

# Meio Ambiente e Sustentabilidade

pesquisa, reflexões e diálogos emergentes

Volume III



Organizadores

Yáscara Maia Araújo de Brito

Higor Costa de Brito

Isabel Lausanne Fontgalland



**AMPLLA**  
EDITORA



# Meio Ambiente e Sustentabilidade

pesquisa, reflexões e diálogos emergentes

Volume III



Organizadores

Yáscara Maia Araújo de Brito

Higor Costa de Brito

Isabel Lausanne Fontgalland



**AMPLLA**  
EDITORA



**2022 - Editora Amplla**

**Copyright ©** Editora Amplla

**Editor Chefe:** Leonardo Pereira Tavares

**Design da Capa:** Editora Amplla

**Diagramação:** Higor Costa de Brito

**Meio ambiente e sustentabilidade: pesquisas, reflexões e diálogos emergentes – Volume III** está licenciado sob CC BY 4.0.



Esta licença exige que as reutilizações deem crédito ao criador. Ele permite que os reutilizadores distribuam, remixem, adaptem e construam o material em qualquer meio ou formato, mesmo para fins comerciais.

O conteúdo da obra e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, não representando a posição oficial da Editora Amplla. É permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores. Todos os direitos para esta edição foram cedidos à Editora Amplla.

**ISBN:** 978-65-5381-090-7

**DOI:** 10.51859/amplla.mas2407-0

**Editora Amplla**

Campina Grande – PB – Brasil  
contato@ampllaeditora.com.br  
www.ampllaeditora.com.br



**2022**

# CONSELHO EDITORIAL

Andréa Cátia Leal Badaró – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Andréia Monique Lermen – Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Antoniele Silvana de Melo Souza – Universidade Estadual do Ceará  
Aryane de Azevedo Pinheiro – Universidade Federal do Ceará  
Bergson Rodrigo Siqueira de Melo – Universidade Estadual do Ceará  
Bruna Beatriz da Rocha – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais  
Bruno Ferreira – Universidade Federal da Bahia  
Caio Augusto Martins Aires – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Caio César Costa Santos – Universidade Federal de Sergipe  
Carina Alexandra Rondini – Universidade Estadual Paulista  
Carla Caroline Alves Carvalho – Universidade Federal de Campina Grande  
Carlos Augusto Trojaner – Prefeitura de Venâncio Aires  
Carolina Carbonell Demori – Universidade Federal de Pelotas  
Cícero Batista do Nascimento Filho – Universidade Federal do Ceará  
Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Dandara Scarlet Sousa Gomes Bacelar – Universidade Federal do Piauí  
Daniela de Freitas Lima – Universidade Federal de Campina Grande  
Darlei Gutierrez Dantas Bernardo Oliveira – Universidade Estadual da Paraíba  
Denise Barguil Nepomuceno – Universidade Federal de Minas Gerais  
Diogo Lopes de Oliveira – Universidade Federal de Campina Grande  
Dylan Ávila Alves – Instituto Federal Goiano  
Edson Lourenço da Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí  
Elane da Silva Barbosa – Universidade Estadual do Ceará  
Érica Rios de Carvalho – Universidade Católica do Salvador  
Fernanda Beatriz Pereira Cavalcanti – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”  
Fredson Pereira da Silva – Universidade Estadual do Ceará  
Gabriel Gomes de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas  
Gilberto de Melo Junior – Instituto Federal do Pará  
Givanildo de Oliveira Santos – Instituto Brasileiro de Educação e Cultura  
Higor Costa de Brito – Universidade Federal de Campina Grande  
Isabel Fontgalland – Universidade Federal de Campina Grande  
Isane Vera Karsburg – Universidade do Estado de Mato Grosso  
Israel Gondres Torné – Universidade do Estado do Amazonas  
Ivo Batista Conde – Universidade Estadual do Ceará  
Jaqueline Rocha Borges dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Jessica Wanderley Souza do Nascimento – Instituto de Especialização do Amazonas  
João Henriques de Sousa Júnior – Universidade Federal de Santa Catarina  
João Manoel Da Silva – Universidade Federal de Alagoas  
João Vitor Andrade – Universidade de São Paulo  
Joilson Silva de Sousa – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
José Cândido Rodrigues Neto – Universidade Estadual da Paraíba  
Jose Henrique de Lacerda Furtado – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
Josenita Luiz da Silva – Faculdade Frassinetti do Recife  
Josiney Farias de Araújo – Universidade Federal do Pará  
Karina de Araújo Dias – SME/Prefeitura Municipal de Florianópolis  
Katia Fernanda Alves Moreira – Universidade Federal de Rondônia  
Laís Portugal Rios da Costa Pereira – Universidade Federal de São Carlos  
Laíze Lantyer Luz – Universidade Católica do Salvador  
Lindon Johnson Pontes Portela – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Luana Maria Rosário Martins – Universidade Federal da Bahia  
Lucas Araújo Ferreira – Universidade Federal do Pará  
Lucas Capita Quarto – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Lúcia Magnólia Albuquerque Soares de Camargo – Unifacisa Centro Universitário



Luciana de Jesus Botelho Sodré dos Santos – Universidade Estadual do Maranhão  
Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas  
Luiza Catarina Sobreira de Souza – Faculdade de Ciências Humanas do Sertão Central  
Manoel Mariano Neto da Silva – Universidade Federal de Campina Grande  
Marcelo Alves Pereira Eufrazio – Centro Universitário Unifacisa  
Marcelo Williams Oliveira de Souza – Universidade Federal do Pará  
Marcos Pereira dos Santos – Faculdade Rachel de Queiroz  
Marcus Vinicius Peralva Santos – Universidade Federal da Bahia  
Maria Carolina da Silva Costa – Universidade Federal do Piauí  
Marina Magalhães de Moraes – Universidade Federal do Amazonas  
Mário César de Oliveira – Universidade Federal de Uberlândia  
Michele Antunes – Universidade Feevale  
Milena Roberta Freire da Silva – Universidade Federal de Pernambuco  
Nadja Maria Mourão – Universidade do Estado de Minas Gerais  
Natan Galves Santana – Universidade Paranaense  
Nathalia Bezerra da Silva Ferreira – Universidade do Estado do Rio Grande do Norte  
Neide Kazue Sakugawa Shinohara – Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Neudson Johnson Martinho – Faculdade de Medicina da Universidade Federal de Mato Grosso  
Patrícia Appelt – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Paula Milena Melo Casais – Universidade Federal da Bahia  
Paulo Henrique Matos de Jesus – Universidade Federal do Maranhão  
Rafael Rodrigues Gomides – Faculdade de Quatro Marcos  
Reângela Cíntia Rodrigues de Oliveira Lima – Universidade Federal do Ceará  
Rebeca Freitas Ivanicska – Universidade Federal de Lavras  
Renan Gustavo Pacheco Soares – Autarquia do Ensino Superior de Garanhuns  
Renan Monteiro do Nascimento – Universidade de Brasília  
Ricardo Leoní Gonçalves Bastos – Universidade Federal do Ceará  
Rodrigo da Rosa Pereira – Universidade Federal do Rio Grande  
Rubia Katia Azevedo Montenegro – Universidade Estadual Vale do Acaraú  
Sabryna Brito Oliveira – Universidade Federal de Minas Gerais  
Samuel Miranda Mattos – Universidade Estadual do Ceará  
Shirley Santos Nascimento – Universidade Estadual Do Sudoeste Da Bahia  
Silvana Carlotto Andres – Universidade Federal de Santa Maria  
Silvio de Almeida Junior – Universidade de Franca  
Tatiana Paschoalette R. Bachur – Universidade Estadual do Ceará | Centro Universitário Christus  
Telma Regina Stroparo – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Thayla Amorim Santino – Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Thiago Sebastião Reis Contarato – Universidade Federal do Rio de Janeiro  
Virgínia Maia de Araújo Oliveira – Instituto Federal da Paraíba  
Virginia Tomaz Machado – Faculdade Santa Maria de Cajazeiras  
Walmir Fernandes Pereira – Miami University of Science and Technology  
Wanessa Dunga de Assis – Universidade Federal de Campina Grande  
Wellington Alves Silva – Universidade Estadual de Roraima  
Yáscara Maia Araújo de Brito – Universidade Federal de Campina Grande  
Yasmin da Silva Santos – Fundação Oswaldo Cruz  
Yuciara Barbosa Costa Ferreira – Universidade Federal de Campina Grande



**2022 - Editora Amplla**

**Copyright ©** Editora Amplla

**Editor Chefe:** Leonardo Pereira Tavares

**Design da Capa:** Editora Amplla

**Diagramação:** Higor Costa de Brito

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

Meio ambiente e sustentabilidade [livro eletrônico]: pesquisas, reflexões e diálogos emergentes / organização Yáscara Maia Araújo de Brito, Higor Costa de Brito, Isabel Lausanne Fontgalland. -- Campina Grande : Editora Amplla, 2022.  
v. 3

Formato: PDF

ISBN: 978-65-5381-090-7

1. Recursos naturais. 2. Meio ambiente - Conservação e desenvolvimento. I. Brito, Yáscara Maia Araújo de. II. Brito, Higor Costa de. III. Fontgalland, Isabel Lausanne. IV. Título.

CDD-577

Sueli Costa - Bibliotecária - CRB-8/5213  
(SC Assessoria Editorial, SP, Brasil)

### **Índices para catálogo sistemático:**

1. Meio ambiente 577

**Editora Amplla**

Campina Grande – PB – Brasil  
contato@ampllaeditora.com.br  
www.ampllaeditora.com.br



**2022**



# PREFÁCIO

As mudanças nos padrões de consumo humano, com o advento da revolução industrial e a consequente chegada do século XXI, vem causando modificações ambientais cada vez mais intensas. Tais mudanças na forma como as pessoas estão consumindo, atreladas ao crescimento demográfico que impulsiona uma urbanização não planejada, desencadeiam uma exploração exacerbada dos recursos naturais e consequentes aumentos nos níveis de poluição global.

Esse cenário descrito anteriormente que integra o crescimento populacional, uma maior exploração dos recursos ambientais e aumento da poluição, culmina em uma crise ambiental. Para tentar mitigar tal cenário, surge a necessidade de equilíbrio entre os pilares econômico, social e ambiental para desenvolvimento da sociedade. Verifica-se uma priorização da ascensão econômica em detrimento da preservação ambiental e da igualdade social.

Para tentar mitigar ou eliminar os impactos negativos causados, sobretudo em se tratando de meio ambiente, entre o final do século XX e início do século XXI, surgiram os conceitos de gestão ambiental e desenvolvimento sustentável. Tais conceituações não buscam a conservação ambiental em detrimento do desenvolvimento da economia e do aumento dos problemas sociais, mas defende que haja um equilíbrio entre os três pilares.

Para tanto, são retratados nesta coletânea mais de 30 capítulos voltados para o diagnóstico das condições ambientais na atualidade, que demonstram o quanto as ações antrópicas estão modificando o meio, com poucas ações que visam à preservação deste. Em contrapartida, são apresentadas tecnologias que, se aplicadas em larga escala, tendem a reduzir drasticamente os impactos na exploração de recursos ambientais como também nos níveis de poluição causados. Tais tecnologias, quando aliadas à uma gestão ambiental eficiente por parte dos tomadores de decisão, tendem a alcançar o objetivo proposto pelo desenvolvimento sustentável e assim mitigar muitos dos problemas ambientais e sociais crescentes.

Diante do exposto, surgiu a necessidade da publicação de um terceiro volume para compor a coletânea “Meio ambiente e sustentabilidade: pesquisa, reflexões e

diálogos emergentes”, que tem como motivação dispor um conteúdo acadêmico de grande relevância para impulsionar os leitores e outros pesquisadores a abordar cada vez mais temáticas que buscam a preservação ambiental.

Os organizadores do livro, em conjunto com todos os autores dos capítulos, esperam que os trabalhos aqui publicados contribuam para despertar o conhecimento, o senso crítico e novas reflexões voltadas ao desenvolvimento de práticas que busquem a conservação do Meio Ambiente a partir de novas perspectivas.

Desejamos uma ótima leitura!

Yáscara Maia Araújo de Brito

*Doutora em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais  
Professora nos Departamentos de Engenharia Civil da UEPB e UFCG*



# SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO I - PARA ALÉM DO CÓDIGO FLORESTAL E DAS UNIDADES DE CONSERVAÇÃO: MECANISMOS DE PROTEÇÃO AMBIENTAL APLICÁVEIS NA CAATINGA.....</b>	<b>10</b>
<b>CAPÍTULO II - REURBANIZAÇÃO DO RECIFE: REFLEXÃO SOBRE AS REDES DE DRENAGEM JUNTO ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS ..31</b>	
<b>CAPÍTULO III - LEVANTAMENTO DO IMPACTO NA QUALIDADE DO AR EM TEMPOS DE PANDEMIA EM CIDADES BRASILEIRAS QUE TEM MONITORAMENTO .....</b>	<b>42</b>
<b>CAPÍTULO IV - CONTRIBUIÇÕES DA REGULARIZAÇÃO FUNDIÁRIA URBANA EM ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE PARA O OBJETIVO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL 11 .....</b>	<b>61</b>
<b>CAPÍTULO V - BASES TEÓRICAS E METODOLÓGICA NA ELABORAÇÃO DE INDICADORES PARA OBTENÇÃO DA QUALIDADE AMBIENTAL URBANA .....</b>	<b>74</b>
<b>CAPÍTULO VI - ESTUDO DA TENDÊNCIA DAS CHUVAS PARA A REGIÃO SUDESTE DO BRASIL .....</b>	<b>91</b>
<b>CAPÍTULO VII - EMISSÃO DE CO2 POR VEÍCULOS PESADOS DE TRANSPORTE RODOVIÁRIO DE CARGA .....</b>	<b>105</b>
<b>CAPÍTULO VIII - TENDÊNCIAS DO TRATAMENTO ANAERÓBIO DE EFLUENTES DA INDÚSTRIA DE CERVEJAS: ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA.....</b>	<b>118</b>
<b>CAPÍTULO IX - SEGURANÇA NA PRODUÇÃO DE ENERGIA NUCLEAR .....</b>	<b>154</b>
<b>CAPÍTULO X - SABERES DA NATUREZA: A CONTRIBUIÇÃO DOS INDÍGENAS TERENA PARA A EDUCAÇÃO AMBIENTAL .....</b>	<b>170</b>
<b>CAPÍTULO XI - AS CONTRIBUIÇÕES DOS CONHECIMENTOS TRADICIONAIS INDÍGENAS PARA A EDUCAÇÃO AMBIENTAL BRASILEIRA.....</b>	<b>182</b>
<b>CAPÍTULO XII - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA DE FITOPATOGÊNOS EM <i>ORCHIDACEAE</i>.....</b>	<b>198</b>
<b>CAPÍTULO XIII - AMAZÔNIA MARANHENSE, CERRADO E COMUNIDADES: O “OLHAR” DO DESIGN SOBRE O CONTEXTO AMBIENTAL .....</b>	<b>217</b>
<b>CAPÍTULO XIV - PERCEPÇÃO DOS USUÁRIOS SOBRE OS IMPACTOS CAUSADOS DURANTE O PERÍODO DE VERANEIO À PRAIA DO CACAU NO MUNICÍPIO DE IMPERATRIZ – MA .....</b>	<b>233</b>
<b>CAPÍTULO XV - SUSTENTABILIDADE DE CONCRETOS COM AGREGADOS RESIDUAIS E POZOLANAS.....</b>	<b>247</b>
<b>CAPÍTULO XVI - ESTUDO DA VIABILIDADE DO POLÍMERO DERIVADO DA GARRAFA PET PARA FABRICAÇÃO DE TIJOLO ECOLÓGICO.....</b>	<b>268</b>
<b>CAPÍTULO XVII - MEIO AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE MODIFICADOS PELA IMPLANTAÇÃO DE OBRAS DE PONTES EM CONCRETO ARMADO.....</b>	<b>277</b>
<b>CAPÍTULO XVIII - SUSTENTABILIDADE DE CONCRETOS COM A UTILIZAÇÃO DE POZOLANAS.....</b>	<b>292</b>
<b>CAPÍTULO XIX - UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS NO CONCRETO: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>312</b>
<b>CAPÍTULO XX - O USO DO REJEITO DE MINÉRIO DE BAUXITA: UMA BREVE REVISÃO.....</b>	<b>328</b>
<b>CAPÍTULO XXI - MÉTODO DE PRECIPITAÇÃO DE CALCITA INDUZIDA MICROBIANAMENTE EM ARGAMASSA DE REPARO .....</b>	<b>344</b>

<b>CAPÍTULO XXII - DIAGNÓSTICO DOS SISTEMAS DE GUARDA TEMPORÁRIA DE LIXO EM EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS NA CIDADE DO RECIFE/PE .....</b>	<b>361</b>
<b>CAPÍTULO XXIII - AUXINA COMO AGENTE AMENIZADOR DO ESTRESSE SALINO EM DUAS ESPÉCIES DE GRAMÍNEAS FORRAGEIRAS .....</b>	<b>373</b>
<b>CAPÍTULO XXIV - GERMINAÇÃO, CRESCIMENTO E EQUILÍBRIO IÔNICO EM DUAS ESPÉCIES DE GRAMÍNEAS FORRAGEIRAS SUBMETIDAS A DIFERENTES NÍVEIS DE SALINIDADE DO SOLO .....</b>	<b>389</b>
<b>CAPÍTULO XXV - SAÚDE DO MEIO AMBIENTE, EDUCAÇÃO AMBIENTAL E SUSTENTABILIDADE: DO INTERESSE DIGITAL AO ENSINO SUPERIOR NO BRASIL .....</b>	<b>400</b>
<b>CAPÍTULO XXVI - LEVANTAMENTO DE CASOS DE DENGUE NO MUNICÍPIO DE PARANAÍTA-MT .....</b>	<b>411</b>
<b>CAPÍTULO XXVII - ENTRE O INTERESSE PÚBLICO E O PRIVADO: UMA ANÁLISE DAS POLÍTICAS DE RECURSOS HÍDRICOS E DE IRRIGAÇÃO NO VALE DO SÃO FRANCISCO .....</b>	<b>420</b>
<b>CAPÍTULO XXVIII - CARACTERES FENOTÍPICOS DE OITO ESPÉCIES E DOIS HÍBRIDOS DE ORQUÍDEAS DO GÊNERO <i>CATASETUM</i>.....</b>	<b>436</b>
<b>CAPÍTULO XXIX - POLISSOMATIA: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>449</b>
<b>CAPÍTULO XXX - GERMINAÇÃO <i>IN VITRO</i> DE <i>EPIDENDRUM RADICANS</i> EM DIFERENTES POTENCIAIS HIDROGENIÔNICOS EM MEIO DE CULTURA ALTERNATIVO .....</b>	<b>457</b>
<b>CAPÍTULO XXXI - ENDOPOLIPLOIDIA: UMA REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>471</b>



# CAPÍTULO I

## PARA ALÉM DO CÓDIGO FLORESTAL E DAS UNIDADES DE CONSERVAÇÃO: MECANISMOS DE PROTEÇÃO AMBIENTAL APLICÁVEIS NA CAATINGA

BEYOND THE FOREST CODE AND CONSERVATION UNITS: APPLICABLE ENVIRONMENTAL PROTECTION MECHANISMS IN THE CAATINGA

DOI: 10.51859/AMPLA.MAS2407-1

Éder Guedes Freitas <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Geógrafo, na Superintendência do Patrimônio da União em Sergipe. Doutorando, pelo programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Ceará.

### RESUMO

A caatinga sofreu enorme degradação decorrente do processo de uso e ocupação desordenado e da inexistência de legislação voltada a sua proteção, deixando visível uma aparente ausência de mecanismos legais voltados a proteção, regulação e ordenamento territorial na região. Os trabalhos produzidos destacam o binômio legal constituído pelo Código Florestal e SNUC para evidenciar o grau e efetividade de proteção do bioma. Assim, o presente trabalho objetiva analisar o tratamento dado à vegetação, partindo dos normativos vigentes, onde constatou-se a existência de diversos mecanismos voltados a conservação da vegetação, evidenciando-se a baixa efetividade em sua aplicação devido, a dispersão dos normativos bem como a ausência de interesse e estrutura técnica local, impedem a efetiva aplicação dos mecanismos existentes, o que ameaça a proteção do bioma face às atividades predatórias e aos quadros de degradação ambiental decorrentes.

**Palavras-chave:** Proteção ambiental. Legislação. Regulamentação ambiental.

### ABSTRACT

The caatinga has suffered enormous degradation in the last centuries, due to the disorderly use and occupation process and the lack of specific legislation, aimed at the protection and conservation of the biome, leaving visible an apparent absence of legal mechanisms aimed at the protection, regulation and ordering of the use and occupation in the region. The works already produced highlight the legal binomial constituted by the Forest Code and SNUC to show the degree and effectiveness of the protection of native vegetation. Therefore, the present study aimed to analyze the treatment given to vegetation, starting from the current regulations, where it was found the existence of several mechanisms aimed at the conservation of vegetation, however, it showed low effectiveness in its application due, above all, to the dispersion of the regulations. As well as the lack of interest and local technical structure prevents the effective application of the existing mechanisms, which threatens the protection of the biome in the face of predatory activities and the resulting environmental degradation.

**Keywords:** Environmental protection. Legislation. Environmental regulation.



## 1. INTRODUÇÃO

O bioma caatinga, localizado quase que inteiramente na região nordeste do Brasil, ocupa uma área de aproximadamente 826.411 km<sup>2</sup>, o equivalente a aproximadamente 11% do território nacional (HAUFF, 2010; MMA, 2010; SEYFFARTH e RODRIGUES, 2017) e é considerado como o único bioma exclusivamente brasileiro. Estende-se por praticamente todo o estado do Ceará (cerca de 92%), mais de metade dos estados do Rio Grande do Norte (95%), Paraíba (92%), Pernambuco (83%), Piauí (63%) e Bahia (54%), e quase a metade de Alagoas (48%) e Sergipe (49%), além de pequenas porções de Minas Gerais (2%) e do Maranhão (1%), (MMA, 2011).

