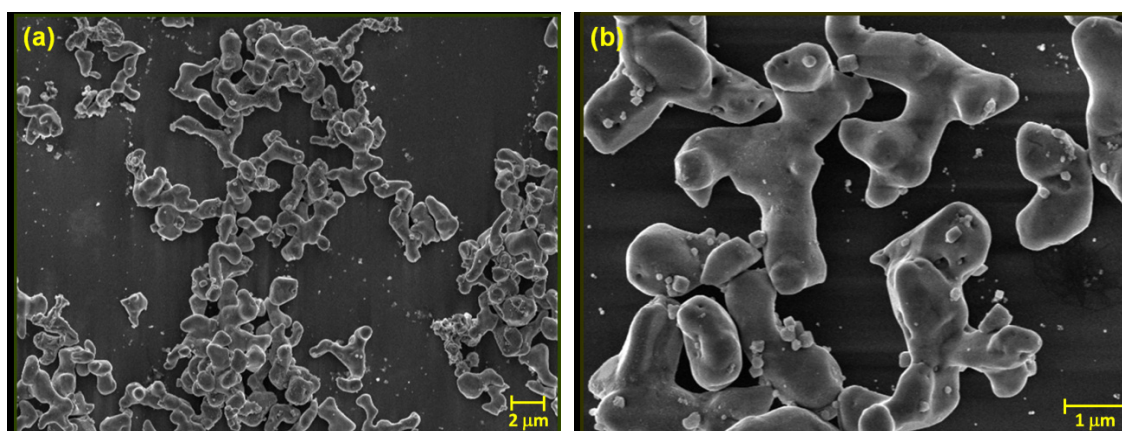
The lattice parameters and atomic positions estimated by means of Rietveld refinements data have been employed to model these structure with the Visualization for Electronic and Structural Analysis (VESTA) program (new version 3.4.6 for Windows-7) (MOMMA, K.; IZUMI, F., 2008; MOMMA, K.; IZUMI, F., 2011). The spinel-type cubic structure of modified  $\beta-(Ag_{1.96}Zn_{0.02})MoO_4$  crystals is symmylar to pure  $\beta-Ag_2MoO_4$  crystals, which is characterized by the space group ( $Fd3m$ ) with eight molecular formulae per unit cell ( $Z = 8$ ) (DONOHUE, J.; SHAND, W., 1947). In these structures, the Ag atoms are coordinated to six O atoms forming distorted octahedral

[AgO<sub>6</sub>] clusters with two different bonding angles between (O–Ag–O) in the horizontal plane (x, y) of the center of the octahedron. Meanwhile, the Mo atoms are coordinated to four O atoms, which result in undistorted tetrahedral [MoO<sub>4</sub>] clusters with same bonding angles between (O–Mo–O) (Fig. 4). In principle, our Rietveld refinement data exhibited especially the anisotropic displacement parameters ( $U_{\text{iso}}$  factor), which are presented previously in Table 1(a-c). As it can be observed clearly in Fig. 1 and Fig. 4.

In addition, our the modified  $\beta$ -(Ag<sub>1.96</sub>Zn<sub>0.02</sub>)MoO<sub>4</sub> crystals, although they were synthesized stoichiometrically and obeying an electronic balance of load compensation, we have noted that the replacement of Ag<sup>+</sup> by Zn<sup>2+</sup> ions promote a high strain and lattice distortion throughout the crystalline structure, as well as chemical bonds and bonding angles, present different promoting great distortions on octahedral [AgO<sub>6</sub>] and [ZnO<sub>6</sub>] clusters. Therefore, despite a small percentage of substitution, we have a considerable difference between the electron density of Ag<sup>+</sup> ions (46 electrons) in relation to Zn<sup>2+</sup> ions (28 electrons), which contributes to a slight retraction in the cell volume as well as a complete distortion in the crystalline lattice, which is composed by the interconnected [AgO<sub>6</sub>]-[ZnO<sub>6</sub>]-[MoO<sub>4</sub>] clusters. Finally, in Fig. 1 and Fig. 4, we have noticed that the O–Ag–O bond angles were modified from 84.2087°/95.7913° to 84.6536°/95.3464°, while the O–Mo–O binding angles remain practically the same.

### 3.4 Field Emission Scanning Electron Microscope Analysis Of $\beta$ -(Ag<sub>2-2x</sub>zn<sub>x</sub>)MoO<sub>4</sub> Crystals

Figs. 5(a–f) illustrate FE-SEM images of  $\beta$ -(Ag<sub>2-2x</sub>Zn<sub>x</sub>)MoO<sub>4</sub> microcrystals with (x = 0; 0.01; and 0.02) prepared by the ions injection method in a hot solution at 90 °C in 1 minute with fast cooling by immersion in an ice bath, respectively.



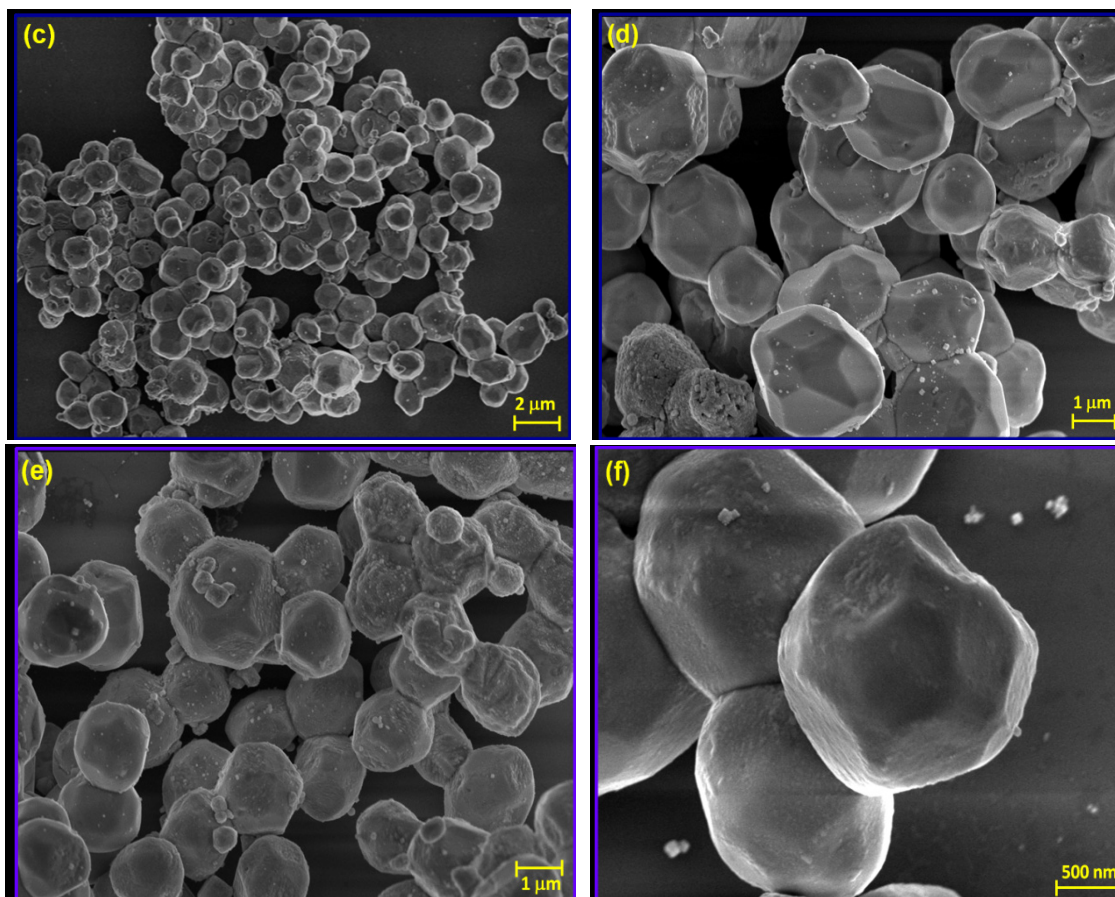


Fig. 5: FE-SEM images of  $\beta$ -( $\text{Ag}_{2-2x}\text{Zn}_x$ ) $\text{MoO}_4$  microcrystals with (a)  $x = 0$ ; (b)  $x = 0.01$ ; (c)  $x = 0.02$ , and (d)  $x = 0.04$ , prepared by the ions injection method, respectively.

As can be seen in Figs. 5 (a,b) it was not possible to obtain a perfect control in the morphology or shape of our pure  $\beta$ - $\text{Ag}_2\text{MoO}_4$  crystals. Based on our laboratory experience using deionized water as a solvent. We attribute this inhomogeneous morphology to the high differences in electron density between the  $\text{Ag}^+$  and  $\text{MoO}_4^{2-}$  complexes ions due to a strong electrostatic attraction between these ions, which results in the formation of the first precipitates of  $\beta$ - $\text{Ag}_2\text{MoO}_4$  or nucleation seeds. In our synthesis method, the fast ions injection method in a hot solution at  $90^\circ\text{C}$  in 1 minute is able to promote localized superheating in the aqueous solution, as well as accelerate solid particles at high speeds. These two phenomena induce a random aggregation between the small particles, due to the increase of the effective collisions, which results in a system composed of several irregular  $\beta$ - $\text{Ag}_2\text{MoO}_4$  microcrystals. This behavior can be explained due to the use of fast cooling by immersion in an ice bath. In this case, the average crystal size was estimated using the GNU Image Manipulation Program (GIMP 2.10.10 version for Windows-7) (GIMP 2019). These microcrystals exhibit an average size of about  $2.8\ \mu\text{m}$ , with a range from  $2.1\ \mu\text{m}$  to  $3.7\ \mu\text{m}$ . Moreover, some small  $\beta$ - $\text{Ag}_2\text{MoO}_4$  crystals also are observed found, which presents a range from  $250\ \text{nm}$  to  $500\ \text{nm}$ . However, it is noted in Figs. 5(c,d), that the effect of ( $x = 0.01$ )  $\text{Zn}^{2+}$  ions is sufficiently able to promote a large morphological modification in pure  $\beta$ - $\text{Ag}_2\text{MoO}_4$  microcrystals. The first effect is related to a reduction in the average crystal size, which is clearly observed and the second effect that is

assigned to an increase in the rate of aggregation between the small crystals, which its possible visualize by the several porous formed at the crystal surface. Moreover, the FE–SEM images analysis of these  $\beta\text{-(Ag}_{1.98}\text{Zn}_{0.01})\text{MoO}_4$  microcrystals revealed an average size at around 2.3  $\mu\text{m}$ , with a range from 1.4  $\mu\text{m}$  to 3.2  $\mu\text{m}$ .

Finally, in Figs. 5(e,f) we can be noted the presence of several pores and roughness on the surface of irregular  $\beta\text{-(Ag}_{2-2x}\text{Zn}_x)\text{MoO}_4$  microcrystals with ( $x = 0.02$ ). In this way, we attributed that occurs a mass transport between the several nanocrystals in contact. As a consequence of this mechanism, the formation of  $\beta\text{-(Ag}_{1.96}\text{Zn}_{0.02})\text{MoO}_4$  microcrystals with well defined shapes is not possible by our synthesis methodology employing deionized water as solvent. Despite the polydisperse nature, ideal thermodynamic conditions for the anisotropic growth of some few convex polyhedral crystals enclosed by high index facets was achieved. The microcrystals present an average crystal size of approximately 1.9  $\mu\text{m}$ , with a range from 1.3  $\mu\text{m}$  to 2.7  $\mu\text{m}$ . Therefore, these observations clearly indicate that a more elaborate control of the synthesis conditions, such as temperature, ion concentration, and solvents are important parameters in the morphologic control of  $\beta\text{-Ag}_2\text{MoO}_4$  crystals.

### 3.5 Ultraviolet–Visible Spectroscopy Analyses Of $\beta\text{-(Ag}_{2-2x}\text{zn}_x)\text{MoO}_4$ Crystals

The optical band gap energy ( $E_{\text{gap}}$ ) was calculated using the Kubelka–Munk equation (2) (KUBELKA, P.; MUNK-AUSSI, F., 1931), which is based on the transformation of diffuse reflectance measurements and can estimate  $E_{\text{gap}}$  values with good accuracy (MORALES, A.E.; MORA, E.S.; PAL, U., 2007). Particularly, it is used in limited cases of infinitely thick samples. The Kubelka-Munk equation (2) for any wavelength is described by:

$$F(R_{\infty}) = \frac{(1 - R_{\infty})^2}{2R_{\infty}} \cong \frac{k}{s} \quad (2)$$

where,  $F(R_{\infty})$  is the Kubelka-Munk function or absolute reflectance of the sample,  $R_{\infty}$  is the reflectance,  $k$  is the molar absorption coefficient and  $s$  is the scattering coefficient. In our case, barium sulfate ( $\text{BaSO}_4$ ) was adopted as the standard sample in reflectance measurements:  $R_{\infty} = R_{\text{sample}}/R_{\text{BaSO}_4}$ . In a parabolic band structure, the optical band gap and absorption coefficient of semiconductor oxides (SMITH, R.A., 1978) can be calculated using equation (3):

$$\alpha h\nu = C_1(h\nu - E_{\text{gap}})^n \quad (3)$$

where,  $\alpha$  is the linear absorption coefficient of the material,  $h\nu$  is the photon energy,  $C_1$  is a proportionality constant,  $E_{\text{gap}}$  is the optical band gap and  $n$  is a constant associated with different kinds of electronic transitions ( $n = 1/2$  for direct allowed,  $n$



= 2 for indirect allowed,  $n = 3/2$  for direct forbidden, and  $n = 3$  for indirect forbidden transitions). According to previous theoretical calculations reported by literature (PERALES, R.L. et al, 2008; SOUSA, G.S. et al, 2019) to  $\beta$ - $\text{Ag}_2\text{MoO}_4$  microcrystals exhibit an optical absorption spectrum governed by indirect electronic transitions. This means that after the electronic absorption process, electrons located in minimum energy states in the conduction band (CB) are able to go back to maximum energy states in the valence band (VB) at different point in the Brillouin zone (GOUVEIA, A.F. et al, 2014; SOUSA, G.S. et al, 2019). Based on this information,  $E_{\text{gap}}$  for the  $\beta$ - $(\text{Ag}_{2-2x}\text{Zn}_x)\text{MoO}_4$  microcrystals with ( $x = 0; 0.01; 0.02$  and  $0.04$ ) were calculated using  $n = 2$  in equation (3). Finally, using the absolute reflectance function described in equation (2) with  $k = 2\alpha$ , we obtain the modified Kubelka–Munk equation as indicated in equation (4):

$$[F(R_\infty)hv]^{0.5} = C_2(hv - E_{\text{gap}}) \quad (4)$$

Therefore, finding the  $F(R_\infty)$  value from equation (2) and plotting a graph of  $[F(R_\infty)hv]^{0.5}$  against  $hv$ ,  $E_{\text{gap}}$  values were calculated for the  $\beta$ - $(\text{Ag}_{2-2x}\text{Zn}_x)\text{MoO}_4$  microcrystals with ( $x = 0; 0.01; \text{ and } 0.02$ ) by extrapolating the linear portion of the UV–Vis curves.

Figs. 6(a–c) illustrate the UV–Vis spectra for  $\beta$ - $(\text{Ag}_{2-2x}\text{Zn}_x)\text{MoO}_4$  microcrystals with ( $x = 0; 0.01; \text{ and } 0.02$ ) prepared by the ions injection method in a hot solution at  $90^\circ\text{C}$  in 1 minute with fast cooling by immersion in an ice bath, respectively.

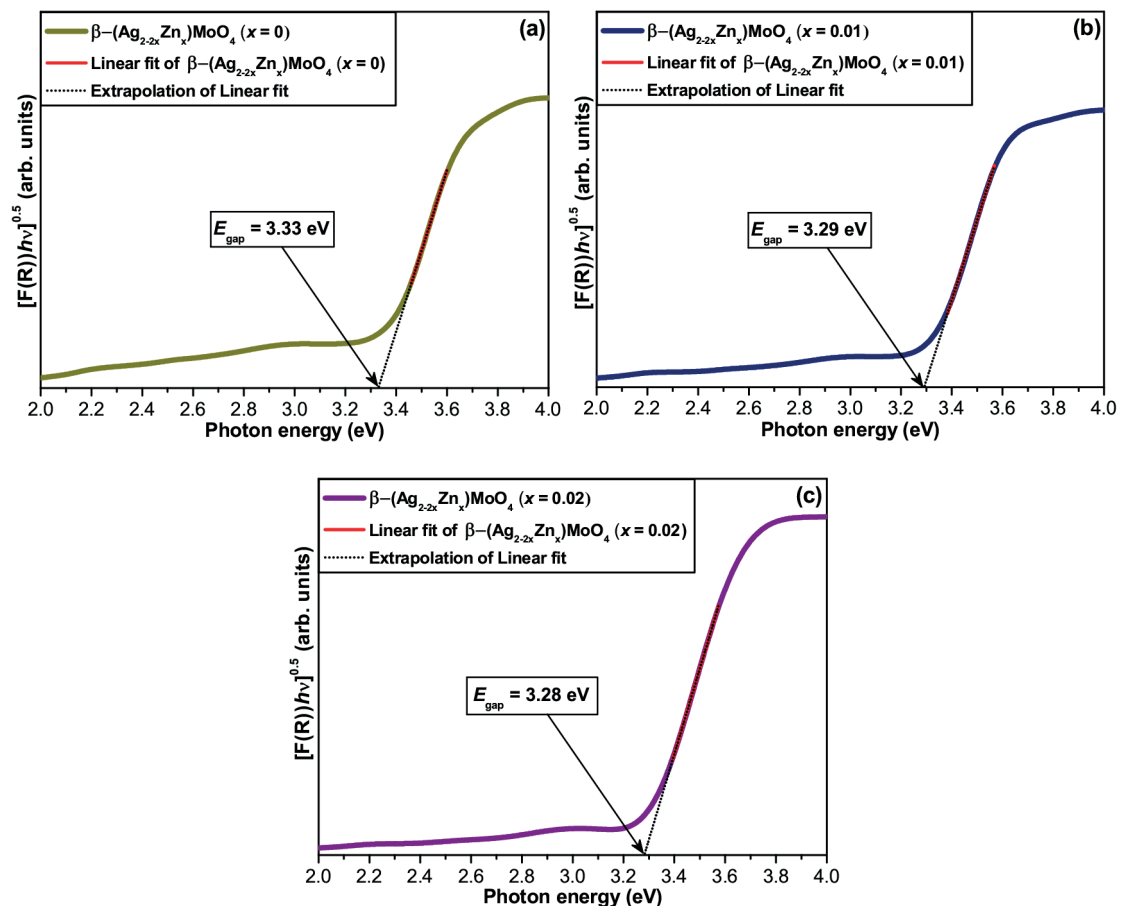


Fig. 6: UV–Vis spectra in diffuse reflectance mode of  $\beta$ –( $\text{Ag}_{2-2x}\text{Zn}_x$ ) $\text{MoO}_4$  microcrystals with (a)  $x = 0$ ; (b)  $x = 0.01$ ; and (c)  $x = 0.02$ , synthesized by the ions injection method at 90 °C for 1 min, respectively.

As it can be observed in Figs. 6(a–c), the profile of the UV–Vis spectra for our  $\beta$ –( $\text{Ag}_{2-2x}\text{Zn}_x$ ) $\text{MoO}_4$  microcrystals with ( $x = 0$ ; 0.01; and 0.02) indicate an optical behavior typical for structurally ordered crystalline materials. The synthesized pure  $\beta$ – $\text{Ag}_2\text{MoO}_4$  microcrystals at same experimental conditions exhibits a indirect optical band gap in the recent literature (FERREIRA, E.A.C. et al, 2019). Moreover, we have noted a slight decreasing in the  $E_{\text{gap}}$  values (from 3.33 to 3.28 eV), with the replacement of  $\text{Ag}^+$  by  $\text{Zn}^{2+}$  ions into the cubic lattice. Although the  $E_{\text{gap}}$  values estimated by UV–Vis measurements is considered qualitative and semi-quantitative, the calculated results imply that the microcrystals have distinct types and concentrations of structural and surface defects, such as oxygen vacancies, distortions on the O–Ag–O bonds presents main on octahedral [ $\text{AgO}_6$ ] clusters. These defects or arise from the crystal formation, growth processes, which were affected by the replacement of  $\text{Ag}^+$  by the  $\text{Zn}^{2+}$  ions into the cubic lattice. Therefore, these defects due to symmetry break are responsible by the lattice polarization, resulting in the presence of intermediary energy levels within the band gap (SOUSA, G.S. et al, 2019). In addition, this table also shows a comparative between the  $E_{\text{gap}}$  values obtained in this work with those reported in the literature. According to earlier reports (LI, Z.Q.; CHEN, X.T.; XUE, Z.L., 2013; SANTANA, Y.V.B. et al, 2014; SILVA, M.D.P. et al, 2016), pure  $\beta$ – $\text{Ag}_2\text{MoO}_4$  microcrystals, powders, or crystals present a broad experimental optical band gap ranging from 3.03 eV to 3.38 eV. As it can be observed in Figs. 6(a-c), we attributed that these small changes in  $E_{\text{gap}}$  values can be related to presence of intermediary energy levels between the VB and CB, since the exponential optical absorption edge and  $E_{\text{gap}}$  are controlled by the degree of structural order-disorder in the lattice. The slight decrease in  $E_{\text{gap}}$  values can be attributed to structural defects at medium range and local bond distortions which yield localized electronic levels within the forbidden band gap. A smaller ( $E_{\text{gap}} = 3.23$  eV) was detected for  $\beta$ –( $\text{Ag}_{1.96}\text{Zn}_{0.02}$ ) $\text{MoO}_4$  microcrystals synthesized by the ions injection method at 90 °C for 1 min, which suggests a high concentration of defects in the cubic lattice (see Fig 4).

### 3.6 Photocatalytic Properties Analyses Of $\beta$ –( $\text{Ag}_{2-2x}\text{Zn}_x$ ) $\text{MoO}_4$ Crystals

Fig. 7(a) displays the photolysis process of the RhB cationic dye solutions, while the Figs. 7(c–d) show the PC degradation of RhB dyes by the  $\beta$ –( $\text{Ag}_{2-2x}\text{Zn}_x$ ) $\text{MoO}_4$  microcrystals acting as photocatalyst with ( $x = 0$ ; 0.01; and 0.02) monitored by the temporal changes in the UV–Vis absorbance spectra of the aqueous dye solutions. The Figs. 7(e) displays the absorption percentage of RhB dye under the  $\beta$ –( $\text{Ag}_{2-2x}\text{Zn}_x$ ) $\text{MoO}_4$  microcrystals with ( $x = 0$ ; 0.01; and 0.02) (off- UV-light). The degradation rates ( $C_n/C_0$ ) of the RhB dyes without and with  $\beta$ –( $\text{Ag}_{2-2x}\text{Zn}_x$ ) $\text{MoO}_4$  catalyst are shown in



Figure 7(f) and their the rate constants ( $k$ ) obtained for the degradation of RhB dyes by crystals catalyst, respectively.

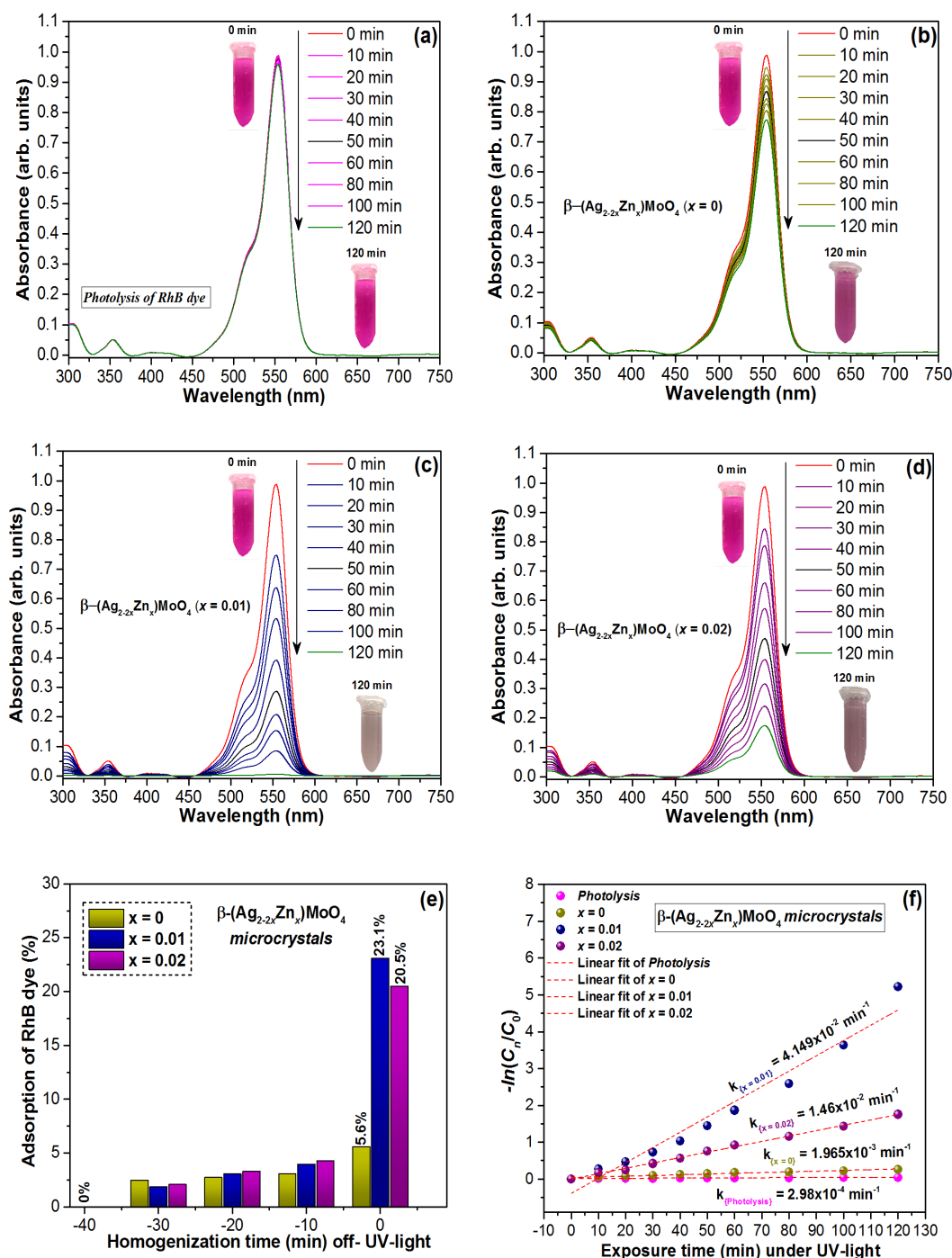


Fig. 7(a) Evolution of UV-Vis absorption spectra after 120 min of illumination without photocatalyst; (b–d) UV-Vis spectra for the photodegradation of RhB dye using  $\beta$ -( $\text{Ag}_{2-2x}\text{Zn}_x$ ) $\text{MoO}_4$  microcrystals with ( $x = 0$ ; 0.01; and 0.02). The insets show digital photodegradation photos for RhB dye, (e) Adsorption tests in the dark 30 min before at 10-min intervals for all samples and (f) *First-order kinetics constant* without catalyst or (photolysis) and with our  $\beta$ -( $\text{Ag}_{2-2x}\text{Zn}_x$ ) $\text{MoO}_4$  microcrystals as catalyst.

Fig. 7(a) indicate an insignificant reduction of approximately 4% of the maximum absorption spectra for the aqueous solutions of RhB dye after 200 min of photolysis, respectively. This behavior indicates a large resistance of the three dyes under UV illumination (JÚNIOR, E.A.A. et al, 2017). As it can be observed in Fig. 7(b), we did

not observe a significant reduction in the concentration of the RhB solution after 120 min of photodiscoloration with the our pure  $\beta\text{-Ag}_2\text{MoO}_4$  microcrystals catalyst. Before irradiation, the RhB dye, which is an  $N,N,N',N'$ -tetraethylated Rhodamine molecule, had one bandwidth a maximum absorption centered at 543 nm. The photodegradation of the RhB dye occurs due to an oxidative attack via active oxygen species on an  $N$ -ethyl group (JÚNIOR, E.A.A. et al, 2017). The band moved toward  $N,N,N'$ -triethylated Rhodamine ( $\lambda_{\text{max}} = 539$  nm),  $N,N'$ -di-ethylated Rhodamine ( $\lambda_{\text{max}} = 522$  nm),  $N$ -ethylated Rhodamine ( $\lambda_{\text{max}} = 510$  nm), and Rhodamine ( $\lambda_{\text{max}} = 498$  nm) species (ZHAO, L. et al, 2007). Therefore, we assumed that our pure  $\beta\text{-Ag}_2\text{MoO}_4$  microcrystals catalyst does not have active photocatalytic sites or Lewis basic sites effective for the discoloration or photodegradation of a high percentage of RhB cationic dye after 120 min under UV-light with reduction of approximately 22.7% (see Fig. 7(b)). Moreover, we confirmed that our  $\beta\text{-(Ag}_{2-2x}\text{Zn}_x)\text{MoO}_4$  microcrystals with ( $x = 0.01$ ) is the most efficient photocatalyst for the degradation of the MO anionic dye after 120 min under UV-light (see Fig. 7(c)). Moreover, our  $\beta\text{-(Ag}_{2-2x}\text{Zn}_x)\text{MoO}_4$  microcrystals with ( $x = 0.02$ ) exhibith a satisfiointy rate of discoloration or photodegradation of RhB dye. This behavior can be expliaed by performed a homogenization of this system, 30 min before of starting the PC measurements to reach at adsorption-desorption equilibrium (solid-liquid). Thus, we found the adsorption behavior of all our microcrystals, where the  $\beta\text{-(Ag}_{1.98}\text{Zn}_{0.01})\text{MoO}_4$  catalyst microcrystals has a high percentage of adsorption, as shown in Fig. 7(e). Finally, the equation(1) is generally used for a photocatalytic degradation process if the initial concentration of the organic pollutant is low ( $1 \times 10^{-5}$  mol.L<sup>-1</sup>). According to equation (1), a plot of  $[-\ln(C_n/C_0)]$  as a function of  $t$  gives a straight line where the slope is  $k$  (*First-order kinetics constant*). As it can be noted in Fig. 7(f), our  $\beta\text{-(Ag}_{2-2x}\text{Zn}_x)\text{MoO}_4$  photocatalyst microcrystals with ( $x = 0.01$  and  $0.04$ ) was more effective and efficient for the degradation of RhB cationic dye, than our pure  $\beta\text{-Ag}_2\text{MoO}_4$  microcrystals, as shown in (inset Fig. 7(f) the rate constants to our  $\beta\text{-(Ag}_{2-2x}\text{Zn}_x)\text{MoO}_4$  photocatalyst microcrystals with ( $x = 0; 0.01; \text{ and } 0.02$ ) and in the absence of a catalyst only for the photolysis process of RhB dyes are very small ( $k_{\text{Photolysis}} = 2.98 \times 10^{-4} \text{ min}^{-1}$ ), which indicates that there is no significant degradation of this organic dyes due to high strength and stability. Moreover, in Fig. 7(f) its possible note a very significant improvement in photocatalytic performance for  $\beta\text{-(Ag}_{2-2x}\text{Zn}_x)\text{MoO}_4$  microcrystals with ( $x = 0.01; \text{ and } 0.02$ ), which we have found that the  $k_{\{x=0.01\}} = 4.149 \times 10^{-2} \text{ min}^{-1}$  value is approximately 139.23 times higher than  $k_{\text{Photolysis}^*}$ .

#### 4 | CONCLUSION

In summary, in this book chapter, we have successfully obtained for the first time in the literature the  $\beta\text{-(Ag}_{2-2x}\text{Zn}_x)\text{MoO}_4$  microcrystals with ( $x = 0; 0.01; \text{ and } 0.02$ ) by the ions injection method in a hot solution at 90 °C in 1 minute with fast cooling by immersion in an ice bath. XRD patterns and Rietveld refinement data indicated that

all the crystals have a pure phase related to spinel-type cubic structure with the space group ( $Fd3m$ ) and point-group symmetry ( $O_h^7$ ). Rietveld refinement data confirmed the presence of distorted octahedral  $[AgO_6]/ [ZnO_6]$  clusters and undistorted tetrahedral  $[MoO_4]$  clusters. FE-SEM images indicated that the replacement of  $Ag^+$  by the  $Zn^{2+}$  ions promotes a considerable change of shape, growth process and appearance of pores on the crystal surfaces. UV-Vis spectra shown a slight differences in  $E_{gap}$  values were caused by the replacement of  $Ag^+$  by the  $Zn^{2+}$  ions, which promotes the formation of new intermediary electronic levels and profile governed by indirect allowed electronic transitions. These new energetic states originated from the defects electronic related to Zn 3d orbitals. Finally, we have found good photocatalytic performance of  $\beta$ -( $Ag_{2-2x}Zn_x$ ) $MoO_4$  microcrystals to degradation of the RhB cationic dye in up to 120 min under UV-light, resulted in the best photocatalytic performances for the  $\beta$ -( $Ag_{2-2x}Zn_x$ ) $MoO_4$  microcrystals with ( $x = 0.01$ ), which are can be atributed to defects specific at the crystal surface and high catalytic performance of pores.

## ACKNOWLEDGMENT

The Brazilian authors acknowledge the financial support of the Brazilian research financing institutions CNPq (350711/2012-7; 150949/2018-9; 312318/2017-0; 408036/2018-4), FAPEPI, FAPESP (2012/14004-5), and CAPES.

## REFERENCES

- ABRAHAMAS, S.C.; REDDY, J.M. **Crystal Structure of the Transition-Metal Molybdates. I. Paramagnetic Alpha-MnMoO<sub>4</sub>**. J. Chem. Phys. 43, p. 2533–2543, 1965.
- ARORA, A.K.; NITHYA, R.; MISRA, S. et al. **J. Behavior of silver molybdate at high-pressure**. Solid State Chem. 196, p. 391–397. 2012.
- BAI, Y.Y.; LU, Y.; LIU, J.K. **An efficient photocatalyst for degradation of various organic dyes: Ag@Ag<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub>-AgBr composite**. Hazard. Mater. 307, p. 26–35, 2016.
- BELTRÁN, A.; GRACIA, L.; LONGO, E., et al. **First-Principles Study of Pressure-Induced Phase Transitions and Eletronic Properties of Ag<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub>**. J. Phys. Chem. C. 118, p. 3724–3732, 2014.
- BI, J.; WU, L.; ZHANG, Y. et al. **Solvothermal preparation, electronic structure and photocatalytic properties of PbMoO<sub>4</sub> and SrMoO<sub>4</sub>**. Appl. Catal. B. 91, p. 135–143, 2009.
- BISH, D.L.; POST, J.E. **Quantitative mineralogical analysis using the Rietveld full-pattern fitting method**. Am. Mineral. 78, p. 932–940, 1993.
- BORTOLOTTI, M.; LONARDELLI, I. **ReX.Cell: a user-friendly program for powder diffraction indexing**. J. Appl. Cryst. 46, p. 259-261, 2013.
- BORTOLOTTI, M.; LUTTEROTTI, L.; LONARDELLI, I. **ReX: a computer program for structural analysis using powder diffraction data**. J. Appl. Cryst. 42, p. 538-539, 2009.