Desde o início de sua ocupação, a vegetação da caatinga tem sido intensamente modificada pelas atividades humanas (CASTELETTI et. al., 2003; SÁ et. al. 2010), sobretudo pela expansão da pecuária, a partir de meados o século XVII, a qual tem contribuído para transformar extensas áreas da caatinga em pastagens (ALVES, 2009; MMA, 2011). Além disso, as práticas agrícolas convencionais utilizadas, inclusive nos dias de hoje, em desconsideração à capacidade de suporte do ambiente, bem como a utilização de técnicas de manejo inadequadas, também têm contribuído na redução das áreas de vegetação nativa do bioma e, conseqüentemente, resultando na degradação dos solos do semiárido (SÁ et. al. 2010).

Apesar de sua importância no cenário socioeconômico regional, a forma como se desenvolveu a atividade agropecuária resultou em um padrão de ocupação territorial desordenado e impactante, cujos reflexos se fizeram sentir na diminuição da biodiversidade regional (MMA, 2007). Segundo MMA (2011), conforme dados levantados pelo projeto RADAMBRASIL, a cobertura vegetal nativa do bioma Caatinga, para o ano de 1984, foi estimada em cerca de 68% da área do bioma. Situação diferente é apontada para o ano de 1990, onde foi apontada uma redução significativa da cobertura florestal remanescente, a qual representava cerca de 47% da área total do bioma.

Franca-Rocha, et. al. (2007) destacam que, apesar dos dados apresentados, nos dois levantamentos, indicarem uma enorme redução da vegetação nativa em um curto espaço de tempo, seis anos, os dados apresentados pelo RADAMBRASIL, foram obtidos





ao longo de duas décadas, de forma que essa variação na cobertura vegetal entre ambos os levantamentos reflete, na verdade, um período maior.

Estimativas mais recentes, apresentadas pelo IBAMA (2010a, b), por meio da utilização de imagens de satélite, trabalhadas em uma escala de detalhamento de 1:50.000, indicavam uma área de cobertura vegetal remanescente de cerca de 55,67% da área total do bioma, em 2002, contra 53,62%, em 2008, e 53,38%, em 2009 (conforme apresentado na Tabela 1). Em números absolutos, a redução da cobertura vegetal da caatinga, no período de 2002 a 2009 foi de 18.497,03 km<sup>2</sup>, passando de 460.063 km<sup>2</sup> para 441.117,88 km<sup>2</sup>, no período analisado, o que representa uma perda média da ordem de 2.642,43 km<sup>2</sup> de vegetação por ano.

Tabela 1 – Desmatamento da vegetação de caatinga por estado.

Estado	Caatinga (km <sup>2</sup> )	Desmatamento (km <sup>2</sup> )			Percentual de desmatamento		
		Até 2002	2002-2008	2008-2009	Até 2002	2002-2008	2008-2009
Alagoas	13.000,00	10.320,00	353,00	23,85	79,38%	0,04%	0,18%
Bahia	300.967,00	149.619,00	4.527,00	638,35	49,71%	0,55%	0,21%
Ceará	147.675,00	54.735,00	4.132,00	440,19	37,06%	0,50%	0,30%
Maranhão	3.753,00	1.134,00	97,00	32,32	30,22%	0,01%	0,86%
Minas Gerais	11.100,00	5.371,00	359,00	15,16	48,39%	0,04%	0,14%
Paraíba	51.357,00	22.342,00	1.013,00	91,89	43,50%	0,12%	0,18%
Pernambuco	81.141,00	41.159,00	2.204,00	167,77	50,73%	0,27%	0,21%
Piauí	157.985,00	45.754,00	2.586,00	408,92	28,96%	0,31%	0,26%
Rio Grande do Norte	49.402,00	21.418,00	1.142,00	98,19	43,35%	0,14%	0,20%
Sergipe	10.027,00	6.683,00	157,00	4,39	66,65%	0,02%	0,04%
TOTAL	826.411,00*	358.540,00	16.576,00	1.921,18	43,38%	2,00%	2,58%

Fonte: IBAMA, 2010a, b. \*área do bioma segundo IBAMA, 2010a, b.

Analisando a situação por estado, observa-se que os Estados da Bahia, Ceará, Piauí e Pernambuco, respondem, em números absolutos, por mais da metade dos valores de desmatamento registrados para os três períodos analisados, respectivamente, 291.267,00 km<sup>2</sup>, 3.449,00 km<sup>2</sup> e 1.655,23 km<sup>2</sup> de área de vegetação nativa desmatada. Em termos percentuais, contudo, a situação apresentada é um pouco distinta: até o ano de 2002, os estados que tiveram as maiores reduções apresentadas foram Alagoas, Sergipe, Pernambuco, Bahia e Minas Gerais, respectivamente, com

79,38%, 66,65%, 50,73%, 49,71% e 48,39%, enquanto que o levantamento realizado para os anos de 2008 e 2009, mostra os estados do Maranhão, Ceará, Piauí, Bahia e Pernambuco, respectivamente, com 0,86%, 0,30%, 0,26%, 0,21% e 0,21% (conforme os dados apresentados na Tabela 1).

Para Seyffarth e Rodrigues (2017) desde o início do processo de colonização, a biodiversidade da Caatinga vem sofrendo uma série de impactos relacionados com o processo de desertificação. Sá et. al. (2010) e Sampaio et. al. (2005), destacam a importância da cobertura vegetal de caatinga na preservação dos ambientes semiáridos a qual desempenha o papel de protetor do solo contra os efeitos diretos dos agentes do clima, reduzindo a sua degradação.

O uso indiscriminado dos recursos florestais através da supressão da vegetação em grandes extensões para a conversão em áreas de agricultura e pastagens, da prática de queimadas, da extração de lenha sem planejamento, da abertura de áreas para mineração ou do excesso de carga animal em áreas de vegetação natural da Caatinga, têm efeitos negativos sobre a estabilidade e a capacidade regenerativa dos solos e da vegetação, prejudicando a regeneração natural e dificultando a permeabilidade dos solos (MMA, 2011, p. 26).

Sendo considerada a região semiárida mais populosa do mundo, com seus 27 milhões de habitantes (HAUFF, 2010), tem na exploração dos recursos naturais a base de sustentação de sua economia, sobretudo na exploração da vegetação nativa para a produção de lenha e carvão vegetal que atendem a demanda de pequenas empresas locais – como padarias, queijarias, restaurantes e casas de farinha, supre energia para a secagem de grãos e fumo e abastece indústrias, dentre outras atividades – que faz parte das atividades de quase todos os estabelecimentos rurais (MMA, 2011), além de processos de degradação decorrentes da conversão de amplas áreas de vegetação nativa por culturas e pastagens, bem como das práticas de manejo utilizadas, inadequadas às condições ambientais do semiárido brasileiro, que tem contribuído para a intensificação dos processos de desertificação que assolam essa região (CASTELETTI, et. al. 2010).

A desertificação, resultante desse intenso processo de degradação ambiental, já afeta uma área de mais de 1 milhão de quilômetros quadrados, aproximadamente 15% do território nacional, englobando cerca de 1.492 municípios, nos estados do Nordeste e em partes de Minas Gerais e do Espírito Santo, afetando mais de 37 milhões de



habitantes (MMA, 2018), sobretudo na caatinga, região na qual se localizam cerca de 62% das áreas susceptíveis à desertificação no país (HAUFF, 2010). Destacamos que apesar da singularidade dessa formação vegetacional, exclusiva do Brasil, e de sua importância no contexto ambiental da região, pouca tem sido a importância atribuída à sua conservação (seja no cenário econômico, social e, sobretudo, político), sendo isso resultante da falta de conhecimento acerca das características desse bioma, o que resultou, por sua vez, na adoção de políticas de desenvolvimento regional que apresentam “[...] soluções imediatistas e paliativas desprovidas de componente ambiental” (MMA, 2011, p. 49), que, em vez de melhorar a qualidade de vida da população sertaneja, contribuíram para diminuir os recursos naturais e por isso dificultaram o desenvolvimento da organização socioespacial e socioeconômica (MMA, *idem*).

A inexistência de um instrumento voltado, especificamente, para a proteção e o manejo adequado da vegetação nativa, como acontecem, por exemplo com a vegetação de Mata Atlântica (Lei nº 11.428/2006 e Decreto nº 6.660/2008), e da Zona Costeira (Lei nº 7.661/1988), além da Floresta Amazônica, a Serra do Mar, o Pantanal Mato-Grossense – ambas elevadas à categoria de patrimônio nacional, por força do art. 225, da Constituição Federal de 1988 – somado a visão predominante, no cenário político e social, a respeito das condições socioeconômicas e territoriais e das limitações ambientais, e a adoção de políticas públicas ineficazes (e de caráter politiquieiro) culminaram em um quadro de ampla degradação da vegetação e, conseqüentemente, dos solos da região, da qual a desertificação é o efeito mais conhecido.

Longe de discutir a evolução dos normativos de proteção ambiental, e sua aplicação na proteção da vegetação da caatinga, e do contexto socioeconômico no qual se desenvolveram as principais políticas de desenvolvimento econômico, aplicadas na região, o presente artigo busca discutir sobre a proteção da vegetação da caatinga, à luz da legislação vigente, apresentando os mecanismos, e seus respectivos normativos, que versam sobre a utilização e manejo da vegetação nativa.

## 2. A VEGETAÇÃO DE CAATINGA NA LEGISLAÇÃO AMBIENTAL

Apesar de suas características distintas, a Caatinga tem sido colocada à parte quando se discute políticas para o estudo e a conservação da biodiversidade do país,



seja pelo número reduzido de unidades de conservação criadas no bioma (MMA, 2007), seja pela inexistência de normativos destinados a proteção da vegetação do bioma. Nem mesmo o texto constitucional deu a devida atenção à proteção e preservação do bioma, ao reconhecer as demais formações florestais (Floresta Amazônica, a Mata Atlântica, a Serra do Mar e o Pantanal) e a Zona Costeira como patrimônio nacional.

Isso se deve a uma conjunção de fatores, desde o desconhecimento das características ambientais no bioma, expressa na existência de uma crença, injustificada, de que esta seria resultante da modificação de uma outra formação vegetal mais exuberante (como a Mata Atlântica ou a Floresta Amazônica), estando associada a uma baixa diversidade de plantas, produzindo uma falsa ideia de que o bioma seria homogêneo, sem espécies endêmicas e altamente modificada pelas ações antrópicas (ALVES, 2009; GIULIETTI et. al. 2004) e, sobretudo, à interesses políticos, centrados em torno da questão ambiental.

No âmbito das políticas públicas, as ações empreendidas tiveram caráter bastante fragmentário, focando na mitigação de problemas pontuais, decorrentes dos processos de degradação ambiental e das secas que assolam a região sem, contudo, buscar atacar as causas da degradação em si, sendo construídas com base nas seguintes características: a) o caráter emergencial, fragmentado e descontínuo dos programas desenvolvidos em momentos de calamidade pública; b) as ações emergenciais que alimentam a “indústria da seca”; e c) a solução hidráulica, quase sempre favorecendo empreiteiras e a grande propriedade rural. Tal perspectiva é centrada numa visão antropocêntrica, de distanciamento entre ser humano e natureza (e de dominação da segunda), na qual as adversidades ambientais devem ser contornadas, por meio da técnica, de modo a garantir o crescimento econômico e a satisfação do consumismo (SILVA, 2003).

No âmbito legal, a inexistência de normativos especificamente voltados à regulamentação do uso e à proteção dos recursos ambientais – dificultam na atuação, a gestão e a preservação dos ambientes semiáridos. Destacamos que, no âmbito federal, o único normativo que tratava, especificamente, da preservação e da gestão ambiental na região semiárida brasileira, era o Código Florestal de 34 (hoje revogado), em seu artigo 29 o qual estabelecia a proibição do desmatamento, a proteção de espécies como o juazeiro e a oiticica, entre outras, a criação de animais nas proximidades de áreas





florestadas, bem como a necessidade de “licenciamento” prévio para a realização das atividades previstas no artigo.

A Constituição Federal de 1988, é considerada, por autores como Vasconcelos e Benjamin (2008), Sampaio (2010) e Fiorillo e Ferreira (2012) como um marco na proteção ambiental no Brasil, não só por elevar a temática ambiental ao plano constitucional, como também por dedicar um capítulo inteiro à tratativa do tema (Capítulo VI, Art. 225). Vasconcelos e Benjamin (*op. cit.*), destaca as vantagens de se tratar a temática ambiental no plano constitucional. Para este autor, a constitucionalização do meio ambiente cria uma obrigação geral de não-degradar, fundamenta direitos e obrigações ambientais, ordena o direito de propriedade em torno da conservação e preservação, legitima a intervenção estatal em favor da natureza, reduz a discricionariedade administrativa no processo decisório ambiental e locacional, amplia a participação pública, substitui a ordem pública ambiental legalizada pela constitucionalizada e reforça a interpretação pró-ambiente.

Na visão de Antunes (2014) a Constituição, em seu capítulo dedicado ao meio ambiente, estabeleceu a existência de um sistema binário de proteção ambiental, representado pelas Leis nº 12.651/2012, que é a lei que fornece a proteção ambiental geral, aplicável genericamente, em todo o território nacional, aos locais que não estejam submetidos a regime especial de tutela, e nº 9.985/2000 – que instituiu o SNUC, a qual é voltada para o estabelecimento de espaços territoriais especialmente protegidos, sendo estes os principais instrumentos legais voltados a proteção ambiental, sobretudo na região semiárida.

Para além das Unidades de Conservação, das Áreas de Preservação Permanentes e de áreas de Reserva Legal, o ordenamento jurídico brasileiro não dispõe de uma legislação, especificamente, voltada à conservação e a preservação da vegetação do bioma caatinga, como acontecem com outros biomas, isso, somado às condições de uso e ocupação dos solos e as políticas desenvolvidas para o desenvolvimento econômico regional, possibilitou o agravamento das condições ambientais, resultando em severos quadros de degradação ambiental, da qual a desertificação é o aspecto mais visível e presente. Apesar disso, dispõe de alguns mecanismos e dispositivos, entremeados nos diversos normativos legais, que visam incorporar a temática ambiental na regulamentação das atividades tuteladas por tais instrumentos.

A própria Constituição Federal, reconhece, no capítulo dedicado ao tema, o caráter difuso relacionado à proteção ambiental ao estabelecer a obrigatoriedade, tanto ao poder público (art. 23, 24), em suas diversas esferas, quanto à coletividade, o dever de preservar e defender o meio ambiente (Art. 225), estabelecendo a exigência de estudo prévio de impacto ambiental, para instalação de obra ou atividade potencialmente degradadora e a obrigação de reparação ambiental. Para Sampaio (2010, p. 50),

A partir do momento em que as externalidades ambientais passam a ser reguladas pelos ordenamentos jurídicos nacionais, surge a necessidade de desenvolvimento e imposição de um sistema de controle administrado e de gestão pública. A avaliação de impacto ambiental é um dos elementos deste sistema. Após o levantamento e averiguação das externalidades negativas ambientais e como meio de controle do bem ambiental, o Poder Público institui licenças ou autorizações concedidas e impostas precariamente à atividade econômica, visando à consagração dos princípios de direito ambiental. Esta mudança de paradigma é emblemática. Significa reconhecer que a atividade econômica já não mais se encontra livre para explorar os recursos naturais. É o reconhecimento de que o desenvolvimento somente será admitido se sustentável for.

Destacamos que, apesar de sua relevância, a temática ambiental não ficou restrita a um único capítulo da Carta Magna, sendo tratada, direta ou indiretamente, em diversos outros temas na Constituição: como saúde (art. 200), o direito à propriedade (art. 186) e na regulamentação da atividade econômica (art. 170), as quais passaram a incorporar a conservação ambiental, como princípio básico à efetiva realização do direito, cumprindo a coletividade à observância às normas estabelecidas e ao Poder Público legislar e garantir a efetiva aplicação das normas de proteção ambientais (art. 23, 24). Devido seu caráter generalista, a CF não trata, de forma específica, da efetivação do direito ambiental, sendo este, primariamente, tratado pela Lei nº 6.938/81.

A lei nº 6.938 de 31 de agosto de 1981, que institui a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), é o normativo que vai tecer os princípios gerais que fundamentam o sistema ambiental brasileiro. Recepcionado pela Carta Magna, a PNMA tem como princípios gerais a racionalização, o planejamento e a fiscalização do uso dos recursos naturais, a proteção dos ecossistemas, o controle e o zoneamento das atividades potencial ou efetivamente poluidoras, a recuperação de áreas degradadas e a proteção de áreas ameaçadas de degradação, sendo fundamentada na perspectiva do



desenvolvimento sustentável, objetiva a compatibilização entre desenvolvimento econômico, conservação ambiental e manutenção da qualidade de vida.

De modo a atingir os objetivos a que se propõe, a PNMA estabelece, em seu artigo 9º, os instrumentos necessários a efetivação do direito ao meio ambiente, previsto no art. 225, CF 88, tais como: o zoneamento ambiental (Regulamentado pelo Decreto nº 4.297/02, Lei Complementar nº 140/11), a avaliação de impacto ambiental (Resolução CONAMA nº 1/86), o licenciamento de atividades poluidoras (art. 10, Lei nº 6.938/81, regulamentada pelo art. 17 do Decreto nº 99.274/90; Lei Complementar 140/2011, Resolução CONAMA nº 237/97), a criação de espaços territoriais especialmente protegidos (Leis nº 9.985/00 e 12.651/12), as penalidades disciplinares ou compensatórias necessárias à preservação ou correção da degradação ambiental (Decreto 6.514/08, Lei nº 6.938/81, Lei nº 6.905/98, Lei nº 12.651), dentre outros.

## 2.1. ZONEAMENTO AMBIENTAL – ZA

Fundamentado na perspectiva do desenvolvimento sustentável, o ZA se constitui em um dos principais instrumentos estabelecidos pela PNMA, ao congrega a variável ambiental ao processo de planejamento e ordenamento do território, desde a formulação de estratégias de desenvolvimento, até a decisão sobre a ocupação de uma área para a implantação de determinada atividade (MONTAÑO, et. al., 2007), buscando compatibilizar o desenvolvimento econômico às condições ambientais locais (SANTOS e RANIERI, 2013). Longe de ser fato novo na legislação brasileira, a figura do zoneamento existe desde a edição da Lei nº 4.504/64, porém com diferentes objetivos e centrada, essencialmente, no desenvolvimento econômico e a organização da atividade agropecuária.

Na visão de Santos e Ranieri (*op. cit.*), ao determinar a capacidade de suporte do meio, o ZA permite sua ligação com a Avaliação de Impacto Ambiental, outro instrumento previsto pela PNMA, facilitando assim a tomada de decisão quanto às exigências necessárias no processo de alocação das atividades e à sua implantação e funcionamento, conforme o grau de complexidade e de impacto resultante. A sua importância, se dá pela necessidade de reconhecimento do/no território, de suas características e limitações, objetivando a minimização dos impactos decorrentes das atividades humanas, dividindo o território em zonas conforme sua capacidade de



suporte. Assim, a função central do processo de zoneamento é a delimitação de áreas que possibilitem a exploração econômica de forma sustentável e sustentada, buscando adequar (ou ordenar) as atividades conforme as especificidades de cada recorte espacial definido durante o processo, possibilitando ainda vislumbrar a projeção de cenários evolutivos tendenciais para os mesmos.

Apesar de sua relevância, este instrumento só foi regulamentado em 2002, através do Decreto nº 4.297/02, que vai definir o objetivo geral, as diretrizes e os procedimentos necessários ao processo de zoneamento ambiental. A delimitação das zonas, conforme dispõe o artigo 12 do referido decreto, deve observar as características ambientais do local, as potencialidades e aspirações econômicas, bem como as limitações legalmente estabelecidas, de modo a adequar a organização das atividades, em função da capacidade do ambiente em absorver e mitigar os impactos a fim de garantir a plena manutenção do capital e dos serviços ambientais dos ecossistemas.

No contexto da região semiárida brasileira, o zoneamento assume importância significativa, considerando o elevado grau de degradação e ao nível de pressão, de origem antrópica, ao qual estão submetidas as paisagens. Nesse cenário, a definição de zonas, conforme as limitações existentes, possibilita o planejamento racional do uso e ocupação dos solos, bem como permite vislumbrar cenários evolutivos, definindo os critérios a serem observados ao desenvolvimento de determinadas atividades, bem como propor medidas mitigadoras (ou reparadoras) dos impactos esperados, decorrentes das atividades econômicas desenvolvidas.

Ainda que seja uma obrigação comum aos entes da federação, não tem recebido atenção por parte dos gestores, sobretudo no nível municipal. Isso se deve, dentre outros fatores, à complexidade e ao custo envolvidos no processo de elaboração, bem como a interesses locais antagônicos, de determinados grupos econômicos, e, sobretudo, à impopularidade/desinformação em torno da importância do instrumento.

## 2.2. AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL – AIA

A AIA, prevista no art. 225, IV da CF/88, é um dos instrumentos da PNMA que objetivam minimizar os impactos ambientais decorrentes da instalação de atividades e exploração dos recursos ambientais. Contudo, tal conceito é presente em outros normativos, ainda que de forma implícita, a exemplo das Leis nº 4.504/64 e 4.132/62.





Com a edição da PNMA, é apresentado o conceito de impacto ambiental, sendo entendida como

[...] a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população, criem condições adversas às atividades sociais e econômicas, afetem desfavoravelmente a biota bem como as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente e lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos” (Art. 3º, III, Lei 6.938/88).

Como processo, compreende as etapas de diagnóstico (cenário tendenciais e evolutivos), a análise e a identificação dos impactos e sua magnitude, definição de medidas mitigadoras, estabelecimento de programas de monitoramento, a tomada de ação e análise de qualidade ambiental. Para Ferraz e Felipe (2012), a AIA é um processo contínuo que objetiva analisar os impactos das atividades humanas, tendo como função principal identificar, prever, avaliar e mitigar os efeitos adversos destes sobre o meio, antes da tomada de decisão a respeito da alocação de determinada atividade, não se encerrando com a apresentação do estudo ambiental exigido no início do licenciamento, pelo contrário, exigindo constante acompanhamento e análise dos impactos decorrentes das atividades desenvolvidas e a reavaliação das estratégias de enfrentamento dos impactos identificados.

Em conjunto com o ZA, este instrumento possibilita a definição de diretrizes e estratégias de combate aos processos de degradação, em curso, no bioma, mediante o ordenamento das atividades econômicas às vocações e limitações ambientais do meio. Por compreender um processo contínuo e abrangente, possibilita o ajustamento das metas estabelecidas e a definição de limites ao exercício das atividades econômicas e o planejamento do uso do território, objetivando a manutenção dos serviços e da qualidade ambiental das áreas.

### 2.3. LICENCIAMENTO AMBIENTAL - LA

De modo complementar a AIA, o licenciamento ambiental é a etapa na qual serão avaliadas a adequação das atividades e definidas às condicionantes necessárias à sua realização, sendo regulamentado pelas Resoluções CONAMA nº 01/86 e 237/97, que definem as atividades passíveis de licenciamento e os requisitos essenciais aos estudos a serem apresentados. Na perspectiva de Ferraz e Felipe (2012, p. 142), o LA “[...] representa verdadeiro controle do Estado [...] sendo o momento oportuno em que os

particulares comunicam e submetem ao Poder Público o desenvolvimento de atividades que pretendam e exerçam impacto sobre o meio ambiente”.

O licenciamento ambiental é um procedimento administrativo pelo qual o órgão ambiental licencia a localização, instalação, ampliação ou a operação de empreendimentos e/ou atividades, efetiva ou potencialmente poluidoras ou que possam causar degradação ambiental, listadas nas Resoluções, definindo os critérios para sua instalação e operação, observadas as características e o grau de impacto dos empreendimentos e atividade a serem executadas. O rol de atividades elencadas no art. 2º da Resolução CONAMA 001/86 e anexo da 237/97, não tem por objetivo esgotar as tipologias de atividades passíveis de licenciamento, sendo possível ao órgão ambiental exigir a obrigatoriedade de EIA para as atividades que sejam capazes de apresentar sensível degeneração do meio ambiente (BARTO, [s.d.]).

Para Flexa (2011), o LA é norteado pelos princípios que fundamentam o sistema jurídico de proteção do meio ambiente, tais como: supremacia do interesse público na proteção ambiental, prevenção, precaução, poluidor-pagador, desenvolvimento sustentável e a função socioambiental da propriedade, não devendo este ser considerado como entrave ao desenvolvimento econômico, ou um mero instrumento burocrático, mas como um instrumento que tem por objetivo fim a garantia do desenvolvimento sustentável, mediante definição de ações preventivas de proteção ambiental e de controle e adequação das atividades a serem licenciadas. A imposição de limitações ao pleno exercício econômico, na visão deste autor, visa assim, dar maior relevância ao exercício do direito de propriedade, considerando a sua função social e não somente o direito individual a mesma, garantindo assim o bem-estar coletivo e a perpetuação dos serviços ambientais.

Nesse contexto que se inserem os estudos de impactos ambientais. Sua função principal, é a de prever e avaliar as consequências das intervenções humanas sobre o meio e propor medidas que objetivem mitigar, ou compensar, as perdas decorrentes desse processos, devendo ser elaborada e executada por equipe multidisciplinar (FERRAZ e FELIPE, 2012), atua assim como um instrumento de controle e prevenção dos impactos ambientais, nas diferentes fases de execução das atividades, visando a conciliação do desenvolvimento econômico com a preservação ambiental (BARTO, [s.d.]; FLEXA, 2011).



## 2.4. MECANISMOS DE PROTEÇÃO AMBIENTAL

Além dos instrumentos citados, a legislação brasileira dispõe de mecanismos de controle que objetivam incorporar a temática ambiental na regulamentação das atividades econômicas e sociais, estabelecendo assim limites ao pleno exercício dos direitos individuais. Com a edição da Lei nº 4.504/64, que trata do Estatuto da Terra, a propriedade ganhou novos contornos, passando a incorporar a função social como condição necessária à sua realização (Art. 2º § 1º e 12), sendo atrelada ao bem-estar coletivo, a manutenção de níveis de produtividade e à conservação dos recursos naturais, cabendo, ao Poder Público, a obrigação de atuar para o seu cumprimento e a correção das formas de uso que estejam em desacordo àquela (art. 2º, § 2º, b, Art. 13), podendo se utilizar, para tal fim, da desapropriação de terras por interesse social, prevista no art. 184 da CF/88 e nos art. 2º, Lei nº 4.132/62 e art. 18, Lei nº 4.504/64.

Com a promulgação da CF/88 a função social da propriedade (prevista nos artigos 5º, XXII, 186) é sedimentada no ordenamento jurídico brasileiro como pré-requisito a sua realização plena, repercutindo nas relações de produção, consumo e de ordenamento, relacionadas a esta, sendo, tal previsão, igualmente presente no Código Civil, em seu artigo 1.228, o qual impõe certas limitações ao exercício da propriedade, destacando a necessidade de se preservar a flora, fauna e de conservar o equilíbrio ecológico e o patrimônio histórico e artístico. Assim, observa-se que

[...] o direito de propriedade só terá sentido se exercido em prol dos interesses individuais do proprietário e em benefício das necessidades e interesses sociais. Deve ser exercido considerando a noção de sustentabilidade ambiental e oportunizando uma relação harmoniosa do homem para com o espaço por ele ocupado; mitigando, deste modo, impactos sócioambientais (FLEXA, 2011).

A Política Agrícola (regida pela Lei nº 8.171/91) surge, no meio dessa mudança paradigmática, incorporando a concepção do desenvolvimento sustentável à atividade agrícola, buscando atrelar os distintos aspectos relacionadas à prática das atividades econômicas no campo, subordinando-as as normas e princípios de interesse público, objetivando proteger o meio ambiente, garantir seu uso racional e estimular a recuperação dos recursos naturais visando assegurar o incremento da produção agrícola, a regularidade do abastecimento interno, e a redução das disparidades regionais.

A conservação e a preservação dos recursos naturais, sobretudo dos solos, passa a ser reconhecida como meta e obrigação comum ao Poder Público e aos proprietários rurais, sendo enfatizada a necessidade de adequação das atividades produtivas às características ambientais de cada local, previstos nos programas plurianuais e planos operativos anuais elaborados pelos órgãos competentes. A referida lei, destaca ainda as obrigações cumprindo ao Poder Público, em suas diversas esferas, disciplinar e fiscalizar o uso dos recursos naturais, definir as estratégias de proteção e recuperação ambiental, através de zoneamentos agroecológicos, que permitam estabelecer critérios para o ordenamento das diversas atividades produtivas, recuperação ou estímulo à recuperação de áreas em processo de desertificação e de nascentes, cabendo aos proprietários e produtores rurais observar as restrições estabelecidas nos planos e projetos elaborados, bem como proceder à fiscalização e correta destinação das áreas sob sua posse/exploração.

Os princípios gerais, que fundamentam o direito ambiental brasileiro, encontram-se igualmente presentes na regulamentação das atividades econômicas. O art. 170 da CF, que delineia os princípios gerais da ordem econômica a qual deve ser realizada em observância, dentre outros aspectos, da função social da propriedade e da defesa do meio ambiente. Sobre este aspecto, Antunes (2014), destaca que

É importante que se consigne que o regime constitucional permite amplamente a utilização dos recursos ambientais, a qual, no entanto, não pode ser feita de qualquer forma, pois o regime constitucional determina que a atividade econômica se faça com respeito ao meio ambiente, conforme determina o art. 170 da Constituição Federal. (p. 101).

Cumprir destacar que o paradigma do desenvolvimento sustentável provocou influências, não só, no modo de ordenar e explorar o território e os recursos naturais – estabelecendo limites às práticas produtivas, como também nas relações econômicas existentes entre produtores, os agentes financeiros e o Poder Público, os quais devem observar a adequação das atividades ao zoneamento agroecológico buscando assim estimular os investimentos rurais para produção e extrativismo não predatório, sendo previstas, também, a concessão de incentivos, por parte do Poder Público, aos produtores que observem os códigos e posturas ambientais: a prioridade na obtenção de apoio financeiro oficial, concessão de benefícios associados a programas de infraestrutura rural, prestação de serviços oficiais de assistência técnica e de fomento,



através dos órgãos competentes, isenção de tributação e do pagamento do Imposto Territorial Rural, etc. (art. 48, 103, 104, Lei nº 8.171/91).

Ainda no âmbito da regulamentação das atividades econômicas, a legislação ambiental brasileira estabeleceu obrigação solidária, no tocante a observação às normas de conservação ambiental, a todos os atores envolvidos no processo – seja ele produtor, receptor/intermediário ou financiador da atividade econômica, os quais devem observar a regularidade ambiental da atividade e/ou produto, sobre pena de incorrerem na prática de infrações administrativas e criminais, (previstas na Lei 9.605/98 e Decreto nº 6.514/08) estabelecendo, ao produtor, a obrigação de suprir-se de recursos oriundos de supressão de vegetação nativa autorizada pelo órgão competente, sendo obrigadas à reposição florestal das áreas exploradas (Lei 12.651/12 e Decreto nº 5.975/06), bem como aqueles responsáveis pelo transporte e o armazenamento de madeira e outros produtos ou subprodutos florestais, oriundos de florestas de espécies nativas, para fins comerciais ou industriais, a necessidade de obtenção de licença expedida pelo órgão competente.

Em conjunto aos demais mecanismos tratados, nos parágrafos anteriores, a CF/88 criou as figuras do inquérito civil, ação civil e ação popular, destinados a proteção do patrimônio público, do meio ambiente e dos interesses difusos e coletivos, bem como para apurar a ocorrência e responsabilidade e na cobrança pela reparação do dano causado, ocasionado pela exploração desordenada dos bens ambientais (Lei nº 7.347/85). Esses mecanismos, tem se tornado os principais meios utilizados para fins de apuração da ocorrência de danos ambientais, sobretudo, nos municípios nos quais a ação do poder público é ineficiente, ou omissa, na apuração e aplicação das sanções previstas na legislação ambiental.

Destacamos que a legislação ambiental estabeleceu penalidades, administrativas e criminais, aplicáveis ante a ocorrência de danos ao meio ambiente, regulamentadas pela Lei nº 9.605/98 e Decreto nº 6.514/98, prevendo desde a advertência, multas, suspensão das atividades até detenção. Observa-se, da leitura dos referidos documentos legais, que a aplicação das penalidades, independe da existência de planos, projetos ou dos instrumentos tratados nos parágrafos anteriores, bastando a verificação de que sua ocorrência tenha se dado à revelia de qualquer ato autorizativo do poder executivo, mediante concessão de licenças, autorizações ou outros



documentos que atestem a regularidade da exploração de determinada área. O não cumprimento às condicionantes ambientais, nos processos de licenciamento, e a inobservância dos regulamentos e regras de exploração dos recursos ambientais, sujeitam os infratores (ainda que disponham de licenças ambientais expedidas pelos órgãos ambientais competentes) à aplicação de sanções administrativas, bem como a obrigação de reparação do dano causado, sujeitando ainda, o poluidor, à responsabilização criminal.

Para Sampaio (2010, p. 97), a partir da leitura do art. 70 da Lei de Crimes Ambientais,

[...] é possível extrair o pressuposto para a configuração da responsabilidade administrativa, qual seja, praticar conduta ilícita, ou seja, em dissonância com o ordenamento legal. Esta é a principal diferença da responsabilidade administrativa para a civil, já que nesta última não é necessário que a conduta seja ilícita, basta a verificação de dano ao meio ambiente.

Além disto, tais normativos, não se restringiram às áreas objeto de proteção especial, a exemplo das áreas de preservação permanentes, de reservas legais e de unidades de conservação, e, de igual modo, não se restringem apenas àquele que deu causa ao dano ambiental, estendendo-se as penalidades previstas àqueles que recebem, vende, expõe à venda, tem em depósito, transporta ou guarda tais produtos, bem como à autoridade ambiental, que, por qualquer motivo, não adote as providências necessárias a cessação da degradação ambiental.

O que se observa, é a existência de um amplo aparato legal de proteção ambiental, disperso na legislação brasileira, abrangendo vários aspectos relacionados à atividade econômica, centrando esta em torno da sustentabilidade ambiental. A necessidade de emissão de autorização ou licença ambiental para exploração, transporte e armazenamento dos recursos naturais e à concessão de empréstimos e obtenção de benefícios fiscais e a responsabilização, administrativa e criminal, dos degradadores/infratores, tornam-se os principais instrumentos de regulamentação da exploração econômica dos recursos naturais, independentemente da existência de planos ou zoneamentos específicos do território. Contudo, apesar da existência dos diversos mecanismos, entremeados na legislação brasileira, a efetividade em sua aplicação encontra-se prejudicada devido, sobretudo, a inexistência de aparato de fiscalização e aplicação das sanções previstas em lei.

### 3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme apresentado, ao longo deste artigo, a proteção das áreas de vegetação de caatinga não se encontra restrita ao sistema binário formado pelas Lei 9.985/00 e 12.651/12, as quais instituíram as áreas objeto de proteção ambiental, encontrando-se dispersa na legislação, na forma de mecanismos que regulamentam, desde as atividades econômicas, a saúde e a propriedade. Como se demonstrou aqui, o princípio do desenvolvimento sustentável, absorvido pela Constituição Federal, encontra-se presente em diversos normativos legais, os quais estabelecem a necessidade da observância e de adequação das atividades econômicas às condicionantes ambientais, objetivando a minimização dos impactos ambientais decorrentes delas.

Contudo, a aplicabilidade dos instrumentos existentes, esbarra em dificuldades de natureza operacional (inexistência de zoneamentos ambientais ou de estruturas administrativas para fiscalizar e ordenar o uso e ocupação dos solos nos municípios), política e legal (decorrentes da inexistência de um normativo que trate, especificamente, da proteção da vegetação da caatinga). A dispersão dos mecanismos, somadas à falta de interesse/compromisso da administração pública com a temática ambiental e a, quase, inexistência de estruturas de controle locais, dificultam, grandemente, na aplicação efetiva dos mesmos, resultando na ampliação das áreas em processo de degradação ambiental.

Desse modo, a aplicação dos mecanismos, existentes na legislação brasileira, conjugada a criação de dispositivo legal específico ao semiárido brasileiro, pode vir a contribuir no processo de planejamento e ordenamento territorial e a minimização dos impactos ambientais, decorrentes do uso desordenado dos recursos ambientais, por concentrar, em um único documento todas as condicionantes necessárias ao pleno cumprimento da função socioambiental da propriedade, definida na CF/88.

### REFERÊNCIAS

- ALVES, J. J. A.; ARAÚJO, M. A. de; NASCIMENTO, S. S. do. Degradação da caatinga: uma investigação ecogeográfica. **Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 3, p. 126-135, 2009.
- ANTUNES, P. de B. Código Florestal e Lei do Sistema Nacional de Unidades de Conservação: normatividades autônomas. **RDA – Revista de Direito Administrativo**, Rio de Janeiro, v. 265, p. 87-109, 2014.



- BARTO, G. **A obrigatoriedade e responsabilidade do Estudo do Impacto Ambiental – EIA**. Disponível em: <https://gabrielbarto.jusbrasil.com.br/artigos/551472154/a-obrigatoriedade-e-responsabilidade-do-estudo-do-impacto-ambiental-eia>. Acesso em: 18 dez. 2020.
- BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF. Brasília, DF: Presidência da República. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicaocompilado.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm). Acesso em: 09 dez. 2020.
- \_\_\_\_\_. **Lei nº 4.132, de 10 de setembro de 1962**. Define os casos de desapropriação por interesse social e dispõe sobre sua aplicação. Brasília, DF. Brasília, DF: Presidência da República. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l4132.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l4132.htm). Acesso em: 09 dez. 2020.
- \_\_\_\_\_. **Lei nº 4.504, de 30 de novembro de 1964**. Dispõe sobre o Estatuto da Terra, e dá outras providências. Brasília, DF. Brasília, DF: Presidência da República. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l4504.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l4504.htm). Acesso em: 09 dez. 2020.
- \_\_\_\_\_. **Lei nº 6.001, de 19 de dezembro de 1973**. Dispõe sobre o Estatuto do Índio. Brasília, DF. Brasília, DF: Presidência da República. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l6001.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6001.htm). Acesso em: 09 dez. 2020.
- \_\_\_\_\_. **Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente. Brasília, DF. Brasília, DF: Presidência da República. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm). Acesso em: 09 dez. 2020.
- \_\_\_\_\_. **Lei nº 7.347, de 24 de julho de 1985**. Disciplina a ação civil pública de responsabilidade por danos causados ao meio-ambiente. Brasília, DF. Brasília, DF: Presidência da República. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l7347orig.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l7347orig.htm). Acesso em: 09 dez. 2020.
- \_\_\_\_\_. **Lei nº 8.171, de 17 de janeiro de 1991**. Dispõe sobre a Política Agrícola. Brasília, DF. Brasília, DF: Presidência da República. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l8171.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8171.htm). Acesso em: 09 dez. 2020.
- \_\_\_\_\_. **Lei nº 10.406, de 10 de janeiro de 2002**. Institui o Código Civil. Brasília, DF. Brasília, DF: Presidência da República. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/2002/L10406compilada.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/L10406compilada.htm). Acesso em: 09 dez. 2020.
- \_\_\_\_\_. **Lei Complementar 140, de 8 de dezembro de 2011**. Fixa normas, nos termos dos incisos III, VI e VII do caput e do parágrafo único do art. 23 da Constituição Federal, para a cooperação entre a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios [...]. Brasília, DF. Brasília, DF: Presidência da República. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/lcp/lcp140.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/lcp/lcp140.htm). Acesso em: 09 dez. 2020.



- \_\_\_\_\_. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012.** Institui o novo código florestal brasileiro. Brasília, DF. Brasília, DF: Presidência da República. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm). Acesso em: 09 dez. 2020.
- \_\_\_\_\_. **Decreto nº 4.297, de 10 de julho de 2002.** Regulamenta o art. 9º, inciso II, da Lei no 6.938, de 31 de agosto de 1981, estabelecendo critérios para o Zoneamento Ecológico-Econômico do Brasil – ZEE, e dá outras providências. Brasília, DF. Brasília, DF: Presidência da República. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/2002/d4297.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2002/d4297.htm). Acesso em: 09 dez. 2020.
- \_\_\_\_\_. **Decreto nº 5.975, de 30 de novembro de 2006.** Regulamenta os arts. 12, parte final, 15, 16, 19, 20 e 21 da Lei no 4.771, de 15 de setembro de 1965, o art. 4º, inciso III, da Lei no 6.938, de 31 de agosto de 1981 [...]. Brasília, DF. Brasília, DF: Presidência da República. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2006/decreto/d5975.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/decreto/d5975.htm). Acesso em: 09 dez. 2020.
- \_\_\_\_\_. **Decreto nº 6.514, de 22 de julho de 2008.** Dispõe sobre as infrações e sanções administrativas ao meio ambiente, estabelece o processo administrativo federal para apuração destas infrações, e dá outras providências. Brasília, DF. Brasília, DF: Presidência da República. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2008/decreto/d6514.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/decreto/d6514.htm). Acesso em: 09 dez. 2020.
- CARVALHO, E. B. de. O Código Florestal brasileiro de 1934: a legislação florestal nas disputas pelo território, um estudo de caso. **Anos 90**, Porto Alegre, v. 23, n. 43, p. 417-442, 2016.
- CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente). **Resolução CONAMA nº 1, de 23 de janeiro de 1986.** Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental. DOU, de 17 de fevereiro de 1986, Seção 1, p. 2548-2549.
- \_\_\_\_\_. **Resolução CONAMA nº 237, de 19 de dezembro de 1997.** Publicada no DOU nº 247, de 22 de dezembro de 1997, Seção 1, páginas 30841-30843.
- FERRAZ, F. B.; FELIPE, T. J. S. Análise comparativa entre avaliação e estudo de impacto ambiental. **Nomos**: Revista do Programa de Pós-Graduação em Direito da UFC. v. 32.2, p. 139-156, 2012.
- FIORILLO, C. A. P.; FERREIRA, R. M.. Fundamentos Constitucionais do Direito Ambiental brasileiro. **RIDB**. Ano 1, nº 2, 867-910, 2012.
- FLEXA, M. A. G. **Licenciamento ambiental**: Aspectos jurídicos e os efeitos da Lei Complementar N° 140, de 08 de dezembro de 2011. Disponível em: <https://carollinasalle.jusbrasil.com.br/artigos/122137478/licenciamento-ambiental-aspectos-juridicos-e-os-efeitos-da-lei-complementar-n-140-de-08-de-dezembro-de-2011>. Acesso em: 09 dez. 2020.