BROWN, S.; MARSHALL, A.; HIRST, P. **The growth of single crystals of lead molybdate by the Czochralski technique.** Mater. Sci. Eng. 173, p. 23–27, 1993.

CAVALCANTE, L.S.; MORAES, E.; ALMEIDA, M.A.P. et al. **A combined theoretical and experimental study of electronic structure and optical properties of  $\beta$ -ZnMoO<sub>4</sub> microcrystals.** Polyhedron. 54, p. 13–25, 2013.

COIMBRA, D.W.R.; CUNHA, F.S.; SCZANCOSKI, J.C. et al. **Structural refinement, morphology and photocatalytic properties of  $\beta$ -(Ag<sub>2-2x</sub>Zn<sub>x</sub>)MoO<sub>4</sub> microcrystals synthesized by the sonochemical method.** J. Mater. Sci. Mater. in Electron. 30, p. 1322–1344, 2019.

CUI, X.; YU, S.H.; LI, L. et al. **Selective Synthesis and Characterization of Single-Crystal Silver Molybdate /Tungstate Nanowires by a Hydrothermal Process.** Chem. Eur. J. 10, p. 218–223, 2004.

CUNHA, F.S.; SCZANCOSKI, J.C.; NOGUEIRA, I.C. et al. **Structural, morphological and optical investigation of  $\beta$ -Ag<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub> microcrystals obtained with different polar solvents.** CrystEngComm. 17, p. 8207–8211, 2015.

CUTRONI, M.; FEDERICO, M.; MANDANICI, A. et al. **A.C. conductivity in (AgI)<sub>1-x</sub>(Ag<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub>)<sub>x</sub> ionic glasses in the 77–300 K temperature region.** Solid State Ionics. 113–115, p. 681–683, 1998.

DONOHUE, J.; SHAND, W. **The determination of the interatomic distances in silver molybdate, Ag<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub>.** J. Am. Chem. Soc. 69, p. 222–223, 1947.

FABBRO, M.T.; FOGGI, C.C.; SANTOS, L.P.S. et al. **Synthesis, antifungal evaluation and optical properties of silver molybdate microcrystals in different solvents: a combined experimental and theoretical study.** Dalton Trans. 45, p. 10736–10743, 2016.

FERREIRA, E.A.C.; NETO, N.F. A.; BOMIO, M.R.D. et al. **Influence of solution pH on forming silver molybdates obtained by sonochemical method and its application for methylene blue degradation.** Ceram. Internat. 45, p. 11448–11456, 2019.

FIGUEIREDO, A.T.; LAZARO, S.; LONGO, E. et al. **Correlation among order–disorder, electronic levels, and photoluminescence in amorphous ct:Sm.** Chem. Mater. 18, p. 2904–2911, 2006.

FINGER, L.W.; COX, D.E.; JEPHCOAT, A.P. **A correction for powder diffraction peak asymmetry due to axial divergence.** J. Appl. Cryst. 27, p. 892–900, 1994.

FODJO, E.K.; LI, D.W.; MARIUS, N.P. et al. **Low temperature synthesis and SERS application of silver molybdenum oxides.** J. Mater. Chem. A. 1, p. 2558–2566, 2013.

GIMP. **GNU IMAGE MANIPULATION PROGRAM.** C2019, Home page. Available at: <<https://www.gimp.org/>>. Accessed on: Jun 2 2019..

GONG, Q.; QIAN, X.; MA, X. et al. **Large-Scale Fabrication of Novel Hierarchical 3D CaMoO<sub>4</sub> e SrMoO<sub>4</sub> Mesocrystals via a Microemulsion-Mediated.** Crys. Growth Des. 6, p. 1821–1825, 2006.

GOUVEIA, A.F.; SCZANCOSKI, J.C.; FERRER, M.M., et al. **Experimental and Theoretical Investigations of Electronic Structure and Photoluminescence Properties of b-Ag<sub>2</sub>MoO Microcrystals.** Inorg. Chem. 53, p. 5589–5599, 2014.

GUPTA, S.K.; GHOSH, P.S.; SUDARSHAN, K. et al. **Multifunctional pure and Eu<sup>3+</sup> doped  $\beta$ -Ag<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub>: photoluminescence, energy transfer dynamics and defect induced properties.** Dalton Trans. 44, p. 19097–19110, 2015.

- HASHIM, M.; HU, C.; CHEN, Y. et al. **Synthesis, characterization, and optical properties of  $\text{Ag}_2\text{Mo}_2\text{O}_7$  nanowires.** Phys. Status Solidi A. 208, p. 1937–1941, 2011.
- JIAO, Z.; ZHANG, J.; LIU, Z. et al. **Ag/AgCl/Ag<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub> composites for visible-light-driven photocatalysis.** J. Photochemistry and Photobiology A: Chemistry. 371, p. 67-75, 2019.
- JUAREZ, J.C.; MORALES, R. **Reduction Kinetics of  $\text{Ag}_2\text{MoO}_4$  by Hydrogen.** Metallurg. Mater. Trans. B. 39, p. 738–745, 2008.
- JÚNIOR, E.A.A.; NOBRE, F.X.; SOUSA, G.S.; et al. **Synthesis, growth mechanism, optical properties and catalytic of ZnO microcrystals obtained *via* hydrothermal processing.** RSC Adv. 7, p. 24263-24281, 2017.
- KOKULNATHAN, T.; CHEN, T.W.; CHEN, S.M. et al. **Hydrothermal synthesis of silver molybdate/reduced graphene oxide hybrid composite: An efficient electrode material for the electrochemical detection of tryptophan in food and biological samples.** Composites Part B: Engineering. 169, p. 249-257, 2019.
- KOMARNENI, S.; ROY, R.; LI, Q.H. **Microwave-hydrothermal synthesis of ceramic powders.** Mater. Res. Bull. 27, p. 1393–1405, 1992.
- KUBELKA, P.; MUNK-AUSSI, F. **Ein Beitrag Zur Optik Der Farbanstriche.** Z. Tech. Phys.12, p. 593–601, 1931.
- LEI, F.; YAN, B.; CHEN, H.H. et al. **Surfactant-Assisted Hydrothermal Synthesis, Physical Characterization, and Photoluminescence of  $\text{PbWO}_4$ .** Cryst. Growth Des. 9, p. 3730–3736, 2009.
- LI, L.; LENG, Z.; ZI, W. et al. **Hydrothermal Synthesis of  $\text{SrMoO}_4$ :  $\text{Eu}^{+3}$ ,  $\text{Sm}^{+3}$  Phosphors and their Enhanced Luminescent Properties Through Energy Transfer.** Electron. Mater. 43, p. 2588–2596, 2014.
- LIU, E.; GAO, Y.; JIA, J., et al. **Friction and wear behaviors of Ni-based composites containing graphite /  $\text{Ag}_2\text{MoO}_4$  lubricants.** Trib. Lett. 50, 313–322, 2013.
- LI, Z.Q.; CHEN, X.T.; XUE, Z.L. **Microwave-assisted hydrothermal synthesis of cube-like  $\text{Ag-Ag}_2\text{MoO}_4$  with visible-light photocatalytic activity.** Sci. China Chem. 56, p. 443-450, 2013.
- LI, Z.Q.; CHEN, X.T.; XUE, Z.L. **Microwave-assisted hydrothermal synthesis of cube-like  $\text{Ag-Ag}_2\text{MoO}_4$  with visible-light photocatalytic activity.** Sci. China Chem. 56, p. 443–450, 2013.
- MANDANICI, A.; RAIMONDO, A.; CUTRONI, M., et al. **Thermal expansion of silver iodide-silver molybdate glasses at low temperatures.** J. Chem. Phys. 130, p. 204508–204514, 2009.
- MARQUES, A.P.A.; MELO, D.M.A.; PASKOCIMAS, C.A., et al. **Photoluminescent  $\text{BaMoO}_4$  nanopowders prepared by complex polymerization method (CPM).** J. Solid State Chem. 179, p. 671–678, 2006.
- MEENA, S.K.; HEDA, N.L.; ARORA, G. et al. **Performance of hybrid exchange-correlation potential for photocatalytic silver chromate and molybdate: LCAO theory and Compton spectroscopy.** Phys. B. 560, p. 236–243, 2019.
- MOMMA, K.; IZUMI, F. **VESTA: a three-dimensional visualization system for electronic and structural analysis.** J. Appl. Crystallogr. 41, p. 653–658, 2008.
- MOMMA, K.; IZUMI, F. **VESTA 3 for three-dimensional visualization of crystal, volumetric and**



**morphology data.** J. Appl. Crystallogr. 44, p. 1272–1276, 2011.

MORALES, A.E.; MORA, E.S.; PAL, U. **Use of diffuse reflectance spectroscopy for optical characterization of un-supported nanostructures.** Rev. Mex. Fís. S. 53, p. 18–22, 2007.

MOURA, J.V.B.; FILHO, J.G.S.; FREIRE, P.T.C. et al. **Phonon properties of  $\beta$ -Ag<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub>: Raman spectroscopy and *ab initio* calculations.** Vibrat. Spectrosc. 86, p. 97–102, 2016.

NOGUEIRA, I.C.; CAVALCANTE, L.S.; PEREIRA, P.F.S.; et al. **Rietveld refinement, morphology and optical properties of (Ba<sub>1-x</sub>Sr<sub>x</sub>)MoO<sub>4</sub> crystals.** J. Appl. Cryst. 46, p. 1434–1446, 2013.

NG, C.H.B.; FAN, W.Y. **Crystal origami: Preparation of  $\beta$ -Ag<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub> concave and convex crystals with high-index facets.** Chem Nano Mat. 3, p. 178–182, 2017.

NG, C.H.B.; FAN, W.Y. **Uncovering Metastable  $\alpha$ -Ag<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub> Phase Under Ambient Conditions. Overcoming High Pressure by 2,3-Bis(2-pyridyl)pyrazine Doping.** Cryst. Growth Des. 15, p. 3032–3037, 2015.

PERALES, R.L.; FUERTES, J.R.; ERRANDONEA, D. et al. **A. Segura, Optical absorption of divalent metal tungstates: Correlation between the band-gap energy and the cation ionic radius.** Europhys. Lett. 83, p. 37002–37006, 2008.

RAO, K.S.; VAIDYA, V.G. **Precipitation of silver molybdate from homogeneous solution by use of diamminesilver (I) reagent.** Analyst. 100, p. 512–516, 1975.

RIETVELD, H.M. **A profile refinement method for nuclear and magnetic structures.** J. Appl. Crystallogr. 2, p. 65–71, 1969.

RIETVELD, H.M. **Line profiles of neutron powder-diffraction peaks for structure refinement.** Acta Crystallogr. 22, p. 151–152, 1967.

RICCI, J.E.; LINKE, W.F. **The Aqueous Solubility of Silver Molybdate and the Ternary Systems Ag<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub>-AgNO<sub>3</sub>-H<sub>2</sub>O and Ag<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub>-Na<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub>-H<sub>2</sub>O at 25°.** J. Am. Chem. Soc. 73, p. 3601–3603, 1951.

ROCCA, F.; KUZMIN, A.; MUSTARELLI, et al. **XANES and EXAFS at Mo K-edge in (AgI)<sub>1-x</sub>(Ag<sub>2</sub>)MoO<sub>4</sub> glasses and crystals.** Solid State Ionics. 121, p. 189–192, 1999.

RYU, J.H.; YOON, J.W.; LIM, C.S. et al. **Microwave-assisted synthesis of CaMoO<sub>4</sub> nano-powders by a citrate complex method and its photoluminescence property.** J. Alloys Compd. 390, p. 245–249, 2005.

SANTANA, Y.V.B.; GOMES, J.E.C.; MATOS, L. et al. **Silver molybdate and silver tungstate nanocomposites with enhanced photoluminescence.** Nanomater. Nanotechnol. 4, p. 22-1-22-11, 2014.

SCZANCOSKI, J.C.; CAVALCANTE, L.S.; JOYA, M.R. et al. **SrMoO<sub>4</sub> powders processed in microwave-hydrothermal: Synthesis, characterization and optical properties.** Chem. Eng. J. 140, p. 632–637, 2008.

SILVA, M.D.P.; GONÇALVES, R.F.; NOGUEIRA, I.C. et al. **Microwave-assisted hydrothermal synthesis of Ag<sub>2</sub>(W<sub>1-x</sub>Mo<sub>x</sub>)O<sub>4</sub> heterostructures: Nucleation of Ag, morphology, and photoluminescence properties.** Spectrochim. Acta Part A. 153, p. 428–435, 2016.

SINGH, D.P.; SIROTA, B.; TALPATRA, S. et al. **Broom-like and flower-like heterostructures of silver molybdate through pH controlled self-assembly.** J. Nanopart. Res. 14, p. 781–792, 2012.



SMITH, G.W.; IBERS, J.A. **The crystals structure of cobalt molybdate  $\text{CoMoO}_4$** . Acta Cryst. 19, p. 269–275, 1965.

SMITH, G.W.; IBERS, J.A. **The crystals structure of cobalt molybdate  $\text{CoMoO}_4$** . Acta Cryst. 19, p. 269–275, 1965.

SMITH, R.A. **Semiconductors**. Cambridge University Press: London, 2<sup>nd</sup>. p. 1–535, 1978.

SOMIYA, S.; ROY, R. **Hydrothermal synthesis of fine oxide powders**. Mater. Sci. Bull. 23, p. 453–460, 2000.

SOUZA, E.L.S.; DALMASCHIO, C.J.; FILHO, M.G.R., et al. **Formatex, Microscopy: advances in scientific research and education**. 2, p. 894–902, 2014.

SOUSA, G.S.; NOBRE, F.X.; JÚNIOR, E.A.A. et al. **Hydrothermal synthesis, structural characterization and photocatalytic properties of  $\beta\text{-Ag}_2\text{MoO}_4$  microcrystals: Correlation between experimental and theoretical data**. Arabian J. Chem. 2019. in press DOI:10.1016/j.arabjc.2018.07.011

SUDARSHAN, S.S; GUPTA, K.; SONAWANE, K. et al. **Room temperature synthesis, concentration quenching study and defect formation in  $\beta\text{-Ag}_2\text{MoO}_4\text{:Dy}^{3+}$  photoluminescence and positron annihilation spectroscopy**. J. Lumin. 212, p. 293-299, 2019.

SUTHANTHIRARAJ, S.A; PREMCHAND, Y.D. **Molecular structural analysis of 55 mol% CuI-45 mol%  $\text{Ag}_2\text{MoO}_4$  solid electrolyte using XPS and laser raman techniques**. Ionics. 10, p. 254–257, 2004.

TAWDE, D.; SRINIVAS, M.; MURTHY, K.V.R. **Effect of lead source and cerium (III) doping on structural and photoluminescence properties of  $\text{PbWO}_4$  microcrystallites synthesized by hydrothermal method**. Phys. Status Solidi A. 208, p. 803–807, 2011.

THÉODET, M.; QUILFEN, C.; MARTÍNEZ, C. et al. **Continuous supercritical synthesis of unsupported and high specific surface area catalyst precursors for deep-hydrodesulfurization**. J. Supercrit. Fluids. 117, p. 252–259, 2016.

TIAN, G.; SUN, S. **Additive induced morphology changes of nano-crystalline  $\text{SrWO}_4$** . Cryst. Res. Technol. 46, p. 188–194, 2011.

TOBY, B.H. **Rfactors in Rietveld analysis: How good is good enough?**. Powder Diffraction. 21, p. 67–70, 2006.

WENDA, E. **High Temperature Reactions in the  $\text{MoO}_3\text{-Ag}_2\text{O}$  System**. J. Therm. Anal. Calor. 53, p. 861–870, 1998.

WENDA, E. **Phase diagram of the  $\text{V}_2\text{O}_5\text{-MoO}_3\text{-Ag}_2\text{O}$  system II. Phase diagram of  $\text{MoO}_3\text{-Ag}_2\text{O}$  system**. J. Therm. Anal. Calor. 36, p. 1417–1427, 1990.

WANG, P.; HUANG, B.; QIN, X. et al. **Whangbo,  $\text{Ag/AgBr/WO}_3\cdot 3\text{H}_2\text{O}$ : visible-light photocatalyst for bacteria destruction**. Inorg. Chem. 48, p. 10697–10702, 2009.

WANG, X.; LIAO, L. **Rietveld Structure Refinement of Cu-Trien Exchanged Nontronites**. Front. In Chem. 6, p. 558-1-558-8, 2017.

WANG, X.F.; PENG, G.H.; LI, N. et al. **Hydrothermal synthesis and luminescence properties of 3D walnut-like  $\text{CaMoO}_4\text{:Eu}^{3+}$  red phosphors**. J. Alloys Compd. 599, p. 102–107, 2014.

WANG, W.S.; ZHEN, L.; XU, C.Y. et al. **Room Temperature Synthesis, Growth Mechanism,**

**Photocatalytic and Photoluminescence Properties of Cadmium Molybdate Core-Shell Microspheres.** J. Phys. Chem. B. 110, p. 23154–23158, 2009.

WU, M.; LY, J.; WANG, T. et al **Ag<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub> nanoparticles encapsulated in g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> for sunlight photodegradation of pollutants.** Catalysis Today. 315, p. 205-212, 2018.

WYCKOFF, R.W.G. J. **The crystal structure of silver molybdate.** Am. Chem. Soc. 44, p. 1994–1998, 1922.

XUE, Y.N.; SUN, Y.S.; LIU, J.K. et al. **Construction, enhanced visible-light photocatalytic activity and application of multiple complementary Ag dots decorated onto Ag<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub>/AZO hybrid nanocomposite.** Res. Chem. Intermed. 45, p. 873–892, 2019.

YADAVA, Y.P.; SINGH, R.A. **Electrical transport properties of iron (II) molybdate.** J. Mater. Sci. 21, p. 2825–2829, 1986.

ZHAO, L.; LI, C.; LIU, X. et al. **Highly enhanced degradation of dye with well-dispersed TiO<sub>2</sub> nanoparticles under visible irradiation.** 440, p. 281-286, 2007.

## PRODUTOS QUÍMICOS PERIGOSOS: EDUCAÇÃO AMBIENTAL E ENSINO DE QUÍMICA ATRAVÉS DA TEMÁTICA SANEANTES

### **Egle Katarinne Souza da Silva**

Licenciada em Química pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) do Centro de Formação de Professores (CFP), Mestra em Sistemas Agroindustriais pela UFCG no Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA)

### **Luislândia Vieira de Figueiredo**

Licenciada em Química pela UFCG/CCTA, Professora de Química da Rede Estadual de Ensino, Conceição-Paraíba.

### **Felícia Maria Fernandes de Oliveira**

Licenciada em Química pela UFCG/CFP, Professora de Química da Rede Estadual de Ensino, São Gonçalo-Paraíba.

### **Luiz Antonio Alves Fernandes**

Licenciado em Química pela UFCG/CFP, Cajazeiras- Paraíba.

### **Edilson Leite da Silva**

Professor da UFCG/CFP -Cajazeiras- Paraíba

**RESUMO:** Apesar dos saneantes serem desenvolvidos para remover sujeira, eliminar bactérias dos ambientes e promover uma sensação de limpeza e bem estar, dependendo da maneira como são utilizados e armazenados podem causar doenças, pois apresentam em sua constituição produtos químicos perigosos. Desenvolveu-se a presente pesquisa com o objetivo de promover a Educação Ambiental por meio da interdisciplinaridade com o Ensino de Química através da temática

central: Saneantes. Participaram da pesquisa 27 alunos do segundo e terceiro ano do ensino médio da Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Estevam Marinho localizada no município de Sousa, Distrito de São Gonçalo-PB. Inicialmente apresentou-se aos alunos dois vídeos informativos: “Cuidados com Produtos de limpeza” e “Intoxicação por produtos de limpeza”. Posteriormente solicitou-se aos mesmos que trouxessem rótulos dos saneantes utilizados em suas residências para identificação da composição química, da função orgânica desses compostos e das precauções com o uso. Classifica-se como uma pesquisa bibliográfica, exploratória, descritiva com abordagem quantitativa e pesquisa-ação. Diante dos dados aferidos, 70% dos alunos afirmaram utilizar o preço como critério na compra dos saneantes, 18% responderam aroma, 8% qualidade do produto e apenas 4% verificam a composição química destes produtos. Diante destes dados fica evidenciado a falta conhecimento aprofundado sobre produtos químicos perigosos. No entanto, após assistirem aos vídeos todos os alunos conseguiram relacionar a composição química dos saneantes associando com a função orgânica e precauções de uso.

**PALAVRAS-CHAVE:** Produtos químicos perigosos, Saneantes, Educação Ambiental, Ensino de Química, Vídeos.

## HAZARDOUS CHEMICALS: ENVIRONMENTAL EDUCATION AND CHEMISTRY

### TEACHING THROUGH THE SANITIZING PRODUCTS THEME

**ABSTRACT:** Although they the sanitizing products that are developed to remove dirt, to eliminate bacteria of the environments and to promote a feeling of cleanliness and well-being, depending on the way in which they are used and stored, can cause illnesses, as they present in its composition hazardous chemicals. With sanitizing products as the main theme, this research was developed aiming to promote Environmental Education through interdisciplinarity with the Teaching of Chemistry, which was attended by 27 students of the second and third year of high school in the State School of Elementary and High Education Estevam Marinho, located in District of of São Gonçalo-PB, in the municipality of Sousa – PB. Initially, two informative videos were presented to the students: “Cleaning Products Care” and “Cleaning Products Intoxication”. Then, they were asked to bring labels of the sanitizing products used in their residences to identify the chemical composition, the organic function of these compounds and the precautions with the use. It is classified as a bibliographical research, exploratory, descriptive with a quantitative approach and action research. According to the verified data, 70% of the students stated that they used the price as a criterion in the purchase of sanitizers, 18% answered fragrance, 8% product quality and only 4% check the chemical composition of these products. In view of these results it is evidenced the lack of in-depth knowledge about hazardous chemicals. However, after watching the videos all the students were able to relate the chemical composition of the sanitizing products associated with the organic function and precautions of use.

**KEYWORDS:** Hazardous chemicals, Sanitizing products, Environmental education, Chemistry teaching, Videos.

## 1 | INTRODUÇÃO

Os produtos químicos são tratados como realidades de grandes centros de pesquisas, amplos laboratórios, dentre outros locais de pesquisas distante da população comum. Essa ideia se torna irrelevante quando se analisa alguns produtos do cotidiano que são utilizados nas atividades domésticas: detergentes, produtos de higiene, cosméticos e lâmpadas, são apenas alguns exemplos. Embora tais produtos não ofereçam riscos, desde que sejam realizadas as medidas de segurança na hora do manuseio, esses materiais podem ser responsáveis por diversos acidentes domésticos e problemas no ecossistema.

Na observância das características destes produtos, é notório que os mesmos não são vistos com seu real potencial de periculosidade, de tal forma que a preocupação com o descarte correto desses resíduos se torna algo essencial para a própria existência humana. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) mais da metade dos municípios brasileiros não fazem o tratamento adequado para os resíduos gerados pela sua população, onde os mesmos depositam seus

detritos domésticos em locais a céu aberto, conhecidos como lixões.

Observando o despreparo e descaso desses municípios com os lixões, vários fatores agravam a situação, dentre elas o descarte de materiais contaminantes sem o devido tratamento, acarretando a contaminação do solo, ar e reservatórios hídricos. A sociedade contemporânea vive uma era em que enigmas devem ser desvendados a cada momento, onde a sustentabilidade não é só uma palavra bonita, deve ser uma doutrina a ser seguida para o bem da humanidade ou erradicação da espécie por esgotamento dos recursos naturais, não só pelo seu consumo, mas, sobretudo pela contaminação decorrente do descarte incorretos dos resíduos.

A forma de descarte dos resíduos domésticos exigem certos critérios para que não haja contaminação do meio ambiente e para isso segundo a NBR 10.004 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT):

A classificação de resíduos envolve a identificação do processo ou atividade que lhes deu origem e de seus constituintes e características e a comparação destes constituintes com listagens de resíduos e substâncias cujo impacto a saúde é conhecido. A identificação dos constituintes a serem avaliados na caracterização do resíduo deve ser criteriosa e estabelecida de acordo com as matérias-primas, os insumos e o processo que lhe deu origem (ABNT, 2004).

Sendo assim, não basta apenas criar coletores de lixo de diversas cores, uma para cada material a ser descartado. É necessário que o poder público desenvolva políticas de conscientização e sensibilização com caráter informativo e preventivo para manter informada a população consumidora e geradora de resíduos sólidos no país.

A Política Nacional dos Resíduos Sólidos, Lei 12.305/2010 orienta que “a destinação final ambientalmente adequada dos resíduos inclui a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes.” (BRASIL, 2010).

A destinação final dos resíduos de produtos de limpeza doméstica, bem como a explanação dos cuidados que devem ser tomados com a utilização e armazenamento dos saneantes é uma temática importante a ser discutida cotidianamente a fim de manter a população escolar consciente das catástrofes ambientais ocasionados pelo descarte inadequado desses resíduos e os riscos de saúde pela forma errônea na utilização dos saneantes, desencadeando intoxicações, etc.

O ambiente escolar torna-se um local propício para esta discussão. Desenvolveu-se a presente pesquisa com o objetivo de promover a Educação Ambiental por meio da interdisciplinaridade com o Ensino de Química através da temática central: Saneantes. Participaram da pesquisa 27 alunos da segunda e terceira séries do ensino médio da EEEF Estevam Marinho localizada no município de Sousa, Distrito de São Gonçalo-PB.

## 2 | REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

Em uma sociedade marcada pela degradação constante do meio ambiente e de seu ecossistema, a questão ambiental associada ao aquecimento global e as alterações climáticas do planeta, tem propiciado discussões com relação à necessidade de promover novas práticas relacionadas com a educação ambiental.

Diante das discussões em torno do diálogo que envolve os saberes entre a educação e o meio ambiente, tem-se buscado uma nova transversalidade de saberes socioambiental assim como, um novo modo de pensar, elaborar e pesquisar maneiras que possibilite integrar jovens críticos e ativos na preservação do meio ambiente.

Um dos objetivos da Educação Ambiental é propiciar aos seres humanos uma visão mais ampla e crítica sobre as questões referentes aos recursos naturais para que assim possam desenvolver atitudes eficazes frente à conservação do meio ambiente e dos bens naturais que este proporciona ao planeta terra. A lei 9.795 que instituí a Política Nacional da Educação Ambiental (PNEA) define a educação ambiental como um processo que possibilita ao indivíduo construir ações como: conhecimento, atitudes, habilidades, valores sociais e competências voltadas para a conservação do meio ambiente. (BRASIL, 1999).

Neste contexto, cresce o modelo de educação ambiental implantada desde séries iniciais e perfazendo todas as modalidades e níveis de ensino, tendo como objetivo formar jovens mais conscientes e ativos para promoção de uma postura ecológica que vise à preservação dos recursos naturais existente no planeta terra.

Relacionado aos problemas ambientais, cresce a preocupação com a grande produção de lixo gerado pelo consumismo humano. Um dos principais vilões que vem causando danos ao meio ambiente é o descarte impróprio de saneantes, principalmente as embalagens plásticas dos produtos de limpeza. Segundo Santos et al. (2011, p. 248) saneantes são:

Substâncias ou preparações destinadas à higienização, desinfecção ou desinfestação de ambientes e superfícies e ao tratamento de água, incluindo inseticidas, raticidas, desinfetantes e detergentes, que devem ser formuladas com substâncias que não apresentem efeitos comprovadamente mutagênicos, teratogênicos ou carcinogênicos em mamíferos e são classificados de acordo com o grau de risco, a destinação/restrição e finalidade de uso.

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) na resolução de número 358 apresenta os saneantes químicos que trazem riscos à saúde humana, tais como: “resíduos de saneantes, desinfetantes; resíduos contendo metais pesados; reagentes para laboratório, inclusive os recipientes contaminados por estes” (BRASIL, 2005, p.8).

Já Santos et al. (2011, p. 249) classifica saneantes como: “produtos de limpeza (detergentes, sabões, soda cáustica, desinfetantes, ceras, amaciantes e outros), raticidas, agrotóxicos e outros produtos (substâncias químicas esterilizantes, artigos



de cosméticos e produtos desconhecidos)”.

Estes produtos oferecem risco à saúde devido à sua toxicidade, derivados das substâncias químicas e suas concentrações presentes nos produtos, assim como: finalidade de uso inadequado, armazenamento em locais impróprio, ingestão, entre outras. Bauli et al. (2007) ressalta que a utilização inadequada de saneantes podem causar risco a saúde, devido conter alto poder de toxicidade, levando a manifestação clínicas, dependendo do grau podem ser consideradas graves.

Embasado nesse aspecto, outra apreensão é referente ao descarte inadequado dos saneantes químicos, principalmente as embalagem plásticas que demoram muitos anos para decompor-se. A alternativa mais viável para a disposição segundo Silva, Figueiredo e Silva (2017) são os aterros sanitários. Este ambiente possui como característica principal a compactação por camadas, onde o solo é impermeabilizado e os gases e líquidos formados são canalizados e tratados, impedindo assim a contaminação da atmosfera assim como as águas subterrâneas.

### 3 | METODOLOGIA

Inicialmente aplicou-se um questionário com 27 alunos das 2º e 3º séries do ensino médio da EEEF Estevam Marinho localizada em Sousa, distrito de São Gonçalo-PB, com a finalidade de obter informações a respeito do conhecimento prévio dos mesmos sobre o uso correto e os riscos à saúde causados por alguns componentes químicos dos saneantes.

Após a aplicação do questionário prévio os discentes foram levados à biblioteca da escola para a visualização de dois vídeos, o primeiro intitulado: Cuidados com Produtos de limpeza, com duração de 2:58 min, aborda os cuidados necessários na utilização dos saneantes, bem como as precauções na compra destes, explicando a importância da identificação da composição química dos produtos de limpeza, podendo ser acessado pelo link: <<https://www.youtube.com/watch?v=lct6Rt79q0Y>>. O Segundo vídeo: Intoxicação por produtos de limpeza de 13:42 min aborda a importância da utilização correta dos saneantes, explicando os problemas de saúde, como intoxicação, ocasionados pela maneira incorreta de utilização destes produtos, podendo ser acessado pelo link: <<https://www.youtube.com/watch?v=J4lXBB-6yVs>>.

Após assistirem aos vídeos os alunos envolvidos responderam um questionário para averiguar se houve construção do conhecimento sobre os assuntos pertinentes a temática trabalhada. Como forma de relacionar o Ensino de Química com a Educação Ambiental solicitou-se dos alunos que os mesmos trouxessem para próxima aula rótulos dos saneantes utilizados em suas residências para caracterização da composição química, bem como a função orgânica destes produtos.

Classifica-se como uma pesquisa bibliográfica, exploratória, descritiva com abordagem quantitativa e uma pesquisa-ação. Para o levantamento bibliográfico

utilizou-se livros, leis, artigos e banco de dados que abordam os eixos temáticos importantes para esta pesquisa. Para Boccato (2006, p. 266) “a pesquisa bibliográfica busca a resolução de um problema (hipótese) por meio de referenciais teóricos publicados, analisando e discutindo as várias contribuições científicas”.

A pesquisa exploratória permite ao pesquisador uma maior proximidade com o objeto de estudo, proporciona o acesso às informações e norteia a formulação das conjecturas do estudo. Para Gil (1999) as pesquisas exploratórias têm a finalidade de proporcionar uma visão geral aproximativa, sobre determinado assunto, principalmente quando o tema escolhido é pouco explorado. Mattar (1993, p. 86) reafirma que a pesquisa exploratória “visa prover o pesquisador de um maior conhecimento sobre o tema ou problema de pesquisa em perspectiva”.

Ao realizar pesquisas descritivas quantitativas o pesquisador descreve minuciosamente todos os dados aferidos, no entanto a análise e exposição de dados são superficiais, sem que a opinião do pesquisador influencie a interpretação dos mesmos. Para Malhotra (2001, p.155), “a pesquisa quantitativa procura quantificar os dados e aplica alguma forma da análise estatística”.

Trata-se de uma pesquisa-ação, pois inicialmente identificou-se que o público envolvido apresentava conhecimento superficial sobre a temática abordada, diante deste diagnóstico, para sanar essa carência utilizou-se os vídeos e a contextualização da temática com o conteúdo da disciplina de química: funções orgânicas. Por meio da pesquisa-ação os alunos assumem o papel de agente ativo no processo de construção do conhecimento, sendo realizado o envolvimento de todos os sujeitos da pesquisa. Para Prodanov e Freitas (2013, p. 65) a pesquisa-ação “quando concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo.”. Na mesma vertente Thiollent (1998, p. 17-19) completa que: “[...] pela pesquisa-ação é possível estudar dinamicamente os problemas, decisões, ações, negociações, conflitos e tomadas de consciência que ocorrem entre os agentes durante o processo de transformação de situação”.

#### **4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Elaborou-se o questionário prévio com 7 indagações. Na figura 1, quando questionados sobre a definição de um produto químico perigoso, 59,3% dos alunos afirmaram saber, porém não conseguiram explicar. Os outros 40,7% afirmaram não saber a definição de produto químico perigoso. Percebe-se inicialmente que os alunos apresentam pouco conhecimento sobre o assunto abordado.



Figura I – Concepção sobre produto químico perigoso.

Fonte: Próprios Autores (2017).

A segunda pergunta questiona se os discentes costumam ler os rótulos das embalagens dos produtos consumidos para saberem qual a composição química dos mesmos. Na figura II, 81% dos discentes afirmaram que as vezes leem os rótulos dos produtos consumidos e 19% destes nunca lêem. Percebe-se que a maioria dos alunos afirmou ler os rótulos para identificar qual a composição química desses produtos. No entanto, na terceira questão pediu-se para os alunos citarem algum componente químico perigoso que esteja presente na composição desses produtos, dos 27 alunos participantes da pesquisa nenhum citou qualquer produto químico perigoso. Desta maneira conclui-se que estes não tem o hábito de ler e/ou não sabem identificar um produto químico perigoso.

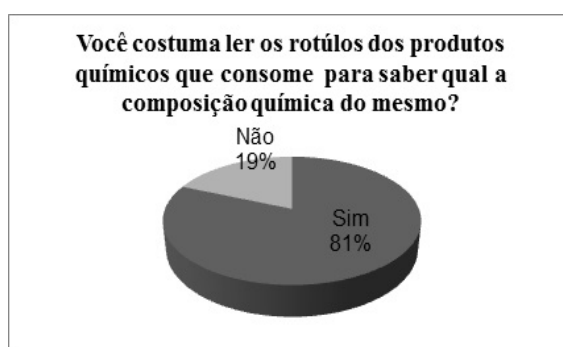


Figura II– Leitura dos rótulos de produtos.

Fonte: Próprios Autores (2017).

Na Figura III, a maioria dos discentes respondeu que o critério utilizado na escolha dos produtos de limpeza é o preço, como um percentual de 70,3%. O aroma com 18,5% é o segundo critério utilizado, 7,4% levam em consideração a qualidade do produto e apenas 3,7% dos alunos tem como critério a composição química.

Os saneantes são utilizados em vários ambientes, comércios, empresas, fábricas, hospitais e nas residências pela necessidade de se manter os locais limpos e o bem estar pessoal dos indivíduos. Saber a composição química desses produtos ajuda a escolher qual produto deve ser utilizado em cada ambiente com intuito

de mantê-los livre de bactérias que podem transmitir doenças e manter-se sempre limpo.

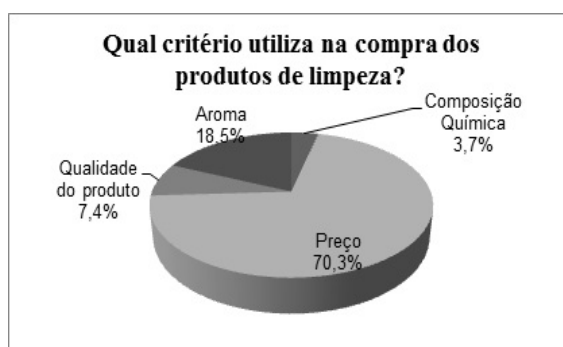


Figura III – Critério utilizado pelos discentes na compra dos saneantes.

Fonte: Próprios Autores (2017).

Apesar do pequeno percentual dos discentes levarem em consideração a composição química dos produtos que adquirem, os mesmo sabem quais os danos causados à saúde quando se consome produtos químicos perigosos. No quadro I observa-se a fala representativa de 6 alunos sobre os danos causados à saúde quando se consome produtos químicos perigosos. Náuseas, dor de cabeça, câncer, queimaduras, foram alguns dos danos apontados pelos alunos. De fato os produtos de limpeza possuem substâncias químicas com efeitos tóxicos que prejudicam a saúde.

5) Você sabe quais os danos a saúde causados quando se consome produtos químicos perigosos?	
Aluno A	Aluno B
“O consumo de produtos químicos perigosos pode levar o ser humano a morte.”	“Dores de cabeça, vômitos, diarreias e intoxicações, entre outros sintomas.”
Aluno C	Aluno D
“O consumo em grandes quantidades desses produtos pode levar ao câncer.”	“Náuseas, vômitos, queimaduras na pele, irritação e coceira nos olhos, entre outros.”
Aluno E	Aluno F
“As danos à saúde são o surgimento de doenças, porém acredito que depende da quantidade de produtos que consumimos.”	“A maioria dos produtos industrializados oferecem risco a saúde humana e podem ser considerados produtos químicos perigosos. O consumo desses pode causar doenças.”

Quadro I - Danos causados à saúde no consumo produtos químicos perigosos.

Fonte: Próprios Autores (2017).

A sexta pergunta diz respeito ao descarte dos resíduos provenientes dos produtos de limpeza. Dos 27 alunos, 26 afirmaram que descartam no lixo comum, apenas o Aluno G respondeu: “Algumas produtos como as embalagens de plásticos junto durante um determinado período, as lavo e seguida troco as embalagens vazias

por novos produtos. As outras embalagens descarto no lixo comum.”

No quadro II, quanto ao conhecimento dos danos causados ao meio ambiente com o descarte inadequado de produtos químicos perigosos, os alunos se mostraram conscientes dos problemas ambientais, citando contaminação do solo, rios, ar, exemplificando com os agrotóxicos utilizados na agricultura que atingem direta e indiretamente a praticamente toda população consumidora.

7) Quais os danos causados ao meio ambiente com o descarte inadequado de produtos químicos perigosos?	
Aluno G	Aluno H
“Sim. Moro na zona rural, os agricultores usam vários tipos de agrotóxicos e destacam as embalagens dos produtos no meio ambiente, o que causa a contaminação do solo.”	“Os danos causados ao meio ambiente pelo descarte inadequado desses produtos são muitos. Um exemplo é o despejo de desinfetantes e lava louças no esgoto que vão para os rios, causando a poluição dos rios.”
Aluno I	Aluno J
“A infertilidade do solo, a poluição de rios e a poluição do ar que respiramos.”	“O envenenamento das plantas, frutos, verduras e legumes com a utilização de agrotóxicos. Produtos esses que consumimos diariamente.”
Aluno K	Aluno L
“No sítio em que morro, os agricultores após usarem os agrotóxicos não o devolvem para as lojas onde compraram os produtos e sim queimam as embalagens o que causa fumaça de mau cheiro e deixa quem mora por perto com dificuldade para respirar.”	“Sim. Mesmo o carro da prefeitura passando duas vezes por semana, observo que muitas pessoas queimam seu lixo no quintal de casa, por exemplo causando fumaça que incomoda quem mora perto.”

Quadro II - Danos causados ao meio ambiente pelo descarte inadequado de produtos químicos perigosos.

Fonte: Próprios Autores (2017).

Após assistirem aos dois vídeos, aplicou-se o questionário posterior formulado com 6 indagações com a finalidade de saber se a utilização dos vídeos facilitou a entendimento sobre a importância da utilização correta dos saneantes. No quadro III observam-se os lugares, onde segundo os alunos, ficam guardados os saneantes em suas residências, diante das respostas conclui-se que 13 alunos não souberam responder onde os saneantes são guardados.

Na sua casa, onde ficam guardados os saneantes?	
Ambiente	Respostas
Cozinha	4
Quarto	2
Banheiro	8
*Outros	13

Quadro III- Local onde guarda os Saneantes.

Fonte: Próprios Autores (2017).

Sobre o que são saneantes todos os alunos responderam que são produtos de limpeza. Destacando que antes da exibição dos vídeos não sabiam que os produtos de limpeza eram denominados saneantes.

Sobre quais os saneantes mais utilizados em suas residências e qual a composição química desse produto. No quadro IV observam-se as 04 respostas mais evidenciadas dos alunos.

<b>Qual produto de limpeza você mais utiliza em casa? Sabe a composição dele? Cite pelo menos um componente deste produto.</b>	
<b>Respostas dos alunos da 2ª Série do Ensino Médio.</b>	
<b>Produto</b>	<b>Composição Química</b>
Água Sanitária	Hipoclorito de Sódio (NaClO) e Água
Sabão em Barra	Solda Caustica
Palha de aço	Aço
Limpa Alumínio	Ácido Benzoico

Quadro IV – Saneantes mais utilizados/ Composição Química.

Fonte: Próprios Autores (2017).

Se os alunos seguiam as instruções de uso presente nos rótulos dos saneantes, na figura IV, 89% destacaram que apesar de saberem os danos causados à saúde pelo uso inadequado dos saneantes não costumam seguir as instruções de uso. Apenas 11% afirmaram seguir as instruções. É importante destacar que as embalagens da maioria dos produtos saneantes apresentam instruções e informações de como agir no caso de intoxicação por substâncias perigosas a saúde humana, como usar e manusear adequadamente, como evitar acidentes, entre outros.

Essas e outras informações devem estar claras, regulamentadas e dispostas pelas empresas fabricantes, para os consumidores, destacando tantos os riscos como os cuidados, para manter a integridade da saúde pública, através da resolução de diretoria colegiada nº 40 de 05/06/2008, que tem por objetivo “estabelecer as definições, classificações, especificações técnicas pertinentes do ponto de vista sanitário e requisitos de rotulagem para produtos destinados a limpeza e conservação de superfícies e objetos inanimados” (BRASIL, 2008).

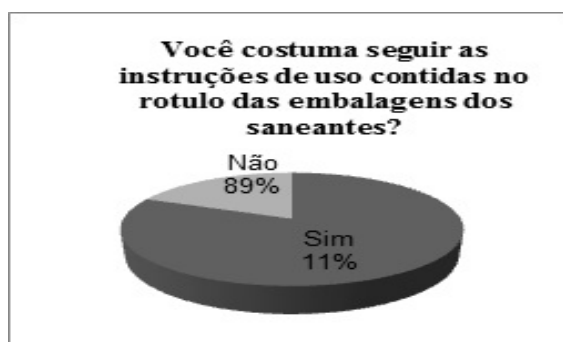


Figura IV – Instruções de Uso dos Saneantes.

Fonte: Próprios Autores (2017).



Se algum membro da família já sofreu intoxicação por produtos de limpeza, na figura V, 81% dos alunos afirmaram que sim e 19% respondeu que não. Percebe-se que o percentual de intoxicação por saneantes é alto, e está interligado com a realidade de que a maioria dos usuários não leem as instruções de uso e riscos presentes nos rótulos.



Figura V – Intoxicação por Saneantes.

Fonte: Próprios Autores (2017).

No quadro V, após a visualização dos vídeos todos os alunos souberam exemplificar os cuidados que devem ser tomados no manuseio dos saneantes, destacando inicialmente a leitura dos rótulos para conhecer a composição e o como deve ser feito o manuseio. Também citaram a importância de não misturar os saneantes, pois essa mistura pode liberar gases nocivos à saúde. Diante das respostas analisadas fica evidenciado que de fato os vídeos contribuíram para construção do conhecimento sobre a temática abordada.

06) Quais os cuidados que devem ser tomados no manuseio dos produtos de limpeza?		
Aluno M	Aluno N	Aluno O
“Ler o rotulo do produto para saber como devemos usa-lo e evitamos acidentes em casa.”	“São muitos e dependem do tipo de produtos que vamos utilizar. Dos rótulos que analisamos em sala de aula a grande maioria orientavam para deixar fora do alcance das crianças.”	“Cuidados para não ter irritação na pele, nos olhos e nariz.”
Aluno P	Aluno Q	Aluno R
“Evitar usar produtos em ambientes fechados como, por exemplo, água sanitária, que possui um cheiro forte e pode causar dor de cabeça.”	“Não fazer a mistura de produtos de limpeza. Estas misturas são perigosas, por causa da liberação de gases que fazem mal a saúde.”	“O primeiro passo é ler os rótulos dos produtos que vamos usar e o segundo passo é seguir as instruções de uso dos rótulos.”

Quadro V - Cuidados que devem ser tomados no manuseio dos Saneantes.

Fonte: Próprios Autores (2017).

Para finalizar a atividade solicitou-se dos alunos rótulos de saneantes para

identificação dos compostos químicos, das funções orgânicas destes compostos e precaução sobre o uso destes. No quadro VI relacionou-se 03 dos produtos que os alunos trouxeram. Em comum, todos os rótulos analisados apresentam a primeira mensagem de conservação do produto fora do alcance das crianças e dos animais domésticos, pois as crianças e os animais por não apresentarem conhecimento aprofundado são mais suscetíveis a intoxicação.

A maioria dos saneantes apresentam compostos químicos perigosos como cloro, soda cáustica, soluções fenólicas, formaldeído e ácido oxálico, portanto são considerados corrosivos e tóxicos. Por estas características é imprescindível que o uso e armazenamento destes produtos sejam adequados garantindo assim a segurança.

Produto	Composição Química	Função Química	Precações de Uso
Água Sanitária	Hipoclorito de Sódio; Hidróxido de Sódio; Cloreto de Sódio e Água.	Ácido Carboxílico	Conserve fora do alcance das crianças e dos animais domésticos. Evitar o contato com os olhos e pele. Evitar a inalação do produto. Não usar o recipiente em objetos metalizados. Lavar os objetos e utensílios usados antes de reutilizá-los. Acidentes – Em caso de contato com a pele lave com água corrente em abundância. Em caso de ingestão acidental não provocar vômito. Consultar imediatamente o Centro de Intoxicação ou Centro Médico.
Amaciante de Roupas	Cloreto de Dialquidimetil Amônio; Ácido Graxo; Formaldeído; Perfume Corante.	Aldeído	Conserve fora do alcance das crianças e dos animais domésticos. Não ingerir. Evite inalação ou aspiração, contato com os olhos e a pele. Mantenha o produto em sua embalagem original. Não misture com outros produtos. Não reutilize a embalagem para outros fins.
Lava Louças	Alquil Benzeno Sulfonato de Sódio; Sais Inorgânicos; Sequestrante; Coadjuvante; Preservativo; Corante; Perfume; Água; Tensoativo Biodegradável.	Benzeno	Conserve fora do alcance de crianças e de animais domésticos. Não ingerir. Evite inalação ou aspiração, contato com os olhos e contato com a pele. Depois de utilizar este produto, lave e seque as mãos. Em caso de contato com os olhos ou com a pele, lave imediatamente com água em abundância.

Quadro VI – Análise dos rótulos dos Saneantes.

Fonte: Próprios Autores (2017).

Ao adquirir um saneante o consumidor não deve observar apenas o preço ou aroma. Ler os rótulos dos produtos para conhecer a composição química é fundamental para evitar incidentes. O grau de periculosidade dos saneantes norteou o objetivo desta pesquisa, pela complexidade dos problemas que podem ser

ocasionados através desses produtos entende-se que esta temática é de extrema relevância para ser tratada em sala de aula.

## 5 | CONCLUSÕES

O grande desafio da população mundial é reverter os danos, ocasionado pelo descarte impróprio do lixo e os males que estes podem causar no planeta terra, principalmente as embalagens plásticas que são muito resistentes devido a sua composição química.

Nesta perspectiva, vê-se a necessidade de promover a educação ambiental junto com ações efetivas que visem diminuir o consumo desnecessário de produtos saneantes, bem como buscar práticas efetivas referentes à reciclagem e o descarte ambientalmente adequado desses resíduos.

A presente pesquisa contribui para que os alunos envolvidos reconheçam na composição química dos saneantes as funções oxigenadas e nitrogenadas estudadas nas aulas de química, compreenda a importância da leitura dos rótulos desses produtos, bem como desperta o interesse em seguir as instruções de uso sabendo dos problemas que podem ser causados pela utilização e armazenamento incorreto desses produtos.

## REFERÊNCIAS

ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10004: **Resíduos sólidos** - Classificação. 2 ed. São Paulo: ABNT, 2004.

BAULI J. D, et al. **Intoxicação por produtos saneantes clandestinos em Maringá**. In: Anais do II Congresso Internacional de Saúde, VI Seminário Científico do Centro de Ciências da Saúde, 2007 Set 12-14; Maringá, Brasil. Maringá (PR): Universidade Estadual de Maringá, 2007.

BOCCATO, V. R. C. **Metodologia da pesquisa bibliográfica na área odontológica e o artigo científico como forma de comunicação**. Rev. Odontol. Univ. Cidade São Paulo, São Paulo, v. 18, n. 3, p. 265-274, 2006.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução nº 358, de 29 de abril de 2005**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35805.pdf>>. Acesso em: 11 de set. de 2017.

BRASIL. Política Nacional de Educação Ambiental – **Lei n. 9795, de 27 de abril de 1999**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, 28 abril de 1999.

BRASIL. Política Nacional de Resíduos Sólidos - **Lei 12.305, de 02 de agosto de 2010**. Brasília, 2010. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm). Acessado em: 18 set. de 2017.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência nacional de Vigilância Sanitária Diretoria Colegiada. **Decreto n 40 de 5 de junho de 2008**. Brasília, 2008.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5.ed. São Paulo: Atlas, 1999.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/>> Acessado em: 13 set. 2017.

MALHOTRA, N. **Pesquisa de marketing**. 3 ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

MATTAR, F. N. - **Pesquisa de Marketing** - metodologia, planejamento, execução e análise. São Paulo: Atlas, 1993.

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.

SANTOS, J. A. T. et al. **Gravidade de intoxicações por saneantes clandestinos**. Texto Contexto Enferm, Florianópolis, 2011; 20 (Esp): 247-54.

SILVA, E. K. S. da; FIGUEIREDO, L. V. de; SILVA, E. L. da. **Resíduos sólidos**: tema da educação ambiental inserido no banco internacional de objetos educacionais (bioe). Revista de Pesquisa Interdisciplinar, Cajazeiras, n. 2, suplementar, p. 79 - 93, set. de 2017. Disponível em:< <http://revistas.ufcg.edu.br/cfp/index.php/pesquisainterdisciplinar/article/view/249/pdf>> Acessado em 12 de set. 2017.

THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-ação**. 8. ed. São Paulo: Cortez, 1998.

## INFLUÊNCIA DO $\text{SnCl}_2$ NA COPOLIMERIZAÇÃO DE NORBORNENO E ÁCIDO 5-NORBORNENO-2-CARBOXÍLICO VIA ROMCP CATALISADO POR $\text{RuCl}_2(\text{PCy}_3)_2\text{CHR}$

**Sâmia Dantas Braga**

Universidade Federal do Piauí  
Teresina, Piauí

**Aline Aparecida Carvalho França**

Universidade Federal do Piauí  
Teresina, Piauí

**Vanessa Borges Vieira**

Universidade Estadual do Piauí  
Teresina, Piauí

**Talita Teixeira da Silva**

Universidade Estadual do Piauí  
Teresina, Piauí

**Aline Estefany Brandão Lima**

Universidade Federal do Piauí  
Teresina, Piauí

**Ravane Costa e Silva**

Universidade Estadual do Piauí  
Teresina, Piauí

**Luís Fernando Guimarães Nolêto**

Universidade Estadual do Piauí  
Teresina, Piauí

**Nouga Cardoso Batista**

Universidade Estadual do Piauí  
Teresina, Piauí

**José Milton Elias de Matos**

Universidade Federal do Piauí  
Teresina, Piauí

**Benedito dos Santos Lima Neto**

Universidade de São Paulo, Instituto de Química  
de São Carlos  
São Carlos, São Paulo

**José Luiz Silva Sá**

Universidade Estadual do Piauí  
Teresina, Piauí

**Geraldo Eduardo da Luz Júnior**

Universidade Estadual do Piauí  
Teresina, Piauí

**RESUMO:** Materiais poliméricos foram sintetizados por copolimerização via metátese por abertura do anel (ROMCP), a partir do monômero norborneno (NBE) com o ácido 5-norborneno-2-carboxílico (NBE-(COOH)). ROMCP foi realizada em diferentes proporções de comonômeros, em sistema inerte purgado com  $\text{N}_2$  (g), com catalisador de Grubbs de primeira geração  $[\text{RuCl}_2(\text{PCy}_3)_2\text{CHR}]$  (G1), utilizando  $\text{SnCl}_2$  como co-catalisador. Houve formação de copolímeros em todas as proporções, 1:1, 1:2, 2:1 e 2:2 mol de NBE:NBE-(COOH), à 50 °C, com adição de  $\text{SnCl}_2$  na razão 1:4 de Ru: $\text{SnCl}_2$ , no tempo reacional de 24h. Os copolímeros obtidos foram analisados por TG/DTG. As análises apresentaram apenas um processo de degradação térmica, na faixa de 220 à 248 °C, referente à degradação do grupo pendente e cadeia principal do copolímero. Os rendimentos foram baixos, mostrando um maior valor, quando a quantidade de NBE foi o dobro da quantidade de NBE-(COOH), cerca de 27%. A razão entre os comonômeros e seu grupo

pendente, é importante para direcionar a aplicação nesta classe de monômeros em ROMCP. Além disso, a adição de halogeneto de Sn (II) pode ter um efeito positivo nas reações de ROMCP, favorecendo a formação do copolímero.

**PALAVRAS-CHAVE:** norborneno, metátese, ROMCP, copolímeros, TG/DTG.

## INFLUENCE OF $\text{SnCl}_2$ ON COPOLYMERIZATION OF NORBORNENE AND 5-NORBORNENE-2-CARBOXYLIC ACID VIA ROMCP CATALYSED $\text{RuCl}_2(\text{PCY}_3)_2\text{CHR}$

**ABSTRACT:** Polymeric materials were synthesized by ring-opening metathesis (ROMCP) copolymerization, from norbornene monomer (NBE) with 5-norbornene-2-carboxylic acid (NBE-(COOH)). ROMCP was performed in different proportions of comonomers, under inert system purged with  $\text{N}_2$  (g), with a first-generation Grubbs (G1) catalyst, using  $\text{SnCl}_2$  as co-catalyst. Copolymers were formed in all ratios, 1:1, 1:2, 2:1 and 2:2 mol of NBE:NBE-(COOH) at 50 °C, with addition of  $\text{SnCl}_2$  in 1:4 ratio of Ru: $\text{SnCl}_2$  in the reaction time of 24 h. The obtained copolymers were analyzed by TG/DTG. The analyzes presented only a thermal degradation process, in the range of 220 to 248 °C, related to degradation of the pendant group and main chain of the copolymer. Yields were low, showing a higher value when the amount of NBE was twice the amount of NBE-(COOH), about 27%. The ratio between the comonomers and their pendant group is important to direct the application in this class of monomers in ROMCP. In addition, Sn (II) halide may have a positive effect on ROMCP reactions, favoring formation of the copolymer.

**KEYWORDS:** norbornene, metathesis, ROMCP, copolymers, TG/DTG.

## 1 | INTRODUÇÃO

A catálise tem fundamental importância na indústria química, sendo mais que 85% de todos os produtos obtidos através da utilização de algum tipo de processo catalítico. A catálise pode ser dividida em catálise homogênea ou heterogênea. Na catálise homogênea, o catalisador está presente na mesma fase que os reagentes, e tem como características a utilização de condições mais brandas de temperatura e pressão, alta seletividade e otimização do catalisador, neste último caso, a troca de ligantes do catalisador pode alterar sua reatividade, seletividade e estabilidade (SANTOS, 2017).

A metátese de olefinas é um exemplo de catálise homogênea vastamente aplicada para obtenção de polímeros e novas moléculas orgânicas. Esta reação ocorre entre duas olefinas, com presença de um catalisador, na qual ocorre a quebra da ligação dupla dando origem a fragmentos alquilidênicos que se recombinam formando novas olefinas. (BUFFON, 2009; CHAUVIN, 2006; GRUBBS, 2004).

A metátese de olefinas permite a formação de ligações carbono-carbono de



maneira seletiva e sob condições suaves, tendo como uma de suas vantagens, possibilitar uma rota para obtenção de moléculas insaturadas (dificilmente obtidas por outro método), sendo assim uma reação muito utilizada em sínteses orgânicas, na química medicinal e na química de polímeros. Dentre as reações de metátese, destaca-se a reação de polimerização via metátese por abertura do anel (ROMP) que tem como característica principal a retenção da instauração ao longo da cadeia polimérica, permitindo a obtenção de polímeros com peso molecular controlado, conferindo ao material propriedades mecânicas e eletrônicas inovadoras (CHEN et al., 2018; GRUBBS, 2004; HOVEYDA et al., 2007; LEITGEB et al., 2010; SUTTHASUPA et al., 2010).

A ROMP (Polimerização via Metátese por Abertura do Anel) é uma técnica importante para a obtenção de polímeros não saturados, com peso molecular controlado, conferindo ao material, propriedades mecânicas e eletrônicas inovadoras. Nesta reação, caso seja adicionado um novo monômero diferente do inicial, ocorrerá a formação de copolímeros (Figura 1), reação de ROMCP, ou seja, uma cadeia polimérica com meros diferentes (BIELAWSKI et. al., 2007; CARVALHO et. al., 2012; CHAVES et. al., 2014; CHEN et al., 2018; FERRAZ et. al., 2016; GRUBBS, 2004; HOVEYDA et al., 2007; LEITGEB et al., 2010; MIFTAKAHOV et. al., 2014; SÁ et. al., 2013; RAPTOPOULOS et. al., 2017; SUTTHASUPA et al., 2010; YANG et. al., 2010).

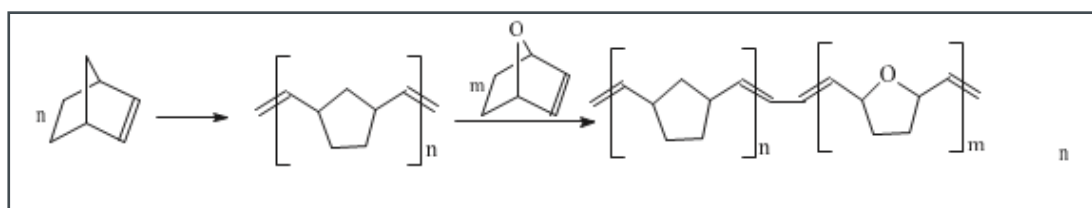


Figura 1. Formação de copolímero a partir da polimerização do norborneno, seguido da polimerização do 7-oxa-norborneno.

Nesse trabalho propôs-se estudar a influência dos grupos pendentés presentes na cadeia do copolímero formado a partir de norborneno (NBE) com seu derivado norborneno-2-carboxílico (NBE-COOH), em diferentes proporções, na presença de catalisador de Grubbs de primeira geração  $[\text{RuCl}_2(\text{PCy}_3)_2\text{CHR}]$  (G1). Utilizou-se  $\text{SnCl}_2$  como aditivo para avaliar a influência na formação e estabilidade térmica do copolímero em reações de ROMCP.

## 2 | METODOLOGIA

### 2.1 Procedimento para ROMCP de norborneno e ácido 5-norborneno-2-carboxílico

Em um balão de fundo redondo adicionou-se 1 mL de  $\text{CHCl}_3$  sob atmosfera

de  $N_2$ , o sistema foi purgado durante 5 min. Em seguida, foi adicionado 1 mg de G1 ao balão, sob agitação, para dissolução do mesmo, juntamente ao  $SnCl_2$  (0,92 mg), na razão 1:4 de Ru: $SnCl_2$ . Paralelo a esse sistema, preparou-se a mistura dos comonômeros (NBE:NBE-COOH) nas proporções descritas na Figura 2, a qual foi posteriormente colocada no sistema previamente preparado. A reação aconteceu em banho de óleo termostaticado à 50 °C e o tempo reacional foi de 24h. Após o tempo reacional, foi acrescentado ao balão 3 mL de MeOH para cessar a reação.

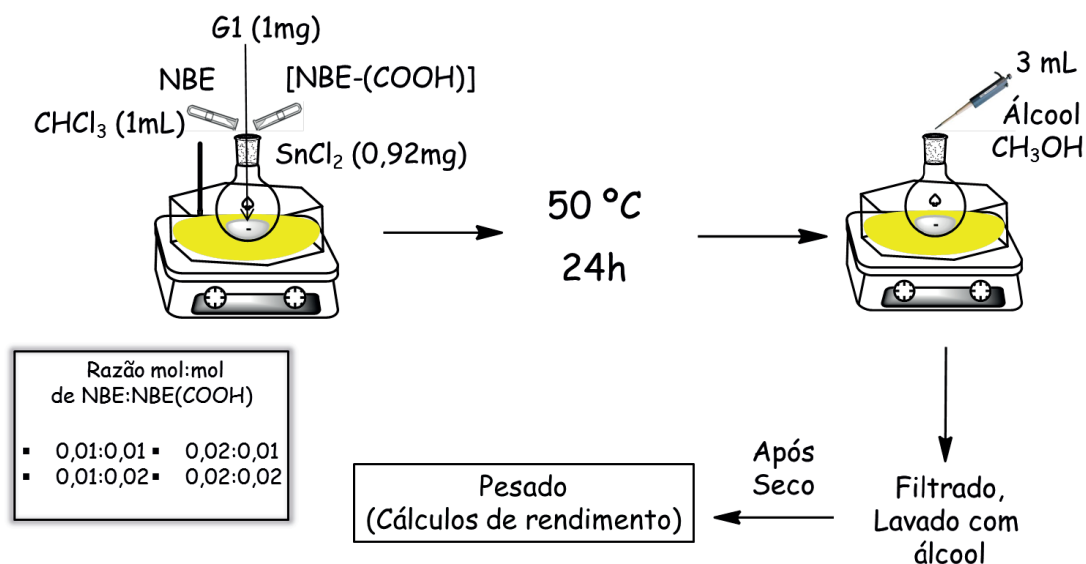


Figura 2. Reação de copolimerização.

## 2.2 Análise Termogravimétrica

As análises termogravimétricas TG/DTG dos copolímeros isolados foram realizadas com uma rampa de aquecimento de 25 a 400 °C, a 10 °C. min<sup>-1</sup> sob atmosfera de  $N_2$ . As curvas foram obtidas em um analisador termogravimétrico modelo TGA-50 (Shimadzu) e plotadas com porcentagem de massa (%) vs temperatura (°C).

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Rendimentos dos copolímeros de NBE-co-NBE-(COOH)

Um maior rendimento de copolímero foi obtido na proporção 2:1 de NBE:NBE-COOH, no tempo de 24 h, à 50 °C, na presença de  $SnCl_2$ , sendo este de 27% (Tabela 1, entrada 3). Nessas condições com aditivo, em todas as proporções foram obtidos copolímeros, onde uma maior quantidade de NBE influencia o processo de copolimerização. De acordo com a literatura, a adição de um halogeneto de Sn(II) pode ter influência eletrônica e estérica, favorecendo o processo de copolimerização (MEYER et. al., 2006)

Entrada	Razão mol:mol (NBE:NBE-COOH)	Razão volume (NBE:NBE-COOH) <sup>a</sup>	Mon:Ru <sup>b</sup>	Rendimentos (%)
				24h à 50°C (SnCl <sub>2</sub> )
1	0,01 : 0,01	0,5 : 1,20	16460,9	3 %
2	0,01 : 0,02	0,5 : 2,40	24691,3	<1%
3	0,02 : 0,01	1,0 : 1,20	24691,3	27%
4	0,02 : 0,02	1,0 : 2,40	32921,8	2%

Tabela 1. Proporções em mol de NBE:NBE-(COOH) e rendimentos dos copolímeros obtidos.

Na reação de copolimerização de NBE com NBE-(COOH), é provável que através da desprotonação do hidrogênio do grupo carboxilato ocorra a formação favorável de uma espécie do tipo {NBE-COO-Ru=carbeno}, anulando o processo catalítico. Como está demonstrado na Figura 3.

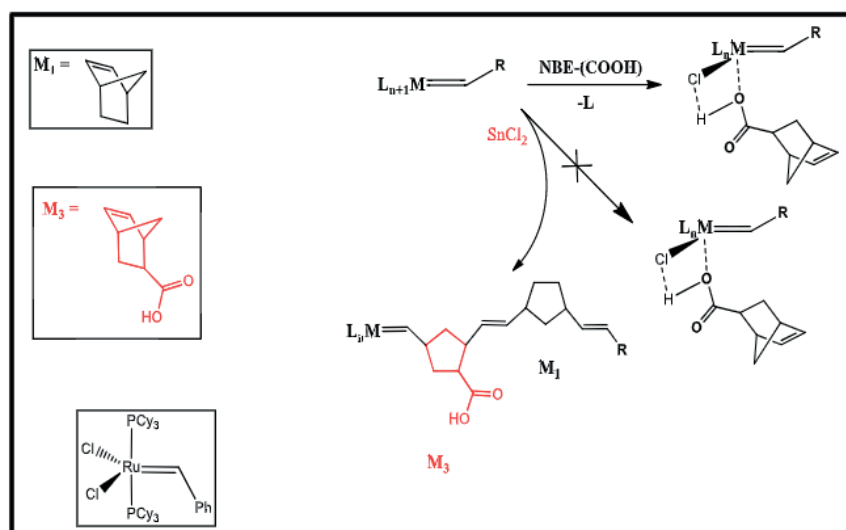


Figura 3. Reação de copolimerização de NBE-co-NBE-(COOH).

### 3.2 Análises termogravimétricas dos copolímeros (NBE-co-NBE-(COOH))

Na Figura 4 (J, K, L e M) estão representados os processos de degradação térmica referente aos copolímeros formados nas proporções 1:1, 1:2, 2:1 e 2:2 mol de NBE:NBE-(COOH), à 50 °C, com adição de SnCl<sub>2</sub> na razão 1:4 de Ru:SnCl<sub>2</sub>, no tempo reacional de 24 h.

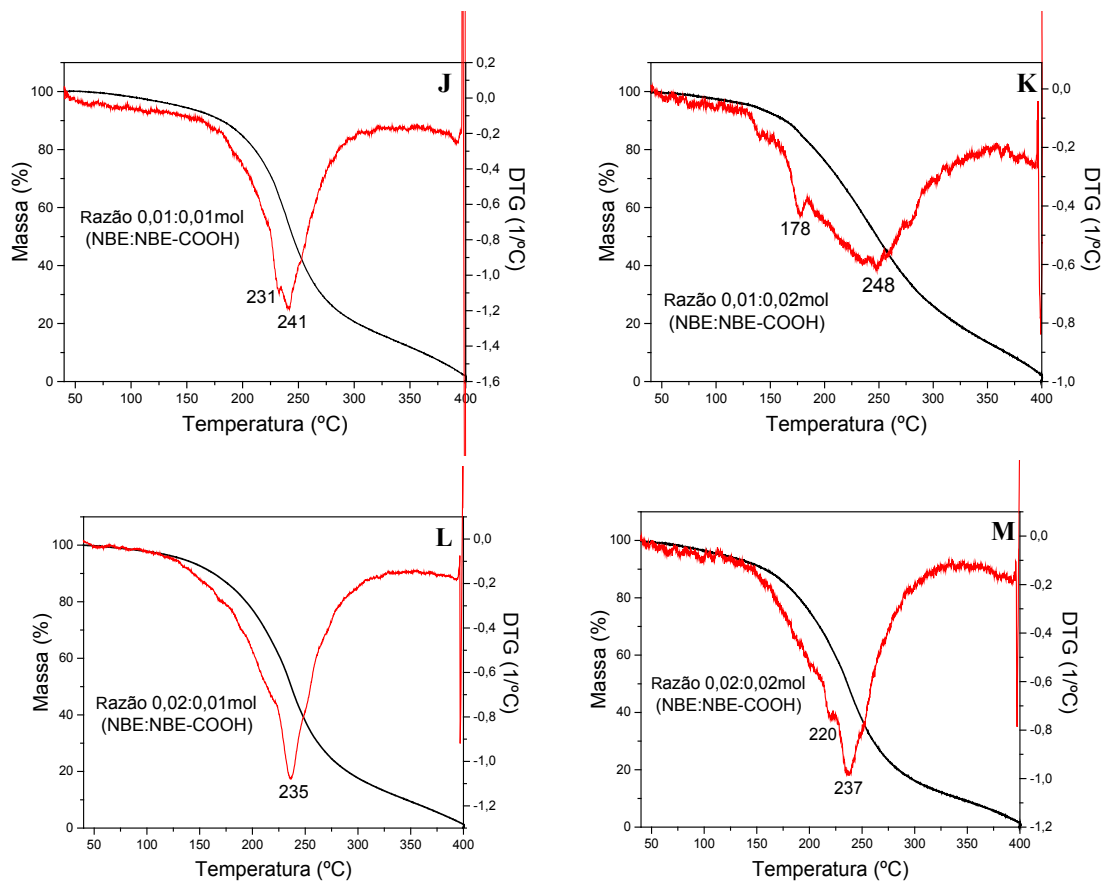


Figura 4. Curvas de TG/DTG na proporção de 1:1 (J), 1:2 (K), 2:1 (L) e 2:2 (M) mol para poli(NBE-co-NBE-COOH) formado à 50 °C, por 24 h, na presença de SnCl<sub>2</sub>.