- FRANCA-ROCHA, W.; SILVA, A. de B.; NOLASCO, M. C.; LOBÃO, J.; BRITTO, D.; CHAVES, J. M.; ROCHA, C. C. Levantamento da cobertura vegetal e do uso do solo do Bioma Caatinga. In: XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 21-26 abril 2007, Florianópolis. **Anais...**, Florianópolis: INPE, 2007. p. 2629-2636.
- GIULIETTI, A. M.; BOCAGE NETA, A. L. du; CASTRO, A. A. J. F.; GAMARRA-ROJAS, C. F. L.; SAMPAIO, E. V. S. B.; VIRGÍNIO, J. F.; QUEIROZ, L. P. de; FIGUEIREDO, M. A.; RODAL, M. de J. N.; BARBOSA, M. R. de V.; HARLEY, R. M. Diagnóstico da vegetação nativa do bioma Caatinga. In: CARDOSO, J. M. da S.; TABARELLI, M.; FONSECA, M. T. da; LINS, L. V. (Orgs). **Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação**. Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 2004. p. 47-90.
- HAUFF, S. F. **Representatividade dos ecossistemas da Caatinga nas Áreas Prioritárias e Unidades de Conservação**. Brasília: MMA, 2010.
- IBAMA. **Monitoramento do desmatamento nos biomas brasileiros por satélite. Monitoramento do bioma Caatinga – 2002 a 2008**. Brasília: MMA. 2010, 58f.
- \_\_\_\_\_. **Monitoramento do desmatamento nos biomas brasileiros por satélite. Monitoramento do bioma Caatinga – 2008 a 2009**. Brasília: MMA. 2010b, 46f.
- MEDEIROS, R.; IRVING, M.; GARAY, I. A proteção da natureza no Brasil: Evolução e conflitos de um modelo em construção. **RDE – Revista de Desenvolvimento Econômico**. Ano VI, n. 9, p. 83-93, 2004.
- Ministério do Meio Ambiente – MMA. **Áreas Prioritárias para Conservação, Uso Sustentável e Repartição de Benefícios da Biodiversidade Brasileira: Atualização – Portaria MMA nº 9, de 23 de janeiro de 2007**. Brasília: MMA, 2007.
- \_\_\_\_\_. **Subsídios para a Elaboração do Plano de Ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento na Caatinga**. Brasília, 2011. 128p.
- \_\_\_\_\_. **MMA apresenta ações contra a desertificação**. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/informma/item/15111-mma-apresenta-a%C3%A7%C3%B5es-contra-a-desertifica%C3%A7%C3%A3o.html>. Acesso em: 28 set. 2020.
- MONTAÑO, M.; OLIVEIRA, I. S. D. de; RANIERI, V. E. D.; FONTES, A. T. O zoneamento ambiental e a sua importância para a localização de atividades. **Revista pesquisa e desenvolvimento Engenharia de Produção**, n. 6, p. 49-64, 2007.
- PECCATIELLO, A. F. O. Políticas públicas ambientais no Brasil: da administração dos recursos naturais (1930) à criação do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (2000). **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, n. 24, p. 71-82, 2011.
- SÁ, I. B.; CUNHA, T. J. F.; TEIXEIRA, A. H. de C.; ANGELOTTI, F.; DRUMOND, M. A. Processos de desertificação no Semiárido brasileiro. In: SÁ, I. B.; SILVA, P. C. G.



da. (Ed.). **Semiárido brasileiro**: pesquisa, desenvolvimento e inovação. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010. p. 127-158.

SAMPAIO, E. V. S. B.; ARAÚJO, M. do S. B.; SAMPAIO, Y. S. B. Impactos ambientais da agricultura no processo de desertificação no Nordeste do Brasil. **Revista de Geografia**. Recife: UFPE – DCG/NAPA, v. 22, n.1, p. 90-112, 2005.

SAMPAIO, R. **Direito Ambiental**. Fundação Getúlio Vargas, 2010. 112p. Disponível em: [https://diretorio.fgv.br/sites/diretorio.fgv.br/files/u100/direito\\_ambiental\\_2015-2.pdf](https://diretorio.fgv.br/sites/diretorio.fgv.br/files/u100/direito_ambiental_2015-2.pdf). Acesso em: 03 mai. 2020.

SANTOS, M. R. R. dos; RANIERI, V. E. L. Critérios para a análise do zoneamento ambiental como instrumento de planejamento e ordenamento territorial. **Ambiente & Sociedade**. São Paulo, V. XVI, n. 4, p. 43-62, 2013.

SEYFFARTH, J. A. S.; RODRIGUES, V. Impactos da seca sobre a biodiversidade da Caatinga. **Parcerias Estratégicas**, Brasília-DF, v. 22, n. 44, p. 41-62, 2017.

SILVA, R. M. A. da. Entre dois paradigmas – combate à seca e convivência com o semi-árido. **Sociedade e Estado**, Brasília, v. 18, n. 1/2, p. 361-385, 2003.

VASCONCELOS E BENJAMIN, A. H. de. *O Meio Ambiente a Constituição Federal De 1988. Informativo Jurídico da Biblioteca Ministro Oscar Saraiva*, v. 19, n. 1, p. 37-80, 2008.

## CAPÍTULO II

# REURBANIZAÇÃO DO RECIFE: REFLEXÃO SOBRE AS REDES DE DRENAGEM JUNTO ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

RECIFE REURBANIZATION: REFLECTION ON DRAINAGE NETWORKS WITH CLIMATE CHANGE

DOI: 10.51859/AMPLA.MAS2407-2

Ranavalo de Araújo Leal <sup>1</sup>

Diogo Coelho Maia <sup>2</sup>

Eduardo Oliveira Barros <sup>3</sup>

Fernando José de Lima Botelho <sup>4</sup>

Glauber Costa Carvalho <sup>5</sup>

<sup>1</sup> Mestrando do Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento de Processos Ambientais – UNICAP

<sup>2, 3, 5</sup> Mestres e Professores Titulares da Escola ICAM-Tech, Universidade Católica de Pernambuco – UNICAP

<sup>4</sup> Mestre e Professor Titular da Universidade de Pernambuco – UPE

### RESUMO

A discussão sobre cidades sustentáveis e métodos para mitigar reflexos negativos provenientes das recorrentes mudanças climáticas está cada vez mais atual e presente em nosso cotidiano. A cidade do Recife se propõe como protagonista nesta discussão já que segundo o sexto relatório de avaliação sobre mudanças climáticas da ONU (AR-6), está como uma das principais cidades afetadas pelos efeitos das mudanças climáticas no planeta. Efeitos esses que irão implicar em desafios principalmente na infraestrutura da cidade. Junto a isso, com o crescente investimento imobiliário no eixo central da cidade, visando a reurbanização, há o desafio de um planejamento hábil visando suportar as cargas futuras em sua rede de abastecimento d'água e esgotamento. O objetivo desse trabalho é realizar uma revisão bibliográfica sobre o tema, analisar e refletir sobre os fatores que potencializaria o desafio às futuras redes de drenagem e esgotamento do Centro Expandido da cidade do Recife.

**Palavras-chave:** Sustentáveis, Recife, Drenagem, Mudanças Climáticas, Reurbanização.

### ABSTRACT

The discussion about sustainable cities and methods to mitigate negative effects from recurring climate change is increasingly current and present in our daily lives. The city of Recife proposes itself as a protagonist in this discussion since, according to the sixth assessment report on climate change by the UN (AR-6), it is one of the main cities affected by the effects of climate change on the planet. These effects will imply challenges mainly in the city's infrastructure. Along with this, with the growing real estate investment in the central axis of the city, aiming at reurbanization, there is the challenge of a skillful planning to support future loads in its water supply and sewage network. The objective of this work is to carry out a bibliographic review on the subject and analyze the factors that would potentiate the challenge to the future drainage and sewage networks of the Expanded Center of the city of Recife.

**Keywords:** Sustainable, Recife, Drainage, Climate Change, Reurbanization.

## 1. INTRODUÇÃO

A urbanização induz grande concentração de população a um reduzido ambiente com grande demanda pelos mesmos recursos naturais. O espaço formado por um ambiente natural modificado e pela presença humana, é um organismo dinâmico que gera uma gama de efeitos conexos, onde, se não houver controle podem gerar caos à cidade (TUCCI, 2012).

A Região Metropolitana do Recife segue com uma constante reestruturação urbana pois grandes epicentros urbanos estão sofrendo um fenômeno de inchaço por não terem seguido nenhum tipo de planejamento urbano em sua fase inicial de implementação, e isto reflete negativamente na vida da população com vias de tráfego subdimensionadas, redes de drenagem incapazes de escoar a atual solicitação assim ocasionando enchentes em períodos chuvosos, entre outros problemas, e a cidade do Recife é o principal exemplo deste fenômeno. Esta reestruturação se dá tanto por leis para mitigar os efeitos destas áreas afetadas quanto a migração da urbanização para localidades esvaziadas socialmente.

Um dos grandes desafios então desta reestruturação é a revitalização de redes de drenagem tanto de abastecimento quanto de esgotamento dos municípios, onde se há o objetivo de sanar antigos problemas de escoamento e visa garantir uma capacidade adequada para as solicitações atuais.

Estes desafios se tornam mais árduos conforme os novos objetivos sustentáveis da ONU visando o combate aos efeitos das mudanças climáticas previstas pelo IPCC, e a cidade do Recife tende a ser afetada mais severamente por sua localização, sendo concebida então como uma das 20 cidades globais mais afetadas por esses efeitos.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. URBANIZAÇÃO E DRENAGEM URBANA

De acordo com Suzuki e Azevedo (2013), o termo urbanização reside na ideia do desenvolvimento econômico e sucessivamente o social, propondo resultar a transição de uma economia rural para uma economia urbana, havendo a ressalva que este processo pode gerar efeitos negativos ao meio, principalmente à hidrologia do local. Efeitos estes concebidos com mais clareza em períodos de intensas chuvas onde aflora

problemas de drenagem conforme o aumento do escoamento superficial gerando inundações urbanas.

O processo de urbanizar uma determinada área propõe alterações na drenagem urbana local, potencializando a ocorrência de inundações gerando danos ambientais à região e sociais à população (SILVA, 2020).

Segundo Tucci (2012), o planejamento urbano concebe ambientes definidos e a densidade da população ali inserida, refletindo diretamente na demanda de utilização de água, geração de esgoto, produção de resíduos sólidos a ampla impermeabilização do solo natural afetando incisivamente a drenagem urbana.

Pela perspectiva de Rosa (2017), a concepção de drenagem pode residir no procedimento cujo objetivo é proporcionar o escoamento das águas de terrenos com auxílios de tubos, túneis, canais, valas e fossos, além de também poder-se utilizar equipamentos motorizados para tal ação. Logo, desta forma, são medidas de mitigação contra inundações que protegem a população e o desenvolvimento urbano.

A drenagem urbana é compreendida então pelo complexo de medidas que minimizam os riscos conexos às enchentes visando diminuir avarias eventuais ocasionadas à cidade e sua população, possibilitando a continuidade do desenvolvimento urbano adequado e sem caos naquela localidade (NETO, 2018).

Tucci (2001) cita que o conjunto da infraestrutura existente em uma cidade com finalidade de realização de coleta, transporte e o lançamento final das águas superficiais pode ser concebido com sistema de drenagem, e pode ser dividido em microdrenagem e macrodrenagem.

A microdrenagem pode ser definida como o conjunto de obras de engenharia formado por sistemas de captação de água pluvial, onde o principal objetivo é destinar adequadamente as águas pluviais para rios e córregos (ROSA, 2017). Há 12 elementos que constituem o sistema da microdrenagem: Guias, Sarjetas, Sarjetões, Bocas de lobo, Caixas com grelha ou ralos, Bocas contínuas de captação, Canaletas de topo e pé de talude, Galerias de condução de águas pluviais, Poços de visitas, Rampas e escadarias hidráulicas, Dispositivos de chegada de águas pluviais nos córregos ou rios, Revestimentos de taludes (SUZUKI E AZEVEDO, 2013).

Miguez (2015) por outro lado, dispõe que a macrodrenagem pode conceber-se como o conjunto de obras responsáveis por melhorar o fluxo final da drenagem da bacia



hidrográfica após o processo da microdrenagem, onde diminui problemas como erosão, assoreamento e inundação ao decorrer dos talvegues. Pode ser formada por canais naturais ou artificiais, grandes galerias e estruturas auxiliares.

## 2.2. OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Marques (2018) explana que após uma reunião contendo líderes mundiais na sede da ONU no final de 2015, estabeleceu-se e deliberou-se um projeto visionário chamada Agenda 2030, onde tem como proposta um núcleo de 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentáveis, como representado na Figura 1, subdivididos em metas e indicadores que devem ser implementados em todos os países até o ano de 2030, um plano global, para combater problemas crônicos do século XXI como: pobreza extrema, fome e os efeitos danosos das mudanças climáticas que estão em crescente constante.

Figura 1. Objetivos do desenvolvimento sustentável



Fonte: ONU, 2020. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>

E após a última previsão do AR6 (Sexto Relatório de Avaliação) do IPCC (Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas da ONU), tomou-se estado de emergência a corrida para atingir todos os objetivos das ODS no mundo, principalmente na cidade do Recife que foi considerada uma das cidades que mais sofrerá com os efeitos provocados pelas mudanças climáticas. Mudanças estas que de acordo com a previsão, desencadeará o aumento do nível do mar na região nordeste do continente sul-americano na média de 1,20m, desregulagem no regime pluviométrico e incidência de

chuvas fortes a um curto período de tempo, prejudicando o Recife na questão das redes de drenagem de escoamento e esgotamento.

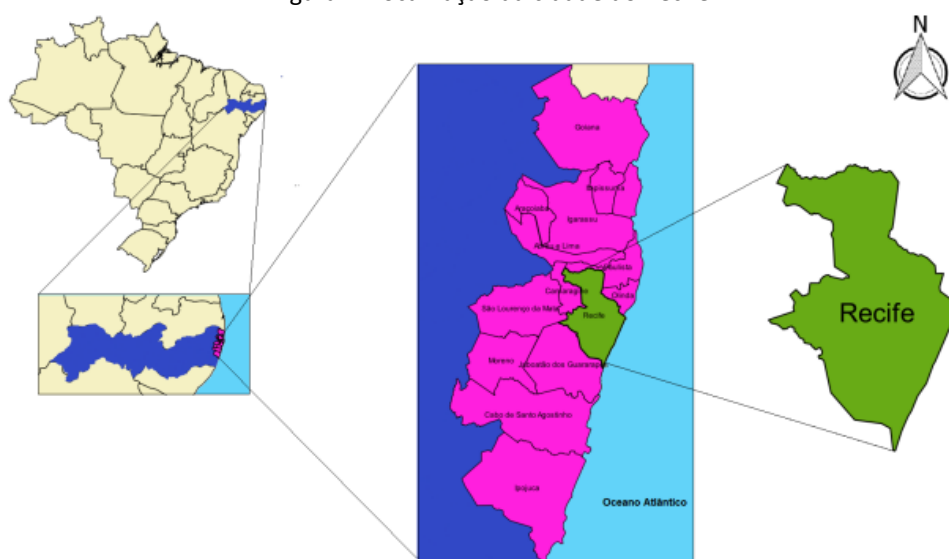
## 2.3. CIDADE DO RECIFE

Segundo a revisão bibliográfica, Leal (2022) dispõe que a cidade do Recife, Figura 2, localizada no litoral de Pernambuco, estado do nordeste brasileiro, é localizada em Latitude 08°03'14''S e Longitude 34°52'51''E, e é a capital do estado. Possui uma área aproximada a 218km<sup>2</sup> e uma altitude de 4m em relação ao nível do mar.

De acordo com o IBGE (2022), obtém uma população estimada em 1.661.017 habitantes, portanto concebendo uma densidade demográfica média de 7039,64Hab/kM<sup>2</sup>.

A capital pernambucana é disposta por 94 bairros, sendo regida por divisões político-administrativas, que de forma ordenada, gerenciam o censo demográfico, legislações urbanas e a fiscalização de diversos fatores para garantir o bem-estar social da cidade (LEAL, 2021).

Figura 2. Localização da cidade do Recife



Fonte: OLIVEIRA, 2018.

## 2.4. RETOMADA DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Embora ainda a economia nacional sinta os reflexos negativos da pandemia do Covid-19, houve um fenômeno de manutenção na construção civil, muito direcionado ao mercado imobiliário residencial que conseguiu que o setor se mantivesse ainda em vigor no cenário econômico nacional.

Os resultados do Produto Interno Bruto nacional, houve um crescimento de 2,7% no segundo trimestre de 2021. Isto reflete o crescimento de 26,1% na venda de imóveis no ano de 2020, mesmo com a instabilidade econômica, e propriamente no segundo trimestre de 2021 que a alta foi de 72,1%. Logo, com um retrospecto de bom desempenho, há uma previsão positiva que o ano de 2022 possa manter os números positivos, pois os financiamentos imobiliários estão sendo amplamente focos de investimentos pesados. E apesar que o crescimento venha a ser um desafio no estado de Pernambuco, há perspectivas de crescimento, pois, há uma perspectiva de manutenção de crescimento em alta na região Nordeste do país. (Folha PE, 2022).

O foco de toda esta previsão no estado de Pernambuco concebe-se principalmente na cidade do Recife onde há um grande foco de investimentos; e com o crescimento imobiliário, haverá também grandes intervenções nas redes de drenagem das cidades que envolvem o núcleo. O crescimento na construção implicará na manutenção ou redimensionamento das redes de drenagem para que não haja nenhum tipo de colapso por se apresentarem subdimensionadas às novas solicitações.

## 2.5. REURBANIZAÇÃO DO CENTRO EXPANDIDO

O eixo mais importante da construção civil em vigor na Região Metropolitana do Recife, é a empreitada do núcleo imobiliário no Cais de Santa Rita, no bairro de São José da cidade do Recife, inserido no centro no Centro Expandido do Recife; este implicará em construção de edificações residenciais e também voltadas ao turismo, Figura 3, gerando grandes investimentos à região. A localidade tornou-se alvo de investimento para novos empreendimentos desde que o antigo epicentro da construção civil na cidade do Recife ficou inviável pelo inchaço urbano imobiliário provocado pela expansão compulsiva e desordenada, fator justificado por um mal planejamento urbano. Mal planejamento este que gerou efeitos negativos à infraestrutura básica como redes de drenagem, saneamento e corredores viários.

Em 2001 a Lei 16.719/2001 “Cria a Área de Reestruturação Urbana – ARU, composta pelos bairros Derby, Espinheiro, Graças, Aflitos, Jaqueira, Parnamirim, Santana, Casa Forte, Poço da Panela, Monteiro, Apipucos e parte do bairro da Tamarineira, estabelece as condições de uso e ocupação do solo nessa área.”, propôs novas regras de uso do solo nesta região dos bairros citados visando a mitigação dos

efeitos negativos do fenômeno da expansão compulsiva e desordenada e o combate aos empreendimentos de impacto, isto então inviabilizando qualquer investida massiva imobiliária. Logo, houve a iniciativa da Prefeitura da Cidade do Recife juntamente com a iniciativa privada e instituições de ensino superior, idealizando modelos de desenvolvimento urbano em uma área do Recife que estava esvaziada; uma reestruturação urbana nos bairros dos Coelhos, Ilha do Leite, Paissandu, Soledade, Boa Vista, Santo Amaro, São José, Cabanga, Ilha Joana Bezerra e Santo Antônio, o referido Centro Expandido do Recife. Isto então foi de grande incentivo para a migração, Figura 4, do investimento imobiliário.

Figura 3. Construção de núcleo hoteleiro no Cais de Santa Rita



Fonte: AUTOR, 2022.

Figura 4. Retratação de migração da expansão imobiliária e urbanística no Recife



Fonte: GOOGLE EARTH, 2022.



Este grande e novo eixo imobiliário em ascensão terá grandes desafios na reestruturação de toda a infraestrutura do Centro Expandido, pois além dos problemas existentes atuais neste requisito, há a real previsão de aumento da carga de utilização das redes de drenagem, tanto de abastecimento quanto de esgotamento; ainda atentando-se com os objetivos de sustentabilidade voltados ao combate dos efeitos das mudanças climáticas previstas pelo IPCC à região. Imagina-se que com o aumento do nível do mar prevista à região, concebendo-se uma localidade com baixa altitude, e o aumento das solicitações em suas redes de drenagem e esgotamento, haja inundações espontâneas por toda a região, provocando caos à população que ali circule ou habite.

De acordo com Silva et. al (2018), em pesquisa pelo Instituto Datafolha em 2012, a infraestrutura da cidade do Recife, compreendendo abastecimento de água e esgotamento das residências, é o terceiro maior problema do município, perdendo apenas para o calçamento e para a saúde pública. O sistema de abastecimento d'água do Recife é um conjunto de sistemas, principalmente representados pelos sistemas Tapacurá (36% do volume do abastecimento) e Pirapama (50% do volume de abastecimento) e subsistemas com complexos de tubulações de materiais distintos. O complexo de abastecimento do Centro Expandido obtém tubulações que variam de 150mm à 25mm de diâmetro, como visto na Figura 5.

Figura 5. Rede principal de abastecimento d'água no Centro Expandido do Recife



Fonte: SILVA et al., (2018).



E o complexo de drenagem e esgoto do Centro Expandido do Recife, Figura 6, ainda há traços do projeto feito pelo engenheiro Fernando Saturnino de Brito em 1917. Sendo que em tempos atuais o a rede de esgotamento é atendida pelo Sistema de Esgotamento Sanitário Cabanga que é composto por dois subsistemas, Cabanga e Boa viagem, formados por uma rede coletora de 214km, 17 estações elevatórias e uma estação de tratamento com capacidade de tratar 912 litros de esgoto por segundo atendendo uma população aproximada a 176.760 habitantes. E o afluente tratado corretamente é lançado no Rio Jequiá (SILVA et al., 2018).

Figura 6. Rede principal de drenagem e esgotamento no Centro Expandido do Recife



Fonte: SILVA et al., (2018).

### 3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A reestruturação urbana ao Centro Expandido do Recife deve-se atentar principalmente na revitalização e redimensionamento da sua rede de drenagem de abastecimento d'água e de esgotamento para garantir uma boa funcionalidade de acordo com as novas cargas de solicitação diante de novos empreendimentos que estão sendo implementados na região, já que as atuais redes possivelmente não atenderão às solicitações futuras e também para suportar os reflexos negativos previstos pelo IPCC que as mudanças climáticas previstas trarão a esta região que será bastante afetada principalmente em sua infraestrutura básica de drenagem caso não ocorra uma verdadeira intervenção.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a bolsa da CAPES, FACEPE e CNPQ.