Nas proporções 1:1 e 1:2 (Gráficos J e K), observou-se dois processos de degradação consecutivos nas faixas de 231/241 °C e 178/248 °C respectivamente, apresentando uma perda em massa de 47% e de 50% quando a quantidade em mol de NBE-(COOH) foi maior.

Os copolímeros formados nas proporções 2:1 e 2:2 (Gráficos L e M), obtiveram processos de degradação semelhantes, ocorrendo em torno de 235 °C, apresentando uma perda em massa de 49% e 51%.

No gráfico K (Figura 4) correspondente à proporção 1:2, foi possível observar uma maior estabilidade do material polimérico. Acredita-se que a estabilidade térmica do material polimérico tenha sido influenciada pela maior quantidade de NBE-(COOH).

#### 4 | CONCLUSÃO

Tendo em vista uma possível coordenação do átomo de oxigênio ao centro metálico, utilizou-se o aditivo SnCl<sub>2</sub> para gerar uma vacância, e facilitar a coordenação através da olefina, favorecendo a ROMCP.

Atividade catalítica de complexos como o G1 podem ser altamente influenciadas por ações de moléculas coordenantes, mesmo sendo caracterizadas como pouco

coordenantes. Aqui foi bem observada a atividade quando o comonômero foi NBE-(COOH), interpretando que, a partir da espécie  $\{COO\}$  do NBE-(COOH) houve coordenação ao Ru pelo oxigênio.

Acreditamos que as variáveis aqui apresentadas, razão entre os comonômeros e a utilização de um aditivo, de forma que este facilite a formação do material polimérico, são importantes para direcionar a aplicação nesta classe de monômeros em ROMCP.

## REFERÊNCIAS

- BIELAWSKI, C. W.; GRUBBS, R. H. **Living ring-opening metathesis polymerization**. Progress Polymer Science, v. 32, p. 1–29, 2007.
- BUFFON, R.; **Catálise por Compostos de Coordenação**. Chemkeys, v. 1, p. 1-42, 2009.
- CARVALHO Jr, V. P.; FERRAZ, C. P.; LIMA-NETO, B. S. **Tailored norbornene-based copolymer with systematic variation of norbornadiene as a crosslinker obtained via ROMP with alternative amine Ru catalyts**. European Polymer Journal, v. 48, p. 341-349, 2012.
- CHAVES, H. K.; FERRAZ, C. P.; CARVALHO Jr., V. P.; LIMA-NETO, B. S. **Tuning the activity of alternative Ru-based initiators for ring-opening metathesis polymerization of norbornene and norbornadiene by the substituent in 4-CH<sub>2</sub>R-piperidine**. Journal of Molecular Catalysis A: Chemical, v. 385, p. 46-53, 2014.
- CHAUVIN, Y. **Olefin metathesis: the early days (Nobel lecture)**. Angewandte Chemie International Edition, v. 45, p. 3740-3747, 2006.
- CHEN, Y.; ABDELLATIF, M. M.; NOMURA, K. **Olefin metathesis polymerization: Some recent developments in the precise polymerizations for synthesis of advanced materials (by ROMP, ADMET)**. Tetrahedron, v. 74, p. 619-643, 2018.
- FERRAZ, C. P.; FONSECA, L. R.; TOMAZETTI, V.; SILVA, F. C. S.; LIMA-NETO, B. S.; CARVALHO Jr, V. P. **Copolymers from norbornene and norbornadiene with organized morphologies and high T<sub>g</sub> values obtained via ROMP with highly reactive [RuCl<sub>3</sub>(PCy<sub>3</sub>)<sub>2</sub>] complex**. New Journal of Chemistry, v. 40, p. 9424-9431, 2016.
- GRUBBS, R. H. **Olefin Metathesis**. Tetrahedron, v. 60, p. 7117-7140, 2004.
- HOVEYDA, A. H.; ZHUGRALIN, A. R. **The remarkable metal-catalysed olefin metathesis reaction**. Nature, v. 450, p. 243-251, 2007.
- LEITGEB, A.; WAPPEL, J.; SLUGOVIC, C. **The ROMP toolbox upgraded**. Polymer, v. 51, p. 2927-2946, 2010.
- MEYER, W. H.; McCONNELL, A. E.; FORMAN, G. S.; DWYER, C. L.; KIRK, M. M.; NGIDI, E. L.; BLIGNAUT, A.; SAKU, D.; SLAWIN, A. M. Z. **Tin and iron halogenides as additives in ruthenium-catalyzed olefin metathesis**. Inorganica Chimica Acta, v. 359, p. 2910-2917, 2006.
- MIFTAKHOV, M. S.; MIKHEEV, V. V.; TOROSYAN, S. A.; BIGLOVA, Y. N.; GIMALOVA, F. A.; MENSHOV, V. M.; MUSTAFIN A. G. **Fullerene containing norbornenes: synthesis and ring-opening metathesis polymerization**. Tetrahedron, v. 70, p. 8040-8046, 2014.

RAPTOPOULOS, G.; KYRIAKOU, K.; MALI, G.; SCARPELLINI, A.; ANYFANTIS, G. C.; MAVROMOUSTAKOS, T.; PITSIKALIS, M.; PARASKEVOPOULOU, P. **Copolymerization of Norbornene and Norbornadiene Using a *cis*-Selective Bimetallic W-Based Catalytic System.** *Polymers*, v. 9, p. 141, 2017.

SÁ, J. L. S.; NASCIMENTO, E. S. P.; FONSECA, L. R.; LIMA-NETO, B. S. **Ring opening metathesis copolymerization of norbornene with norbornadiene from solutions with different mole fractions of the comonomers catalyzed by Ru-amine complexes.** *Journal of Applied Polymer Science*, v. 127, p. 3578-3585, 2013.

SANTOS, A. G. **Produtos da química fina através da metátese de propenilbenzenos de origem vegetal empregando catalisadores rutênio-alquilideno.** 2017. 183 f. Tese (Doutorado em Química). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017.

SUTTHASUPA, S.; SHIOTSUKI, M.; SANDA, F. **Recent advances in ring-opening metathesis polymerization, and application to synthesis of functional materials.** *Polymer Journal*, v. 42, p. 905-915, 2010.

YANG, D.; HUANG, W.; YU, J.; JIANG, J.; ZHANG, L.; XIE, M. **A novel shape memory polynorbornene functionalized with poly(*ε*-caprolactone) side chain and cyano group through ring-opening metathesis polymerization.** *Polymer*, v. 51, p. 5100-5106, 2010.



## MONITORAMENTO DE DESEMPENHO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE ELÉTRICA DO INSTITUTO FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE CAMPUS PAU DOS FERROS

**José Henrique Maciel de Queiroz**

Universidade Federal Rural do Semi-Árido,  
Departamento de Engenharias e Tecnologia  
Pau dos Ferros, Rio Grande do Norte

**José Flávio Timoteo Júnior**

Universidade Federal Rural do Semi-Árido,  
Departamento de Engenharias e Tecnologia  
Pau dos Ferros, Rio Grande do Norte

**Rogério de Jesus Santos**

Universidade Federal de Alagoas, Campus Sertão  
Delmiro Gouveia, Alagoas

**RESUMO:** A utilização da energia solar em suas mais diversas formas vem crescendo rapidamente nos últimos anos e o território brasileiro é bastante favorável a essa nova tendência. Dessa forma, o enfoque desta pesquisa deu-se ao emprego da energia solar na geração de eletricidade, em escala de minigeração distribuída. Por dispor de uma usina de geração do tipo citado, o IFRN campus Pau dos Ferros foi escolhido como cenário principal do estudo. Realizou-se então, um monitoramento do desempenho e do rendimento que no primeiro mês foi 5,83 MWh em julho, no segundo 4,57 MWh e no terceiro mês foi de 17,05 MWh. Evidenciando assim a eficiência do sistema.

**PALAVRAS-CHAVE:** Energia solar. Eletricidade. Minigeração. Rendimento.

PERFORMANCE MONITORING OF THE ON-GRID PHOTOVOLTAIC SYSTEM OF THE INSTITUTO FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE CAMPUS PAU DOS FERROS

**ABSTRACT:** The use of solar energy in its most diverse forms has been increasing rapidly in recent years and the Brazilian territory is very favorable to this new trend. Thus, the focus of this research was on the use of solar energy in the generation of electricity, on a distributed minigeneration scale. Having a generation plant of the type mentioned, the IFRN campus Pau dos Ferros was chosen as the main scenario of the study. A performance and yield monitoring was performed, which in the first month was 5.83 MWh in July, in the second 4.57 MWh and in the third month was 17.05 MWh. This demonstrates the efficiency of the system.

**KEYWORDS:** Solar energy. Electricity. Minigeneration. Yield.

### 1 | INTRODUÇÃO

A energia liberada pelo sol vem prometendo ser muito valiosa em termos de geração de eletricidade. Em meio a tantas crises energéticas, tem-se disponível uma fonte energética inesgotável para a escala de

tempo humana.

Essa energia pode ser aproveitada de diversas formas, no estudo aqui desenvolvido, o interesse volta-se à conversão da radiação solar em energia elétrica, através do fenômeno conhecido como efeito fotovoltaico. Tal solução vem ganhando popularidade nos dias de hoje devido, dentre outros fatores, à possibilidade de geração distribuída, onde o próprio consumidor possui o controle sobre as centrais de geração.

Com o constante crescimento da demanda energética mundial um dos grandes destaques dado a utilização da energia solar fotovoltaica é quanto à sustentabilidade, pois ela é considerada uma energia limpa e renovável e dessa forma é capaz de minimizar os prejuízos causados ao meio ambiente pelo homem no processo de obtenção de eletricidade. (FINDER, 2011; DUPONT; GRASSI; ROMITTI, 2015).

A região do alto oeste potiguar onde se situa a cidade de Pau dos Ferros está localizada em uma área que recebe alta incidência energética solar, devido a sua localização geográfica, próxima à linha do equador. Com isso espera-se que futuramente a energia solar fotovoltaica torne-se uma forte alternativa do mercado energético regional juntamente com a energia eólica que já é presente no estado. (RIO GRANDE DO NORTE, 2016).

Impulsionado por estes fatores, foi realizado este estudo de caso, tomando como objeto de estudo a central de mini geração de energia solar fotovoltaica do Instituto Federal do Rio Grande do Norte (IFRN) campus Pau dos Ferros, com os objetivos indicados adiante.

## 2 | OBJETIVOS

Frente aos fatos expostos até aqui, o presente trabalho tem como objetivo geral, realizar um monitoramento do desempenho do sistema fotovoltaico do Instituto Federal do Rio Grande do Norte (IFRN) campus Pau dos Ferros, destacando os períodos de maior e menor rendimento, para que se tenha uma ideia da competência da energia solar fotovoltaica na aplicação como geração distribuída de médio porte.

Como objetivos específicos, destacamos então os seguintes:

- Acompanhar a energia gerada pelo sistema fotovoltaico em cada mês observado.
- Mostrar o comportamento da geração e comparar os períodos de maior rendimento e de menor rendimento, indicando as possíveis causas das diferenças entre eles.
- Estimar a quantia em dinheiro economizada pelo campus em sua conta de energia elétrica a cada mês de estudo e com base na geração esperada inicialmente, fazer uma breve avaliação do tempo de retorno do investimento.

### 3 | ENERGIA SOLAR

A quantidade de radiação solar que chega ao solo terrestre, em um plano horizontal, depende muito da latitude do local e do período do ano. De toda a radiação que chega às camadas superiores da atmosfera, apenas uma parcela consegue chegar ao solo, isso se deve a interação que a radiação solar sofre com os elementos que compõem a atmosfera terrestre, tais como moléculas, gases, nuvens, aerossóis, etc., e também, com aqueles que estão sobre a superfície terrestre. Isto significa que quando a radiação solar viaja através da atmosfera até a superfície terrestre, sofre atenuações devidas às interações com estes elementos. (CORRÊA, 2008).

Ainda assim, o sol nos fornece um grande potencial energético continuamente, então uma ótima forma de usufruir deste potencial é convertendo-o em energia solar fotovoltaica. Segundo CRESESB (2014) a energia solar fotovoltaica é a energia obtida pelo efeito fotovoltaico, ou seja, pela conversão direta da luz solar em energia elétrica, sendo essa transformação realizada com o uso de um dispositivo composto por materiais semicondutores (célula fotovoltaica).

As células fotovoltaicas ou células solares são a unidade básica de um sistema fotovoltaico. É nelas que a conversão de energia luminosa em eletricidade realmente acontece, o processo com que isso ocorre é conhecido como efeito fotovoltaico. Uma única célula fotovoltaica retorna baixos valores de tensão e corrente para os circuitos, por esse motivo, faz-se necessário o agrupamento de várias delas, formando assim os módulos. Os módulos, por sua vez, são também agrupados formando painéis capazes de suprir grandes demandas energéticas. (SOUZA, 2012).

O desempenho dos módulos é influenciado principalmente pela intensidade luminosa que chega à superfície dos painéis e a temperatura de funcionamento das células. A corrente gerada aumenta com o aumento da luminosidade, porém com um acréscimo na temperatura, obtemos eficiências de valor mais baixo. (CRESESB, 2014).

### 4 | PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A pesquisa foi desenvolvida como um estudo de caso, tomando como objeto de estudo a usina de minigeração de energia solar fotovoltaica do Instituto Federal do Rio Grande do Norte (IFRN), campus Pau dos Ferros. Na figura 01 a seguir, apresenta-se a vista superior do campus:



Figura 01: Vista superior do IFRRN campus Pau dos Ferros.

Fonte: Google Earth, 2016.

Foram realizadas visitas ao local, destinadas à coleta de informações a respeito do sistema como um todo, contando sempre com o auxílio dos engenheiros responsáveis pelo funcionamento do sistema. Os dados foram registrados por meio de anotações para serem discutidos e utilizados nas etapas seguintes da pesquisa.

No decorrer do estudo, que se estendeu de maio a outubro, preocupou-se em manter um acompanhamento diário do funcionamento dos painéis, principalmente com relação à potência gerada por eles. O banco de dados do site eletrônico Sunnyportal foi de grande importância no estudo, fornecendo informações essenciais como: potências, histórico de geração, dentre outros. Com base nas teorias existentes, pôde-se avaliar o sistema e seu desempenho.

## 5 | CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA

O sistema fotovoltaico instalado no IFRRN campus Pau dos Ferros foi projetado para operar conectado com a rede elétrica via rede doméstica, pois ele por si só, não possui capacidade de fornecer toda a demanda energética necessária aos prédios da instituição. E conexão com a rede dispensa a necessidade de armazenamento de energia.

Com uma potência instalada total de 144,400 kWp, o sistema fotovoltaico pertencente ao campus pode ser classificado quanto à capacidade de geração como sendo uma central de minigeração solar. De acordo com a resolução 482/12 da ANEEL esta conotação se atribui às centrais geradoras de energia solar fotovoltaica, com potência instalada superior a 75 kW e menor ou igual a 5 MW.

Por ser conectado à rede, o sistema fotovoltaico estudado possui uma estrutura semelhante à ilustrada na figura 02, contando com os mesmos componentes e organização.

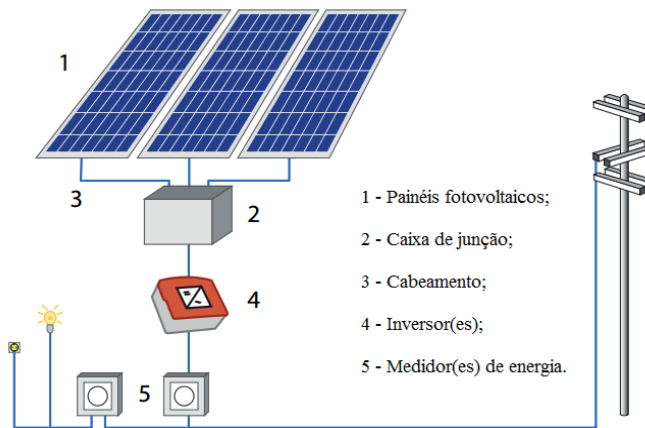


Figura 02: Componentes de um sistema fotovoltaico on-grid.

Fonte: Adaptado de SOUZA, 2012.

Os componentes representados na figura 02 podem ser identificados pela numeração que segue:

1 - Painéis Fotovoltaicos: Foram instalados ao todo 440 módulos de silício policristalino sobre os telhados de dois dos prédios da instituição, ocupando uma área de 707,74 m<sup>2</sup>. O modelo de módulo escolhido para o projeto foi o CS6P-260P da empresa Canadian Solar Inc. com uma potência individual de 260 watts. Com isso atingiu-se a capacidade instalada desejada. A figura 03 mostra uma foto da etapa de montagem dos painéis a partir desses módulos.



Figura 03: Painéis do sistema do IFRN campus Pau dos Ferros.

Fonte: IFRN, 2016.

2 - Caixa de Junção do painel fotovoltaico: É nela que estão presentes o elemento de proteção das fileiras e módulos, tais como fusíveis, diodos, interruptores e outros. Está presente neste sistema 8 caixas de junção, das quais se direcionam cabos de transmissão para os inversores.

3 - Cabeamento: Responsável pela transmissão da corrente. Os cabos devem atender às especificações do projeto, sendo capazes de suportar a corrente que se deseja conduzir através deles. No IFRN campus Pau dos Ferros os cabos que



trabalham com corrente contínua (CC) possuem seção de 4 mm<sup>2</sup> de área, enquanto que os de corrente alternada (AC) possuem seção com área de 16 mm<sup>2</sup>.

4 - Inversor Grid-Tie: os painéis fotovoltaicos geram corrente contínua (CC), enquanto que os aparelhos em geral costumam funcionar com corrente alternada (AC). Os inversores servem justamente para realizar a conversão de CC para AC. O sistema estudado dispõe de 4 inversores do modelo Sunny Tripower 25000TL-30 da empresa SMA cada um trabalhando com potência de até 25000 watts e com eficiência máxima de 98,4 %. Apenas um inversor não seria suficiente para atender ao sistema. A figura 04 mostra os 4 inversores do referido sistema fotovoltaico.



Figura 04: Inversores do sistema do IFRN campus Pau dos Ferros.

Fonte: Próprio autor, 2016.

5 – Medidor (es) de energia: os medidores são necessários para informar a quantidade de energia elétrica consumida proveniente da usina e a quantidade fornecida pela rede pública de abastecimento. Os medidores bidirecionais conseguem realizar essas duas aferições, dispensando outro adicional e é este o tipo empregado no sistema em questão.

## 6 | GERAÇÃO DE ENERGIA

Feitas as observações necessárias, serão expostos a seguir os dados referentes à geração no período estipulado para estudo. Para fins de análise deve-se levar em conta que o sistema iniciou suas atividades no mês de maio do ano de 2016 e que este primeiro mês de geração serviu apenas como uma etapa de testes para o sistema, e não teve como finalidade alcançar a máxima capacidade mensal. Sabe-se ainda que no mês de junho gerou-se somente a partir do dia 21 e em outubro ocorreu um problema com um disjuntor que causou interrupção no



funcionamento durante três dias.

Com relação à geração diária pode-se dizer que os valores são variáveis, indo de pouco mais de 200 kWh em alguns dias nublados de maio até 697 kWh no dia de maior rendimento em outubro. Observou-se que por ser ainda um mês chuvoso, com muitas variações climáticas, maio apresentou tanto dias de rendimento baixo, como outros que renderam acima do esperado. Já nos meses seguintes houve pouca variação diária de energia entregue, embora com leves aumentos no decorrer dos meses.

No gráfico 1 são mostrados os rendimentos acumulados em cada mês ao lado das estimativas previstas para cada um deles (prognósticos).

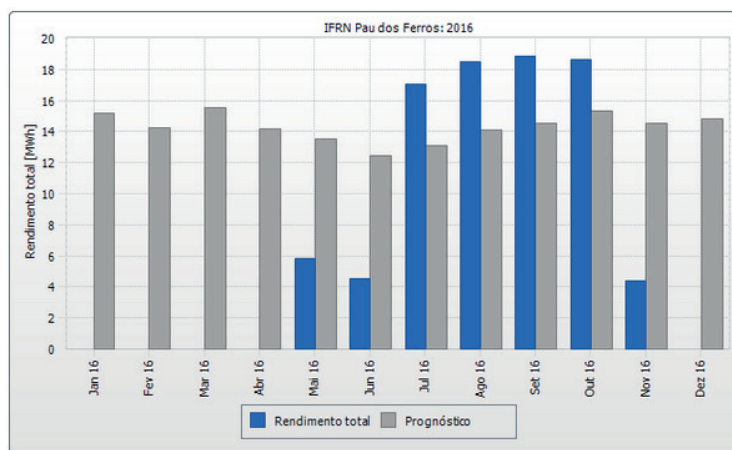


Gráfico 1: Rendimento total dos meses de funcionamento observados.

Fonte: Sunnyportal, 2016.

Os resultados mostram um crescimento mês a mês da quantidade de energia entregue pelo sistema. Esse acontecimento pode ser observado de forma clara entre os meses de julho, agosto e setembro, já que neles a geração aconteceu durante todos os dias. Provavelmente o mesmo teria ocorrido em outubro se não houvesse acontecido a pausa de 3 dias. Tal crescimento já era esperado pelo prognóstico, pois ele leva em consideração a radiação média que chega à localidade durante cada mês do ano e estes são justamente os meses que recebem maiores índices de insolação. Sobre a estimativa percebe-se também que após outubro é esperada uma redução nas potências alcançadas pelo sistema.

O rendimento total de maio foi de 5,83 MWh e ele ficou acima dos 4,57 MWh obtidos em junho, o que explica-se devido ao tempo de funcionamento do sistema. Nos meses seguintes obteve-se: 17,05 MWh em julho, 18,49 MWh em agosto e 18,85 MWh em setembro. Até o dia 16 de outubro rendeu-se ainda mais 18,60 MWh. Com isso têm-se que a geração do sistema do dia 04/05/2016 até o dia 30/10/2016 foi de 83,39 MWh.

Em termos percentuais temos que o mês de maio rendeu 6,99% do valor total

acumulado até o dia 30/10/2016, enquanto junho contribuiu com 5,48 %, julho com 20,45%, agosto com 22,17%, setembro com 22,60% e por último a parcela referente a outubro foi de cerca de 22,30%.

Devido aos 83,34 MWh de energia ativa produzidos através da conversão da energia solar na usina, o site Sunnyportal informa que houve uma redução de emissões de dióxido de carbono no meio ambiente de 7,2 toneladas. Este é com certeza um dado muito importante para a equipe do IFRN, pois torna a instituição de ensino um exemplo a ser seguido na região, além disso, fortalecendo o compromisso que toda a população precisa ter com o meio ambiente e o desenvolvimento sustentável.

## **7 | SISTEMA DE COMPENSAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA**

A central de minigeração do IFRN aderiu ao sistema de compensação de energia elétrica proposto pela ANEEL na Resolução Normativa 482/2012 (posteriormente alterada pela Resolução Normativa 687/2015) e dessa forma, a usina não só contribui positivamente em termos de sustentabilidade, mas também no fator financeiro. Quando se trata de geração distribuída, a resolução citada estabelece: Os possuidores de centrais geradoras fotovoltaicas com potência instalada de até 3MW interessados no sistema de compensação elétrica poderão ser participar do mesmo, contanto que adequem suas instalações; A energia produzida na central pode então ser injetada na rede de distribuição na forma de empréstimo à distribuidora, tal que o consumidor adquira um saldo de energia ativa disponível para posterior consumo em até 60 meses.

Devido essa medida adotada, toda energia produzida na usina, independente do horário e da taxa com que está sendo gerada, poderá ser utilizada nas edificações do campus sem tributação da distribuidora e também sem necessidade de armazenamento. Sendo assim a energia elétrica utilizada proveniente da rede de distribuição será reduzida e irá pagar-se menos na conta de energia elétrica. O valor economizado na conta paga à distribuidora é o que faz com que o sistema de geração se torne economicamente viável, uma vez que o investimento inicial do sistema é alto e deve retornar de alguma forma ao consumidor. Neste caso quanto mais eficiente estiver sendo o sistema, mais rápido será dado esse retorno.

Segundo as estimativas informadas pela equipe do IFRN, o payback do sistema do campus será dado em cerca de 12 anos após a sua implantação, ou seja, neste tempo já terá sido gerado uma quantidade de energia suficiente para cobrir todos os custos relacionados à usina. Considerando que a vida útil dos componentes pode ultrapassar a marca dos 25 anos, pode-se afirmar o investimento será muito bem recompensado no futuro.

No quadro 1 abaixo são apresentados os valores em reais (R\$) economizados devido à geração fotovoltaica de acordo com a produção e a tarifa cobrada pela

distribuidora em cada mês observado, considerando que a distribuidora houvesse feito as leituras no contador exatamente no início e no fim do mês. Excluiu-se outubro devido à falta do valor da tarifa referente ao mês.

Mês	Energia ativa gerada (kWh)	Tarifa do mês (R\$/kWh)	Economia na conta (R\$)
Maio	5830	0,3193	1.861,55
Junho	4570	0,3206	1.465,18
Julho	17050	0,3204	5.462,77
Agosto	18490	0,3231	5.973,60
Setembro	18850	0,3247	6.120,73
Total	64790	-	20.883,82

Quadro 1: Relação de energia produzida e economia gerada pelo sistema fotovoltaico.

Fonte: Próprio Autor, 2016.

Nos meses completos de geração, a produção fotovoltaica chega a representar mais de 30% da energia consumida no campus e essa porcentagem vai para a conta de energia elétrica como uma redução direta no valor pago. Além disso, nos períodos de férias na instituição o consumo energético costuma ser bem menor e a usina consegue suprir até 70% da demanda.

## 8 | CONCLUSÕES

A energia solar fotovoltaica veio com o objetivo de auxiliar a matriz energética do setor elétrico mundial. Este tipo de energia tem se destacado devido às reduções dos seus custos nos últimos anos como também no incentivo de seu uso, baseando-se nas vantagens que apresenta, principalmente em relação à preservação do meio ambiente e sustentabilidade.

O desenvolvimento do presente estudo possibilitou a realização de uma análise do funcionamento do sistema de minigeração fotovoltaica instalado no IFRN campus Pau dos Ferros, por meio do monitoramento diário da sua produção energética, destacando os fatores que contribuíram tanto positivamente como negativamente para o seu desempenho geral. Além disso, fez-se uma simplificada avaliação da questão econômica atrelada à implantação e eficiência da usina solar nas edificações estudadas.

Em se tratando do desempenho dos módulos fotovoltaicos, após a aquisição completa dos dados, notou-se que os primeiros meses de funcionamento do sistema foram os mais conturbados, isso porque além de compreender um período de testes, ainda houve uma maior intervenção das variações climáticas. Dessa forma, principalmente os dias do mês de maio apresentaram rendimentos diários abaixo da média. Nos meses seguintes, até outubro, constatou-se um crescimento progressivo

dos valores de energia entregue pelo sistema diariamente e também um padrão de geração mais consistente. Esta resposta dos módulos à radiação era realmente o esperado para a região.

Os rendimentos, no geral, estiveram acima dos valores previstos pela equipe responsável pelo sistema, o que pode proporcionar então, um tempo de payback menor que os 12 anos estimados por eles, tornando a solução energética ainda mais vantajosa. Outra informação relevante é que a geração da usina no momento corresponde a mais de 30% do consumo de energia elétrica no campus em seus períodos normais de atividade.

Sobre os resultados alcançados durante a pesquisa, conclui-se que foi obtido êxito quanto aos objetivos e foram geradas informações relevantes na área de energia limpa e renovável.

Com base no exposto pode concluir-se que a utilização da geração distribuída na forma de sistemas fotovoltaicos de médio porte mostra-se viável na cidade de Pau dos Ferros quando empregado de forma adequada, pois ficou confirmado que esta prática traz um bom retorno ao consumidor, apresentando desempenho satisfatório - no caso estudado, até mesmo superior ao esperado pelos projetistas – e contribuindo com uma sociedade mais consciente em relação ao uso dos recursos naturais.

## REFERÊNCIAS

ANEEL. **Resolução Normativa 482/2012**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>>. Acesso em: 22 out. 2015.

CORRÊA, M. P. **Radiação Solar e Terrestre**. Itajubá: Universidade Federal de Itajubá, 23 p. 2008.

CRESESB (Brasil). Grupo de Trabalho de Energia Solar Fotovoltaica (CRESESB/CEPEL) (Org.). **Manual de Engenharia Para Sistemas Fotovoltaicos**. Edição Revisada e Atualizada. 530 p. Rio de Janeiro, 2014.

DUPONT, F. H.; GRASSI, F.; ROMITTI, L. **Energias Renováveis: Buscando por uma Matriz Energética Sustentável**. Reget/usfm: revista eletrônica em gestão educação e tecnologia ambiental, Santa Maria, v. 19, n. 1, p.70-81, 18 ago. 2015.

FINDER. Findernet Componentes Ltda (Org.). **O Mundo Sustentável das Energias Renováveis**. São Caetano do Sul, São Paulo.: White Paper, 8 p.2011.

RIO GRANDE DO NORTE. Sedec/assecom. Secretaria do Desenvolvimento Econômico. **Energia Renovável**. 2016. Disponível em: <<http://www.sedec.rn.gov.br/Conteudo.asp?TRAN=ITEM&TARG=15443&ACT;=&PGE=0&PARM;=&LBL=Energia>>. Acesso em: 31 jul. 2016.

SOUZA, R. **Os Sistemas de Energia Solar Fotovoltáica**. Livro Digital de Introdução aos Sistemas Solares. Ribeirão Preto: Bluesol, 114 p. 2012.

## REDE FEDERAL EM SANTA CATARINA: ORIGEM, TRAJETÓRIA E ASPECTOS GERENCIAIS

**Sônia Regina Lamego Lino**

Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia Catarinense - IFC  
Camboriú – Santa Catarina

**RESUMO:** O estudo tem por objetivo investigar a origem, trajetória de implantação e aspectos gerenciais da Rede Federal - RFEPCT, no Estado de Santa Catarina, Brasil. Por meio de uma pesquisa exploratória, com método qualitativo e técnica de análise documental. Foram analisados documentos do MEC, do IFSC e do IFC e legislação pertinente, por meio de análise de conteúdo. Para compreender o processo de aprendizagem organizacional foi realizada uma pesquisa descritiva, com levantamento de campo, e a adoção de um questionário, com procedimentos estatísticos. Há evidências de uma implantação favorável do IFSC. Sendo já constituído com estrutura multi-campi, vinculação pedagógica, administrativa e financeira com a unidade sede anterior. Há evidências de maior dificuldade na implantação do IFC, que se constituiu com uma estrutura multi-campi, a partir da união de cinco autarquias (colégios agrícolas), que detinham autonomia administrativa, financeira e pedagógica. Para o funcionamento do IFC essas funções passaram a ser orientadas centralmente pela reitoria. O IFC enfrentou maiores dificuldades em razão da

cultura organizacional da nova instituição e dos antigos Colégios Agrícolas. Para ambos, IFSC e IFC as novas funções e cargos, expansão física e de modalidades e níveis de ensino levaram a necessidade de um novo modelo de gestão. Conclui-se que a RFEPCT em SC caracteriza-se como uma rede pública de cooperação federativa: estado e políticas públicas, em fase de consolidação por meio da institucionalização da aprendizagem organizacional.

**PALAVRAS-CHAVE:** Rede Federal; Aprendizagem Organizacional; Redes Públicas de Cooperação.

### FEDERAL NETWORK IN SANTA CATARINA: ORIGIN, TRAJECTORY AND MANAGEMENT ASPECTS

**ABSTRACT:** The study aims to investigate the origin, deployment trajectory and managerial aspects of the Federal Network - RFEPCT, in the State of Santa Catarina, Brazil. Through an exploratory research, with qualitative method and technique of documentary analysis. MEC, IFSC and IFC documents and relevant legislation were analyzed through content analysis. To understand the organizational learning process, a descriptive research was carried out, with field survey, and the adoption of a questionnaire, with statistical procedures.

There is evidence of a favorable IFSC deployment. Being already constituted with multi-campus structure, pedagogical, administrative and financial link with the previous headquarters unit. There is evidence of greater difficulties in the implementation of the IFC, which consisted of a multi-camp structure, from the union of five municipalities (agricultural colleges), which had administrative, financial and pedagogical autonomy. For the operation of the IFC, these functions began to be oriented centrally by the rector. IFC faced greater difficulties because of the organizational culture of the new institution and the former Agricultural Colleges. For both IFSC and IFC the new roles and positions, physical expansion and modalities and levels of education have led to the need for a new management model. It has concluded that the RFEPCT in SC is characterized as a public network of federative cooperation: state and public policies, in the consolidation phase through the institutionalization of organizational learning

**KEYWORDS:** Federal Network; Organizational Learning; Public Networks of Cooperation.

## 1 | INTRODUÇÃO

Este estudo trata da recém-criada rede de educação na esfera federal brasileira. Embora não seja uma ideia recente, visto que é abordado na teoria organizacional desde o começo do último século (Nohria, 1992), o conceito de rede foi evoluindo à medida que era empregado para equacionar desafios variados, para os quais as soluções organizacionais vigentes não eram efetivas. (Malmegrin, 2010, pp.16).

“Fica evidente que o propósito central das redes é reunir em uma única estrutura as características essenciais ao novo ambiente competitivo, sustentada por uma governança altamente descentralizada, evitando que as empresas envolvidas percam a flexibilidade e agilidade do porte enxuto”. (Verschoore Filho, 2003, pp. 4).

Migueletto (2001) esclarece que

A rede é um arranjo organizacional (sistema organizacional) formado por um grupo de atores, que se articulam – ou são articulados por uma autoridade – com a finalidade de realizar objetivos complexos, e inalcançáveis de forma isolada. A rede é caracterizada pela condição de autonomia das organizações e pelas relações de interdependência que estabelecem entre si. É um espaço no qual se produz uma visão compartilhada da realidade, se articulam diferentes tipos de recursos e se conduzem ações de forma cooperada. O poder é fragmentado e o conflito é inexorável, por isso se necessita de uma coordenação orientada ao fortalecimento dos vínculos de confiança e ao impedimento da dominação, (Migueletto,2001, pp. 48).

Seguindo esta linha de raciocínio, se por um lado a rede é um arranjo organizacional articulado, sujeito as relações de poder, por outro lado são estruturas dinâmicas, que caminham em busca de objetivos comuns, por meio da cooperação. Segundo Castells (1999),

Rede são estruturas abertas capazes de expandir de forma ilimitada, integrando novos nós desde que consigam comunicar-se dentro da rede, ou seja,



compartilhem os mesmos códigos de comunicação. Uma estrutura social com base em redes é um sistema altamente dinâmico suscetível de inovação sem ameaças ao seu equilíbrio [...]. Mas a morfologia de rede é uma fonte de drástica reorganização das relações de poder. (Castells, 1999, pp. 498).

### Neste sentido as redes inteorganizacionais são

Compostas por um grupo de empresas com objetivos comuns, formalmente relacionadas, com prazo ilimitado de existência, de escopo múltiplo de atuação, na qual cada membro mantém sua individualidade legal, participa diretamente das decisões, e dividem simetricamente com os demais os benefícios e ganhos alcançados pelos esforços coletivos. (Verchoore Filho, 2003, pp. 6).

Portanto, “redes são compreendidas como um desenho organizacional único, com uma estrutura formal própria, um arcabouço de governança específico, relações de propriedade singulares e práticas de cooperação características. Tais particularidades garantem às redes inteorganizacionais condições competitivas superiores aos padrões empresariais correntes”. (Verschoore Filho, 2003, pp. 6).

Por outro lado, diferentemente das redes inteorganizacionais de empresas que visam ganhos em escala, as redes públicas visam o bem comum.

Nesta perspectiva cabe destacar que o entendimento de rede pública tem um sentido maior de cooperação, quando o objetivo é viabilizar interesses e projetos comuns.

Quanto aos atores envolvidos as redes públicas (campo Estado/políticas públicas) são compostas por agências governamentais de várias esferas (níveis). Enquanto que a lógica de mercado empresarial (campo produção/circulação) é de composição com agentes econômicos.

A característica principal de diferenciação da rede pública em relação à rede privada é a questão da confiança (cumplicidade). Na esfera pública o principal é a cooperação e reconhecimento de competência, já na esfera privada é a reciprocidade, sem perder a perspectiva da competição.

Além do mais, quanto aos interesses, enquanto as políticas públicas estão voltadas para a solução de problemas concretos e complexos da coletividade, as organizações econômicas estão interessadas em projetos privados.

Marteletto e Silva (2004) esclarecem que cada campo social se caracteriza como um espaço onde se manifestam relações de poder, o que significa dizer que os campos sociais se estruturam a partir da distribuição de um quantum social que determina a posição de cada agente específico no seu interior. (Marteletto; Silva, 2004).

Assim, o presente estudo parte do pressuposto de que redes públicas podem ser consideradas como “um sistema organizacional formado por um grupo de atores que se articulam ou são articulados por uma autoridade com a finalidade de executar a prestação de serviços públicos, o que não seria possível realizar com a atuação isolada desses atores” (Miguelletto, 2001, pp. 48).

Os atores sociais, então, buscam de forma cooperada o desenvolvimento

federativo ou da federação. Sendo que o desenvolvimento federativo pode ser visto como “um processo articulado e sistêmico vivenciado pelas unidades federadas, em todos os níveis hierárquicos, com objetivo de obter resultados sustentados nos eixos: socioambiental, tecnoeconômico e

político-institucional”. (Malmegrin, 2010, pp.29).

Deste modo, esta formatação em rede possibilita “uma gestão mais ampla, onde a transformação social se torna o objetivo de distribuição mais igualitária de renda, de oferta de acesso aos bens sociais e à participação política mais intensiva.” (Malmegrin, 2010, pp.29).

Do ponto de vista cultural, da mesma forma, possibilita “uma transformação cultural na direção da reafirmação das identidades locais ou nacionais, e das respectivas tradições”. (Malmegrin, 2010, pp.29).

Em síntese, o resultado desta ação em rede de cooperação, em uma rede pública, busca intensificar a descentralização, a autonomia, a cooperação, sob a coordenação da organização federativa.

Neste sentido, buscando compreender o resultado da ação da Rede Federal, o estudo tem por objeto descrever a origem, a trajetória e os aspectos gerenciais da Rede Federal, em Santa Catarina, corte transversal dos primeiros anos da rede, ou seja, de 2009 a 2012.

Assim, foi caracterizado como uma pesquisa exploratória, com método qualitativo e técnica de análise documental. A opção pela pesquisa exploratória se fundamenta no fato da recém criação da rede. Assim, o tema não apresenta uma fundamentação teórica e empírica significativa, na literatura da área de educação, sendo este estudo de abordagem inicial.

O método qualitativo se apresentou como uma perspectiva metodológica coerente com a complexidade do objeto, direcionando a coleta de dados e posterior análise dos mesmos.

Com este entendimento, a investigação se desenvolveu tendo dois focos prioritários: a trajetória de implantação da RFEPCT, e os aspectos iniciais e gerenciais da implantação da RFEPCT, na ótica dos servidores dos IFs em SC.

## **2 | REDES PÚBLICAS DE COOPERAÇÃO FEDERATIVA: ESTADO E POLÍTICAS PÚBLICAS**

As redes públicas de cooperação federativa do campo estado e políticas públicas envolvem uma multiplicidade de variáveis e especificações. São organizações complexas, como pode ser observado na figura 1, devido especialmente ao foco de atuação, aos atores envolvidos, princípios e valores, ou seja, o poder público como autor e ator (gestor) das políticas públicas.

Cabe destacar que estas podem ser classificadas em dois grupos, ou seja, as

redes estatais puras e as redes híbridas.

Nº	Variáveis	ESPECIFICAÇÕES
1	Atores envolvidos	Agentes governamentais, governos locais e outros
2	Caráter das relações	Formalidade/informalidade
3	Foco de atuação	Problemas, ações, projetos concretos e gestão de processos complexos
4	Processo	Associação de recursos/intercâmbio
5	Princípios e valores	Cooperação/reconhecimento de competências/respeito mútuo/conflitos equacionados
6	Interações	Centro animador, operador catalisador; hierarquia/não hierarquia
7	Ambiente	Efêmero/grupo definido
8	Engajamento	Adesão por competência/interesse
9	Racionalidade	Instrumental/comunicativa

Figura 1: Características das Redes Públicas de Cooperação Federativa, do Campo: Estado e Políticas Públicas

Fonte: Loiola e Moura, 1996, In: Malmegrin (2010, pp. 47)

As redes estatais puras são formadas somente por organizações da estrutura do Estado. “Em sua maioria, são diretamente associadas aos setores e sistemas da administração pública que apresentam estruturas hierárquicas e, por esse motivo, as redes do campo Estado Políticas Públicas também se organizam com esse formato, para a prestação de serviços públicos”. (Malmegrin, 2010, pp.47-48).

Assim é possível a prestação de serviços públicos pelo Estado, “não somente para: atendimentos, direitos aos cidadãos, demandas sociais (saúde, educação segurança etc.), mas também para prover infraestruturas de uso comum e para intervir nos agentes da sociedade e do mercado”. (Malmegrin, 2010, pp.47-48).

No segundo grupo de redes, as redes híbridas, com outros agentes que não os estatais e assume diversos formatos por causa da intensidade de colaboração público - não público (terceiro setor, comunidades e iniciativa privada) e das capacidades de gestão das redes, o que gera modelos de atuação com diversas configurações. (Malmegrin, 2010, pp.48 -49).

Assim, “as Redes de Estado ou também chamadas redes de Políticas Públicas, ou rede de cooperação campo Estado e Políticas Públicas, são, por um lado, resultantes da associação de órgãos da estrutura do Estado, nas diversas áreas, a rede pura”. (Malmegrin, 2010, pp. 48)

Por outro lado, “quando são resultantes da junção do Estado com organizações não estatais, devidamente autorizadas na forma da lei, para prestação de serviços públicos descentralizados ou terceirizados formam a rede híbrida”. (Malmegrin,

2010, pp.49).

A Rede Federal se caracteriza como uma rede estatal pura, haja vista, que foi formada por instituições públicas federais de educação, prestando serviço público pelo atendimento direto ao cidadão e organizado em sistema.

### **3 | REDES PÚBLICAS DE COOPERAÇÃO – CONDICIONANTES CRÍTICOS**

Serviço Público é “toda atividade material que a lei atribui ao Estado para que a exerça diretamente ou por meio de seus delegados, com o objetivo de satisfazer concretamente as necessidades coletivas sob o regime jurídico total ou parcialmente público”. (Di Pietro, 2008, pp.84).

O serviço público, em sentido material, é dividido em três grandes categorias: atendimento direto; disponibilização de infraestruturas; e intervenção legal. (Malmegrin, 2010, pp.65).

Os serviços públicos, nos quais existe uma “relação direta” entre o Estado ou entidades que receberam delegação para a prestação desses serviços, classificam-se, ainda, em duas subcategorias: os serviços públicos organizados em sistemas; os serviços públicos não sistematizados. (Malmegrin, 2010).

Exemplos do primeiro caso são os sistemas de saúde, de educação e, mais recentemente, o Sistema Único de Assistência Social. Outros serviços começam a ser sistematizados, “mas é relevante que se saiba que a institucionalização desses sistemas é um processo técnico-administrativo, político e legal bastante demorado”. (Malmegrin, 2010, pp.63).

Para a categoria de prestação de serviços públicos de “infraestrutura” se pode identificar três subcategorias: infraestrutura física; infraestrutura de conhecimentos científicos e tecnológicos; e institucional e de fomento (Malmegrin, 2010, p.65).

Assim o Estado, na sua área de competência (esfera), presta serviços públicos, dentre eles os de “relação direta” (Estado ou entidades delegadas). Como é o caso da educação, que está organizada em sistemas, que atuam na categoria infraestrutura de conhecimento científico e tecnológico, onde se encontra a Rede Federal de Educação Profissional Científica e Tecnológica, que passou a compor educação superior Brasileira em 2008.

### **4 | REDE FEDERAL DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL, CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA**

A educação superior no Brasil representa, atualmente, um sistema complexo e diversificado de instituições públicas e privadas, onde agrega diferentes tipos de cursos e programas, nos diversos níveis de ensino, desde a graduação, até a pós-graduação lato sensu e stricto sensu, a pesquisa e extensão, geridas pelo Ministério

da Educação/MEC ( <http://www.mec.gov.br>, recuperado em 30 de setembro, de 2012). Esse complexo sistema está normatizado pela Constituição Federal, de 1998 e pela Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, de 1996 (Lei n. 9.394, 1996), acrescida por numeroso conjunto de Decretos, Regulamentos e Portarias complementares.

As diversas instituições que compõem a educação superior estão ligadas ao MEC por vínculos de subordinação, vinculação ou supervisão. As instituições federais de ensino que compõem a administração indireta estão vinculadas ao MEC e sob a supervisão da Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica (SETEC), que está subordinada ao MEC, e sob a supervisão da Secretaria Executiva.

Cabe salientar que, a partir do ano de 2003, o Presidente Luiz Inácio Lula da Silva, no primeiro Governo Lula, iniciou um plano estruturante de expansão da Rede Federal de Educação Profissional e Tecnológica. Até então, o Brasil dispunha de 140 instituições, sendo 34 Centros Federais de Educação Tecnológica (CEFETs), 37 Unidades de Ensino Descentralizadas subordinadas a esses Centros, 36 Escolas Agrotécnicas Federais, uma Escola Técnica Federal e 32 Colégios Técnicos vinculados às Universidades Federais.

A Lei n. 11.892 (2008), que institui a Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica (RFEPCT), e cria os Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia, traz em seu Capítulo I, Art. 1, a orientação que vincula a recém-criada Rede ao MEC, e determina que seja constituída por: Institutos Federais; Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR; Centros Federais de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca - CEFET-RJ e de Minas Gerais - CEFET-MG; Escolas Técnicas Vinculadas às Universidades Federais; e Colégio Pedro II, sendo este último incluído na Rede Federal pela Lei n. 12.677 (2012) que, além de alterar a composição da Rede Federal, também criou cargos efetivos, cargos de direção e funções gratificadas.

Os IFs nascem assim da transformação das Escolas Técnicas, Escolas Agrotécnica, Colégios Agrícolas, CEFETs, entre outros. Neste tempo somam 140 unidades no país. Em seguida, inicia-se o plano de expansão, com a primeira fase, sendo autorizada a criação de 64 novas unidades de ensino vinculadas aos recém criados IFs. A segunda fase tem autorizada a criação de 150 novas unidades, um percentual de expansão superior a 100% em relação ao primeiro movimento de expansão, com uma meta para chegar a 2010 com 354 instituições no Brasil (Ministério da Educação/MEC, <http://www.mec.gov.br>, recuperado em 30 de setembro, de 2012). Por fim, a última fase do plano de expansão, em que foram criadas mais 146 unidades, um total de 500 unidades.

Nesse contexto, a Rede Federal formada por 38 Institutos, e composta por 319 campi, e mais 52 unidades vinculadas, instituições que não aderiram aos institutos federais, mas também oferecem educação profissional, em todos os níveis. São dois CEFETs, 25 Escolas vinculadas às universidades, e uma Universidade Tecnológica,



sendo todos os estados brasileiros contemplados com pelo menos um Instituto Federal.

No Estado de Santa Catarina foram criados dois institutos: o IFSC, com Reitoria em Florianópolis, atuando principalmente as áreas de indústria e serviços, e o Instituto Federal Catarinense/IFC, com Reitoria em Blumenau, e atuação principal nas áreas agrotécnicas e serviços, cada qual com sua trajetória de implantação quanto aos aspectos gerenciais.

#### **4.1 De CEFET-SC a Instituto Federal de Santa Catarina/ IFSC**

No Plano de Desenvolvimento Institucional (PDI) do IFSC (<http://www.ifsc.edu.br>, recuperado em 30 de setembro, de 2012), para o período compreendido entre os anos 2009-2013, consta um histórico, fazendo destaque de alguns pontos dos cem anos de existência dessa instituição como a criação como Escola de Aprendizes Artífices de Santa Catarina, criada em Florianópolis, por meio do Decreto n. 7.566, 1909, para dar formação profissional aos filhos de classes socioeconômicas menos favorecidas.

O IFSC passou por várias alterações de nome, estrutura, gestão e oferta de cursos, como em 1937 para Liceu Industrial de Florianópolis, 1942 para Escola Industrial de Florianópolis, 1965 para Escola Industrial Federal de Santa Catarina, 1968 para Escola Técnica Federal de Santa Catarina (ETF-SC), 2002 para Centros Federais de Educação Tecnológica e, em 2008 Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia.

Além da sua expansão ao longo dos anos, iniciada em 1988 com a Unidade São José, 1994 a Unidade de Jaraguá do Sul, 2006 a Unidade Continente, Chapecó e Joinville e, em 2008 a Unidade Jaraguá. Em 2009, já com a transformação em Instituto Federal, nova etapa de expansão, prevista para ser concluída em 2010, com a implantação de campus em Itajaí, Gaspar, Lages, Criciúma, Canoinhas, Xanxerê, São Miguel do Oeste e do Campus Bilíngüe Libras-Português (especializado na educação de surdos, em Palhoça), além de pólos presenciais em Caçador, Laguna, Içara e Urupema.

No PDI (2009, pp. 9) do IFSC se destaca a sua missão que é “desenvolver e difundir conhecimento científico e tecnológico, formando indivíduos capacitados para o exercício da cidadania e da profissão”. E sua visão, que é “consolidar-se como centro de excelência na educação profissional e tecnológica no estado de Santa Catarina”. Na página 36 apresenta seu modelo de gestão, denominada enfoque sistêmico da gestão, por meio do qual a gestão é delegada e interdependente entre os Campi e a Reitoria.

O IFSC foi o primeiro da rede de educação a colocar em prática o enfoque sistêmico, partindo da separação física da Reitoria em 2006, continuando com a institucionalização dos processos, por meio da definição de diretrizes e estratégias



sistêmicas, absorvidas pelo conjunto de seus campi (gestão de pessoas, processos de compras, processos de ingressos, engenharia e processo de planejamento).

Essa desvinculação física favoreceu a visão sistêmica, promovendo a autonomia (relativa) dos campi e a imparcialidade no trato das questões relacionadas a cada uma das partes do sistema. “[...] Esse modelo de gestão descentralizada se consolida com a constituição da reitoria e dos campi, com autonomia pedagógica, administrativa e financeira”. (PDI, 2009, pp.36).

A estrutura organizacional adotada para dar suporte à gestão do IFSC é “composta por instâncias de decisão e organizado em estrutura multicampi, com proposta orçamentária anual identificada para cada campi e a reitoria, exceto no que diz respeito à pessoal, encargos sociais e benefícios aos servidores”. (PDI, 2009, pp.100-102).

Assim, a denominada, pelo IFSC, Estrutura Básica Organizacional é composta por:

Órgãos superiores de administração, órgão executivo, órgãos de assessoramento, órgão de controle, procuradoria jurídica, diretorias-gerais dos campi e ouvidoria, tais como o Conselho Superior, Colégio de Dirigentes, Reitoria, composta pelo Reitor e cinco Pró-Reitores (Ensino; Administração e Gestão de Pessoas; Extensão e Relações Externas; Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação; Desenvolvimento Institucional), Colegiado de Recursos Humanos; Colegiado de Ensino, Pesquisa e Extensão; Auditoria Interna; Procuradoria Jurídica; Diretorias-Gerais dos Campi; e Ouvidoria. (PDI, 2009, pp.102)

Do PDI (2009, pp. 44-45) do IFSC se destacou as diretrizes para a gestão, período de 2009-2013, relacionadas com o tema em estudo, que são:

- Garantir processos de gestão pedagógica, administrativa e financeira democrática, cooperativa, transparente e participativa para toda a organização do Instituto.
- Criar e aprimorar, permanentemente, práticas que fortaleçam a gestão sistêmica do Instituto.
- Promover o planejamento, o acompanhamento e a avaliação das ações de forma participativa.
- Realizar avaliação, revisão e adequação da estrutura organizacional aos processos do Instituto, garantindo, sobretudo, a melhoria do processo de gestão.
- Propiciar, sistematicamente, espaços para reflexão sobre as questões institucionais e questões educacionais mais amplas, visando à preparação das pessoas para os processos decisórios e para colaborar nos processos educativos.
- Promover a integração entre as diversas áreas profissionais, bem como entre os segmentos que integram a comunidade acadêmica do IF-SC.
- Promover intercâmbio com outras instituições e organizações, visando ao aprimoramento das práticas do Instituto e à socialização de seus trabalhos.
- Envolver a comunidade, mediante suas organizações sociais, nos processos decisórios relativos à atuação do IF-SC. (PDI, 2009, pp. 44-45).

Diante das diretrizes de gestão pode-se dizer que o PDI do IFSC contempla ações específicas direcionadas a aprendizagem organizacional. O IFSC se constituiu com uma estrutura multicampi, que mantinha vinculação pedagógica, administrativa e financeira com a unidade sede, o que favoreceu a implantação do IF, apesar dessa transformação ter alterado a oferta de cursos e estrutura organizacional, com aumento significativo e diferenciado de funções e cargos de confiança, bem como

uma expansão física considerável e conseqüente necessidade de adequação do modelo de gestão a uma estrutura maior e mais complexa.

## 4.2 Criação do Instituto Federal Catarinense/ IFC

O IFC teve origem em 2008, na fusão das escolas agrotécnicas de Concórdia, Rio do Sul Sombrio mais os colégios agrícolas de Araquari e Camboriú, que eram vinculados à Universidade Federal de Santa Catarina. A oferta do curso técnico em agropecuária em regime de escola-fazenda é comum a todos os campi, característica que integra os projetos políticos pedagógicos dos demais cursos ofertados pelo Instituto. Desta forma a prática orientada é princípio fundamental e proporciona aos estudantes experimentarem na prática os conhecimentos teóricos desenvolvidos em sala de aula.

A maioria dos campi possui infraestrutura de alojamento e refeitório para estudantes dos cursos técnicos na área de agropecuária, principalmente àqueles menos favorecidos, cuja oferta se constitui oportunidade única para o seu desenvolvimento e educação.

Atualmente, diferentemente das instituições que o constituíram, atuam em diversas áreas, com cursos técnicos em agropecuária, informática, transações imobiliárias, turismo e hotelaria, mecânica, automação industrial, entre outros mais. Ainda, cursos de nível superior nas áreas de medicina veterinária, agronomia, sistemas de informações, negócios imobiliários, matemática, entre outros.

O IFC apresenta como missão “ofertar uma educação de excelência, pública e gratuita, com ações de ensino, pesquisa e extensão, a fim de contribuir para o desenvolvimento socioambiental, econômico e cultural” Tem como visão “ser referência em educação, ciência e tecnologia na formação de profissionais-cidadãos comprometidos com o desenvolvimento de uma sociedade democrática, inclusiva, social e ambientalmente equilibrada”, destaque dado no PDI, do IFC. (<http://www.ifc.edu.br>, recuperado em 30 de setembro, de 2012).

A proposta do IFC, a partir de uma gestão democrática, é aproximar o diálogo com a realidade local e regional na busca de soluções, em especial, aquelas relacionadas com a educação profissional, reafirmando o compromisso da oferta de educação pública e gratuita de qualidade em todos os níveis e modalidades para os catarinenses. No âmbito da gestão institucional, o IFC busca mecanismos participativos para a tomada de decisão, com representantes de todos os setores institucionais e da sociedade.

Através da Portaria n. 45, de 2009 do MEC ([http://portal.mec.gov.br/arquivos/pdf/port\\_reitores.pdf](http://portal.mec.gov.br/arquivos/pdf/port_reitores.pdf), recuperado em 30 de setembro, de 2012) foi designado um reitor pro tempore para conduzir a implantação do IFC até 2011, escolhido em comum acordo entre os dirigentes das instituições que se uniram para compor o IFC.

A gestão do IFC durante os anos de 2009 a 2012 foi estruturada com Pró-

Reitorias: Extensão, Ensino, Desenvolvimento, Institucional, Pesquisa e inovação, e Administração e Planejamento, Diretorias Sistêmicas: Comunicação, Gestão de pessoas, concursos, avaliação institucional e tecnologia da informação. Procuradoria, Gabinete do Reitor, Auditoria Interna,

Colegiado de Dirigente e Conselho Superior. No início de 2008 foi elaborado o Plano de Desenvolvimento Institucional (PDI).

O IFC em 2009 foi o primeiro instituto da rede federal que adquiriu e inaugurou a sede de sua reitoria. Paralelo a instalação física da reitoria foram realizados os primeiros concursos públicos para a nomeação dos servidores, além de outras atividades relacionadas à

Gestão de Pessoas, com a unificação da folha de pagamento de salários dos servidores das cinco instituições que constituíram o IFC.

Assim, no final de 2010 foi unificada a folha de pagamentos, a gestão orçamentária e financeira, bem como realizados treinamentos dos servidores, com vistas a dar suporte aos cinco campi e aos novos campi que seriam criados a partir de 2010. O IFC esteve nos últimos anos entre os três melhores IFs no que se refere à execução orçamentária da rede de educação, bem como tem sido referência em descentralização do orçamento.

Ainda em 2011 houve o primeiro processo eletivo do IFC, quando foi eleito o primeiro reitor, gestão 2012-2016, que tomou posse em janeiro de 2012, quando uma nova estrutura organizacional foi proposta e aprovada para funcionar a partir de 2012. Destaque para a alteração da Pró-Reitoria de Desenvolvimento Institucional, em Diretoria de Desenvolvimento Institucional e a Pró-Reitoria de Desenvolvimento Humano e Social.

Assim, a nova estrutura organizacional composta por pró-reitorias: Extensão, Ensino, Desenvolvimento Humano e Social, Pesquisa e Inovação e Administração e Planejamento, Diretorias Sistêmicas: Desenvolvimento Institucional, Comunicação, Gestão de Pessoas, Concursos, Avaliação Institucional e Tecnologia da Informação. Procuradoria, Gabinete do Reitor, Auditoria Interna, Colegiado de Dirigente e Conselho Superior.

No PDI do IFC (<http://www.ifc.edu.br>, recuperado em 30 de setembro, de 2012) constam ações da pró-reitoria de administração (PROAD) para o período de 2009-2012. Assim, como atividades da PROAD, relacionadas com a aprendizagem organizacional, destacam-se:

- Elaborar em conjunto com a Reitoria o Plano de Desenvolvimento Institucional (PDI) do Instituto Federal Catarinense.
- Criar em conjunto com o MEC a Unidade Gestora do Instituto Federal Catarinense no Sistema SERPRO (SIAFI, SIASG, SIDOR, SIAPE).
- Definir em conjunto com a Reitoria a criação e função dos conselhos ligados ao Instituto Federal Catarinense e aos Conselhos dos Campi.
- Promover estudos com o Reitor, Pró-Reitores, Reitores Adjuntos a qualidade do organograma nos campi, procurando estabelecer um princípio de igualdade nas funções dos campi.
- Pesquisar na Sociedade Catarinense o grau de satisfação das atividades do Instituto Federal Catarinense.
- Manter um canal aberto

entre a Pró Reitoria de Administração e os Diretores da área meio nos campi, buscando uma constante sintonia de gestão. • Promover uma padronização de procedimentos administrativos entre a Pró Reitoria e os Diretores da área Meio (licitações, contratos, convênios, etc...).

O levantamento e análise realizados demonstram os vários desafios enfrentados pelo IFC, no pouco tempo desde sua criação. Diante das diretrizes de gestão se pode dizer que o PDI do IFC pouco contempla ações específicas direcionadas a aprendizagem organizacional. O IFC se constituiu numa estrutura multi-campi, a partir da união de cinco autarquias (colégios agrícolas), que detinham autonomia administrativa, financeira e pedagógica, sendo que essas funções passaram a ser orientadas a partir de um órgão central, a reitoria. Essa nova instituição, o IFC, tende a ter dificuldades de implantação e participação na rede, haja vista que a cultura organizacional da nova instituição e das antigas tendem a se confrontar e, é necessário um tempo relativamente longo de acomodação de forças. Outra consideração importante se refere a alteração da estrutura organizacional, com aumento significativo e diferenciado de funções e cargos de confiança, bem como uma expansão física considerável e conseqüente havendo a necessidade de adequações no modelo de gestão, na medida em que a estrutura se torna maior e complexa.

## 5 | CONCLUSÃO

A RFEPCT caracteriza-se como uma rede pública de cooperação federativa: estado e políticas públicas. Neste sentido, envolve uma multiplicidade de variáveis e especificações, por isso são bastante complexas, pois envolvem vários atores, tem caráter formal e informal nas relações, com foco de atuação na solução de problemas, ações, projetos concretos e gestão de processos complexos, bem como há outras variáveis que envolvem este tipo de rede.

Houve uma grande exploração/assimilação, quanto utilização/exploração do conhecimento, em relação à nova legislação, processos, ambiente, pessoas, tecnologia, bem como considerando o volume da oferta provocado pela expansão, com a criação e implantação de inúmeras unidades, assim a na prática a constituição da RFEPCT se constituiu como uma rede, em fase de implantação e expansão exponencial.

Há práticas gerenciais coordenadas nos IFs, mas não foi possível perceber se houve aprendizagem cognitiva, nem tão pouco aprendizagem de rede integrativa (Knight, 2002), onde haveria práticas (comportamental) coordenadas em todo o IFC, com alteração na cognição (pensamento). Tampouco foi possível verificar a ação, a prática, e o como fazer, além dos recursos adotados (tecnológicos, humanos, processuais, estruturais, etc), como por exemplo, o compartilhamento do conhecimento entre os campi, entre os IFs, e os demais órgãos da SETEC/MEC,

para favorecer a maior integração em rede de cooperação.

Quanto à aprendizagem organizacional na RFEPCT foi possível perceber que houve uma aprendizagem comportamental, mais em função de obrigatoriedade legal, como os fóruns (ex.: FORPOEX), reuniões de dirigentes (ex.: REDITEC), conselhos (ex.: CONIF), eventos (ex.: Jornada Sul, Fórum Mundial), comissões, conselhos, com processos, normas e estruturação comum obrigatória, estabelecidos a partir da Lei n. 11.892 (2008), que instituiu a RFEPCT e criou os IFs. Assim, como a participação de servidores e de gestores em atividades diversas de formação e divulgação de ações, porém se acredita que com cunho mais formativo, informativo e de troca de experiências, e por último para harmonização de algumas normas e procedimentos gerais.

De fato, o conhecimento gerencial, que gera aprendizagem organizacional, se acredita pouco disseminado, lenta e gradualmente compartilhado na rede, por meio de mecanismos mais tradicionais e presenciais, que dificultam ainda várias edições, haja vista a pouca inserção de tecnologias de comunicação e informação (TICs), como meio para efetividade na aprendizagem organizacional em rede de cooperação.

Porém, com a consolidação da RFEPCT se acredita que ocorra uma aprendizagem organizacional de rede integrativa, quando será possível uma conjunção das práticas (comportamental) coordenadas por toda a RFEPCT, com alteração de cognição (pensamento) das pessoas que a compõem e, de fato, se possa compartilhar conhecimento, melhores práticas, uma efetiva gestão do conhecimento e aprendizagem organizacional institucionalizada, com rotinas, sistemas de diagnóstico, regras e procedimentos, disseminados e aplicados por e entre todos os seus membros, numa perspectiva de rede de cooperação.

## REFERÊNCIAS

Bardin, L. (1987). **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70.

**Constituição da República Federativa do Brasil de 1998**. Recuperado de [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Constituicao/Constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm)

Castells, M. (1999). **A sociedade em rede**. (1 v). São Paulo: Paz e Terra.

**Decreto n. 7.566, de 23 de setembro de 1909**. Cria nas capitais dos Estados da Escolas de Aprendizes Artífices, para o ensino profissional primário e gratuito [http://portal.mec.gov.br/setec/arquivos/pdf3/decreto\\_7566\\_1909.pdf](http://portal.mec.gov.br/setec/arquivos/pdf3/decreto_7566_1909.pdf)

Di Pietro, M. S. Z. (2008). **Direito administrativo**. (21 ed.). São Paulo: Atlas.

**Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Catarinense/IFC**. Recuperado de <http://www.ifc.edu.br>

**Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina/IFSC**. Recuperado de

<http://www.ifsc.edu.br>

Knight, L. (2012). **Network learning: exploring learning by interorganizational networks**. Human Relations (v. 55, n. 4, p. 427-454, 2002). United Kingdom: University of Colorado Boulder. Recuperado de <http://hum.sagepub.com/content/55/4/427.abstract>

**Lei n. 9.394, de 20 de dezembro de 1996**. Estabelece as Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Recuperado de [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L9394.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9394.htm)

**Lei n. 11.892, de 29 de dezembro de 2008**. Institui a Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica. Recuperado de [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2008/lei/l11892.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/lei/l11892.htm)

**Lei n. 12.677, de 25 de junho de 2012**. Dispõe sobre a criação de cargos efetivos, cargos de direção e funções gratificadas no âmbito do Ministério da Educação. Recuperado de <http://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2012/lei-12677-25-junho-2012-613458-normaatualizada-pl.pdf>

Nohria, N. (1992). Is a network perspective a useful way of studying organizations? In: Nohria, N.; Eccles, R. G. **Networks and organizations: structure, form, and action**. Boston; Massachusetts: Harvard Business School.

Malmegrin, M. L. (2010). **Redes públicas de cooperação em ambientes federativos**. (118p.: il). Florianópolis: Departamento de Ciências da Administração. UFSC; [Brasília]: CAPES: UAB.

Marteletto, R. M.; Silva, A. B. O. (2012). **Redes e capital social: o enfoque da informação para o desenvolvimento local**. (v. 33, p. 41-49, set./dez. 2004). Brasília: Ciência da Informação. Recuperado de [www.scielo.br/pdf/ci/v33n3/a06v33n3.pdf](http://www.scielo.br/pdf/ci/v33n3/a06v33n3.pdf)

Miguelletto, D. R. (2012). **Organizações em rede**. (96 f, 2001). Dissertação (Mestrado em Administração Pública) – Rio de Janeiro: Escola Brasileira de Administração Pública, Fundação Getúlio Vargas. Recuperado de <http://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/3566/DanielleMiguelletto.pdf?sequence=1>

**Ministério da Educação/ME (2012)**. Recuperado de <http://www.mec.gov.br>

Verschoore Filho, J. R. S. O (2003). **Programa Redes de Cooperação: uma análise dos instrumentos de administração pública para o desenvolvimento sócio-econômico**. Panamá: Congreso Internacional del CLAD sobre la Reforma del Estado y de La Administración Pública, 28-31 Oct. 2003. Recuperado de <http://unpan1.un.org/intradoc/groups/public/documents/CLAD/clad0047518.pdf>



## SISTEMA DE EDUCAÇÃO CORPORATIVA: EXPERIÊNCIAS BRASILEIRAS E CHINESAS PARA A INOVAÇÃO

### **Regina Wundrack do Amaral Aires**

Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento, Universidade Federal de Santa Catarina, regina.amaral.aires@gmail.com, Brasil.

### **Cleunisse Aparecida Rauen De Luca Canto**

Doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento, Universidade Federal de Santa Catarina, cleocanto@gmail.com, Brasil.

### **Patricia de Sá Freire**

Professora Doutora no Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento, Universidade Federal de Santa Catarina, patricia.sa.freire@ufsc.br, Brasil.

**RESUMO:** O desenvolvimento do sistema de educação corporativa acompanhou as necessidades de qualificação dos trabalhadores com o surgimento de cada revolução industrial, que teve como característica a tecnologia empregada no processo produtivo que, por consequência, exigiu novas competências individuais e organizacionais, visando a construção de vantagens competitivas. Por meio de uma revisão da literatura em bases de dados internacionais esta pesquisa analisou experiências brasileiras e chinesas de educação corporativa que confirmaram a necessidade e a importância do alinhamento das universidades corporativas com a estratégia das organizações,

bem como a necessidade de programas de educação corporativa para garantir a formação continuada dos trabalhadores, alinhadas as necessidades organizacionais, superando as lacunas das universidades acadêmicas. Também ficou evidenciado que na maioria dos casos os programas de educação corporativa limitam-se a formação dos funcionários das organizações, sendo poucos os casos em que a formação é estendida para os demais *stakeholders* organizacionais. Desta forma, o presente estudo permitiu identificar os pressupostos teórico-empíricos para análise do sistema de educação corporativa no Brasil e na China.

**PALAVRAS-CHAVE:** Educação Corporativa; Universidade Corporativa; Inovação; Brasil; China.

**ABSTRACT:** Corporate education followed the qualification needs of workers with the emergence of each industrial revolution. Each revolution had as a characteristic the technology employed in the productive process, which consequently required new individual and organizational competences aimed at building competitive advantages. Through a review of the literature in international databases this research analyzed Brazilian and Chinese experiences of corporate education that confirmed the need and importance of the alignment of the

corporate universities with the strategy of the organizations and the need of corporate education programs to guarantee the formation Workers aligned organizational needs overcoming the gaps of academic universities. It was also evidenced that in most cases the corporate education programs are limited to the training of the employees of the organizations, with few cases that the training is extended to the other organizational stakeholders. In this way, the present study allowed to identify the theoretical-empirical to analyze the corporate education system in Brazil and China.

**KEYWORDS:** Corporate Education; Corporate University; Innovation; Brazil; China.

## 1 | INTRODUÇÃO

O Sistema de Educação Corporativa (SEC), com o passar dos anos, ganhou espaço de destaque no mundo corporativo e acadêmico (Eboli, 2004). Compreende-se, neste estudo, o SEC como um “guarda-chuva estratégico para desenvolver e educar funcionários, clientes, fornecedores e comunidade, a fim de cumprir as estratégias empresariais da organização” (MEISTER, 1999, p. 29).