## REFERÊNCIAS

- FOLHA DE PERNAMBUCO. Setor imobiliário deve crescer. Por Matheus Jatobá. Disponível em: <https://www.folhape.com.br/noticias/setor-imobiliario-deve-crescer/219057/>. Acesso em 02/11/2022.
- IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2021). Cidades e Estados. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pe/recife.html>. Acesso em 23/10/2021. Acesso em 11/06/2022.
- IPCC AR6 (Intergovernmental Panel on Climate Change). Summary for Policymakers. In: MASSON-DELMOTTE, V., P. ZHAI, A. PIRANI, S. L. CONNORS, C. PÉAN, S. BERGER, N. CAUD, Y. CHEN, L. GOLDFARB, M. I. GOMIS, M. HUANG, K. LEITZELL, E. LONNOY, J.B.R. MATTHEWS, T. K. MAYCOCK, T. WATERFIELD, O. YELEKÇI, R. YU AND B. ZHOU (Eds). Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, 2021, 41 pp.
- LEAL, R. de A. OS DESAFIOS PARA O GERENCIAMENTO DE ENCOSTAS DA CIDADE DO RECIFE JUNTO AOS REFLEXOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS: UM ESTUDO APLICADO À 3ª REGIÃO POLÍTICO-ADMINISTRATIVA – RPA 3. Trabalho de conclusão de curso para a obtenção de Bacharel em Engenharia Civil ao UNICAP Icam-Tech. Universidade Católica de Pernambuco, UNICAP. Recife, Pernambuco. 2022.
- LEI Nº 16.719/2001, CRIA A ÁREA DE REESTRUTURAÇÃO URBANA - ARU, COMPOSTA PELOS BAIRROS DERBY, ESPINHEIRO, GRAÇAS, AFLITOS, JAQUEIRA, PARNAMIRIM, SANTANA, CASA FORTE, POÇO DA PANELA, MONTEIRO, APIPUCOS E PARTE DO BAIRRO TAMARINEIRA, ESTABELECE AS CONDIÇÕES DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NESSA ÁREA. Prefeitura da Cidade do Recife. Recife, Pernambuco. 2001
- MARQUES, Jonathan Alonso. Mensuração do desempenho relativo dos países no cumprimento dos ODS: Uma proposta metodológica. PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO DE JANEIRO – PUC-RIO. Rio de Janeiro, 2018.
- MIGUEZ, M. G. Drenagem urbana: do projeto social à sustentabilidade. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.
- NETO, José Dias de Oliveira. A problemática da drenagem urbana na cidade de Cabedelo-PB. Trabalho de conclusão de curso para a obtenção de Bacharel em Engenharia

Civil ao Centro Universitário de João Pessoa (UNIPÊ). Centro Universitário de João Pessoa, UNIPÊ. João Pessoa, Paraíba. 2018.

OLIVEIRA, M. S. de. Influência geológico-geotécnica na escolha dos tipos de fundações do bairro de Boa Viagem / Recife e elaboração de banco de dados de medições de recalques em edifícios. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil pela Universidade de Pernambuco, Recife - PE, 2018

ROSA, A. F. Os impactos da urbanização sobre o ciclo hidrológico no município de Patrocínio – MG. Monografia apresentada ao curso de engenharia ambiental da Universidade Federal de Uberlândia, 2017. Disponível em < <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/19693/1/impactosUrbanizacaoCiclo.pdf> f> acesso e>m: 17 out. 2018.

SILVA, Paula Karolyne Matos da Silva. Análise do processo de requalificação da Avenida Presidente Kennedy em Olinda-PE. Trabalho de conclusão de curso para a obtenção de Bacharel em Engenharia Civil ao Centro de Ciências e Tecnologia. Universidade Católica de Pernambuco, UNICAP. Recife, Pernambuco. 2020.

SILVA, Robson Canuto da,...[et al.]. Estudos Integrados do Centro Expandido Continental do Recife, organizadores. – [Recife: UNICAP., 2018], xii, 301 p. : il. – (Plano centro cidadão ; v.1]

SUZUKI, C. Y; AZEVEDO, A. M. Drenagem subsuperficial de pavimentos. São Paulo: Oficina de textos, 2013.

TUCCI, Carlos E. M. Hidrologia: ciência e aplicação. Porto Alegre: UFRGS, 2001. 943p.

TUCCI, C.E.M. 2012. Gestão da drenagem urbana (Textos para Discussão CEPAL/PEA, 48). Brasília, DF: 50p.

# CAPÍTULO III

## LEVANTAMENTO DO IMPACTO NA QUALIDADE DO AR EM TEMPOS DE PANDEMIA EM CIDADES BRASILEIRAS QUE TEM MONITORAMENTO

SURVEY OF THE IMPACT ON AIR QUALITY IN TIMES OF PANDEMICS IN MONITORED BRAZILIAN CITIES

DOI: 10.51859/AMPLA.MAS2407-3

Maria Clara Rocha Leite <sup>1</sup>

Jandson Vieira Costa <sup>2</sup>

Francisco Rafael Campos de Macedo <sup>3</sup>

Suely Moura Melo <sup>4</sup>

Izane Luíza Xavier Carvalho <sup>5</sup>

<sup>1</sup> Graduanda do curso de Engenharia de Produção. Centro Universitário UniFacid – UNIFACID

<sup>2</sup> Doutor em Ciência Animal. Docente do Departamento de Engenharia. Centro Universitário UniFacid – UNIFACID

<sup>3</sup> Mestre em Ciência e Engenharia dos Materiais. Docente do Departamento de Engenharia. Centro Universitário UniFacid – UNIFACID

<sup>4</sup> Doutora em Biotecnologia. Docente do Departamento de Engenharia. Centro Universitário UniFacid – UNIFACID

<sup>5</sup> Mestra em Desenvolvimento e Meio Ambiente e UniFacid.

### RESUMO

O ano de dois mil e vinte foi marcado pela pandemia de SARS-CoV-2 e trouxe mudanças para a comunidade mundial, evidenciando o fechamento do comércio e da suspensão de atividades culturais de modo presencial e ainda casos de Lockdown. Em decorrência do menor fluxo de pessoas nas áreas urbanas percebeu-se mudanças não só nas relações humanas, mas também no padrão de qualidade de vida. Uma destas alterações foi analisada neste estudo, o monitoramento da qualidade do ar, a partir de dados publicados por instituições competentes em sete cidades brasileiras (Campinas – SP, Guarulhos – SP, Rio de Janeiro – RJ, São Bernardo do Campo – SP, São José dos Campos – SP, São Paulo – SP e Vitória – ES) a fim de observar se houve uma melhora na faixa de poluição emitida diariamente em cada município. Para aprofundar a compreensão da situação de cada região buscou-se também notícias e artigos científicos que abordassem a realidade e possíveis causas que justificassem as conclusões obtidas ao decorrer do estudo. É importante salientar que mesmo com os benefícios ambientais obtidos em alguns

períodos do isolamento social para a redução dos efeitos prejudiciais à natureza, na contramão houve a perda de milhares de vidas devido a problemas no sistema de saúde público e privado que é deficiente para o tratamento da COVID-19 levando a um triste marco na história do país.

**Palavras-chave:** Qualidade do Ar. Isolamento Social. SARS-CoV-2. Monitoramento. Saúde.

### ABSTRACT

2020 was marked by the SARS-CoV-2 pandemic and brought changes to the world community, evincing the shutting down of businesses, markets and trades and the suspension of presential cultural activities and in some cases leading to lockdown. As a result of the lower flow of people in urban areas, changes were noticed not only in human relationships, but also in the standard of quality of life. One of these changes was analyzed in this study, the monitoring of air quality, based on data published by competent institutions in seven Brazilian cities (Campinas – SP, Guarulhos – SP, Rio de Janeiro – RJ, São Bernardo do Campo –



SP, São Paulo José dos Campos – SP, São Paulo – SP and Vitória – ES) in order to observe if there was any improvement in the range of pollution emitted in a daily basis in each municipality. Aiming to deepen the understanding of the situation in each region, the authors sought news and scientific articles that addressed the reality and possible causes that justified the conclusions obtained during the study. It is important to highlight that even with the environmental benefits obtained in some

periods of social isolation that lead to a reduction of the harmful effects on nature, on the contrary, thousands of lives were lost due to problems in the public and private health system, which are inefficient with regard to COVID-19 treatment having as a consequence the establishing of a sad page in the history of the country.

**Keywords:** Air Quality. Social isolation. SARS-CoV-2. Monitoring. Health.

## 1. INTRODUÇÃO

O novo corona vírus pertence à ordem dos Nidovirales da família Coronaviridae, foi documentado pela primeira vez na cidade de Wuhan, situada na China, em dezembro de 2019 (CAMPOS e MIGUEL, 2020). A Organização Mundial da Saúde – OMS – decretou o status de pandemia em 11/03/2020. Uma série de medidas preventivas foram amplamente divulgadas a fim de conter a disseminação do novo corona vírus, entre elas o uso de máscara, a higienização frequente das mãos com água e sabão ou com álcool em gel e o distanciamento social, além do isolamento social. (UNA-SUS, 2020).

O COVID desencadeou diferentes tipos de impacto, entre eles o sócio – ambiental. Define-se impacto ambiental, de acordo com a Resolução CONAMA nº 01/1986, como qualquer alteração de caráter físico, químico ou biológico do ambiente, ocasionada por toda forma de matéria ou energia fruto de atividade humana, seja ela direta ou indireta. Estas ações podem apresentar como efeitos a perturbação da segurança, do bem-estar e da saúde da comunidade; além de evidenciar consequências a estrutura econômica e social. Estas alterações, quando em grande proporção e por um prazo longo, propiciam o acontecimento de catástrofes naturais, como furacões, tsunamis, enchentes, entre outros (PEREIRA e CURI, 2012).

Um dos impactos existentes é a poluição atmosférica, essa se caracteriza pelo aumento nos níveis de elementos prejudiciais a natureza no ar atmosférico, sua origem pode ser natural ou antropogênica. Este trabalho tem como base a poluição provinda de forma não natural (antropogênica); alguns exemplos de fontes dos poluentes desta categoria são a partir da combustão de carvão e derivados do petróleo e da queima incompleta da biomassa. Os poluentes gerados podem ser classificados como fumaças e gases, poeiras e vapores. (OLMO, 2010).

Os índices de qualidade do ar são definidos a partir de um padrão internacional determinado pela United States Environmental Protection Agency – EPA – US que apresenta os valores do índice de Qualidade do Ar com a classificação da Tabela 1:

Tabela 1. Indicadores da Qualidade do ar e suas características segundo a EPA – US

	Valores do Índice de Qualidade do Ar (AQI)	Níveis de preocupação de saúde (Interpretação)
0 – 50	Boa	A qualidade do ar é considerada satisfatória, dessa forma a poluição do ar representa pouco ou nenhum risco.
51 – 100	Moderada	A qualidade do ar é considerada aceitável, entretanto para alguns poluentes pode ocasionar problema de saúde moderado para um pequeno número de pessoas que apresentam sensibilidade à poluição atmosférica.
101 – 150	Não saudável para Grupos Sensíveis (Ruim)	As pessoas de grupos sensíveis podem ter efeitos em sua saúde, de forma geral, a população não apresenta suscetibilidade de ser afetado.
151 – 200	Não Saudável (Muito Ruim)	Insalubre, dessa forma toda a população pode sofrer efeitos em sua saúde, que podem ser mais graves em pessoas sensíveis.
201 – 300	Muito prejudicial à Saúde (Péssimo)	Muito insalubre, são emitidas advertências de situações de emergência, dessa forma, toda a população está mais suscetível de ser afetada.
+ 300	Perigoso	Perigoso, é emitido um alerta de saúde, pois todos podem experimentar efeitos mais graves para a saúde.

Fonte: Adaptado de EPA – US.

Um novo desafio ao país foi a chegada da SARS-CoV-2, o quadro foi agravado pela desigualdade social e uma administração da saúde pública conturbada. A falta de informações mais aprofundadas sobre a origem, prevenção e tratamento da doença acarretaram na dificuldade de diminuir os efeitos dela. Após a identificação dos primeiros casos, os números cresceram de um modo acelerado, fazendo com que o



sistema de saúde sofresse lotação e falta de equipamentos. Para reduzir a ação do vírus é necessário seguir quatro etapas: contenção, mitigação, supressão e recuperação. No contingente territorial brasileiro, os dois aspectos que apresentam maiores problemas são a aplicação e aceitação do isolamento social, que é afetado por disparidades socioeconômicas e culturais, e no tratamento clínico da doença, devido à má distribuição de leitos de estabilização e UTI entre os estados brasileiros (WERNECK e CARVALHO, 2020).

Uma das medidas adotadas na pandemia da COVID-19 em diversos países é a quarentena (isolamento social), com isso o comércio, os restaurantes, as instituições de ensino e as fábricas tiveram uma parada total. Uma das consequências positivas desta medida é a melhora na qualidade do ar de centros urbanos e áreas industriais, devido o menor fluxo de carros no trânsito e a redução na emissão de poluentes, a concentração das partículas contaminantes na atmosfera diminuiu consideravelmente de acordo com dados obtidos por pesquisadores. Estudos apontam que nas cidades nas quais foram adotados um distanciamento social rígido, o índice de qualidade do ar (AQI) teve uma minimização de 20% a 40% nos níveis de poluição do ar. A redução dos poluentes também foi percebida em algumas capitais do Brasil como São Paulo, Rio de Janeiro e Brasília; mesmo o isolamento nestas áreas não tenha sido dentro do recomendado (REDAÇÃO GALILEU, 2020).

Devido a importância do conhecimento sobre o efeito gerado ao meio ambiente durante a pandemia, este trabalho objetiva analisar os dados, impactos e consequências advindas durante o período de pandemia da COVID-19 no território brasileiro, através de bancos de monitoramento público, notícias de relevância para o estudo, artigos e bases de dados científicos. Se caracterizando como uma pesquisa quantitativa e qualitativa, propõe-se comparar a qualidade do ar em tempos de isolamento social e em um período similar no ano anterior; também foram observados os efeitos após o término da quarentena dentro do período de realização do projeto.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O projeto é caracterizado como uma pesquisa quantitativa e qualitativa. Os locais analisados são as cidades do território brasileiro, o período observado contempla o princípio da contaminação por COVID-19 e vai até junho ainda durante a pandemia no

Brasil. Foram comparados os índices de poluição do ar durante a pandemia da SARS-CoV-2 com o um trecho temporal similar no ano de 2019. Buscou-se mais informações através de notícias publicadas em revistas/sites de relevância nacional ou estadual, como o site da Agência Brasil, o portal de notícia G1, a revista Veja e o portal eletrônico do Correio Braziliense; banco de dados de monitoramento da qualidade do ar, exemplos são a CETESB, o INEA e o IEMA; bases de dados científicas a partir de artigos de relevância para a pesquisa. Também foi observado durante o estudo os efeitos decorrentes ao final da quarentena, estando dentro do prazo de desenvolvimento do trabalho. Houve uma visualização e comparação dos resultados obtidos ao longo do processo a fim de ter uma compreensão dos impactos gerados no isolamento social ao meio ambiente.

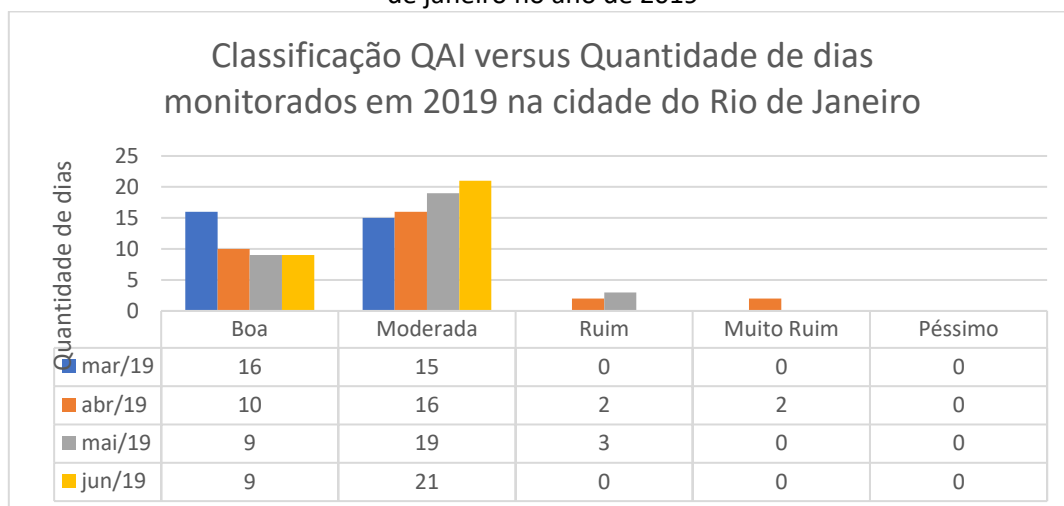
### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para uma análise ampla da qualidade do ar das cidades selecionadas realizou-se o recolhimento dos dados de monitoramento, de notícias relevantes e de artigos dentro da temática da pesquisa. As localidades monitoradas foram Rio de Janeiro – RJ, São Paulo – SP, Vitória – ES, Campinas – SP, Guarulhos – SP, São Bernardo do Campo – SP e São José dos Campos – SP. Cada município possui uma instituição responsável pelo acompanhamento dos níveis de poluentes, no Rio de Janeiro é feito pelo INEA (Instituto Estadual do Ambiente), em Vitória é através do IEMA (Instituto de Meio Ambiente e Recursos Hídricos), enquanto as demais áreas situadas no estado de São Paulo são monitoradas pela CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo). É importante salientar que a frequência de registro varia entre os locais, no qual em alguns períodos há ausência de informações de determinados poluentes ou até mesmo nem possuir uma classificação para aquela data, isto ocorre por consequência de problemas em aparelhos de medição nas estações de observação; pode haver diferença na quantidade de poluentes estudados em cada região devido não existir um padrão nacional.

O estudo obtido pelos relatórios das companhias citadas anteriormente foi comparado com matérias de revistas e jornais como G1, CNN Brasil, Agência Brasil, Correio Braziliense e Folha Vitória; no qual para aprofundar o entendimento da situação de cada cidade recorreu-se à artigos de interesse de autores diversos. A seguir estão

expostas a comparação entre os dados recolhidos de 2019 e 2020 e suas respectivas explicações. Os dados estão apresentados no Gráfico 1:

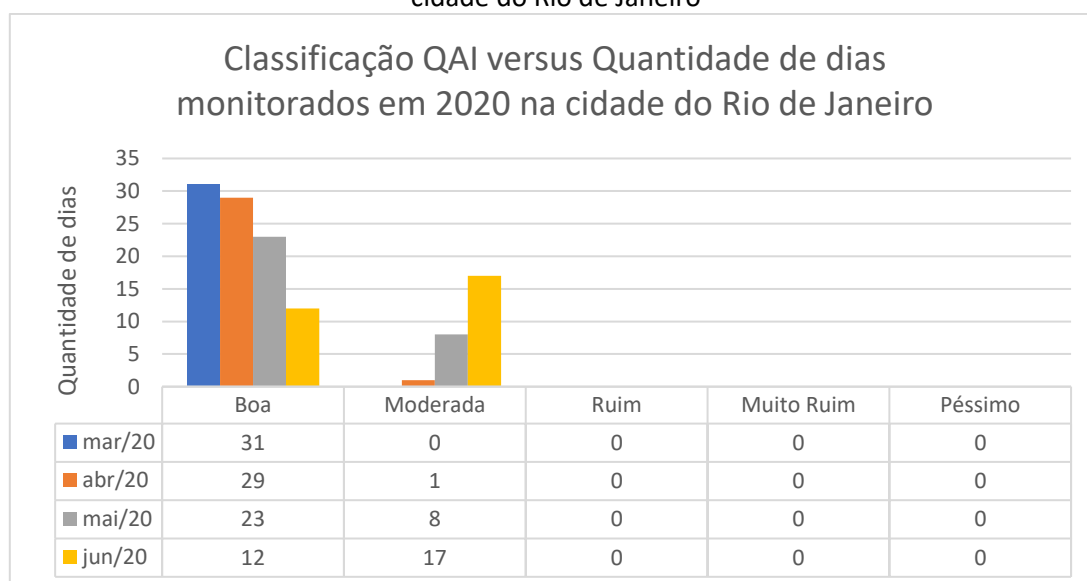
Gráfico 1. Índice da qualidade do ar versus a quantidade de dias monitorados na cidade do rio de janeiro no ano de 2019



Fonte: Autoria própria.

O gráfico indica que de março a junho de 2019, o ar encontrava-se classificado como bom e moderado nos meses de março e junho, entretanto os meses de abril e maio apresentaram dias com a classificação ruim e muito ruim. Comparando o mesmo período em 2020, foi possível construir o gráfico 2 que indicou que não houve registro de dias com as classificações ruim, muito ruim ou péssimo, decorrente do isolamento social e da parada das atividades industriais e comerciais da cidade.