No início do século XXI, com o advento da Sociedade do Conhecimento as organizações que conseguiram construir vantagens competitivas sustentáveis ganharam destaque, mas precisaram desenvolver, continuamente, competências individuais e institucionais de maneira a transferir a aprendizagem para a prática do dia a dia da força de trabalho, potencializando a competitividade organizacional. (SENGE, 2012).

O SEC tomou força ao se identificar que a valorização do esforço para a aprendizagem contínua precisa fazer parte da cultura organizacional (Senge, 2012), principalmente se for considerado que a vantagem competitiva está na capacidade e na velocidade de aprendizagem dos indivíduos e da própria organização (DAVENPORT; PRUSAK, 1998), já que na sociedade da informação sobrevivem as que conseguem gerir seus conhecimentos (TEIXEIRA FILHO, 2000).

Neste cenário, o perfil exigido aos trabalhadores vem mudando. De acordo com Aires, Freire e Souza (2016), a cada revolução industrial e, conseqüentemente, surgimento de novas tecnologias, novas competências humanas são demandadas. Em acelerada evolução, exige-se o trabalho intelectual em detrimento ao manual, renegado esse às tecnologias de automação. Destaca-se aqui, que trabalhadores mais qualificados contribuem de forma sistemática e contínua, inovando em processos e produtos, em prol da competitividade das organizações. (AIRES, FREIRE; SOUZA, 2016).

Para acompanhar a necessidade de capacitação continuada, em meados das décadas de 80 e 90 muitas organizações constituíram universidades corporativas (MEISTER, 1999). Dezesete anos mais tarde, Freire et al. (2016) corroboraram com Meister ao observar que as Universidades Corporativas (UC) foram instituídas nos EUA e na Europa com o objetivo de complementar a formação acadêmica dos

trabalhadores, garantindo a aprendizagem de conhecimentos especialistas. Desta forma, constituiu-se em suas estruturas o SEC para atender a esta nova demanda.

No século XXI, principalmente a partir de 2005, o SEC consolidou-se como uma das importantes ferramentas para desenvolvimento de competências para a inovação nos países em desenvolvimento, formadores do Bloco BRICS (Brasil, Rússia, Índia e China). Estes países já em 2012 eram os responsáveis pela educação de quase 40% da população mundial, conforme a Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO, 2014), e por isso deve-se atentar para suas iniciativas quanto à educação profissional. Qualquer ação realizada por este bloco de países sobre o SEC causará grande impacto no setor à nível global.

No relatório ‘BRICS: construir a educação para o futuro’ foram apontados os sucessos e os desafios enfrentados pela educação. A UNESCO apontou que os países “BRICS têm feito uso efetivo de políticas inovadoras para melhorar a qualidade da educação, bem como para expandir a formação técnica e profissional e a educação superior”. China e Brasil destacam-se entre estes países. “A China possui bolsões de excelência que estão no topo da distribuição mundial de resultados da aprendizagem”. “[...] No Brasil, os resultados da aprendizagem se tornaram mais igualitários, com a melhora do desempenho dos alunos que vêm de ambientes sociais mais desfavorecidos e a redução da percentagem de alunos com baixo rendimento”. (UNESCO, 2014, p. 9).

Na busca pelo desenvolvimento tecnológico e por inovação, as duas nações – Brasil e China - tem aumentado o investimento em capacitação para o desenvolvimento de competências em tecnologias e inovação e, conseqüentemente, agregado valor aos seus produtos e serviços para se aproximarem economicamente dos países de renda alta ou média. Por isso, estes dois países, com suas enormes diferenças, são denominados nações emergentes, ganhando destaque no cenário econômico mundial (BAUMANN, 2010).

Neste contexto, surge a questão de pesquisa deste artigo, quais os pressupostos teórico-empíricos devem ser considerados para análise do SEC no Brasil e na China? Para responder a esta indagação o presente estudo investigou em artigos científicos publicados em bases de dados internacionais, de fontes primárias, relatos de experiências brasileiras e chinesas sobre SEC que contribuíssem, de alguma forma, com o avanço dos estudos científicos produzidos nesta área. Com base nestes relatos foi possível alcançar o objetivo de identificar os pressupostos teórico-empíricos a serem considerados por futuras pesquisas para análise do SEC no Brasil e na China.

O artigo foi construído em seis seções, na seção 2 apresentamos os conceitos basilares relacionados ao SEC; na seção 3 os procedimentos metodológicos; na seção 4 a análise e discussão dos resultados; e na seção 5 as considerações finais com as constatações deste estudo. Por fim, na última seção, relacionamos as bibliografias utilizadas para esta análise.

## 2 | EDUCAÇÃO CORPORATIVA

Na metade do século XVIII o mundo vivenciou a primeira revolução industrial com a introdução da máquina a vapor, partindo da água e do vapor como essenciais para mecanizar a produção que antes era essencialmente artesanal. Em meados do século XIX, ocorreu a segunda revolução industrial, trazendo a energia elétrica e facilitando as linhas de produção e a produção em massa. A automação dos processos industriais, a partir da implementação de componentes eletrônicos e tecnologia, marcou a terceira revolução industrial, na segunda metade do século XX. A quarta revolução industrial, na primeira década do século XXI, focou na digitalização da produção, possibilitando a personalização da produção em massa por meio da internet ubíqua e móvel, de sensores menores e mais poderosos e da inteligência artificial. Estas mudanças na forma de produção e de consumo desencadearam o desenvolvimento de novos modelos de negócios (DELOITTE, 2014; MCKINSEY, 2016; SCHWAB, 2016).

A cada revolução industrial uma nova tecnologia foi empregada, marcando aquela era de produção e exigindo um perfil diferenciado dos trabalhadores de cada época. Houve, assim, uma evolução do SEC, que acompanhou o desenvolvimento dos sistemas de produção. (AIRES; FREIRE; SOUZA, 2016).

No século passado, Davenport e Prusak (1998) e Teixeira Filho (2000) afirmaram que a verdadeira vantagem competitiva estava na capacidade e na velocidade do aprendizado das pessoas nas organizações. Nesta mesma linha, Schwab (2016), referência mundial para a quarta revolução industrial, enfatizou que o talento das forças de trabalho se sobressairá ao capital, sendo este um fator crítico de produção.

O SEC, acompanhando a modernização do sistema produtivo, passou a ter um papel de destaque na construção de valores distintivos para a competitividade (Aires, KEMPNER-MOREIRA; FREIRE, 2017). Freire et al. (2016), com relação a evolução do SEC, definiram seis estágios de evolução: Departamento/Treinamento, Plataforma *e-learning*, Educação Corporativa (EC), Universidades Corporativas (UC), *Stakeholder University* (SU) e Universidade Corporativa em Rede (UCR). Cada estágio relacionado com cada uma das revoluções industriais, sendo que os dois últimos, o SU e a UCR, relacionados com a quarta revolução industrial, trazendo o olhar das redes de inovação. Os dois modelos consideram a importância da identificação dos *stakeholders* fixos (SU) e os *stakeholders* fluidos (UCR), parceiros do funil da inovação aberta. Desde o estágio SU é fortalecida a aproximação entre as universidades acadêmicas e corporativas como *stakeholders* de um mesmo sistema, o SEC (FREIRE; SILVA, 2017).

Aires, Freire e Souza (2016), ressaltaram que o SEC pode ser uma ferramenta para estimular a inovação nas organizações, e que o estágio mais avançado do SEC, a UCR, seria o modelo adotado pelas organizações que desejassem construir vantagens competitivas sustentáveis por meio do desenvolvimento de competências

de sua força de trabalho para a inovação.

Nota-se, assim, a estreita relação da SEC com a evolução dos sistemas de produção, e estes com a promoção da inovação, acompanhando as necessidades de capacitação dos trabalhadores de cada revolução industrial.

### 3 | PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A metodologia deste estudo utilizou como base o *check-list* PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews na Meta-Analyses*) proposto por Moher, Tetzlaff e Altman (2009) para a definição das etapas da pesquisa.

#### 3.1 Desenho do estudo e critérios de elegibilidade

Este é um estudo de caráter exploratório-descritivo, que por meio de uma revisão bibliográfica buscou na literatura estudos que respondessem à questão de pesquisa, sendo realizada a partir da definição das palavras-chave, configuradas como “Universidades Corporativas ou Educação Corporativa”, em inglês, com limitação para Brasil e China e buscas por título, *abstract* e palavras-chave.

As fontes de informação que subsidiaram as análises advêm das bases de dados *Web of Science*, *Eric* e *Scopus*, foco principal da presente pesquisa. Artigos brasileiros e chineses que reportassem modelos ou métodos comparativos relacionados ao tema foram selecionados, sendo excluídos estudos que se limitavam a revisar a literatura para apresentar a evolução do tema na área.

#### 3.2 Estratégias de pesquisa

As 49 referências elencadas nas fontes primárias foram exportadas para o *Thomson Reuters Endote*®, versão X7.7.1, em grupos criados separadamente, por base específica de dados. Na sequência todas as referências passaram a fazer parte de um único grupo e as duplicadas foram eliminadas, restando 46 referências. Do total de referências, o primeiro revisor analisou os títulos e descartou os que não apresentavam coerência com os critérios de busca, permanecendo 22 artigos. Os dois revisores, na sequência, passaram para a leitura dos resumos, selecionando 16 deles para, finalmente, proceder com a leitura do artigo completo e a seleção da amostra. Dos 16 artigos encontrados, 12 (doze) foram selecionados para compor o presente estudo, pois atendiam na íntegra os critérios de inclusão. Dos quatro (4) arquivos excluídos, um (1) foi encontrado só em japonês, um (1) não estava disponível de forma livre, e dois (2) não atendiam aos critérios de inclusão, pois não tratavam especificamente do SEC.

#### 3.3 Síntese dos resultados

Dos doze (12) artigos analisados, sete (7) relataram casos brasileiros e cinco

(5) casos chineses envolvendo o tema educação corporativa. Os estudos brasileiros foram publicados entre 2008 e 2016 e os chineses entre 2005 e 2011. Os resultados dos estudos foram separados em ordem cronológica. A síntese de cada estudo encontra-se no tópico 4.1.

## 4 | ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

### 4.1 Resultados

Apresentamos, a seguir, os estudos selecionados, apontando para cada um deles os respectivos autores, os títulos dos artigos, o objetivo da pesquisa, o método utilizado para identificar os casos de Universidade Corporativa (UC), ou a Educação Corporativa (EC), presente no Brasil e na China, e as conclusões dos estudos realizados. Optamos por separar os estudos, apresentando primeiro os estudos brasileiros e, na sequência, os estudos chineses.

#### 4.1.1 Estudos Brasileiros

Freire et al. (2016), no estudo intitulado ‘Universidade Corporativa em Rede: Considerações Iniciais para um Novo Modelo de Educação Corporativa’, realizaram uma revisão da literatura com o objetivo de identificar as diretrizes que devem ser consideradas para a construção de um novo modelo de UC que responda às demandas de empresas e organizações, públicas e privadas, quanto ao atendimento das expectativas e necessidades de seus múltiplos *stakeholders*. Os autores identificaram a configuração que a UCR deveria possuir para promover a aprendizagem coletiva de conhecimentos essenciais ao sucesso da estratégia organizacional e concluíram que o modelo proposto contribui para articulação entre criação do conhecimento e aprendizagem em rede.

Silva, Sarsur, de Vasconcelos, da Cruz e da Fonseca (2016), visando investigar como tem sido o desenvolvimento e a aplicação do programa de EC a distância de uma empresa do ramo de serviços, realizaram o estudo intitulado ‘*E-learning* e Educação Corporativa: a análise de um programa a partir do princípio da conectividade’. No estudo de caso com a Empresa X, do segmento financeiro, os autores entrevistaram quatro gestores da ferramenta de *e-learning* EXL que administram o departamento de treinamento. Observaram que as empresas estão migrando seus programas para modelos próprios, focados nos seus negócios e no desenvolvimento de competências do trabalhador, concluindo que o programa de EC é restrito, não estendido para seus *stakeholders*.

Morais et al. (2014) realizaram o estudo intitulado ‘Percepção do setor de recursos humanos de uma instituição brasileira em relação aos desafios para implementação de educação corporativa’ com o objetivo de analisar os desafios e



as vantagens da EC de forma a fortalecer as competências organizacionais com o desenvolvimento de programas alinhados ao planejamento estratégico da empresa, realizaram um estudo de caso com profissionais da área de recursos humanos de uma empresa brasileira a partir de uma entrevista não estruturada e da aplicação de um questionário. Os autores verificaram os pontos fortes, pontos fracos e os pontos e melhoria da organização e concluíram que estes precisam de um processo de comunicação mais efetivo para disseminação da EC para todos os funcionários, para que tenham acesso aos programas ofertados.

No artigo '*Knowledge management practices: a case study in the brazilian industry*', Teixeira, Laurindo e Freitas (2014) realizaram um estudo descritivo, de natureza aplicada, usando pesquisa quantitativa e técnica de coleta de dados através de questionário para explorar o contexto da UC e suas influências nas ações dos diferentes níveis de planejamento (estratégico, tático e operacional), e a ferramenta de gestão embutida no plano organizacional de indústrias no sul do Brasil. O levantamento foi caracterizado como um estudo não-determinista por não alcançar a margem mínima para a generalização. Concluíram que a UC procura desenvolver funcionários, fornecedores e clientes da corporação, sempre com foco em resultados já planejados, importante para o desenvolvimento estratégico das indústrias do sul do Brasil. Revelaram, também, a preocupação em proteger o conhecimento (vigilância tecnológica) e garantir o direito de comercialização de produtos ou melhoria dos processos.

Para demonstrar o estado de desenvolvimento da pesquisa sobre EC nas organizações nacionais, e avaliar as etapas de implementação, Vieira e Francisco (2013) realizaram o estudo intitulado '*Etapas da implementação da educação corporativa e seus impactos em empresas brasileiras: um estudo multicaso*'. Por meio de uma revisão teórica sobre a EC e um estudo multicaso com nove grandes organizações nacionais, estruturado a partir de análise dos dados empíricos de entrevistas e dos questionários com os coordenadores das unidades de EC, os autores identificaram as etapas de implementação do processo, as ações e os motivos que favoreceram as atividades, além do estágio de desenvolvimento das atividades e os resultados. A maioria das empresas indicou atividades consolidadas nos níveis estratégico, tático e operacional. Nos treinamentos identificaram os pontos fortes do modelo de ensino-aprendizagem utilizado e, também, as oportunidades de melhoria. Concluíram que a singularidade de cada empresa, com suas características e especificidades, cultura, valores, modelo de gestão precisam ser considerados.

No estudo '*A contribuição de uma universidade corporativa para o complexo industrial de Santa Cruz, Rio de Janeiro, RJ*', Borin, Avelar, Almeida, de Almeida e Ronis (2011) avaliaram a contribuição de uma UC para a qualificação profissional necessária às empresas instaladas no Complexo Industrial de Santa Cruz/RJ. O estudo foi realizado no departamento de recursos humanos das cinco empresas, instituições de ensino tradicionais locais e Secretarias de Educação, Trabalho e

Renda do Estado e do Município do Rio de Janeiro e na Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro (FIRJAN). Os dados foram coletados por meio de entrevistas individuais com a utilização de questionário com perguntas diretas acerca da qualificação profissional exigida para o preenchimento de vagas e oferta de qualificação na região. Os autores concluíram que as instituições de ensino próximas ao Complexo Industrial não ofertam vagas suficientes para atender a demanda por qualificação profissional dos trabalhadores das indústrias.

Hourneaux, Eboli e Martins (2008), no estudo intitulado ‘Educação Corporativa e o papel do *Chief Learning Officer*’, objetivaram avaliar os aspectos relevantes dos papéis, das responsabilidades e das características daqueles que são os responsáveis pelos SEC, de empresas pertencentes a vários setores econômicos no Brasil, e verificar como, e se, estas empresas estão organizadas para estas atividades. No estudo de caso com 39 organizações, classificadas por setor, número de respondentes e sua relação percentual para caracterização do SEC entre os respondentes a partir da posição hierárquica e cargo, concluíram que existe diferenças significativas nos SEC que influenciam tanto na questão da organização e estrutura de SEC, quanto no perfil e tarefas daqueles que conduzirão seus processos. Ressaltaram que as UCs se encontram em diferentes estágios de maturidade, o que influencia na gestão e na estrutura do SEC, e que no Brasil há variedade de nomes para os responsáveis pelo SEC, mas se assemelham ao *Chief Learning Officer*.

#### 4.1.2 Estudos Chineses

Huijun e Fusheng (2011), no estudo intitulado ‘*Development Model Choice and Strategy Interaction in Corporate Universities*’, estudaram o modelo de desenvolvimento das UCs e a estratégia de interação existente. Em uma revisão da literatura, baseadas no valor de criação e nas estratégias de interação, apresentaram o caso da *Motorola University*, focando no treinamento dos colaboradores, parceiros e fornecedores e na expansão do modelo. Os autores observaram que as UCs possuem experiências de posicionamento, partindo do interno para o global e diferentes modelos de não-cooperação para cooperação. Identificaram, no caso da *Motorola University*, o modelo padrão de operação, mas não foi possível determinar se o mesmo se aplica em outros estudos em decorrência da restrição de dados.

Qiao (2009) investigou o *status* atual das UCs na China e explorou seus processos e práticas para descobrir as questões e os desafios envolvidos na criação e execução de uma UC, em seu estudo ‘*Corporate universities in China: processes, issues and challenges*’. O autor realizou uma revisão da literatura, aplicou uma entrevista com os responsáveis pelas 11 UCs conhecidas na China, revisou os programas e o organograma de cada UC coletados, construiu uma triangulação bidirecional com os dados para garantir a qualidade, gravou e codificou todos os dados e categorizou-os em números para as conclusões do estudo. Concluíram que,

na comparação com as melhores UCs em todo o mundo, as 11 UCs deste estudo se destacaram em três aspectos: iniciativas de aprendizagem, forte apoio a gestão e presença de líderes como professores em programas de treinamento de gestão. Enfatizaram que precisa melhorar o mecanismo de avaliação da formação.

Li e Alagaraja (2007), no estudo '*Emerging HRD Issues: a conceptual framework for Corporate University in the context of Chinese Organizations*', responderam a duas questões de pesquisa: (1) influência da globalização em empresas chinesas; e (2) os conceitos que contribuíram para o desenvolvimento e o sucesso de UCs para orientar as práticas e para servir os interesses chineses. O método de pesquisa utilizado foi a revisão integrativa da literatura a partir das bases de dados eletrônicas *Academic Premier, Business Premier e Google Scholar* para examinar os diferentes aspectos do funcionamento das UCs e para atender os interesses chineses. Elaboraram um *framework* e identificaram três gerações de UCs: (1) centros de treinamento corporativo; (2) desenvolvimento dos colaboradores e aprendizagem baseada no trabalho; e (3) processos. Concluíram que as UCs estão em ascensão nos países desenvolvidos e possuem valor para as corporações, destacando que o aumento na China é uma indicação para empresas que ainda são atendidas por universidades tradicionais. Enfatizaram que o surgimento de UCs criou ênfase na inovação do conhecimento, novas abordagens para a aprendizagem e forte necessidade de gerir a aprendizagem internamente para competir no mercado global.

Para examinar qual é, na realidade, o *status* da UC na China e como opera para realizar suas missões, Sham (2007) realizou o estudo '*An Exploratory Study of Corporate Universities in China*'. Por meio da pesquisa qualitativa o autor testou a relevância da UC, identificando os principais papéis e funções, o modelo teórico e as características das UCs. Um *framework* foi desenvolvido como contribuição para a compreensão do conceito ideal de UC e uma pesquisa realizada para testar a relevância. Trinta (30) UCs participaram da pesquisa. Concluiu que pela economia crescente e constantes melhorias nos padrões de vida, a China possui enorme potencial de mercado, maturidade no desenvolvimento da UC, consistência com as suas principais características e alinhamento das estratégias com os objetivos corporativos.

No estudo '*The corporate university Global or local phenomenon?*', Shaw (2005) examinou como a *Motorola University* tem usado a UC e como considera que o contexto chinês tem desempenhado este processo para ampliar a compreensão do seu papel e da sua função. O autor analisou a operação de uma UC fora do seu país de origem, fornecendo evidências para a convergência das práticas de gestão dos recursos humanos, e mediou práticas em uma UC com características chinesas. O estudo finalizou examinando a medida em que as operações de uma UC transcendem as fronteiras nacionais ou são mediadas pela cultura de um país. O autor considera que existem divergências e convergências com relação a gestão de recursos humanos nos diferentes países, que há uma necessidade de mais

pesquisas em UCs. Estudos longitudinais e em profundidade são necessários para a compreensão do peso relativo das variáveis contextuais envolvidas nas práticas de UCs, juntamente com o uso de equipes multiculturais que empreguem maior variedade de métodos de investigação.

## 4.2 Discussão dos resultados

Ao analisar os sete (7) estudos brasileiros, identificou-se que todos apontaram, com diferentes lentes de análise, que o SEC pode ser considerado uma importante ferramenta para fortalecer as competências individuais e organizacionais para a construção de valores distintivos para a competitividade organizacional, e que para isso é necessário o alinhamento dos programas de educação corporativa com as estratégias organizacionais.

Freire et al. (2016) foram além dos muros das organizações apresentando diretrizes para um modelo do SEC, chamado pelos autores de Modelo Universidade Corporativa em Rede (UCR), cujo diferencial em relação aos demais modelos propostos está no reconhecimento dos *stakeholders*, internos e externos, e na inclusão destes nas estratégias de promoção da aprendizagem coletiva. Modelo que atenderia as demandas organizacionais contemporâneas quando o assunto é formação de competências individuais, da organização e da própria rede de parcerias fluidas para a institucionalização da aprendizagem em rede.

Hourneaux, Eboli e Martins (2008) destacaram a importância do papel dos gestores responsáveis pelos programas de EC nas organizações, enquanto Moraes et al. (2014) a comunicação como ponto chave para disseminar as ações dos programas ofertados a todos os trabalhadores da organização, e Teixeira, Laurindo e Freitas (2014) a preocupação da proteção dos conhecimentos da rede envolvida na UC.

No contexto do conhecimento, sua disseminação e compartilhamento, Borin et al. (2011) enfatizaram haver uma lacuna da educação acadêmica com as necessidades de desenvolvimento de competências dos trabalhadores de um complexo industrial. Os autores apontaram que as instituições de ensino profissionalizantes não dão conta de formar os trabalhadores, tendo o número de vagas abaixo do número da demanda que precisa ser qualificada. Freire et al. (2016) corroboraram com os autores, demonstrando que o surgimento dos programas de EC acontece em função deste descompasso temporal da formação acadêmica com a necessidade urgente de qualificação profissional das organizações. Os conteúdos básicos e as reflexões sobre eles para as generalizações de aplicação, continuam de responsabilidades das universidades acadêmicas, já as especificidades de qualificação profissional para a aplicação dos conhecimentos na prática de trabalho devem ser de responsabilidade das UC (FREIRE; SILVA, 2017).

A proposta de etapas para implementação da área de EC em organizações, feita por Viera e Francisco (2013), limitou-se a ações envolvendo apenas funcionários,

não tendo envolvimento com outros *stakeholders* organizacionais. Na mesma linha, Silva et al. (2016) apresentaram as plataformas *e-learning* para oferta de cursos dos programas de EC, onde o desenvolvimento dos cursos acontece na própria empresa, alinhado a estratégia organizacional e restrito aos trabalhadores da empresa, não sendo estendido para outros *stakeholders*.

Nos cinco (5) estudos chineses fica evidente, também, o surgimento das UC para garantir a formação continuada dos trabalhadores e para superar as lacunas específicas de conhecimento deixadas pelas universidades acadêmicas. O alinhamento das estratégias das UC com as próprias estratégias organizacionais, de acordo com os estudos, visa contribuir com a competitividade organizacional.

Muito além deste alinhamento, corroborando com visões estratégicas de autores brasileiros, Li e Alagaraja (2007) destacaram o papel das UC para a inovação do conhecimento e para gestão da aprendizagem organizacional, valorando o papel dos programas de EC também para a construção de competências organizacionais. Huijun e Fusheng (2011) apresentaram o modelo de UC da Motorola, onde destacaram a formação de outros *stakeholders* organizacionais, tais como fornecedores e parceiros, como o diferencial necessário. Saw (2005) também estudaram a UC da Motorola, mas partiram de uma análise da influência do contexto cultural em que está implantada, especialmente em uma cultura diferente de sua sede.

Sham (2007) destacou que as ações das UC devem estar alinhadas com a estratégia organizacional, o que reitera a constatação apresentada nos estudos brasileiros. Na mesma linha, Qiao (2009) apontaram que as estratégias das UC devem ter apoio e a presença das lideranças da organização, em alinhamento com os construtos apontados por Hourneaux, Eboli e Martins (2008) no ano anterior.

Conforme reforçou Schwab (2016), o SEC acompanhou as necessidades de qualificação dos trabalhadores com o surgimento de cada revolução industrial, que por consequência exigiu novas competências individuais e organizacionais. Deste modo, pode-se inferir que os estudos relacionados o SEC no Brasil e na China estão correlacionados, remetendo aos seguintes pressupostos teórico-empíricos para futuros estudos:

- há um descompasso temporal da formação acadêmica dos trabalhadores e na urgência de qualificação profissional das organizações;
- o SEC pode ser considerado uma importante ferramenta para a construção de valores distintivos e, para tal, é necessário o alinhamento dos programas de educação corporativa com as estratégias organizacionais;
- os programas de educação corporativa, quando realizados internamente à empresa, garantem o alinhamento com a estratégia organizacional;
- o desafio do SEC é a formação de competências individuais, da organização e da própria rede de parcerias fluidas para institucionalização da aprendizagem em rede;
- a UC colabora para a inovação do conhecimento e para gestão da aprendi-



zagem organizacional, valorando o papel dos programas de educação corporativa, bem como para a construção de competências organizacionais.

- a implementação do SEC é realizada por etapas e deve-se levar em consideração *stakeholders* internos e externos à corporação, identificando e reconhecendo todos os *stakeholders* e incluindo-os nas redes de aprendizagem para o desenvolvimento de capacidade de atender as demandas coletiva;
- há influência do contexto cultural em que o SEC está implantada, especialmente em cultura diferente da sede da empresa;
- a efetividade da SEC depende dos gestores responsáveis e líderes organizacionais;
- são obstáculos à implementação dos programas educacionais a comunicação e a proteção dos conhecimentos da rede envolvida;
- os conteúdos básicos e as reflexões sobre eles continuam de responsabilidades das universidades acadêmicas, já as especificidades de qualificação profissional para a aplicação dos conhecimentos na prática, devem ser responsabilidade das UC.

## 5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a revisão sistemática da literatura ter sido realizada foi possível identificar os pressupostos teórico-empíricos a serem considerados em estudos futuros para análise do Sistema de Educação Corporativa (SEC) no Brasil e na China que foram apresentados na seção 4.2, Discussão dos Resultados.

Observa-se, tanto nos estudos chineses como nos brasileiros, a partir de diferentes lentes, que o SEC pode ser considerado uma importante ferramenta para fortalecer as competências individuais e organizacionais para a construção de valores distintivos para a competitividade organizacional.

Outra evidência diz respeito as ações dos programas de EC, que na maioria dos casos limitam-se a formação dos funcionários das organizações, já que poucos são os casos em que a formação é estendida para os demais *stakeholders* organizacionais. Nesta linha, o modelo UCR, apresentado no estudo de Freire et al. (2016), avança dos modelos de EC até então desenvolvidos, trazendo em suas diretrizes a interação com todos os *stakeholders* organizacionais, buscando criar uma memória organizacional a serviço da rede.

Destacamos, porém, que tais constatações não são conclusivas, não podendo ser generalizada no campo da pesquisa, visto que este estudo se limitou a análise de doze artigos que retornaram das buscas sistemáticas. Ressaltamos que pesquisas científicas e empíricas acerca do SEC são necessárias para enriquecer e contribuir para o avanço científico.



## AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem ao Programa de Bolsas Universitárias de Santa Catarina UNIEDU/Pós-Graduação pelo apoio financeiro recebido.

## REFERÊNCIAS

- AIRES, R. W. A.; FREIRE, P. S.; SOUZA, J. A. **Educação Corporativa como ferramenta para estimular a inovação nas organizações**: uma revisão de literatura. KM Brasil, 13º Congresso Brasileiro de Gestão do Conhecimento: São Paulo, 2016.
- AIRES, R.W.A.; KEMPNER-MOREIRA, F.; FREIRE, P. S. **Indústria 4.0**: competências requeridas aos profissionais da quarta revolução industrial. VII Congresso Internacional de Conhecimento e Inovação (CIKI), Foz do Iguaçu/PR. v. 1., 2017.
- BAUMANN, R. **O Brasil e os demais BRICs: comércio e política**, 2010.
- BORIN, E. C.; AVELAR, K. E. S.; DE ALMEIDA, M. M.; ALMEIDA, M. C.; RONIS, S. **A contribuição de uma universidade corporativa para o complexo industrial de Santa Cruz, Rio de Janeiro, RJ**. Espacios, 32(3), 4, 2011.
- DAVENPORT, T. H.; PRUSAK, L. **Conhecimento empresarial**: como as organizações gerenciam o seu capital intelectual. Rio de Janeiro: Campus, 1998.
- DELOITTE. **Industry 4.0**: challenges and solutions for the digital transformation and use of exponential technologies, 2014.
- EBOLI, M. **Educação corporativa no Brasil**: mitos e verdades. São Paulo: Editora Gente, 2004.
- FREIRE, P. S.; DANDOLINI, G. A.; SOUZA, J. A.; TRIERWEILLER, A. C.; SILVA, S. M.; SELL, D.; PACHECO, R. C. S; TODESCO, L. L.; STEIL, A. V. **Universidade Corporativa em Rede**: Considerações Iniciais para um Novo Modelo de Educação Corporativa. Revista Espacios, 37(5), 2016.
- FREIRE, P.S.; SILVA, T.C. **Como as universidades brasileiras - Acadêmicas e Corporativas - podem colaborar entre si para desenvolverem as competências essenciais ao profissional do Sec XXI?** Engin, 2017. Recuperado em 27 de abril, 2018, do: <http://engin.ufsc.br/>
- HOURNEAUX, F.; EBOLI, M. P.; MARTINS, E. C. **Educação Corporativa e o papel do Chief Learning Officer**. Rbgn-Revista Brasileira De Gestao De Negocios, 10(27), 105-117, 2008.
- HUIJUN, N.; FUSHENG, W. **Development model choice and strategy interaction in Corporate Universities**. Paper presented at the 2011 IEEE 3rd International Conference on Communication Software and Networks, ICCSN, 2011.
- LI, J.; ALAGARAJA, M. **Emerging HRD Issues**: A conceptual framework for corporate university in the context of Chinese Organizations.
- McKinsey. (2016). **Industry 4.0 at McKinsey's model factories**: Get ready for the disruptive wave, 2007.
- MEISTER, J. **Educação corporativa**. São Paulo: Makron Books. 1999.
- MORAIS, A. S.; NAUE, G. S.; ARMSTRONG, J. G.; WOEHL, S.; MARTINS, P. F.; CATAPAN, A. **Percepção do setor de recursos humanos de uma instituição brasileira em relação aos desafios para implementação de educação corporativa**. Espacios, 35(10), 2014.

MOHER, D.; LIBERATI, A.; TETZLAFF, J.; ALTMAN, D.G.; GROUP P. **Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA Statement.** Open Med. 3, 123–130, 2009.

QIAO, J. X. **Corporate Universities in China.** Processes, issues and challenges. 21(2), 166-174, 2009.

SHAM, C. **An Exploratory Study of Corporate Universities in China.** Journal of Workplace Learning, Vol. 19 Issue: 4, pp.257-264, 2007. <https://doi.org/10.1108/13665620710747933>

SHAW, S. **The corporate university Global or local phenomenon?** Journal of European Industrial Training, Vol. 29 Issue: 1, pp.21-39, 2005. doi: 10.1108/03090590510576190

SCHWAB, K. **A quarta revolução industrial.** São Paulo: Edipro. 2016.

SENGE, P. M. **A quinta disciplina: arte e prática da organização que aprende.** 28. ed. São Paulo (SP): Best Seller, 2012. 530 p.

SILVA, S. W.; SARSUR, A. M.; DE VASCONCELOS, M. C. R. L.; DA CRUZ, M. V. G.; DA FONSECA, L. R. **E-learning e Educação Corporativa: a análise de um programa a partir do princípio da conectividade.** Espacios, 37(26), 2016.

TEIXEIRA FILHO, J. **Gerenciando Conhecimento: como a empresa pode usar a memória organizacional e a inteligência competitiva no desenvolvimento de negócios.** Rio de Janeiro: SENAC, 2000.

TEIXEIRA, A. V.; LAURINDO, A. M.; FREITAS, M. D. D. Knowledge management practices: a case study in the brazilian industry. In L. G. CHOVA, A. L.; MARTINEZ, I. C.; TORRES (Eds.), **Edulearn14: 6th International Conference on Education and New Learning Technologies, 2014.** (pp. 6895-6901)

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A EDUCAÇÃO, A CIÊNCIA E A CULTURA [UNESCO]. **BRICS Construir a educação para o futuro: prioridades para o desenvolvimento nacional e a cooperação internacional,** 2014. Recuperado em 27 de abril, 2018 do <http://unesdoc.unesco.org/images/0022/002296/229602por.pdf>

VIEIRA, F. H. A.; DE FRANCISCO, A. C. Etapas da implementação da educação corporativa e seus impactos em empresas brasileiras: um estudo multicaso. **Produção, 22(2),** 296-308, 2013. doi:10.1590/S0103-65132012005000018

## VARIABILIDADE TEMPORAL DE COMPOSTOS FENÓLICOS EM FOLHAS DE *Eucalyptus microcorys*

**Gilmara Aparecida Corrêa Fortes**

Instituto Federal Goiano  
Ipameri – Goiás

**Pedro Henrique Ferri**

Universidade Federal de Goiás, Instituto de  
Química  
Goiânia – Goiás

**Suzana da Costa Santos**

Universidade Federal de Goiás, Instituto de  
Química  
Goiânia – Goiás

**RESUMO:** Folhas de *Eucalyptus microcorys* tem potencial medicinal pois são ricas em 1,8-cineol e taninos. Fatores sazonais e níveis nutricionais da planta influenciam a biossíntese desses metabólitos. A variabilidade de fenóis e nutrientes foliares dessa espécie foi avaliada ao longo de dois anos. Os dados obtidos foram submetidos à dois métodos de análise multivariados: Curva de Resposta Principal e Análise de Redundância. Houve aumento significativo nos teores dos compostos fenólicos majoritários entre os anos de coleta. Observou-se que os teores de oenoteína B, fenóis totais e taninos hidrolisáveis tem correlação negativa com Mg e positiva com K, enquanto os flavonoides, constituintes minoritários, foram influenciados pela precipitação e temperatura. Concluiu-se que a biossíntese de taninos

nessa espécie é mais dependente dos níveis de nutrientes foliares e em menor medida dos fatores climáticos.