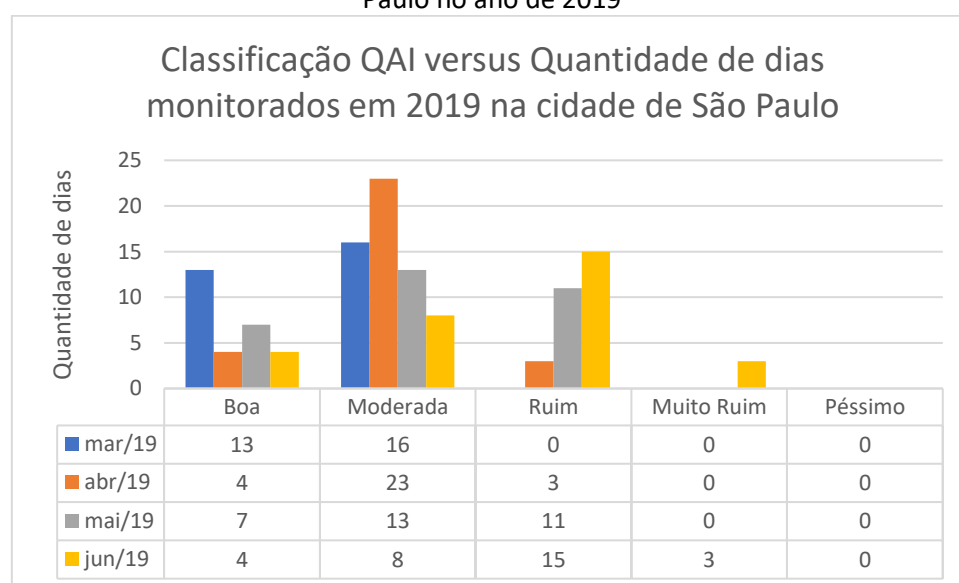
Gráfico 2. Índice de qualidade do ar versus a quantidade de dias monitorados em 2020 na cidade do Rio de Janeiro



Fonte: Autoria própria.

A reportagem da Agência Brasil, publicada em abril/2019, cita que houve uma redução de 70% de NO<sub>2</sub> na zona oeste e de 45% na Baixada Fluminense. Já a matéria do G1 foi postada em junho/2019, com a variação de tempo foram feitos novos monitoramentos e pode-se perceber um decréscimo de 91% na emissão de NO<sub>2</sub> e 55% de monóxido de carbono (CO), a causa desta minimização da liberação de poluentes foi relacionada ao menor fluxo de atividades industriais e de mobilidade urbana. As reportagens confirmam a alteração na concentração de poluentes na atmosfera demonstrada a partir dos registros de monitoramento do ar. Os artigos de Dantas et al. (2020) e de Cavalcante et al. (2020) também trouxeram perspectivas sobre esta redução da emissão de gases poluentes além de discutir sobre os efeitos destas mudanças, no qual apontaram que estas melhoras nos índices podem ser pouco duradouras por dependerem do isolamento social que não foi cumprido de forma igual nas regiões e nem na mesma faixa de tempo.

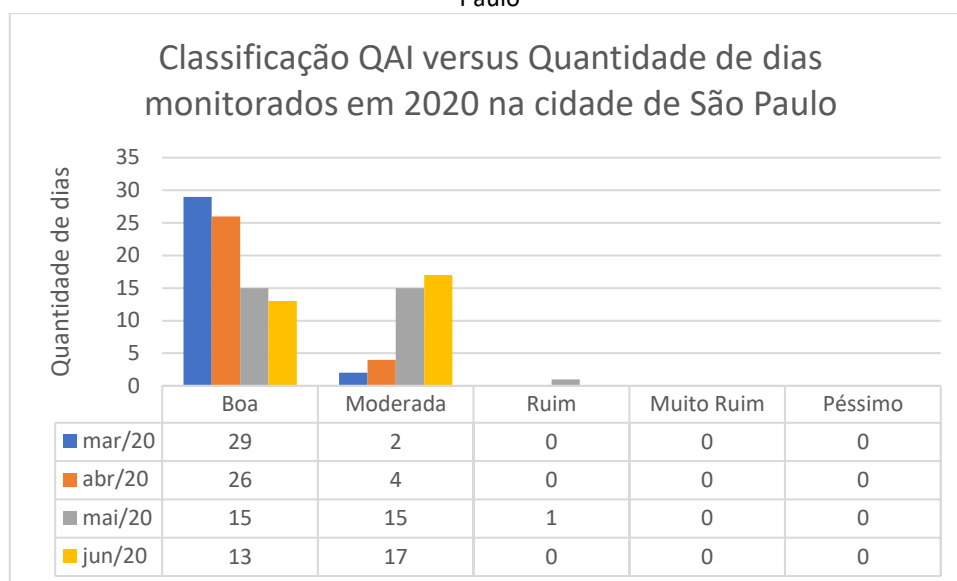
Gráfico 3. Índice da qualidade do ar versus a quantidade de dias monitorados na cidade de São Paulo no ano de 2019



Fonte: Autoria própria.

A classificação dos dados obtidos do monitoramento demonstradas no gráfico 3 indicou que a qualidade do ar na cidade de São Paulo apresenta índices preocupantes, devido pouca porcentagem dos seus dias, no período de um mês, estarem em uma boa situação. O mês que obteve a pior situação foi em junho. As informações referentes ao ano de 2020 foram organizadas no gráfico em seguida:

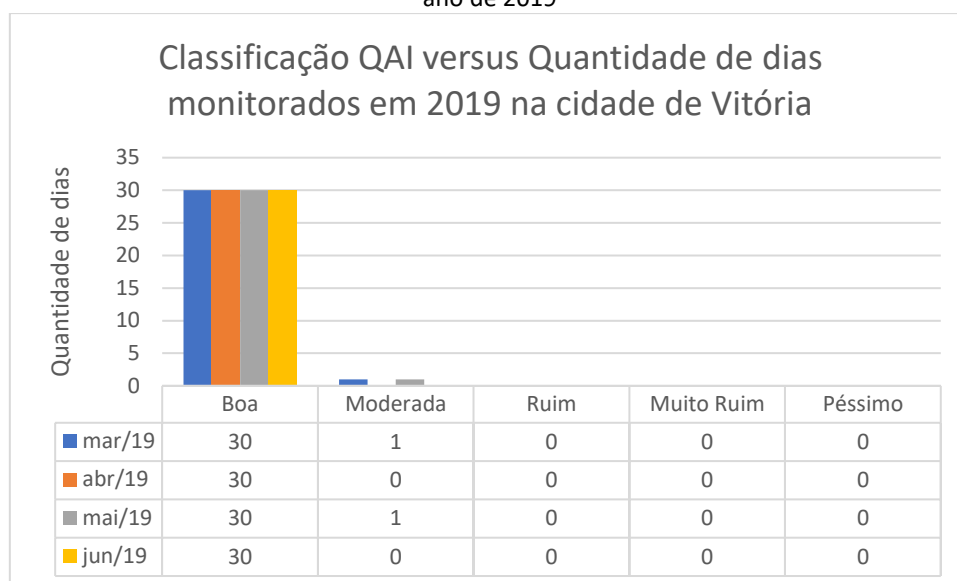
Gráfico 4. Índice de qualidade do ar versus a quantidade de dias monitorados em 2020 na cidade de São Paulo



Fonte: Autoria própria.

Na reportagem disponibilizada pelo G1, de julho/2020, é exposto sobre a diminuição nos índices de poluição quando comparado a períodos anteriores, no qual em abril representou uma queda de 50% e em julho de 20%; esta mudança é decorrente do menor uso de automóveis e de produção industrial. A minimização no percentual de queda do nível dos gases poluentes além de ser perceptível pela matéria anterior, também é tratada pela publicação da CNN Brasil, de setembro/2020, que discute sobre o impacto da flexibilização das restrições da quarentena sobre a emissão de gases prejudiciais na atmosfera. A melhora no quadro de poluição pelas notícias, observado no gráfico 4, mesmo sendo frágil, é compatível com o resultado dos monitoramentos realizados na capital. Os artigos de Nakada e Urban (2020) juntamente com a publicação de Debone, da Costa e Miraglia (2020) reforçam a análise da redução dos níveis de concentração dos poluentes, discutem os impactos e os benefícios gerados, mas claro citando as vidas perdidas em meio à crise de saúde decorrente da pandemia de COVID-19.

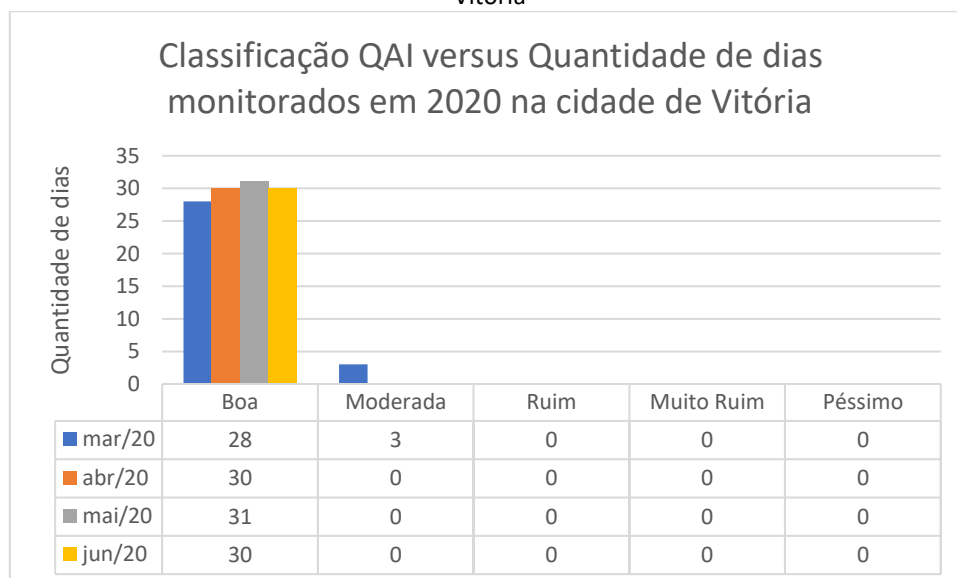
Gráfico 5. Índice da qualidade do ar versus a quantidade de dias monitorados na cidade de Vitória no ano de 2019



Fonte: Autoria própria.

Como exposto no gráfico 5 as informações coletadas não apresentaram uma grande variação, se mantendo entre uma classificação boa e moderada e com uma maior ocorrência de dias em uma situação boa. Para entender como se manteve a qualidade do ar durante a pandemia, os dados coletados foram dispostos no gráfico abaixo:

Gráfico 6. Índice de qualidade do ar versus a quantidade de dias monitorados em 2020 na cidade de Vitória



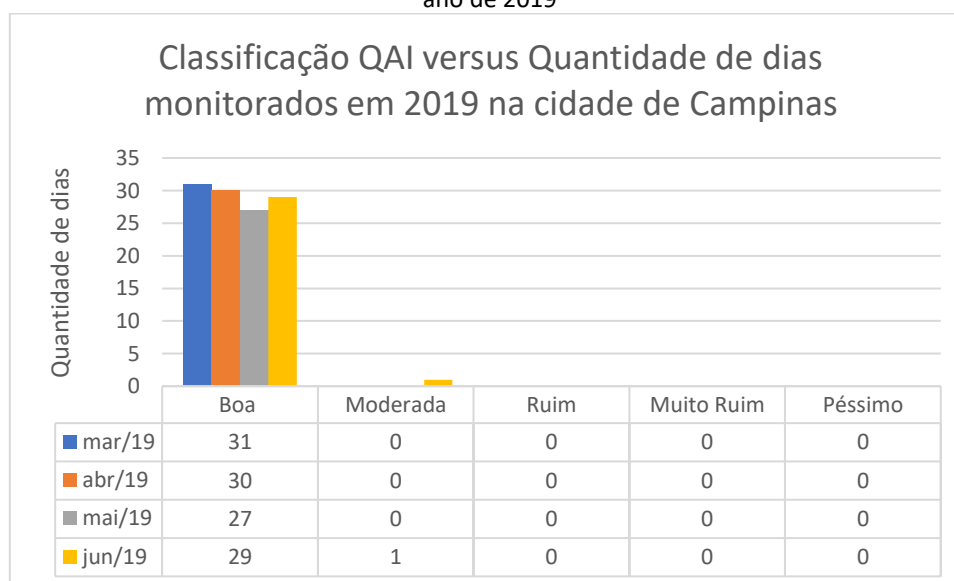
Fonte: Autoria própria.

Na reportagem do site da Tribuna Online, de abril/2020, é apontada uma melhora na qualidade de ar da região metropolitana, em torno de 29% devido ao



isolamento social; o mesmo ocorre na matéria divulgada pela Folha Vitória, de junho, que indica diminuição de 65% no nível de NO, de 34% de CO, de 24 % de NO<sub>2</sub> e 23% de MP<sub>10</sub>, mas também é relatado a falta de uma mudança expressiva no índice de ozônio (O<sub>3</sub>) e um crescimento do dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>). Os dados coletados e demonstrados no gráfico 6 em comparação com as reportagens se diferem um pouco, devido a análise do monitoramento indicar um quadro mais estável ao invés de melhora, isto ocorre devido a pesquisa se basear nas faixas de classificação para análise do padrão de qualidade atmosférico enquanto as notícias se baseiam na variação dos índices. Em especial, o dióxido de enxofre houve um baixo registro de informações na estação usada no trabalho, assim não foi possível ter uma visão confiável para se comparar com as matérias divulgadas.

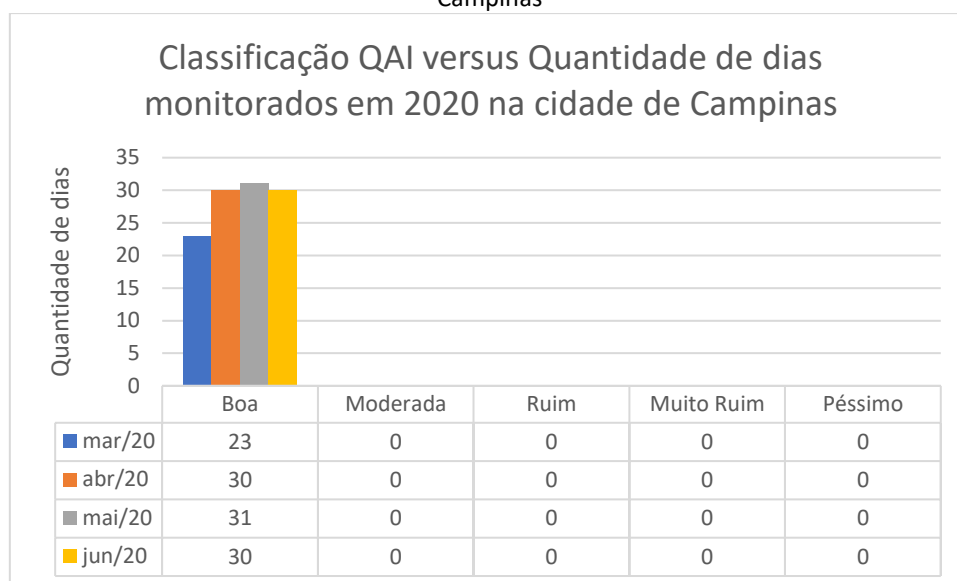
Gráfico 7. Índice da qualidade do ar versus a quantidade de dias monitorados na cidade de Campinas no ano de 2019



Fonte: Autoria própria.

Pode-se perceber no gráfico 7 que a qualidade do ar no município em destaque apresentou uma boa situação em grande parte do tempo, tendo uma pequena mudança somente em relação a um dia de estudo. O mês que obteve pior índice foi junho, já que foi o único com oscilação da classificação dos parâmetros entre boa e moderada. Também foram analisados os dados de 2020 e demonstrados no gráfico a seguir:

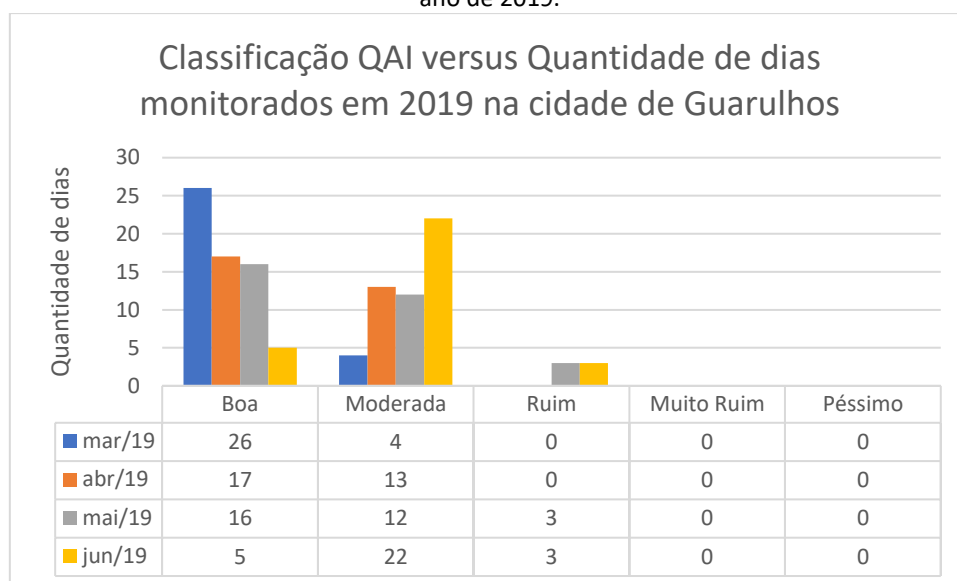
Gráfico 8. Índice de qualidade do ar versus a quantidade de dias monitorados em 2020 na cidade de Campinas



Fonte: Autoria própria.

As matérias acerca da qualidade do ar no município de Campinas foram oriundas das plataformas do G1 e Correio. A reportagem do G1, de maio/2020, aborda sobre uma melhora nos índices de poluentes, citando uma diminuição de 45% de material particulado e de 73% de óxido de nitrogênio. Enquanto a notícia disponibilizada pelo Correio, em agosto, aponta uma piora na concentração de poluentes tendo como possível motivo as queimadas ocorridas em larga escala. Em comparação com os dados registrados ao longo do período de março a junho, do gráfico 8, é indicado um quadro estável, podendo ter esta condição devido os poluentes disponíveis para análise, além do fato da pesquisa considerar somente até junho, enquanto a notícia do Correio, que aborda a condição de qualidade do ar inversa ao rumo seguido pelo resto do país, é de agosto o que pode trazer um intervalo de agravamento das condições atmosféricas não abordado no estudo.

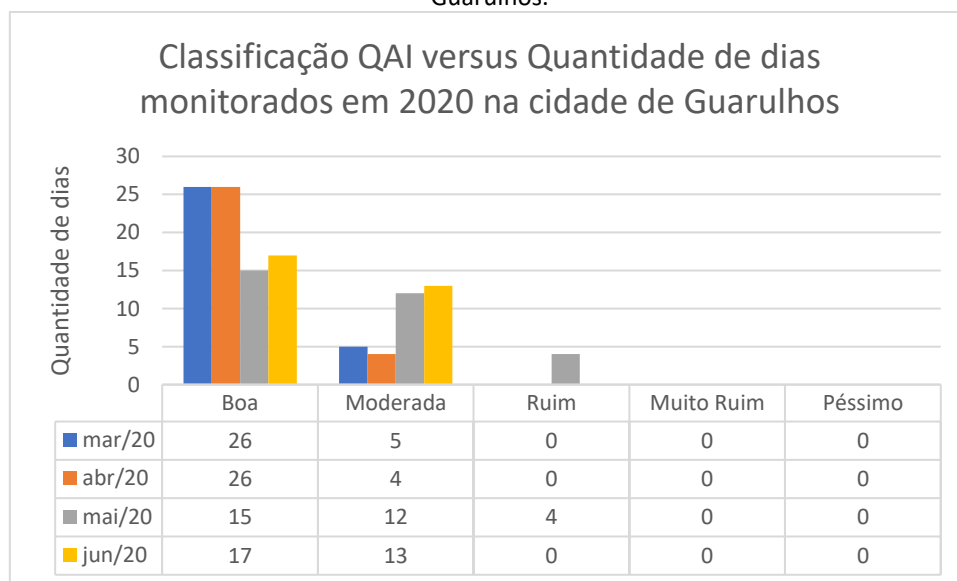
Gráfico 9. Índice da qualidade do ar versus a quantidade de dias monitorados na cidade de Guarulhos no ano de 2019.



Fonte: Autoria própria.

Os dados expostos no gráfico 9 originados da estação de monitoramento indicam uma qualidade do ar preocupante em Guarulhos, pois a quantidade dias em situações consideradas moderadas e ruins tiveram uma alta porcentagem nos meses de abril a junho. O período com a maior quantidade de classificações moderadas, representando 73,3% do mês, foi junho. Para entender o padrão ocorrido durante a mesma faixa de tempo em 2020 foram listados os dados no gráfico a seguir:

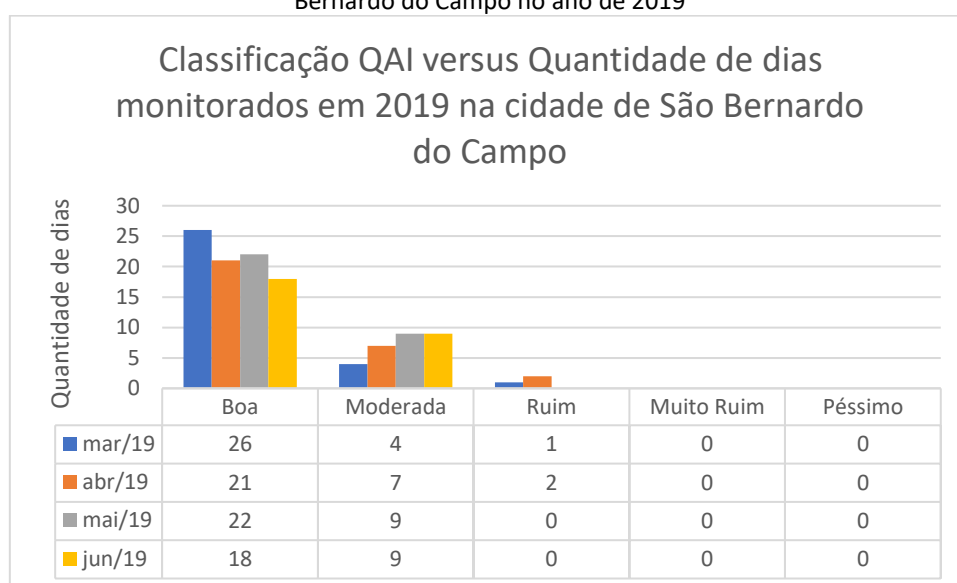
Gráfico 10. Índice de qualidade do ar versus a quantidade de dias monitorados em 2020 na cidade de Guarulhos.



Fonte: Autoria própria.

A reportagem selecionada sobre as condições atmosféricas da cidade de Guarulhos foi encontrada no site Guarulhos Online. A notícia de abril de 2020 discuti sobre a melhora nos índices de poluentes, a causa apontada para esta mudança é o menor fluxo do tráfego de veículos; no qual o poluente que obteve uma redução mais representativa foi o CO2 segundo a CETESB. A matéria confirma a situação mostrada no gráfico 10, no qual os dados disponibilizados do período de março a junho de 2020 tiveram queda na concentração dos parâmetros estudados, assim configurando um quadro de melhora na qualidade do ar da cidade.

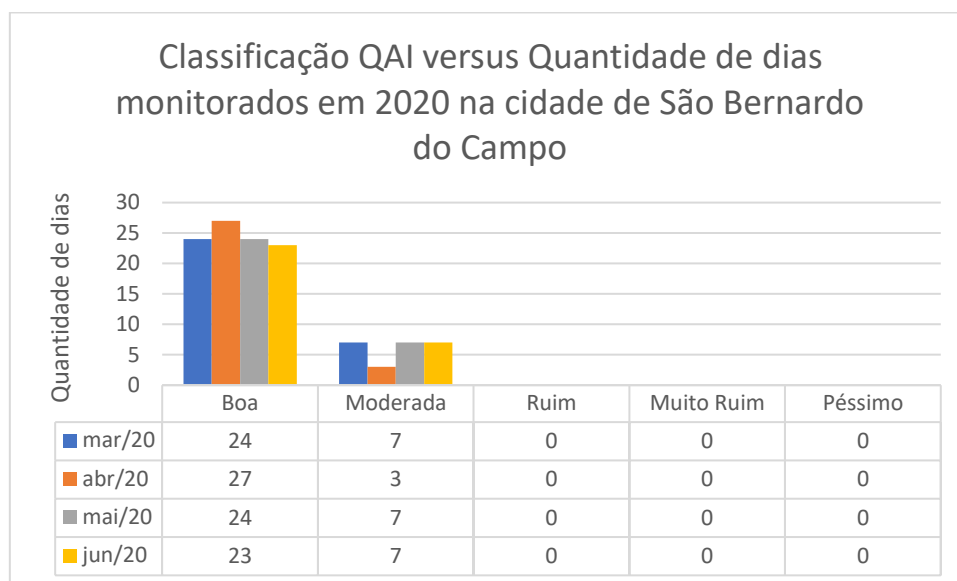
Gráfico 11. Índice da qualidade do ar versus a quantidade de dias monitorados na cidade de São Bernardo do Campo no ano de 2019



Fonte: Autoria própria.

O gráfico 11 mostra um padrão variando entre boa, moderada e ruim, a pior classificação identificada indica uma presença considerável de poluentes no ar da cidade de São Bernardo do Campo, o que é danoso para a saúde da população. O mês com piores classificações foi abril, devido ter mais dias em estado ruim em relação aos demais períodos, mesmo tendo uma grande quantidade de dias em bom estado. As informações de monitoramento durante a pandemia de março a junho foram expostas no gráfico 12:

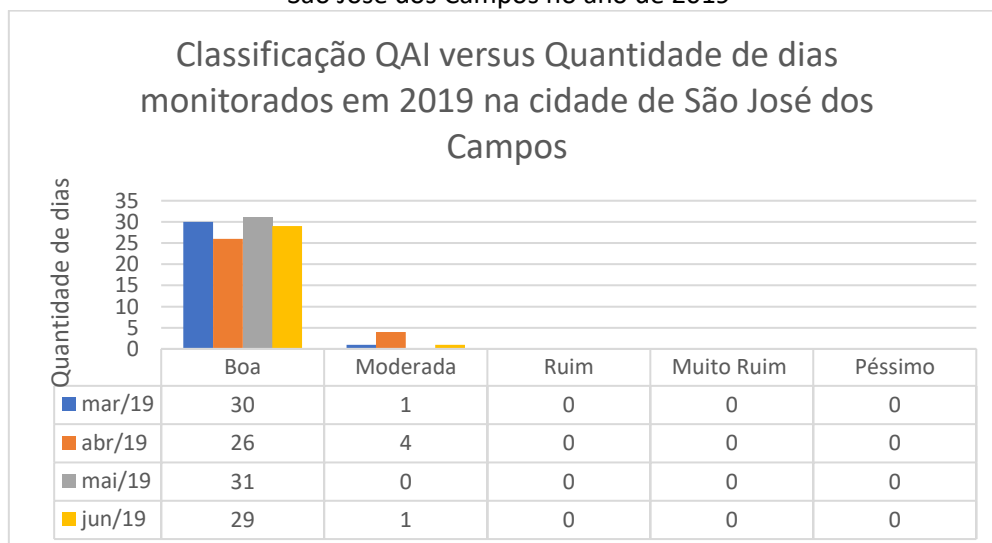
Gráfico 12. Índice de qualidade do ar versus a quantidade de dias monitorados em 2020 na cidade de São Bernardo do Campo



Fonte: Autoria própria.

Pode-se observar a partir do gráfico acima uma queda na quantidade de padrões classificados como moderado, portanto entende-se que houve uma redução na quantidade de poluentes da atmosfera durante o período de 2020, e juntamente com um crescimento expressivo de quadro de boa qualidade ao longo dos meses observados. Não foram encontrados artigos ou matérias jornalísticas relevantes em relação ao município.

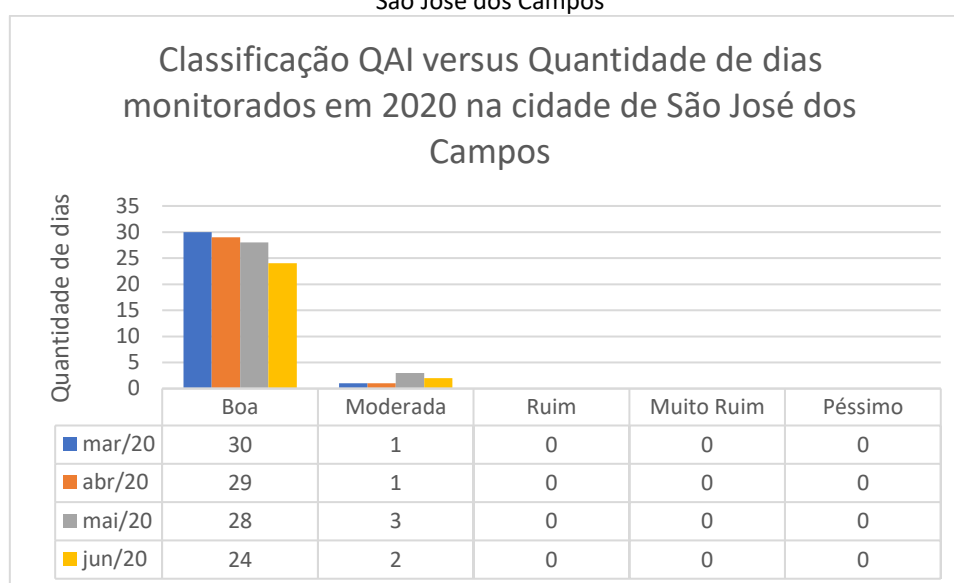
Gráfico 13. Índice da qualidade do ar versus a quantidade de dias monitorados na cidade de São José dos Campos no ano de 2019



Fonte: Autoria própria.

A qualidade do ar do município ao longo de 2019 demonstrado no gráfico 13 apresenta uma classificação não tão prejudicial aos moradores, já que grande parte dos dias esteve em um padrão bom, com alguns dias em estado moderado (6 dias). O mês com piores índices foi em abril, devido ser o período com mais dias em situação moderada, ao todo 4 dias, e os demais 26 dias apresentaram bom índice (o que representa 86,7%). A situação ocorrida no ano seguinte está representada no gráfico a seguir:

Gráfico 14. Índice de qualidade do ar versus a quantidade de dias monitorados em 2020 na cidade de São José dos Campos



Fonte: Autoria própria.

De acordo com o gráfico 14, a qualidade do ar da cidade de São José dos Campos já se encontrava em uma boa situação, tendo na maior parte dos dias um quadro considerado bom, este padrão não alterou expressivamente durante a pandemia assim mantendo seus níveis de boa e moderada com quantidades relativamente próximas. Como não foram encontradas reportagens ou publicações acadêmicas acerca do assunto na cidade em questão, não foi possível entender outras variações no cotidiano da população.

Comparando-se as cidades foi possível perceber que durante o mês de março/2020, o Rio de Janeiro foi a localidade com melhor padrão de qualidade do ar, enquanto nos meses seguintes os municípios de Vitória e Campinas obtiveram a maior quantidade de dias dentro da faixa considerada boa. Também é possível notar que o



número de dias na classificação boa diminuiu ao longo dos meses durante o ano de 2020, assim apresentando uma regressão na melhora da qualidade atmosférica ocasionado pelo retorno dos setores comerciais juntamente com o aumento do fluxo de transportes.

A pesquisa conseguiu comprovar os efeitos do isolamento social na qualidade do ar que os brasileiros respiram, onde na maioria dos casos houve melhora nos níveis de gases poluentes. Além do benefício para a população foi possível notar mudanças em outras esferas acarretando consequências boas e/ou ruins ao decorrer do ano de 2020, entre os impactos elencados nas matérias selecionadas para o estudo tem-se a redução do lixo comercial enquanto houve um crescimento dos resíduos domiciliares e hospitalares; a diminuição da poluição sonora em vias públicas de acordo com o levantamento realizado, no entanto em algumas localidades ocorreu um aumento no número de denúncias devido barulhos promovidos por festas clandestinas ou por vizinhos; a melhora na qualidade de rios também é apontada, além da elevação significativa do desmatamento em florestas América do Sul, como foi o caso da Floresta Amazônica.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em decorrência do grande crescimento no número de casos de COVID ao longo do tempo no país, o número de internações subiu de modo acelerado levando a superlotação de leitos; para frear esta situação foram implementadas as medidas de restrição de isolamento social. O distanciamento impactou diretamente nas atividades comerciais e industriais, que reduziram suas ações de forma expressiva além da redução no fluxo de veículos automotores, por conseguinte este distanciamento e redução da produção local levou a uma queda nos níveis de poluição dos grandes centros urbanos, como demonstrado quanto ao quadro atmosférico na pesquisa. Estes efeitos não apresentaram longa duração quando da retomada as atividades fabris e de lojistas, assim mostrando que a mudança foi pontual ligada somente aos decretos e não a uma alteração na atitude da população quanto às questões ambientais. Observou-se que o Brasil ainda não tem o investimento necessário na área de monitoramento atmosférico, devido ao número reduzido de cidades que fazem o acompanhamento, o que acarreta o desconhecimento e falta de prevenção/remediação de situações de agravamento na

qualidade do ar. Isto leva a uma situação de pouca assertividade no combate a fontes de poluição que apresentam risco à saúde da população e da fauna local.

## REFERÊNCIAS

- BRASIL, C. I. do. **Qualidade do ar melhora no Rio com isolamento social**. Agência Brasil. Disponível em: <<https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2020-04/qualidade-do-ar-melhora-com-isoamento-social-no-rio>>. Acesso em: 19 nov. 2020.
- CAMPOS, M. V. A.; MIGUEL, H. Elastic Resistance Training: resistance exercise alternative in the home environment during covid-19 pandemic. **Interamerican Journal Of Medicine And Health**, v. 3, n. 1, p. 1-4, 2020.
- CAVALCANTE, O. G. F. de O.; DE PAIVA, J. K. L.; SILVA, A. H. de F. e; COSTA, B. dos S.; DA COSTA, P. M. M.; ROCHA, M. B. Social isolation and air quality impacts: the Rio de Janeiro case study. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 10, p. 1-20, 2020.
- CETESB. Dados Horários. **CETESB – Qualidade do Ar**. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/ar/>>. Acesso em: 31 mar. 2021.
- PEIXOTO, S. **Qualidade do ar na cidade de São Paulo piora após flexibilização das atividades**. CNN Brasil. Disponível em: <<https://www.cnnbrasil.com.br/nacional/2020/09/08/qualidade-do-ar-na-cidade-de-sao-paulo-piora-apos-flexibilizacao-das-atividades>>. Acesso em: 19 nov. 2020.
- DANTAS, G.; SICILIANO, B.; FRANÇA, B. B.; DA SILVA, C. M.; ARBILLA, G. The impact of COVID-19 partial lockdown on the air quality of the city of Rio de Janeiro, Brazil. **Science of the Total Environment**, v. 729, n. 139085, p. 1-10, 2020.
- DEBONE, D.; DA COSTA, M. V.; MIRAGLIA, S. G. E. K. 90 days of COVID-19 social distancing and its impacts on air quality and health in Sao Paulo, Brazil. **Sustainability**, v. 12, n. 18, p. 1-16, 2020.
- EPTV 1. **Coronavírus: estudo aponta queda de até 73% na emissão de poluentes no ar durante quarentena em Campinas**. G1. Disponível em: <<https://g1.globo.com/sp/campinas-regiao/noticia/2020/05/06/coronavirus-estudo-aponta-queda-de-ate-73percent-na-emissao-de-poluente-no-ar-durante-quarentena-em-campinas.ghtml>>. Acesso em: 19 nov. 2020.
- REDAÇÃO FOLHA VITÓRIA. **Iema constata melhora na qualidade do ar da Grande Vitória durante isolamento social**. Folha Vitória. Disponível em: <<https://www.folhavitória.com.br/geral/noticia/06/2020/iema-constata-melhora-na-qualidade-do-ar-da-grande-vitoria-durante-isolamento-social>>. Acesso em: 19 nov. 2020.



G1 RIO. **Qualidade do ar na Região Metropolitana do Rio melhora durante isolamento social, revela levantamento do Inea.** G1. Disponível em: <<https://g1.globo.com/rj/rio-de-janeiro/noticia/2020/06/03/levantamento-do-inea-revela-melhora-na-qualidade-do-ar-da-regiao-metropolitana-do-rio-durante-isolamento-social.ghtml>>. Acesso em: 19 nov. 2020.

REDAÇÃO GALILEU. **Qualidade do ar melhorou 40% em cidades que adotaram distanciamento social.** Galileu. Disponível em: <<https://revistagalileu.globo.com/Ciencia/noticia/2020/04/qualidade-do-ar-melhorou-40-em-cidades-que-adotaram-isolamento-social.html>>. Acesso em: 31 mai. 2020.

NAKADA, L. Y. K.; URBAN, R. C. COVID-19 pandemic: Impacts on the air quality during the partial lockdown in São Paulo state, Brazil. **Science of the Total Environment**, v. 730, n. 139087, p. 1-5, 2020.

OLMO, N. R. S. **Poluição atmosférica e exposição humana: a evolução científica epidemiológica e sua correlação com o ordenamento jurídico.** Tese (Doutorado do Programa de Patologia) - Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, p. 244, 2010.

PEREIRA, S. S.; CURTI, R. C. Meio Ambiente, Impacto Ambiental e Desenvolvimento Sustentável: conceituações teóricas sobre o despertar da consciência ambiental. **Reunir: Revista de Administração, Contabilidade e Sustentabilidade**, v. 2, n. 4, p. 35-57, 2012.

REI, G. **Qualidade do ar em Campinas piora na pandemia.** Correio. Disponível em: <<https://correio.rac.com.br/campinasermc/qualidade-do-ar-em-campinas-piora-na-pandemia-1.302370>>. Acesso em: 19 nov. 2020.

THE WORLD AIR QUALITY PROJECT. **Air Quality Index Scale and Color Legend.** AQICN. Disponível em: <<https://aqicn.org/scale/pt/>>. Acesso em: 31 mar. 2021.

TRIBUNA ONLINE. **Poluição do ar em Vitória reduz 29% com pandemia.** Tribuna Online. Disponível em: <<https://tribunaonline.com.br/poluicao-do-ar-em-vitoria-reduz-29-com-pandemia>>. Acesso em: 19 nov. 2020.

UNA – SUS. **Organização Mundial de Saúde declara pandemia do novo.** Ministério da Saúde. Disponível em: <<https://www.unasus.gov.br/noticia/organizacao-mundial-de-saude-declara-pandemia-de-coronavirus>>. Acesso em 31 mar. 2021.

VASCONCELOS, M. **Com menos carros nas ruas, qualidade do ar em Guarulhos melhora durante a quarentena.** Guarulhos Online. Disponível em: <<https://guarulhosonline.com.br/destaque/com-menos-carros-nas-ruas-qualidade-do-ar-em-guarulhos-melhora-durante-a-quarentena/>>. Acesso em: 19 nov. 2020.

VIEIRA, B. M. **Poluição do ar na cidade de São Paulo está 20% menor em julho com quarentena; queda chegou a ser de 50% em abril.** G1. Disponível em: <<https://g1.globo.com/sp/sao-paulo/noticia/2020/07/24/poluicao-do-ar-na-cidade-de-sao-paulo-esta-20percent-menor-em-julho-com-quarentena-queda-chegou-a-ser-de-50percent-em-abril.ghtml>>. Acesso em: 19 nov. 2020.

WERNECK, G. L.; CARVALHO, M. S. A pandemia de COVID-19 no Brasil: crônica de uma crise sanitária anunciada. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 36, n. 5, p. 1-4, 2020.

## CAPÍTULO IV

# CONTRIBUIÇÕES DA REGULARIZAÇÃO FUNDIÁRIA URBANA EM ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE PARA O OBJETIVO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL 11

## CONTRIBUTIONS OF URBAN LAND REGULARIZATION IN PERMANENT PRESERVATION AREAS FOR THE OBJECTIVE OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT 11

DOI: 10.51859/AMPLA.MAS2407-4

Lucas Gabriel Duarte Neris <sup>1</sup>

Daniela de Freitas Lima <sup>2</sup>

Francisco Filomeno de Abreu Neto <sup>3</sup>

Almir Mariano de Sousa Junior <sup>4</sup>

A primeira versão deste trabalho foi publicada nos Anais do VII Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Ciências (CONAPESC), ano 2022.

<sup>1</sup> Graduando do Curso de Direito. Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA.

<sup>2</sup> Professora do Departamento de Engenharias e Tecnologia. Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA. Doutora em Engenharia Civil e Ambiental. Universidade Federal de Campina Grande – UFCG. Mestra em Planejamento e Dinâmicas Territoriais no Semiárido. Universidade do Estado do Rio Grande do Norte – UERN.

<sup>3</sup> Mestre em Desenvolvimento Urbano. Universidade Federal de Pernambuco – UFPE.

<sup>4</sup> Professor Adjunto do Departamento de Engenharias e Ciências Ambientais. Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Doutor em Ciência e Engenharia de Petróleo. Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN.

### RESUMO

A Regularização Fundiária Urbana (Reurb) tem como objetivo a inserção de núcleos urbanos irregulares ao contexto de regularidade das cidades, com a titulação dos seus ocupantes. Dentre os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, estabelecidos em 2015 pela Organização das Nações Unidas (ONU), o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 11 foi definido visando garantir o acesso universal à moradia digna, adequada e acessível, contemplando a urbanização de núcleos urbanos informais, especialmente aqueles ocupados predominantemente por população de baixa renda. A Lei nº 13.465/2017, principal marco da Reurb do país, estabeleceu o direito e os procedimentos aplicáveis à Regularização Fundiária Urbana. Dentre as inovações da Lei de Regularização Fundiária, destaca-se a instituição

de duas modalidades de Reurb: Regularização Fundiária Urbana de Interesse Social (ReurbS) – aplicável aos núcleos urbanos informais ocupados por famílias de baixa renda; e Regularização Fundiária Urbana de Interesse Específico (Reurb-E) – aplicável aos núcleos urbanos informais ocupados por famílias que não são declaradas baixa renda. Neste sentido, esta pesquisa tem o intuito de analisar as contribuições da Reurb em Áreas de Preservação Permanente (APP) para o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 11, com ênfase na Reurb-S. Constatou-se que a Reurb em APP, especificamente mediante preceitos e produtos gerados, contribui para o alcance do ODS 11. Essa colaboração pode ocorrer inclusive a partir de parcerias estabelecidas entre as diversas instituições públicas e privadas, como a pactuada entre a Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) e o Governo do Rio Grande





do Norte, por intermédio da Companhia de Habitação e Desenvolvimento Urbano (CEHAB).

**Palavras-chave:** Comunidades sustentáveis. Desenvolvimento urbano. Direito à cidade. Núcleos urbanos informais. Regularidade fundiária.

## ABSTRACT

The Urban Land Regularization (Reurb) aims to insert irregular urban centers into the regularity context of cities, with the title of their occupants. Among the Sustainable Development Goals, established in 2015 by the United Nations (UN), Sustainable Development Goal 11 was defined in order to guarantee universal access to decent, adequate and affordable housing, contemplating the urbanization of informal urban centers, especially those occupied predominantly by low-income population. Law nº 13.465/2017, the country's main Reurb landmark, established the law and procedures applicable to Urban Land Regularization. Among the innovations of

the Land Regularization Law, the institution of two types of Reurb stands out: Urban Land Regularization of Social Interest (Reurb-S) – applicable to informal urban centers occupied by low-income families; and Urban Land Regularization of Specific Interest (Reurb-E) – applicable to informal urban centers occupied by families that are not declared low-income. In this sense, this research aims to analyze the contributions of Reurb in Permanent Preservation Areas (APP) for Sustainable Development Goal 11, with emphasis on Reurb-S. It was found that the Reurb in APP, specifically through precepts and generated products, contributes to the achievement of SDG 11. This collaboration can even occur through protected partnerships between the various public and private institutions, such as the one agreed between the Federal Rural University of the Semi-Árido (UFERSA) and the Government of Rio Grande do Norte, through the Housing and Development Company Urban (CEHAB).