**PALAVRAS-CHAVE:** oenoteína B, taninos, flavonoides, nutrientes foliares.

### TEMPORAL VARIABILITY OF PHENOLICS IN LEAVES OF *Eucalyptus microcorys*

**ABSTRACT:** *Eucalyptus microcorys* leaves have medicinal potential as they are rich in 1,8-cineol and hydrolysable tannins. Seasonality and plant nutrients can influence the biosynthesis of these metabolites. Variability of phenols and nutrients were evaluated during two years. Data was analyzed by multivariate methods: Principal Response Curves and Redundancy Analysis. There was a significant increase in the levels of phenolic compounds between the years. Levels of oenothetin B, hydrolysable tannins and total phenols correlated negatively with Mg and positively with K, while, flavonoids, minor constituents, were influenced by precipitation and temperature. In conclusion, nutrients play a major role in the tannin biosynthesis in this specie than climatic factors.

**KEYWORDS:** oenothetin B, tannins, flavonoids, foliar nutrients.

## 1 | INTRODUÇÃO

Abiossíntese de metabólitos secundários de plantas é determinada pelo genoma, embora possa sofrer modificações frente a processos bioquímicos, fisiológicos, ecológicos e evolutivos. A interação planta-ambiente deve ser considerada, pois a sazonalidade, níveis nutricionais, intensidade de luz, temperatura, regime hídrico, herbivoria e ataque de patógenos podem influenciar a produção dos metabólitos (NCUBE et al., 2012).

O efeito de nutrientes nos derivados do ácido chiquímico são bem documentados e deficiências em N, P, S e K geralmente resultam em maiores teores desses metabólitos (MOORE et al., 2004). Micronutrientes como Cu, Zn e Mn atuam como cofatores de enzimas da rota do ácido chiquímico que conduz à biossíntese de vários fenóis (GUANGQIU et al., 2007).

As alterações sazonais podem acarretar condições ambientais extremas, expondo as plantas ao estresse, com os metabólitos secundários constituindo mecanismos de defesa e adaptação (NCUBE et al., 2012). Gobbo-Neto & Lopes (2007) evidenciaram que as variações sazonais ocorrem praticamente em todas as classes de metabólitos secundários como taninos, terpenos, alcaloides, ácidos fenólicos, flavonoides, cumarinas, saponinas, graxas epicuticulares, iridóides, glucosinolatos e glicosídeos cianogênicos.

Estudos prévios com óleo essencial de *Eucalyptus microcorys* F. Muell. (Myrtaceae) mostraram que a sua composição química está relacionada tanto a fatores climáticos quanto às variações nos nutrientes foliares (OLIVEIRA et al., 2014). Dessa forma, torna-se necessário avaliar a variação dos teores de compostos fenólicos em *E. microcorys* para conhecer sua dinâmica de adaptação às condições de Cerrado. Esse conhecimento pode contribuir para a racionalização do cultivo desta espécie, visando o aumento dos teores de metabólitos fenólicos de interesse químico-biológico.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Material botânico e preparo de extratos

Amostras de folhas foram coletadas na Unidade de Conservação do Ibama-Flona em Silvânia/GO (S16°8'14", W48°39'6") de *E. microcorys* com cerca de quarenta anos de idade, cultivadas sem adubação e irrigação. Coletaram-se folhas adultas de dez árvores durante dois anos (setembro/2010 a junho/2012), nos meses de setembro (T1), dezembro (T2), março (T3) e junho (T4) de cada ano, totalizando oitenta amostras. As folhas foram lavadas, secas a temperatura ambiente e na sombra, trituradas em moinho de facas e armazenadas em freezer a -18°C.

A extração seguiu o procedimento adaptado de Escarpa & González (2001).

Para a análise por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE), pesou-se 0,05 g de folhas, adicionou-se 5,0 mL de MeOH 50% (v/v), extraíndo-se a mistura em banho de ultrassom por 30 min. Após centrifugação a 2000 rpm por 10 min, transferiu-se o sobrenadante para um balão volumétrico (10 mL). Esta etapa foi repetida por mais duas vezes, com volumes de 3,0 e 2,0 mL de MeOH 50%. Para as análises colorimétricas, seguiu-se o mesmo procedimento, com 0,15 g de folhas e volume final do extrato de 25 mL. Todas as extrações foram realizadas em duplicata.

## 2.2 Quantificação por CLAE

As análises foram executadas em equipamento Shimadzu LC-10AVP com bombas LC-10 ADvp, conectadas a um detector de ultravioleta com arranjo de diodos. Utilizou-se coluna LiChrospher 100 RP-18 (5  $\mu$ m; 250 mm (d.i.) x 4,0 mm; Merck). O extrato diluído em água Milli-Q (1:3) foi filtrado em membrana 0,22  $\mu$ m (Millipore). O volume de injeção foi de 20  $\mu$ L. Para a eluição utilizou-se acetonitrila (A) e tampão fosfato 0,01M (pH 2,5) (B) com o gradiente: 0-15 min, 5-15% A em B; 15-20 min, 15-25% A em B; 20-25 min, 25-50% A em B. Finalizou-se com redução em A para 5% (25-30 min), mantendo-se o fluxo de 1 mL/min, detecção em 264 nm e aquisição na faixa 190-370nm. A identificação de oenoteína B foi efetuada comparando-se os tempos de retenção e espectro (UV) com padrão. A quantificação foi realizada com curva de calibração (8,4-100  $\mu$ g/mL, n=6) e os resultados registrados em relação à massa de folha seca (mg/g). As análises foram realizadas em duplicata.

## 2.3 Quantificação dos compostos fenólicos

A quantificação de fenóis totais seguiu o método de Escarpa & González (2001), modificado. Diluiu-se o extrato com água destilada (1:3) e transferiu-se 0,3 mL para balão volumétrico (25 mL). Em seguida, adicionou-se 0,5 mL do reagente Folin-Ciocalteu (Sigma-Aldrich) e, após 1 min, acrescentou-se 4,0 mL de solução 20% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, completando-se com água destilada. Após 30 min realizou-se a leitura da absorbância (750 nm). Elaborou-se uma curva de calibração com ácido gálico (0,4-1,4 mg/mL; n=6) e os resultados registrados em concentração de ácido gálico equivalente por massa de folha seca (mg/g).

A determinação de flavonoides totais foi adaptada da Pharmacopeia Helvetica (PETRY et al., 1998). A 5,0 mL de extrato em um balão volumétrico (10 mL) adicionou-se 1,0 mL de solução 12% AlCl<sub>3</sub> em MeOH, completando-se o volume com solução 5% ácido acético glacial em MeOH. Após 30 min, efetuou-se a leitura da absorbância (422 nm). Ensaios em branco foram efetuados com adição de 5,0 mL de extrato, completando-se o volume para 10 mL com solução 5% ácido acético glacial em MeOH. Elaborou-se uma curva de calibração com rutina (100-400  $\mu$ g/mL; n=6) e os resultados foram registrados em concentração de rutina equivalente por massa de folha seca ( $\mu$ g/g).

Os taninos totais foram quantificados segundo o método de Hagerman-Butler (WATERMAN & MOLE, 1994). Ao extrato (1,0 mL) adicionou-se 2,0 mL de solução de albumina bovina sérica (BSA; 1,0 mg/mL), mantendo-se repouso por 15 min. Após centrifugação (2000 rpm) por 15 min e descarte do sobrenadante, o precipitado foi dissolvido em 4,0 mL de solução SDS, composta de 1% dodecilsulfato de sódio, 5% (v/v) trietanolamina e 20% (v/v) isopropanol. Acrescentou-se 1,0 mL de solução ácida 0,01 mol/L  $\text{FeCl}_3$  e as misturas foram homogeneizadas. No intervalo de 15-30 min, realizou-se a leitura da absorbância (510 nm). Um ensaio de branco foi preparado com 1,0 mL  $\text{FeCl}_3$  e 4,0 mL de solução SDS. Elaborou-se uma curva de calibração com ácido tânico (0,4-1,4 mg/mL; n=6) e os resultados foram registrados em concentração de ácido tânico por massa de folha seca (mg/g).

O doseamento de taninos hidrolisáveis seguiu o método de Willis & Allen (1998). Alíquotas de 5,0 mL de 2,5%  $\text{KIO}_3$  foram transferidas para tubos de ensaio mantidos em banho a 25°C. Em intervalos de 1 min, adicionou-se 1,0 mL do extrato e, após agitação, retornou-se o tubo para o banho. Decorridos 6 min, mediu-se a absorbância do primeiro tubo (550 nm). Leituras sucessivas foram realizadas em um mesmo intervalo de tempo (1 min), contra um branco preparado com 5,0 mL do reagente. Uma curva de calibração foi elaborada com ácido tânico (0,4-1,4 mg/mL; n=6) e os resultados registrados em concentração de ácido tânico por massa de folha seca (mg/g).

## 2.4 Digestão das amostras e análise de nutrientes foliares

Em um tubo para digestão, contendo folhas secas e moídas (0,5 g), acrescentou-se 6,0 mL de solução  $\text{HNO}_3:\text{HClO}_4$  (2:1). Em seguida, aqueceu-se de 50°C até 210°C, em um período de 40 min. Após a digestão se completar, o líquido foi resfriado até a temperatura ambiente e transferido para tubo Falcon (50 mL), sendo o volume completado com água deionizada. As análises dos nutrientes foliares foram efetuadas no Laboratório de Análise de Solos e Foliar da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás (LASF-EA/UFG). Sódio e K foram analisados por fotometria de chama; Ca, Mg, Cu, Zn, Mn e Fe, por absorção atômica e o P por espectrofotometria.

## 2.5 Dados meteorológicos

Os dados de temperatura, umidade e precipitação pluviométrica foram fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

## 2.6 Análise estatística

As comparações múltiplas de médias foram realizadas por meio da análise de variância (two-way ANOVA) usando SAS GLM (Statistical Analysis System, versão 6.12, SAS Institute Inc., Cary, NC, 1996) com o ano, época de coleta e a interação ano-época como fatores. Onde as diferenças entre as médias foram estabelecidas, aplicou-se o teste de Tukey ao nível de 5%.



Para analisar as tendências de variação nos conteúdos de fenóis e nutrientes foliares ao longo do tempo de coleta, aplicou-se a técnica de curva de resposta principal (PRC), utilizando o pacote estatístico CANOCO, versão 5.10 (VAN DEN BRINK & TER BRAAK, 1999; TER BRAAK & ŠMILAUER, 2012). A PRC é baseada na análise de redundância parcial (pRDA) e objetiva investigar os efeitos das variáveis e suas alterações no tempo. Nesta análise, as covariáveis foram os tempos de amostragem (épocas de coleta) e as variáveis explicativas foram as interações entre os tempos de amostragem e os tratamentos (anos). Um teste de permutação de Monte Carlo (999 permutações) foi aplicado para avaliar a significância do efeito do tratamento (ano1), em relação a um controle (ano2), ao longo da série temporal. Um teste de permutação (499 permutações) também foi aplicado sobre cada tempo de amostragem (TER BRAAK E ŠMILAUER, 2012). Antes da PRC, os dados foram transformados pelo  $\log(x+1)$ . A análise das influências dos dados climáticos sobre a variabilidade dos metabólitos e nutrientes foliares foi obtida pela RDA, com as variáveis climáticas autoescaladas para média zero e desvio padrão unitário.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

As alterações no metabolismo secundário vegetal podem ocorrer entre os indivíduos, ao longo das estações e/ou em anos sucessivos devido, principalmente, a características genéticas, condições fisiológicas, níveis de nutrientes foliares, alterações climáticas e ataque de predadores ou patógenos (GOBBO-NETO & LOPES, 2007; NCUBE et al., 2010).

Neste trabalho, a quantificação de fenóis e taninos totais, taninos hidrolisáveis, flavonoides, oenoteína B, glicose e nutrientes foliares de *E. microcorys* foram realizados com a finalidade de compreender os padrões de variabilidade temporal ao longo dos meses de coleta e em dois anos de amostragem. Os resultados da *two-way* ANOVA encontram-se na tabela 1.

Verificou-se que os teores médios de oenoteína B, fenóis totais e taninos hidrolisáveis foram maiores no segundo ano, independente dos meses, enquanto os teores em flavonoides foram constantes em todas as coletas. Já os teores de taninos totais foram influenciados pela interação dos fatores (ano e mês), com variações significativas entre amostras de setembro no primeiro ano, com os maiores níveis também em março. Por sua vez, as concentrações de Ca e Mn ocorreram independentemente do ano, enquanto para o Mg ocorreu entre os anos (e maior no primeiro ano), independentemente dos meses de coleta (Tabela 1). Entretanto, todos estão fora das faixas adequadas para a cultura do eucalipto (MALAVOLTA et al., 1997): Ca (8,0-12 g/kg), Mg (4,0-5,0 g/kg) e Mn (0,1-0,6 g/kg). A deficiência de Ca e Mg e o excesso de Mn podem gerar desequilíbrios metabólicos para os indivíduos desta espécie.

Variável	Ano	Meses de coleta				
		Setembro	Dezembro	Março	Junho	Média
Oenoteína B <sup>b</sup> (mg/g)	1	32,23	29,07	30,58	37,59	32,37 B
	2	41,43	35,00	39,81	41,96	39,55 A
	Média	36,83 a	32,03 a	35,19 a	39,77 a	
Fenóis T <sup>b</sup> (mg/g)	1	145,05	143,37	148,98	151,71	147,28 B
	2	163,29	159,34	163,82	159,60	161,51 A
	Média	154,17 a	151,36a	156,40 a	155,66 a	
Flavonoides (mg/g)	1	20,04	20,32	21,64	18,59	20,15 A
	2	20,75	22,16	19,48	20,05	20,61 A
	Média	20,39 a	21,24 a	20,56 a	19,32 a	
Taninos H (mg/g)	1	320,58	299,65	340,64	310,87	317,94 B
	2	340,95	332,23	360,23	324,81	339,55 A
	Média	330,77 ab	315,94 b	350,44 a	317,84 b	
Taninos T (mg/g)	1	104,79 aA	91,90 bA	105,49 aA	89,82 bA	
	2	90,21 aB	99,68 aA	98,35 aA	96,21 aA	
Glicose (g/100 g)	1	11,4 aB	9,07 bB	10,47 abB	11,62 aB	
	2	13,27 aA	10,37 bA	12,30 abA	13,18 aA	
Fósforo <sup>b</sup> (g/kg)	1	1,91 aA	1,19 bB	1,29 bA	1,52 abA	
	2	1,38 bB	1,99 aA	1,47 bA	1,64 abA	
Potássio <sup>d</sup> (g/kg)	1	7,06 aA	7,80	8,68 aB	7,86 aB	
	2	7,52 bA	8,44	11,60 aA	11,46 aA	
Cálcio <sup>c</sup> (g/kg)	1	6,50	6,30	5,40	9,40	6,90 A
	2	7,00	6,50	5,60	7,10	6,55 A
	Média	6,75 ab	6,40 b	5,50 b	8,25 a	
Magnésio (g/kg)	1	2,00	2,50	2,20	2,20	2,23 A
	2	1,70	1,90	1,80	2,10	1,87 B
	Média	1,85 a	2,20 a	2,00 a	2,15 a	
Manganês <sup>c</sup> (g/kg)	1	1,32	0,99	0,74	1,71	1,19 A
	2	1,06	1,00	0,82	0,97	0,96 A
	Média	1,19 a	0,99 ab	0,78 b	1,34 a	
Cobre (mg/kg)	1	3,30 aA	2,70 aA	2,80 aB	2,90 aB	
	2	2,60 bA	2,60 bA	3,90 aA	4,00 aA	
Ferro <sup>b</sup> (g/kg)	1	0,11 bB	0,16 aA	0,05 cA	0,10 bA	
	2	0,17 aA	0,09 bB	0,04 cA	0,08 bA	
Zinco (mg/kg)	1	12,74 aA	11,29 abA	9,65 bB	10,36 bA	
	2	10,32 bcB	12,13 abA	12,40 aA	9,69 cA	

Tabela 1. Concentração<sup>a</sup> de fenóis e nutrientes foliares de *E. microcorys* em dois anos.

<sup>a</sup>Valores são as médias (n = 10) baseadas em dados originais. Transformado pela <sup>b</sup>ordem dos mesmos (rank) ou <sup>c</sup>raiz quadrada na ANOVA. <sup>d</sup>Valores do verão foram excluídos da análise estatística. Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferem ao nível de 5% pelo teste de Tukey. K e Fe foram significativas a 1%.

Os teores de P, K, Cu, Fe e Zn também variaram de acordo com a interação dos fatores. Fósforo e Fe apresentaram diferenças significativas entre os anos nos meses de setembro e dezembro, enquanto K e Cu diferiram entre os anos em amostras de março e junho. As concentrações de K, Cu, Fe e Zn estão abaixo da

faixa-crítica em todas ou na maioria das amostras. Os teores foliares de K, Cu, Fe e Zn, em cultura de eucalipto (MALAVOLTA et al. (1997) deveriam estar entre 10-12 g/kg; 8-10; 150-200 e 40-60 mg/kg, respectivamente. Apenas o P está acima da faixa-crítica de 1,0-1,2 g/kg.

Os baixos níveis de nutrientes foliares são condizentes com a baixa fertilidade do solo local, do tipo latossolo vermelho amarelo com textura que varia de franco argilo arenosa a franco argilosa. No horizonte A<sub>11</sub> verificaram-se baixos teores de Ca (0,5 cmol<sub>c</sub>/dm), Mg (0,2cmol<sub>c</sub>/dm), P (2,3 mg/dm) e K (32 mg/dm), além de baixa saturação por bases (12,9%) e pH abaixo de 4,5. Ao longo do perfil, todos os nutrientes diminuem sua concentração, seguindo a matéria orgânica no horizonte A<sub>11</sub> com 2,9% e chegando ao B<sub>3</sub> a 0,1%.

Para auxiliar na interpretação da variação sazonal dos metabólitos e nutrientes foliares aplicaram-se as análises de Curva de Resposta Principal (PRC) (Figura 1A) e de redundância (RDA) (Figura 1B), essa última em função das variáveis climáticas (Tabela 2).

A PRC tem a vantagem de o vetor tempo ser representado em uma única direção e as tendências na variação serem relativas a uma referência ou controle (VAN DEN BRINK & TER BRAAK, 1999), uma característica importante devido à grande quantidade de interações tempo x tratamento. Assim é preciso concentrar-se na detecção e interpretação das principais tendências na dinâmica de variação (VAN DEN BRINK et al., 2009).

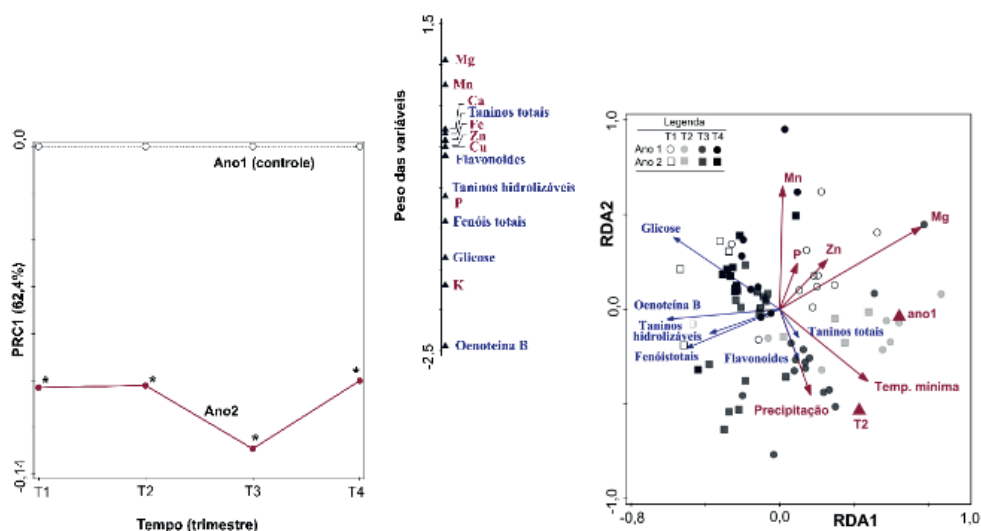


Figura 1. Diagramas da PRC (A) e da RDA (B) da variação dos metabólitos e nutrientes foliares de *E. microcorys* coletadas trimestralmente (tempo) ao longo de dois anos (tratamento).

Variável	Ano	Setembro	Dezembro	Março	Junho
Temperatura Máxima <sup>a</sup>	1	35,2 ± 1,1	29,4 ± 1,6	28,6 ± 2,1	27,0 ± 2,3
(°C)	2	30,5 ± 2,4	27,7 ± 1,7	28,5 ± 2,2	27,2 ± 1,7

Temperatura Mínima <sup>a</sup>	1	20,2 ± 1,5	19,4 ± 0,5	18,1 ± 0,7	12,7 ± 1,6
(°C)	2	16,6 ± 2,5	18,4 ± 0,8	18,0 ± 0,7	15,7 ± 1,2
Umidade <sup>a</sup>	1	18,0 ± 3,9	55,0 ± 11,8	50,0 ± 11,5	33,0 ± 9,4
(%)	2	22,0 ± 6,2	53,0 ± 8,8	52,0 ± 10,3	47,0 ± 9,9
Precipitação <sup>b</sup>	1	0,0	40,6	114,8	0,2
(mm)	2	0,0	92,0	124,4	6,2

Tabela 2. Dados meteorológicos dos meses de coleta

a. Média e desvio padrão dos dez dias anteriores à coleta. b. Acúmulo de chuva registrado nos dez dias anteriores à coleta.

Na análise de PRC, considerou-se como tempo os meses de coleta e como tratamento, os anos de amostragem, com o ano1 como controle. Os resultados indicaram que a interação tempo (coletas trimestrais) x tratamento (ano), representando as variáveis preditoras, explicou 16,1% da variação total nos teores dos metabólitos e nutrientes foliares. O efeito do tempo e do tratamento contribuíram de maneira similar na variabilidade química (13,3% e 13,9%, respectivamente). A maioria das variações foram capturadas pela PRC1 (64,4%;  $F = 8,0$ ;  $p = 0,027$ ; 999 permutações). A PRC2 não foi significativa (16,9%;  $F = 2,2$ ;  $p = 0,214$ ) e não está representada. Todas as amostragens ao longo do experimento apresentaram diferenças significativas.

Para a interpretação da PRC, considera-se que quanto maior for o peso da variável, maior será sua contribuição para a resposta dos desvios do tratamento em relação ao controle. Pesos negativos mostram um padrão oposto. Dessa forma, oenoteína B, K, glicose e fenóis totais foram as variáveis que mais contribuíram para essas diferenças, as quais apresentaram teores mais elevados no ano2 (Figura 1A). Por sua vez, Mg e Mn apresentaram teores mais elevados no controle (ano1). Variáveis com pesos entre -0,5 a +0,5 não influenciam a resposta ou não estão relacionadas ao padrão apresentado pela PRC. Assim, os outros metabólitos e nutrientes foliares não apresentaram contribuição para a diferenciação entre os anos de análise.

No caso da RDA (Figura 1B), a matriz de metabólitos (matriz resposta, 80'6), foi condicionada pelos nutrientes foliares e dados climáticos (matriz explicativa; 80'6). A RDA1 (30,0%;  $F = 30,4$ ;  $p = 0,001$ ) separou principalmente as amostras do ano1, especialmente nas primeiras duas estações, primavera (T1) e verão (T2), pelos menores teores de oenoteína B, fenóis totais, taninos hidrolisáveis e glicose, os quais foram correlacionados a uma maior temperatura mínima, além dos teores elevados de Mg e Zn. Embora não tenha apresentado contribuição significativa na variância total (3,2%;  $F = 3,4$ ;  $p = 0,66$ ), a RDA2 apresentou uma tendência de separação das estações secas, primavera/inverno (T4), das chuvosas, verão/outono (T3), independentemente do ano. As amostras do período seco se caracterizaram por um teor maior de glicose e apresentaram altas concentrações de Mn (Figura 1B).

O Cerrado é caracterizado pelas estações seca e chuvosa, e tanto as plantas nativas quanto as exóticas vivem em constante estresse hídrico, seja pela falta ou excesso de água. O estresse hídrico pode reduzir o crescimento e o desenvolvimento da planta, contudo, um déficit de água não muito grave tem provado ser benéfico para o acúmulo de metabólitos biologicamente ativos (ZOBAYED et al., 2005). A seca moderada reduz o crescimento da planta, sem reduzir a fotossíntese. Assim, os carboidratos acumulados são utilizados no metabolismo secundário, com pouca ou nenhuma concorrência com investimentos em crescimento e desenvolvimento da planta (HERMS & MATTSON, 1992). Horner (1990), no entanto, observou um efeito não-linear entre o déficit de água e a produção de compostos fenólicos, o que pode explicar a inconsistência de alguns resultados descritos na literatura (TREUTTER, 2010).

Estudos de sazonalidade realizados no Cerrado goiano com plantas nativas e cultivadas apresentaram resultados conflitantes quanto à influência da precipitação nos níveis de compostos fenólicos. No período de alta pluviosidade foram observados os maiores teores de fenóis totais e taninos condensados, além de maior adstringência em cascas de barbatimões, *Stryphnodendron adstringens* e *S. polyphyllum* (SANTOS et al., 2006), enquanto em folhas de *Eugenia uniflora*, os taninos hidrolisáveis foram produzidos nos meses chuvosos e flavonoides nos secos (SANTOS et al., 2011). Neste trabalho a precipitação não apresentou correlação forte com oenoteína B, fenóis totais e taninos hidrolisáveis, e uma fraca correlação positiva com flavonoides. A mesma tendência foi observada em estudo anterior para os fenóis de *E. myrcocoris*, onde taninos hidrolisáveis e fenóis totais apresentaram correlações significativas com alguns nutrientes e nenhuma com o nível de pluviosidade (OLIVEIRA et al., 2014).

De acordo com a PRC e RDA alguns nutrientes foliares foram essenciais para distinguir as amostras nos dois anos e podem ter contribuído para as variações químicas. Já se tem evidências que o teor de compostos fenólicos aumenta sob certa deficiência de nutrientes foliares (TEKAYA et al., 2014). As hipóteses que relacionam a produção de compostos fenólicos com os níveis de nutrientes foliares (HERMS & MATTSON, 1992) relatam que as deficiências de nutrientes conduzem a uma redução no desenvolvimento da planta, em decorrência da falta de metais necessários às atividades enzimáticas. Este fato leva a um acúmulo de carboidratos, que irão impulsionar a produção de compostos fenólicos. Contudo, a complexidade de fatores que afetam o metabolismo das plantas dificulta a previsão de variação nos constituintes em níveis individuais (NYKANEN & KORICHEVA, 2004).

Na RDA, o Mg apresentou forte correlação negativa com a oenoteína B, fenóis totais e taninos hidrolisáveis, além de apresentar os menores teores em todo o segundo ano. Este nutriente é essencial na fotossíntese, pois participa dos processos metabólicos como a formação de ATP nos cloroplastos, na síntese proteica, formação de clorofila, carregamento do floema, separação e utilização de fotoassimilados. Ele

também funciona como ativador ou regulador de várias quinases, ATPases, RUBP carboxilase/oxigenase e várias outras enzimas do metabolismo de carboidratos. A deficiência do magnésio afeta o nível de clorofila, a fotossíntese e a síntese proteica. Um dos principais efeitos fisiológicos da deficiência de Mg é o acúmulo de sacarose, provavelmente devido à inibição da translocação para os drenos, cujo efeito foi observado em experimento com *Arabidopsis thaliana* (HERMANS & VERBRUGGEN, 2005).

Magnésio é também importante no metabolismo secundário, sendo cofator de várias enzimas que atuam na biossíntese dos fenilpropanóides e flavonoides, onde íons  $Mg^{2+}$  e  $Mn^{2+}$  são necessários para o funcionamento da PAL, CoA-ligases e metiltransferases (TREUTTER, 2010). A biossíntese de monoterpenos oxigenados também se passa via enzimas que utilizam Mg e Mn como cofatores (ARSENIJEVIĆ et al., 2013). Como exemplo, tem-se que a aplicação foliar de íons  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$  em *Origanum vulgare* aumentou o rendimento do seu óleo essencial (DORDAS, 2009). Por sua vez, a biossíntese dos taninos hidrolisáveis ocorre no início da via do ácido chiquímico, antes da formação da fenilalanina, ou seja, sem a participação da PAL (HASLAM, 2007). Com isso, no presente estudo pode-se sugerir que a redução dos níveis de Mg no segundo ano favoreceu o aumento dos teores de taninos hidrolisáveis, primeiro pela menor produção de fenilpropanóides e flavonoides, e segundo pela menor atividade das enzimas ligadas à síntese dos terpenóides.

#### 4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo permitiu ampliar a compreensão da influência dos nutrientes foliares sobre o metabolismo de compostos fenólicos de *E. microcorys* no Cerrado goiano. Os resultados sugeriram que as variações nos teores de oenoteina B, taninos hidrolisáveis e fenóis totais foram influenciadas inversamente pelo Mg. A precipitação pluviométrica e a temperatura mínima podem ser fatores climáticos importantes para a variação de flavonoides, constituintes minoritários dessa espécie. Estes resultados podem contribuir para condições de cultivo planejado visando a obtenção dos maiores teores de metabólitos de interesse, assim como para a manutenção do padrão de qualidade de fitoterápicos.

#### REFERÊNCIAS

ARSENIJEVIĆ, J. et al. A chemometrics as a powerful tool in the elucidation of the role of metals in the biosynthesis of volatile organic compounds in Hungarian thyme samples. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 71, p. 298-306, 2013.

DORDAS, C. Foliar application of calcium and magnesium improves growth, yield, and essential oil yield of oregano (*Origanum vulgare* ssp. *hirtum*). **Industrial crops and products**, v. 29, p. 599–608, 2009.



- ESCARPA, A.; GONZÁLEZ, M. C. Approach to the content of total extractable phenolic compounds from different food samples by comparison of chromatographic and spectrophotometric methods. **Analytica Chimica Acta**, v. 427, p. 119-127, 2001.
- GOBBO-NETO, L.; LOPES, N. P. Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. **Química Nova**, v. 30, n. 2, p. 374-381, 2007.
- GUANGQIU, Q. et al. Influence of Heavy Metals on the Carbohydrate and Phenolics in Mangrove, *Aegiceras corniculatum* L., **Seedlings. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 78, p. 440-444, 2007.
- HASLAM, E. Vegetable tannins – Lessons of a phytochemical lifetime. **Phytochemistry**, v. 68, p. 2713 - 2721, 2007.
- HERMANS, C.; VERBRUGGEN, N. Physiological characterization of Mg deficiency in *Arabidopsis thaliana*. **Journal of Experimental Botany**, v. 56, n. 418, p. 2153–2161, 2005.
- HERMS, D. A.; MATTSON, W. J. The dilemma of plants: To grow or defend. **The Quarterly Review of Biology**, v.67, p. 283-335, 1992.
- HORNER, J. D. Nonlinear effects of water deficits on foliar tannin concentration. **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 18, p. 211-213, 1990.
- MALAVOLTA, E. et al. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, p. 319, 1997.
- MOORE, B. D. et al. Foliar nutrition, site quality, and temperature influence foliar chemistry of Tallowwood (*Eucalyptus microcorys*). **Ecological Monographs**, v. 74, p. 553 - 568, 2004.
- NCUBE, B. et al. Quality from the field: The impact of environmental factors as quality determinants in medicinal plants. **South African Journal of Botany**, v. 82, p. 11-20, 2012.
- NYKANEN, H.; KORICHEVA, J. Damage-induced changes in woody plants and their effects on insect herbivore performance: a meta-analysis. **Oikos**, v. 104, p. 247–168, 2004.
- OLIVEIRA, F. N. M.; et al. Seasonal Influence on the Essential Oil of *Eucalyptus microcorys*. **Natural Product Communications**, v. 9, 2014.
- PETRY, R. D. et al. Doseamento do Teor de Flavonoides Totais em Extratos Hidroalcoolicos de *Passiflora alata* Dryander (marucujá). **Revista Brasileira de Farmácia**, v.79, n. 1/2, p. 7-10, 1998.
- SANTOS, R. M. et al. Seasonal variation in the phenol contents from *Eugenia uniflora* (L.). **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 13, p. 85-89, 2011.
- SANTOS, S. C. et al. Seasonal variation in the content of tannins in barks of barbatimão species. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 16, p. 552-556, 2006.
- TEKAYA, M. et al. Changes in the profiles of mineral elements, phenols, tocopherols and soluble carbohydrates of olive fruit following foliar nutrient fertilization. **Food Science and Technology**, v. 59, p. 1047-1053, 2014.
- TER BRAAK, C. J. F., ŠMILAUER, P. Canoco Reference Manual and User's Guide: Software for Ordination, version 5.0. Microcomputer Power, Ithaca, NY, USA, p. 496, 2012.
- TREUTTER, D. Managing Phenol Contents in Crop Plants by Phytochemical Farming and Breeding—Visions and Constraints. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 11, p. 807-857, 2010.

VAN DEN BRINK, P. J. et al. Principal response curves technique for the analysis of multivariate biomonitoring time series. **Environmental Monitoring and Assessment**, v.152, p. 271–281, 2009.

VAN DEN BRINK, P. J.; TER BRAAK, C. J. F. Principal response curves: Analysis of time dependent multivariate responses of a biological community to stress. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 18, p. 138–148, 1999.

WATERMAN, P. G.; MOLE, S. Analysis of Phenolic Plant Metabolites. Blackwell Scientific Publications, p. 238, 1994.

WILLIS, R. B.; ALLEN, P. R., Improved method for measuring hydrolysable tannins using potassium iodate. **Analyst**, v. 12, p. 435, 1998.

ZOBAYED, S.M.A. et al. Temperature stress can alter the photosynthetic efficiency and secondary metabolite concentrations in St. John's wort. **Plant Physiology Biochemistry**, v. 43, p. 977–984, 2005.

## OXIDAÇÃO SELETIVA DO METANOL A FORMALDEÍDO ASSISTIDA POR $N_2O$ SOBRE CATALISADOR $CO,CE$ DERIVADOS DE HIDRÓXIDOS DUPLOS LAMELARES

### Oséas Silva Santos

Universidade Federal da Bahia, Laboratório de Catálise e Materiais.  
Salvador – BA, Brasil.

### Giulyane Felix de Oliveira

Universidade Federal da Bahia, Laboratório de Catálise e Materiais.  
Salvador – BA, Brasil.

### Artur José Santos Mascarenhas

Universidade Federal da Bahia, Laboratório de Catálise e Materiais.  
Centro Interdisciplinar de Energia e Ambiente (INCT – E&A).  
Salvador – BA, Brasil.

### Heloyza Martins. Carvalho Andrade

Universidade Federal da Bahia, Laboratório de Catálise e Materiais.  
Centro Interdisciplinar de Energia e Ambiente (INCT – E&A).  
Salvador – BA, Brasil.

**RESUMO:** O óxido nitroso ( $N_2O$ ), um poluente que contribui para o efeito estufa e a depleção da camada de ozônio, pode ser empregado como agente oxidante em processos industriais de importância econômica, tais como na oxidação seletiva de metanol a formaldeído. Neste estudo, óxidos dopados com Cobalto e Cério foram preparados por decomposição térmica de hidróxidos duplos lamelares de Magnésio

e Alumínio. Os materiais foram caracterizados por DRX, EDX, adsorção de  $N_2$ , TPR- $H_2$  e TPD- $CO_2$  e testados na oxidação catalítica seletiva de metanol assistida por  $N_2O$ . 100% de conversão do metanol, 100% de conversão de  $N_2O$  e 91 % de rendimento em formaldeído foram obtidos sobre o catalisador  $CoMgAl$ . Os catalisadores contendo cério foram mais ativos na conversão de  $N_2O$  nas temperaturas mais baixas (350 – 400 °C), mas apresentaram menores rendimentos em formaldeído, devido ao aumento da formação de produtos de oxidação ( $CO$  e  $CO_2$ ).

**PALAVRAS-CHAVE:** óxido nitroso ( $N_2O$ ), oxidação seletiva de metanol, formaldeído.

### $N_2O$ ASSISTED SELECTIVE OXIDATION OF METHANOL TO FORMALDEHYDE ON $CO,CE$ CATALYST DERIVED FROM LAYERED DOUBLE HYDROXIDES

**ABSTRACT:** Nitrous oxide ( $N_2O$ ), a pollutant that contributes to the greenhouse effect and depletion of the ozone layer, can be used as an oxidizing agent in industrial processes of economic importance, such as the selective oxidation of methanol to formaldehyde. In this study, cobalt and cerium - doped oxides were prepared by thermal decomposition of Mg, Al lamellar double hydroxides. The materials were

characterized by DRX, EDX, adsorption of  $N_2$ , TPR- $H_2$  and TPD- $CO_2$  and tested in the selective catalytic oxidation of methanol assisted by  $N_2O$ . 100% methanol conversion, 100%  $N_2O$  conversion and 91% formaldehyde yield were obtained on the CoMgAl catalyst. The catalysts containing cerium were more active in the conversion of  $N_2O$  at lower temperatures (350-400 °C), but presented lower formaldehyde yields, due to the increase of oxidation products (CO and  $CO_2$ ) formation.

**KEYWORDS:** nitrous oxide ( $N_2O$ ), selective oxidation of methanol, formaldehyde.

## 1 | INTRODUÇÃO

O óxido nítrico ( $N_2O$ ), apesar de emitido em pequenas quantidades na atmosfera é capaz de causar sérios danos ao meio ambiente, contribuindo significativamente para o efeito estufa. Atualmente é o terceiro mais importante gás causador deste fenômeno (Davidson e Kanter, 2014), atrás somente do  $CO_2$  e do  $CH_4$ . Seu potencial de efeito estufa é 310 vezes maior em comparação com o  $CO_2$  (Pérez-Ramírez, Gallamas, 2004), e seu tempo de vida pode ser superior a 120 anos. Devido à elevada temperatura de decomposição térmica do  $N_2O$ , acima de 600 °C (Stelmachowski *et al.*, 2014), é interessante investigar a viabilidade da decomposição catalítica total do  $N_2O$ , de modo econômica e ambientalmente sustentável. As estratégias mais viáveis em geral envolvem alguma aplicação de interesse industrial, como por exemplo, na oxidação seletiva do metanol a formaldeído.

O processo de produção de formaldeído pode ocorrer por diferentes rotas, tais como a oxidação não catalítica de gás natural ou GLP, por oxidação catalítica seletiva de metanol ou ainda por desidrogenação oxidativa de metanol (Santos, Mascarenhas e Andrade, 2018). Vários trabalhos na literatura relatam a oxidação do metanol para produção de formaldeído, mas apenas o trabalho de Fellah (2011) sugere, através de cálculos da teoria funcional da densidade (DFT), a possibilidade de uso do óxido nítrico como agente oxidante durante o mecanismo da reação de oxidação seletiva do metanol a formaldeído sobre o catalisador Fe-ZSM-5.

Em trabalho recente, Santos, Mascarenhas e Andrade (2018), demonstraram que óxidos de Cobalto derivados de precursores do tipo hidrotalcita, contendo ou não magnésio em sua formulação, são catalisadores bastante ativos, seletivos e estáveis na oxidação de metanol a formaldeído assistida por  $N_2O$ . A presença de magnésio atua tanto aumentando a redutibilidade das espécies de cobalto, pela contribuição da fase do espinélio  $Co_{3-x}Mg_xO_4$ , bem como pelo aumento da concentração de sítios básicos, que contribuem para a desidrogenação oxidativa de metanol.

Mi *et al.*, (2016) sugerem que o Cério atua como promotor eletrônico em sinergia com o Cobalto, aumentando a redutibilidade dos catalisadores e favorecendo a formação de espécies de oxigênio superficiais, o que favorece a atividade de catalisadores de óxidos de Cobalto na reação de deslocamento do gás d'água (WGSR – Water Gas Shift Reaction).

Neste trabalho, catalisadores de óxido de cobalto dopados com cério foram preparados por decomposição térmica de hidróxidos duplos lamelares e avaliados na oxidação seletiva de metanol a formaldeído assistida por óxido nítrico.

## 2 | EXPERIMENTAL

### 2.1 Preparação dos catalisadores

Os precursores foram preparados pelo método da coprecipitação em pH constante, conforme descrito anteriormente (Gennequin *et al.*, 2009), em duas séries: (i) catalisadores CoAl (2:1) e CoMgAl (2:1:1); (ii) CoCeAl (2:0,2:0,8) e CoMgCeAl (2:1:0,2:0,8), de modo que a razão  $\text{Co}/(\text{Al}+\text{Ce}) = 1,0$  e razão molar  $\text{Ce}/\text{Al} = 0,20$ .

### 2.2 Caracterização

A determinação dos teores de Ce, Mg, Al e Co foi realizada por medidas de fluorescência de raios-X por dispersão de energia (EDX) em um espectrômetro Shimadzu EDX720, usando curvas de calibração.

Os padrões de difração de raios (DRX) foram coletados usando um difratômetro Shimadzu LabX XRD-6000 com monocromador de grafite operando a 40 kV, 30 mA e radiação Cu  $\text{K}\alpha$ , operando na região de  $5 - 80^\circ$  ( $2\theta$ ) e velocidade de  $2^\circ \text{min}^{-1}$ .

A área específica dos catalisadores foi obtida usando um equipamento Micromeritics ASAP 2020 com fisissorção de nitrogênio após o pré-tratamento a  $350^\circ\text{C}$  por 3 h. As isotermas foram tratadas pelos métodos BET, BJH e NLDFT.

As propriedades ácidas e básicas da superfície dos catalisadores foram investigadas por Dessorção Termoprogramada de  $\text{NH}_3$  (TPD- $\text{NH}_3$ ) e de  $\text{CO}_2$  (TPD- $\text{CO}_2$ ), respectivamente. As propriedades redox foram investigadas por Redução Termoprogramada com  $\text{H}_2$  (TPR- $\text{H}_2$ ). Todas as medidas foram realizadas em um equipamento Micromeritics Chemsorb 2720, seguindo protocolos estabelecidos na literatura (Santos, Mascarenhas e Andrade, 2018).

### 2.3 Teste catalítico

Os testes catalíticos de oxidação seletiva de metanol assistida por óxido nítrico foram realizados em unidade de bancada constituída de reator tubular de leito fixo, forno microprocessado e estação de gases. Antes do teste, o catalisador (200 mg) foi pré-tratado a  $350^\circ\text{C}$  por 1 h sob vazão de  $50 \text{ mL min}^{-1}$  de hélio. Os testes catalíticos foram realizados utilizando um fluxo total de  $50 \text{ mL min}^{-1}$  de uma mistura de  $\text{CH}_3\text{OH}/\text{N}_2\text{O}$  (3:1), na faixa de temperatura de 350 e  $500^\circ\text{C}$ . Os efluentes reacionais foram analisados por cromatografia gasosa em um equipamento Shimadzu GC2014, operando simultaneamente com uma coluna empacotada Carboxen 1010 (4,6 m x 3,2 mm) e outra coluna capilar Carbowax (25m x 0,25 mm), e detectores de

condutividade térmica (DCT) e ionização de chama (FID).

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Caracterização dos catalisadores

Os difratogramas de raios-X dos hidróxidos duplos lamelares precursores e dos materiais calcinados são mostrados na Figura 1.

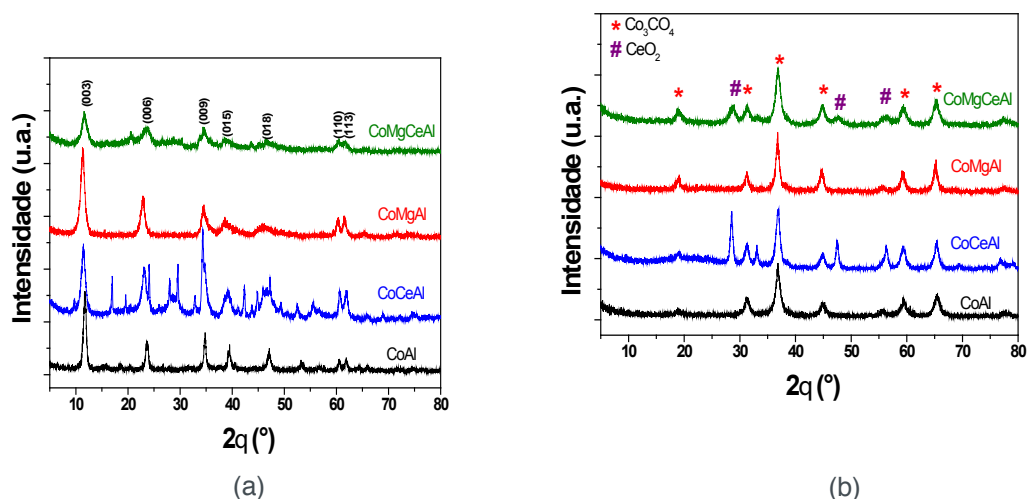


Figura 1. Difratogramas de raios-X das amostras: (a) recém-sintetizadas e (b) após calcinação a 600°C.

As amostras não calcinadas (Figura 1.a) apresentam picos simétricos para os planos basais (003), (006) e assimétricos para os planos (009), (015) e (018). Os planos (110) e (113) são característicos de compostos lamelares bem definidos, sugerindo dispersão dos íons metálicos nas camadas hidroxiladas em todas as amostras. Para a amostra CoAlCe-LDH, observou-se a formação da fase do hidróxido duplo lamelar  $\text{Co}_6\text{Al}_2\text{CO}_3(\text{OH})_{16}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$  (PDF#00-051-0045) e de carbonato de cério (IV),  $\text{Ce}(\text{CO}_3)_2$  (PDF#00-022-0542). Na amostra CoMgAlCe-LDH, além das fases acima, observou-se também picos de brucita,  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  (PDF#01-082-2455)

As amostras calcinadas (Figura 1.b) apresentaram picos característicos dos espinélio de cobalto ( $\text{Co}_3\text{O}_4$ ,  $\text{Co}_{3-x}\text{Mg}_x\text{O}_4$ ,  $\text{CoAl}_2\text{O}_4$  e  $\text{Co}_{1-x}\text{Mg}_x\text{Al}_2\text{O}_4$ ) em todos os catalisadores. Para as amostras da série contendo Cério, observaram-se picos referentes ao  $\text{CeO}_2$  (JCPDS 34-0394). Vários autores têm relatado a dificuldade de incorporação do Cério na estrutura das hidrotalcitas em uma única etapa na síntese por coprecipitação, tanto pelo efeito do raio iônico, quanto pelo efeito do estado de oxidação do  $\text{Ce}^{4+}$  (Mi *et al.*, 2018; Suárez-Quezada *et al.*, 2016).

A Tabela 1 apresenta os resultados de caracterização por adsorção de  $\text{N}_2$  e a composição dos catalisadores sintetizados. Observa-se que as amostras com Cério tiveram menores área  $S_{\text{BET}}$ .



Amostra	Razão molar	S <sub>BET</sub> (m <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> )	Sítios básicos (mmol g <sup>-1</sup> )	H <sub>2</sub> /Co
CoAl	2:1	96	0.65	1,33
CoMgAl	2:1:1	82	0.52	1,31
CoCeAl	3:0,2:0,8	73	0.82	1,11
CoMgCeAl	3:1:0,2:0,8	67	0.92	1,22

Tabela 1. Propriedades elementares, texturais, básicas e redox dos catalisadores.

O efeito da dopagem com Ce nos catalisadores contendo Co nas propriedades redox das amostras foi investigado por TPR-H<sub>2</sub>. Os perfis são apresentados na Figura 2.

A redução do Cobalto ocorre em dois picos de redução. A redução de Co<sup>2+</sup> em espinélios de diferentes composições, graus de cristalização e granulometria ocorre em temperaturas mais elevadas.

A redução de Co<sub>3</sub>O<sub>4</sub> ocorre em temperaturas mais baixas, em torno de 400 °C, em duas etapas de redução, correspondentes a Co<sub>3</sub>O<sub>4</sub> → CoO → Co. De acordo com Konsolakis *et al.*, (2017), o Cério pode apresentar dois picos principais a 550 e 750 °C que podem ser atribuídos à redução de espécies de oxigênio (Xu *et al.*, 2015; Mi *et al.*, 2018)

As razões de H<sub>2</sub>/Co obtidas na quantificação do consumo dos perfis de H<sub>2</sub> são coerentes com a presença de Co(II) e Co(III), sugerindo a formação de espinélios (Tabela 1).

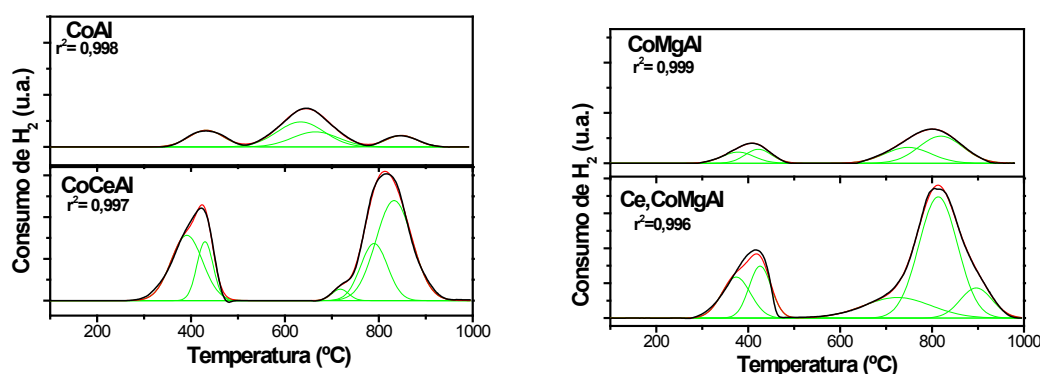


Figure 2. Perfil de consumo de H<sub>2</sub> para os catalisadores.

As propriedades básicas dos catalisadores de óxidos mistos foram investigadas por dessorção termoprogramada de CO<sub>2</sub> e os perfis são mostrados na Figura 3.

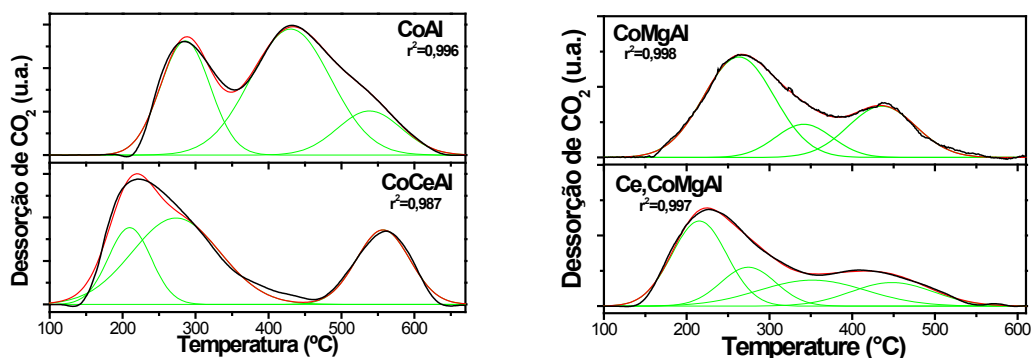
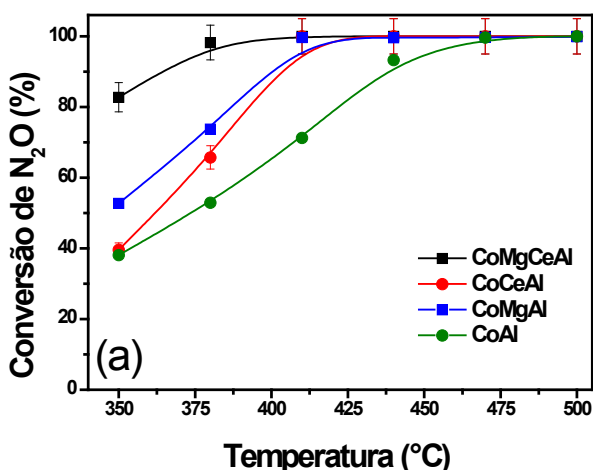


Figure 3. Perfil de dessorção de CO<sub>2</sub> para os catalisadores.

Os perfis de TPD-CO<sub>2</sub> de todos catalisadores apresentaram duas bandas largas, sugerindo a sobreposição de diferentes picos de dessorção de CO<sub>2</sub>, evidenciados após a deconvolução. Verificam-se bandas de dessorção de CO<sub>2</sub> com picos máximos de temperatura na faixa de 200-300°C, atribuídos aos sítios de fraca basicidade, e picos máximos de temperatura na faixa de 400 – 550 °C, que são atribuídos aos sítios básicos fortes. A presença de Mg nos catalisadores resultou no alargamento dos picos referentes aos sítios básicos de força moderada e forte. Os picos com máximos em 350°C são atribuídos aos sítios básicos moderados. Os catalisadores dopados com Cério apresentaram um aumento da basicidade total, como mostrado na Tabela 1.

### 3.2 Teste catalítico

Todos os catalisadores apresentaram atividade catalítica na decomposição do N<sub>2</sub>O, tendo o catalisador CoMgCeAl alcançado ~100 % de conversão estável na faixa de 380 - 500 °C (Figura 5a). Os catalisadores CoMgAl e CoCeAl atingiram 100 % de conversão a 410 °C, enquanto o catalisador CoAl, sem Mg e Ce, atingiu o máximo de conversão apenas na temperatura acima de 450 C.



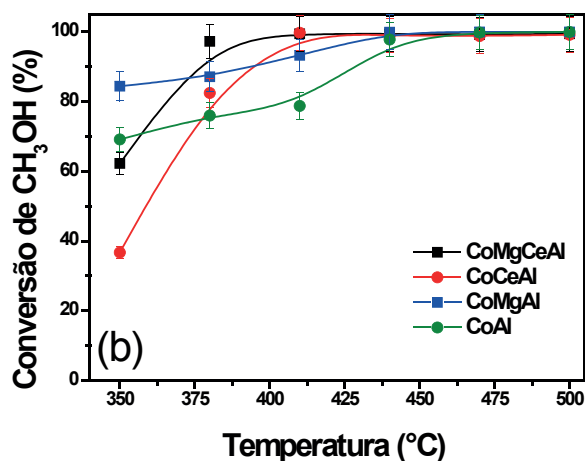
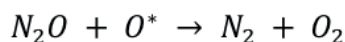
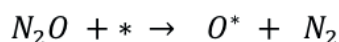


Figura 5. Conversão de (a)  $N_2O$  e (b)  $CH_3OH$  sobre os diferentes catalisadores. (Massa do catalisador = 200 mg; fluxo de gás= 50 mL/min; razão molar  $CH_2OH/N_2O= 3:1$ ).

Yu e Wang (2018), investigaram as energias de ativação aparente e as taxas de reação de decomposição de  $N_2O$  sobre  $Co_3O_4$  e descobriram que a contribuição da rota Eley-Rideal para a taxa total de reação é aumentada com a temperatura de reação ( $>450\text{ }^\circ\text{C}$ ), devido ao aumento dos sítios de reação pela recombinação de oxigênio interfacial para a recuperação do sítio ativo do óxido:



Na conversão do  $CH_3OH$  ocorre um perfil semelhante, com  $\sim 100\%$  a partir de  $380\text{ }^\circ\text{C}$  para  $CoMgCeAl$ , seguido de  $CoMgAl$  e  $CoCeAl$  que apresentaram  $\sim 100\%$  a  $410\text{ }^\circ\text{C}$  (Figura 5b).

O rendimento a formaldeído é crescente com o aumento da temperatura, atingindo  $\sim 72\%$  para  $CoMgCeAl$  e  $41\%$  para  $CoCeAl$  a  $500\text{ }^\circ\text{C}$ . Entretanto, os catalisadores sem Cério obtiveram maiores rendimentos a  $CH_2O$ , com melhor estabilidade na faixa de temperatura estudada, atingindo  $91\%$  e  $71\%$  para  $CoMgAl$  e  $CoAl$ , respectivamente (Figura 6).

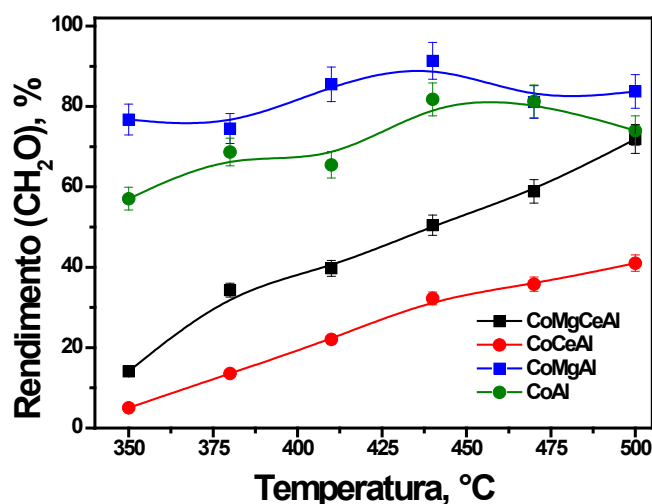
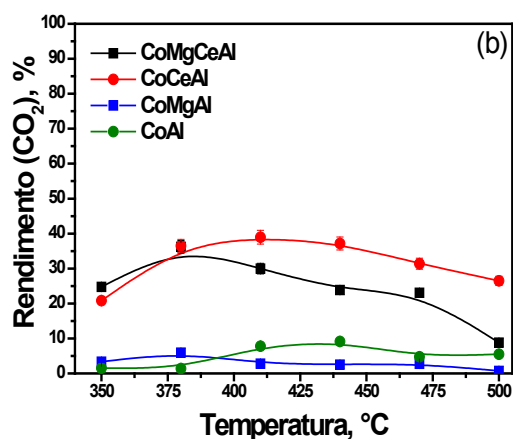
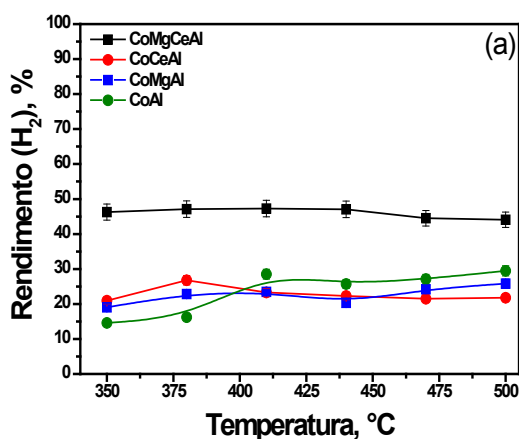


Figura 6. Rendimento a  $\text{CH}_2\text{O}$  sobre os diferentes catalisadores. (Massa do catalisador = 200 mg; fluxo de gás= 50 mL/min; razão molar  $\text{CH}_2\text{OH}/\text{N}_2\text{O}$ = 3:1).

O rendimento médio a  $\text{H}_2$  (350 – 500 °C) foi de 46 % e 22 % para CoMgCeAl e CoCeAl, respectivamente. A formação de  $\text{H}_2$  por desidrogenação do metanol a formaldeído (Equação 1), está relacionada ao aumento da basicidade dos catalisadores, conforme observado pelo TPD- $\text{CO}_2$ . O rendimento dos demais subprodutos da reação são apresentados na Figura 7a-c, na faixa de temperatura estudada.



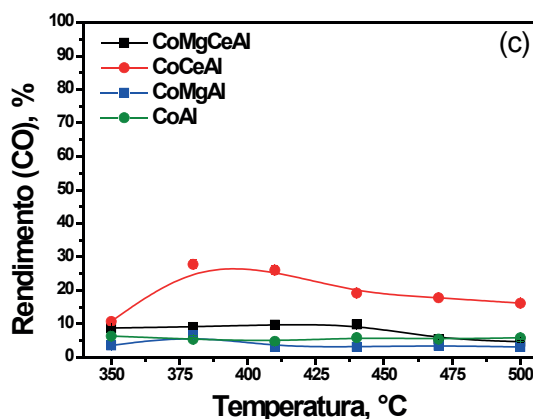
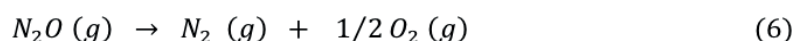
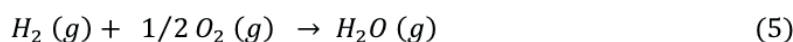
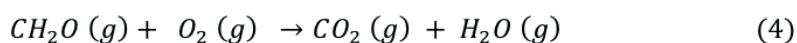
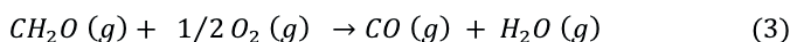
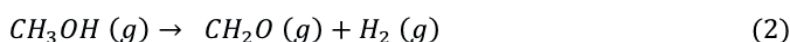


Figura 7. Rendimento em (a) H<sub>2</sub> (b) CO<sub>2</sub> e (c) CO sobre os diferentes catalisadores. (Massa do catalisador = 200 mg; fluxo de gás= 50 mL/min; razão molar CH<sub>2</sub>OH/N<sub>2</sub>O= 3:1).

Sugere-se que pode haver uma combinação de reações catalisadas por sítios redox e básicos, tais como:



Onde (1,3-6) ocorre preferencialmente em sítios redox e (2) em sítios básicos.

Os resultados apresentados indicam que a introdução de Ce favorece a conversão de N<sub>2</sub>O e do metanol na faixa de 350 – 410 °C, em comparação aos catalisadores sem Ce. No entanto, o rendimento de CH<sub>2</sub>O é diminuído devido ao aumento da produção de CO<sub>2</sub> e CO.

Assim, com base nos resultados apresentados, a presença de Ce no catalisador CoCeMgAl favorece a oxidação das espécies superficiais a CO e CO<sub>2</sub>, contribuindo para o consumo dos oxigênios ativados na superfície (reações 3 e 4) e conseqüentemente limitando a formação de H<sub>2</sub>O (reação 5) e liberando H<sub>2</sub> produzido nos sítios básicos (reação 2).

#### 4 | CONCLUSÃO

Os catalisadores contendo Ce melhoraram a conversão do N<sub>2</sub>O em baixas

temperaturas e favoreceu as reações de desidrogenação nos catalisadores contendo Mg, porém diminuiu o rendimento a formaldeído e aumentou os rendimentos a COx, provavelmente porque a oxidação do metanol competiu pelos sítios que geraram os oxigênios ativos da superfície.

Melhores rendimentos a formaldeído durante a conversão de metanol assistida por N<sub>2</sub>O foram obtidos com os catalisadores CoMgAl e CoAl, em toda faixa de temperatura estudada (350 - 500 °C). Sugere-se que a reação ocorre em uma combinação de sítios catalíticos redox e básicos.

## AGRADECIMENTO

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) pela bolsa de doutorado para O.S.S. e ao CNPq Proc. No. 05112/2015-5.

## REFERÊNCIAS

DAVIDSON, E. A., KANTER, D. **Inventories and scenarios of nitrous oxide emissions.** Environmental Research Letters, 9 105012, 2014.

FELLAH, M. F. **Direct oxidation of methanol to formaldehyde by N<sub>2</sub>O on [Fe]<sup>1+</sup> and [FeO]<sup>1+</sup> sites in Fe–ZSM-5 zeolite: A density functional theory study.** Journal of Catalysis, v. 282, p. 191–200, 2011.

GENNEQUIN, C., SIFFERT, S., COUSIN, R., ABOUKAÏS, A. **Co–Mg–Al Hydrotalcite Precursors for Catalytic Total Oxidation of Volatile Organic Compounds.** Topics in Catalysis, v.52, p. 482-491, 2009.

KONSOLAKIS, M., CARABINEIRO, S. A. C., MARNELLOS, G. E., ASAD, M. F., SOARES, O. S. G. P., PEREIRA, M. F. R., ÓRFÃO, J. J. M., FIGUEIREDO, L. **Effect of cobalt loading on the solid state properties and ethyl acetate oxidation performance of cobalt-cerium mixed oxides.** Journal of Colloid and Interface Science, v. 496, p. 141-149, 2017.

MI, J., CAO, Y., ZHANG, J., MA, Y., CHEN, C., LI, D., LIN, X., JIANG, L. **Effect of Ce modification on the structural and catalytic property of Co-Mo/Mg(Al)O catalyst for water-gas shift reaction.** Applied Catalysis A: General, v. 553, p. 36-42, 2018.

MI, J., LAN, Z., CHEN, J., CAO, Y., JIANG, L. **MgAl-LDO mixed oxide derived from layered double hydroxide: A potential support for CoMo sulfur-resistant water-gas shift catalyst.** Catalysis Communications, v. 78, p. 44-47, 2016.

PÉREZ-RAMÍREZ, J., GAL-LLAMAS, A. **N<sub>2</sub>O-mediated propane oxidative dehydrogenation over steam-activated iron zeolites.** Journal of Catalysis, v. 223, p. 382–388, 2004.

SANTOS, O. S., MASCARENHAS, A. J. S., ANDRADE, H. M. C. **N<sub>2</sub>O-assisted methanol selective oxidation to formaldehyde on cobalt oxide catalysts derived from layered double hydroxides.** Catalysis Communications, v. 113, p. 32-35, 2018.

STELMACHOWSKI, P., MANIAK, G., KACZMARCZYK, J., ZASADA, F., PISKORZ, W., KOTARBA, A., SOJKA, Z. **Mg and Al substituted cobalt spinels as catalysts for low temperature deN<sub>2</sub>O— Evidence for octahedral cobalt active sites.** Applied Catalysis B: Environmental, v. 146, p. 105-111, 2014.



SUÁREZ-QUEZADA, M., ROMERO-ORTIZ, G., SUÁREZ, V., MORALES-MENDOZA, G., LARTUNDO-ROJAS, L. NAVARRO-CERÓN, E., TZOMPANTZI, F., ROBLES, S. GÓMEZ, R., MANTILLA, A. **Photodegradation of phenol using reconstructed Ce doped Zn/Al layered double hydroxides as photocatalysts.** *Catalysis Today*, v. 271, p. 213–219, 2016.

XU, L., ZHANG, J., WANG, F., YUAN, K., WANG, L., WU, K., XU, G., CHEN, W. **One-step synthesis of ordered mesoporous  $\text{CoAl}_2\text{O}_4$  spinel-based metal oxides for  $\text{CO}_2$  reforming of  $\text{CH}_4$ .** *RSC Advances*, v. 5, p. 48256-48268, 2015.

YU, H., WANG, X., **Apparent activation energies and reaction rates of  $\text{N}_2\text{O}$  decomposition via different routes over  $\text{Co}_3\text{O}_4$ .** *Catalysis Communications*, v. 106, p. 40-43, 2018.

## **SOBRE O ORGANIZADOR**

**CLEBERTON CORREIA SANTOS-** Graduado em Tecnologia em Agroecologia, mestre e doutor em Agronomia (Produção Vegetal). Tem experiência nas seguintes áreas: agricultura familiar, indicadores de sustentabilidade de agroecossistemas, uso e manejo de resíduos orgânicos, propagação de plantas, manejo e tratos culturais em horticultura geral, plantas medicinais exóticas e nativas, respostas morfofisiológicas de plantas ao estresse ambiental, nutrição de plantas e planejamento e análises de experimentos agropecuários.

(E-mail: cleber\_frs@yahoo.com.br) – ORCID: 0000-0001-6741-2622

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Agricultura 30, 38, 42, 43, 44, 45, 46, 52, 53, 56, 57, 77, 106, 110, 112, 141, 280, 281, 286, 287, 289, 333, 408

Agricultura de precisão 56, 289

Astrobiologia 116, 117, 118, 119, 121, 122, 123, 124

Atividade fotocatalítica 301

### B

Bagaço de cana 64, 230, 233

### C

Campo magnético estático 77, 83

Catalisador ácido sólido 157, 159

Celulose 65, 230, 231, 232, 233, 234, 235, 236

Compostos fenólicos 36, 385, 386, 387, 393, 394

Copolímeros 339, 340, 341, 342, 343, 344

Cromatografia 96, 97, 100, 105, 233, 234, 387, 399

### D

Desenvolvimento tecnológico 373

### E

Educação 1, 11, 25, 28, 30, 35, 37, 39, 41, 49, 50, 51, 52, 106, 107, 108, 109, 114, 115, 116, 117, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 126, 137, 148, 149, 152, 153, 154, 155, 156, 168, 169, 177, 178, 179, 245, 246, 260, 261, 262, 263, 268, 290, 291, 325, 327, 328, 329, 337, 338, 356, 357, 358, 360, 361, 362, 363, 364, 365, 366, 369, 370, 371, 372, 373, 374, 375, 376, 377, 378, 380, 381, 382, 383, 384

Eletroforese 96, 97, 102

Energia solar 347, 348, 349, 350, 354, 355

Ensino de matemática 51, 114

Estratégias regionais de inovação 20, 21

### G

Geotecnologias 52, 53, 56, 57

### H

Hidrólise 96, 230, 231, 232, 233, 234, 235, 236

## **I**

Íons metálicos 62, 64, 65, 69, 400

## **M**

Metátese 339, 340, 341, 346

Minigeração 347, 349, 350, 354, 355

## **N**

Nanopartículas 186

Norborneno 339, 340, 341

## **O**

Oxidação seletiva de metanol 397, 399

## **P**

Planejamento territorial 52, 53, 55

Planetário 116, 117, 118, 119, 122, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155

Poliméricas 157, 159, 161, 163, 183, 188

## **R**

Resina polimérica 157, 159, 160, 163, 164

## **S**

Saber popular 1, 3, 4

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-621-8