**Keywords:** Sustainable communities. Urban development. Right to the city. Informal urban centers. Land regularity.

## 1. INTRODUÇÃO

A Regularização Fundiária Urbana constitui conjunto de medidas de ordem jurídica, urbanística, ambiental e social visando a inserção dos núcleos urbanos informais ao contexto de regularidade urbana, incluindo a titulação de seus ocupantes mediante matrícula e registro das parcelas informais habitadas por população de baixo poder aquisitivo ou não, conforme ato do Poder Executivo Municipal (BRASIL, 2017).

Desse modo, a Regularização Fundiária Urbana abrange duas modalidades: Regularização Fundiária Urbana de Interesse Social (Reurb-S), que consiste na Reurb aplicável aos núcleos urbanos informais ocupados por famílias de baixa renda; e Regularização Fundiária Urbana de Interesse Específico (Reurb-E), que consiste na Reurb direcionada aos núcleos urbanos informais que não se enquadram no interesse social (BRASIL, 2017).

Em que pese a importância da Lei de Regularização Fundiária (Lei nº 13.465/2017) no ordenamento jurídico brasileiro, sobretudo com a inovação de institutos e instrumentos jurídicos de apoio à regularização fundiária, ainda persistem irregularidades urbanísticas que afetam o direito à moradia digna e ao pleno

desenvolvimento das funções sociais da cidade (ARRUDA; LUBAMBO, 2019; REIS; OLIVEIRA, 2017).

Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável foram estabelecidos em 2015, pela Organização das Nações Unidas (ONU), em Nova York, visando superar, até 2030, desafios mundiais em três vertentes: econômica, social e ambiental (ODS BRASIL, 2021; ONU, 2015). Nesse sentido, o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 11 (Cidades e Comunidades Sustentáveis) – “Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis” (ODS BRASIL, 2021) – visa garantir o acesso universal à moradia segura, adequada e acessível, proporcionando o aumento da urbanização inclusiva e sustentável, contemplando, inclusive, as favelas.

Assim, o objetivo geral desta pesquisa consiste na análise das contribuições da Regularização Fundiária Urbana em Áreas de Preservação Permanente (APP) para o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 11, com ênfase na Reurb-S. De forma específica, este estudo objetiva: (a) examinar a relevância da Regularização Fundiária Urbana para superação do estado de irregularidade urbanística e ambiental; (b) investigar as disposições da legislação acerca do desenvolvimento urbano sustentável em Áreas de Preservação Permanente; e (c) analisar as contribuições da Regularização Fundiária Urbana em Áreas de Preservação Permanente para o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 11.

No que se refere aos aspectos metodológicos, esta pesquisa se fundamenta em análises qualitativas da Lei nº 13.465/2017, do Código Florestal (Lei nº 12.651/2012) e dos diversos materiais (artigos científicos, capítulos de livros, livros e outras obras doutrinárias sobre o tema) que debatem os assuntos objeto deste estudo, razão pela qual é atribuída a esta pesquisa o caráter bibliográfico e documental.

O artigo se divide em três seções principais: “Regularização Fundiária Urbana em Núcleos Urbanos Informais”, que expõe a importância da Regularização Fundiária Urbana para superação das irregularidades urbanísticas e ambientais; “Desenvolvimento urbano sustentável em Áreas de Preservação Permanente”, que discute as disposições da legislação acerca do desenvolvimento urbano sustentável em Áreas de Preservação Permanente; “Regularização Fundiária Urbana em Áreas de Preservação Permanente: contribuições para o ODS 11”, que analisa as colaborações da



Reurb em Áreas de Preservação Permanente para o alcance do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 11.

## 2. REGULARIZAÇÃO FUNDIÁRIA URBANA EM NÚCLEOS URBANOS INFORMAIS

As normas gerais e de procedimentos aplicáveis à Regularização Fundiária Urbana foram instituídos no território nacional mediante a promulgação da Lei nº 13.465/2017, que dispõe, entre outros aspectos, acerca de medidas jurídicas, urbanísticas, ambientais e sociais, visando à inserção dos núcleos urbanos informais ao contexto de formalidade urbana e à titulação de seus moradores (BRASIL, 2017). Desse modo, o novo marco legal da Regularização Fundiária no Brasil revogou parcialmente o marco legal anterior (Lei nº 11.977/2009), consagrando-se como a primeira Lei de Regularização Fundiária em âmbito nacional (SILVA, 2017).

Os objetivos da Regularização Fundiária Urbana foram listados no artigo 10 da Lei nº 13.465/2017 e visam, dentre outros: (a) identificar os núcleos urbanos informais, regularizá-los e assegurar melhores condições urbanísticas e ambientais em relação à situação de informalidade anterior; (b) ampliar o acesso à terra urbanizada para a população de baixa poder econômico; (c) garantir o direito social à moradia e o pleno desenvolvimento da função social da propriedade; (d) prevenir a formação de núcleos urbanos informais e irregulares; e (e) conceder direitos reais, preferencialmente às mulheres (BRASIL, 2017).

Dessa forma, a finalidade da Regularização Fundiária Urbana é que os núcleos urbanos informais considerados à margem da lei, como é o caso das ocupações ilegais e clandestinas, irregulares e espontâneas, ou ainda todas as outras formas de ocupação em que os moradores não detenham a devida titulação, sejam regularizados e tenham assegurados melhores condições de habitabilidade e de vida comparados aos aspectos de informalidade que antecedem ao processo de regularização (LEITE, 2017; NUNES; JUNIOR, 2018).

A Regularização Fundiária Urbana de Interesse Social engloba a parcela da população de baixa poder aquisitivo que não possui condições econômicas para regularizar o imóvel em que reside sem o auxílio do Estado. Por outro lado, a Regularização Fundiária Urbana de Interesse Específico é direcionada a parcela da

população que detêm maior capital econômico (NUNES; FIGUEIREDO JUNIOR, 2018; SANTIN; COMIRAN, 2018).

A Lei nº 13.465/2017 destacou três conceitos essenciais para as disposições contidas na Lei de Regularização Fundiária Urbana: núcleo urbano; núcleo urbano informal; e núcleo urbano informal consolidado. De acordo com o artigo 11, inciso I, da Lei de Regularização Fundiária Urbana, núcleo urbano consiste no assentamento humano, marcado por características urbanas, formado por unidades imobiliárias de área inferior à fração mínima de parcelamento disposta na Lei nº 5.868/1972, independentemente da propriedade do solo, mesmo que localizada em área rural.

A definição legal de núcleo urbano informal foi estabelecida pela Lei nº 13.465/2017, especificamente mediante o seu artigo 11, inciso II, como aquele clandestino, irregular ou na qual os seus ocupantes não foram contemplados com a respectiva titulação à época de sua fundação ou regularização. O núcleo urbano informal consolidado é conceituado pelo inciso III, artigo 11 da Lei nº 13.465/2017, como aquele de difícil reversão, levando-se em consideração o período de ocupação, a natureza das edificações, a disposição das vias de circulação e a existência de equipamentos públicos, assim como outras circunstâncias que poderão ser avaliadas pelo Poder Executivo Municipal.

Ressalta-se que os quem sofre os maiores danos relacionados às ocupações de núcleos urbanos informais é a população de baixo poder aquisitivo, isto porque, historicamente, esta parcela da população não tem acessado o direito à moradia nos moldes preconizado pela legislação nacional (ARRUDA; LUBAMBO, 2019; REIS; OLIVEIRA, 2017). Neste cenário, “a população fica impossibilitada de morar em condições adequadas de estrutura e com a segurança jurídica que o direito à propriedade pode garantir” (ARRUDA; LUBAMBO, 2019, p. 169).

De acordo com dados elaborados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2021), mediante Pesquisa de Informações Básicas Municipais (MUNIC 2020), 3.496 Municípios (64% do total dos Municípios que responderam à pesquisa) possuíam algum órgão ou estrutura de política pública de habitação, 1.965 municípios afirmaram que não possuíam órgão ou estrutura de política pública de habitação.

Como se percebe, a irregularidade fundiária ainda é uma questão que precisa ser enfrentada pelos Municípios brasileiros com maiores investimentos econômicos em



recursos materiais e humanos, uma vez que ainda representa números elevados de informalidade em todo o território brasileiro. Nesse sentido, Reis e Oliveira (2017, p. 48) acreditam que, “legislações e programas nacionais, regionais e locais de regularização fundiária são indispensáveis para a promoção do desenvolvimento sustentável no país, observadas as competências dos entes federativos, e realizados de modo coordenado e sincrônico”.

Conforme Arruda e Lubambo (2019, p. 169), “o processo de ocupação espacial aflorou nas principais capitais brasileiras, e, na maioria dos casos, de forma inadequada, em áreas impróprias à implantação de habitações, como consequência da falta de políticas públicas habitacionais”.

Portanto, os maiores prejuízos oriundos dos processos de formação dos núcleos urbanos informais estão associados à população de baixa renda e ocasionam danos ao meio ambiente e ao pleno desenvolvimento das cidades. Desse modo, é indubitável a importância dos processos de Regularização Fundiária Urbana para o pleno desenvolvimento ambiental, urbanístico e social dos centros urbanos do país, sobretudo por congregar diretrizes e objetivos que visam favorecer a parcela mais vulnerável da população.

### **3. DESENVOLVIMENTO URBANO SUSTENTÁVEL EM ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE**

Área de Preservação Permanente é definida pelo Código Florestal (Lei nº 12.651/2012), especificamente no seu artigo 3º, inciso II, como “área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas”. Ou seja, são áreas com traços naturais e ecológicos significativos, razão pela qual lhes são conferidas proteção legal (BISSANI; PEREIRA, 2018).

Além de considerar como Área de Preservação Permanente as encostas, as restingas, os manguezais, os topos de morros, montes, serras e outros, o artigo 4º do Código Florestal também estabeleceu como APP as faixas marginais de qualquer curso hídrico natural permanente, compreendidas desde a borda do curso de água natural até a distância mínima de 30 metros, para os leitos com menos de 10 metros de largura; 50 metros, para os leitos entre 10 e 50 metros de largura; 100 metros, para os leitos entre



50 e 200 metros de largura; 200 metros, para os leitos entre 200 e 600 metros de largura; e 500 metros, para os leitos com largura não inferior a 600 metros; como também os arredores dos lagos e lagoas naturais, compreendidos em largura mínima de 100 metros, em zonas rurais, com exceção dos reservatórios com até 20 hectares de superfície, cuja largura respeitará a faixa mínima de 50 metros; e 30 metros, nas áreas urbanas.

As ocupações pela população de baixo poder aquisitivo de áreas ambientais protegidas pelo ordenamento pátrio se tornaram tão comuns quanto se possa imaginar, haja vista que são locais não abrangidos pelo mercado imobiliário formal, razão pela qual são áreas de baixo custo, tornando-se mais acessível para parcela da população vulnerável socioeconomicamente (TIERNO, 2018). Desse modo, as ocupações de áreas ambientalmente protegidas se revelam nas mais variadas tipologias de terras ocupadas de forma irregular (ASTERNAK; D’OTTAVIANO, 2016; TIERNO, 2018).

Em tese, não deveriam haver ocupações e moradias em áreas ambientalmente protegidas. Ocorre que, a dificuldade no acesso aos parcelamentos urbanos legais obriga os indivíduos de baixa renda se deslocarem para áreas informais, irregulares, marginalizadas ou de baixo custo, como as Áreas de Preservação Permanente (BISSANI; PEREIRA, 2018).

Desse modo, segundo destacam Bissani e Pereira (2018), surge, então, a necessidade de regularização dos núcleos urbanos informais localizados em Áreas de Preservação Permanente. Nesse sentido, a Lei nº 13.465/2017, especificamente em seu parágrafo 2º, do seu artigo 11, disciplinou a possibilidade de regularização quando constatada a existência de núcleo urbano informal situado em Área de Preservação Permanente, ainda que de forma parcial, desde que observados os termos dos artigos 64 e 65 do Código Florestal, sendo obrigatório o desenvolvimento de estudos técnicos que justifiquem as melhorias ambientais em relação à situação de ocupação informal anterior.

Entretanto, esta possibilidade não surgiu apenas com a positivação da Lei de Regularização Fundiária, uma vez que o Código Florestal, em seu artigo 8º, já autorizava a intervenção em Áreas de Preservação Permanente nas hipóteses de utilidade pública, de interesse social ou de baixo impacto ambiental, como a Reurb de núcleos urbanos ocupados predominantemente por população de baixo poder aquisitivo, sendo esta





hipótese de interesse social prevista no artigo 3º, inciso IX, alínea “d”, do Código Florestal (BRASIL, 2012).

O projeto de regularização na Reurb-S deverá apresentar estudo técnico que aponte evolução nas condições ambientais em relação ao estado anterior, contendo, no mínimo, descrição ambiental da área objeto de Reurb; especificação dos sistemas de saneamento; propostas de intervenção para controle de inundações; melhorias de áreas arruinadas; comprovação de melhorias relacionadas a sustentabilidade ambiental e urbana; comprovação de avanços no aspecto da habitabilidade dos imóveis pela Reurb; e, garantia de acesso aos leitos de águas (BRASIL, 2012).

Na Reurb-E dos núcleos urbanos informais em Áreas de Preservação Permanente de áreas não classificadas como de risco, o projeto de Reurb-E conterá estudo técnico que apresente melhoria das condições ambientais em relação ao estado anterior, com a instrução de caracterização da área a partir de aspectos sociais, econômicos e outros; identificação dos recursos, fragilidades, restrições e potencialidades da parcela; apresentação da infraestrutura urbana e serviços e equipamentos públicos; constatação das áreas de proteção de águas superficiais ou subterrâneas; demonstração das áreas consolidadas do núcleo; constatação das áreas identificadas como de risco de inundações ou movimentos de rochas; demonstração das áreas que serão conservadas as características de APP e de recuperação de áreas arruinadas; avaliação de possíveis danos ao meio ambiente; comprovação de melhorias das condições de habitabilidade e de sustentabilidade urbana; e garantia de acesso livre aos corpos hídricos (BRASIL, 2012).

A promoção da Reurb de núcleos urbanos informais em Áreas de Preservação Permanente é medida necessária que se impõe ao desenvolvimento sustentável das cidades, sobretudo por contribuir para o direito à moradia adequada de famílias carentes e para a proteção do meio ambiente. Desse modo, a Reurb de núcleos urbanos informais em APP se apresenta como alternativa viável para regularização das inconformidades urbanísticas e ambientais constatadas (BISSANI; PEREIRA, 2018; TIerno, 2018).

Portanto, é fundamental entender que a educação e a participação social dos ocupantes no processo de Reurb é essencial para o desenvolvimento de projetos sustentáveis que promovam melhorias nos núcleos urbanos informais em Áreas de



Preservação Permanente em relação à situação anterior, como também contribuam positivamente para as condições de habitabilidade das moradias, sobretudo, aquelas ocupadas por população de baixa renda, mediante trabalho social que busque “adaptar a convivência dos moradores com as restrições da ocupação das Áreas de Preservação Permanente” (BISSANI; PEREIRA, 2018, p. 41).

#### **4. REGULARIZAÇÃO FUNDIÁRIA URBANA EM ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE: CONTRIBUIÇÕES PARA O ODS 11**

É indubitável que os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável estão diretamente associados à Regularização Fundiária Urbana, sobretudo, em virtude dos preceitos estabelecidos nos artigos da Lei nº 13.465/2017 e dos produtos gerados em seu processo, como a relação entre o ODS 5 e o objetivo de Reurb de conceder titulação preferencialmente em nome da mulher, e a integração direta entre o ODS 2 e os estudos e projetos técnicos para implantação de horta comunitária e equipamentos nos espaços públicos.

Além disso, é possível se constatar a associação direta entre a Reurb e os ODS nas parcerias estabelecidas entre os Poderes Públicos e as diversas instituições (públicas e privadas) para promoção de Regularização Fundiária Urbana, como é o caso da parceria pactuada entre a Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) e o Governo do Estado do Rio Grande do Norte, por intermédio da Companhia de Habitação e Desenvolvimento Urbano (CEHAB).

Em que pese a importância da associação direta entre os preceitos e os produtos da Regularização Fundiária Urbana e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, o presente estudo se concentra na análise das contribuições da Regularização Fundiária Urbana em Áreas de Preservação Permanente para o ODS 11, objetivo que visa, de forma geral, promover os assentamentos humanos e os centros urbanos em espaços inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis (ODS BRASIL, 2021; ONU, 2015).

Os produtos gerados no processo de Regularização Fundiária Urbana em Áreas de Preservação Permanente, especificamente o estudo técnico ambiental, levantamento planialtimétrico e os memoriais descritivos, contribuem para o alcance do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 11.

Desse modo, a exigência legal do estudo ambiental visa realizar caracterização das áreas informais consolidadas, avaliação da infraestrutura instalada, identificação de áreas de risco e de áreas de interesse ambiental, objetivando, sobretudo, a avaliação das condições das ocupações das famílias que se instalaram em Área de Preservação Permanente para assegurar a manutenção desses indivíduos ou transferi-los para local seguro em função dos riscos ambientais constatados (BRASIL, 2012; 2017; BISSANI; PEREIRA, 2018; TIERNO, 2018).

De acordo com Bissani e Pereira (2018, p. 40), “uma solução técnica viável para o caso de manutenção dos moradores no local seria a reurbanização transformando a ocupação em um loteamento visando reequilibrar a aplicação dos direitos fundamentais ao meio ambiente saudável e à moradia digna”.

O levantamento planialtimétrico e o projeto urbanístico são outros produtos oriundos do processo de Regularização Fundiária Urbana que contribuem para o alcance do ODS 11, uma vez que demonstram as vulnerabilidades existentes nos núcleos urbanos informais situados em Área de Preservação Permanente, assim como também possibilitam o planejamento de medidas que visam melhorar os aspectos urbanísticos e ambientais dessas áreas (MARICATO; COLOSSO, 2018; TIERNO, 2018).

A partir dos memoriais descritivos é possível se notar as situações dentro e fora da Área de Preservação Permanente, o que contribui para a Reurb-S e Reurb-E de núcleos urbanos informais consolidados em Área de Preservação Permanente, especificamente em virtude da descrição da área ambiental onde o núcleo urbano informal se encontra instalado, demonstração dos sistemas de saneamento, apresentação da infraestrutura urbana e equipamentos públicos instalados, constatação das áreas de proteção de águas superficiais ou subterrâneas e constatação das áreas identificadas como de risco, contribuindo para o alcance do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 11 (BRASIL, 2017).

Portanto, tratam-se de produtos que estão diretamente associados ao Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 11, sobretudo porque auxiliam no alcance dos objetivos de Regularização Fundiária Urbana e contribuem para o desenvolvimento social e sustentável das cidades. Logo, privilegiar políticas públicas de desenvolvimento urbano sustentável é essencial para o alcance dos ODS, especialmente o ODS 11, por promover ações que objetivam atenuar os danos ao meio ambiente decorrentes da ação

humana, como aqueles oriundos de ocupações urbanas informais em Área de Preservação Permanente (BRASIL, 2017; MACHADO; AQUINO; BODNAR, 2020).

É importante destacar que os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável precisam ser aplicados de modo integrado, pois conjuntamente será possível reduzir os danos ambientais causados pelo homem em núcleos urbanos informais consolidados em Áreas de Preservação Permanente (GOMES; FERREIRA, 2018).

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A irregularidade fundiária é uma questão que necessita de atenção especial pelas cidades brasileiras, tendo em vista que os índices de informalidade urbana ainda apresentam números elevados em todo território brasileiro. Além disso, os maiores prejuízos oriundos da irregularidade fundiária no país afetam, sobretudo, a população de baixa renda e ocasionam danos ao meio ambiente e aos aspectos urbanísticos e sociais dos Municípios brasileiros.

Ocorre que, parte das ocupações de núcleos urbanos informais estão situadas em áreas ambientalmente protegidas pela legislação brasileira, especialmente em razão do difícil acesso aos parcelamentos urbanos legais pela população de baixo poder aquisitivo. Desse modo, surge a necessidade de Regularização Fundiária Urbana dos núcleos urbanos informais localizados nestas áreas, mediante estudos e propostas que visem melhorias ambientais em relação ao estado de informalidade anterior.

A Regularização Fundiária Urbana contribui para o alcance do ODS 11, à medida em que visa o pleno desenvolvimento social e sustentável das cidades, promovendo ações que objetivam atenuar os danos ao meio ambiente decorrentes da ação humana, como aqueles oriundos de ocupações urbanas informais em Área de Preservação Permanente. Assim, parcerias que são estabelecidas entre as diversas instituições públicas e privadas para a promoção da Reurb, como a que ocorre desde 2018 entre a UFERSA e o Governo do Estado do Rio Grande do Norte, colaboram para o alcance do ODS 11.

## AGRADECIMENTOS

Ao Governo do Estado do Rio Grande do Norte, ao Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR) e ao Núcleo de Pesquisa e Extensão Acesso à Terra Urbanizada (UFERSA).

## REFERÊNCIAS

- ARRUDA, Sande Nascimento de; LUBAMBO, Cátia Wanderley. Entre a cidade informal e a cidade formal: a regularização fundiária como instrumento de inclusão dos invisíveis sociais na comunidade de Roda de Fogo no município do Recife. **Revista C&Trópico**, v. 43, p. 159-184, 2019.
- BISSANI, Karen; PEREIRA, Reginaldo. A Regularização Fundiária em Áreas de Preservação Permanente frente à Lei Federal nº 13.465/2017. In: Silvana Winckler; Reginaldo Pereira; Marcelo Markus Teixeira. (Org.). **Cidadania, socioambientalismo, atores e sujeitos internacionais em diálogo com o Direito**. 1ed. São Leopoldo: Karywa, 2018, v. 1, p. 32-44.
- BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 28 mai. 2012. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm)>. Acesso em: 15 mai. 2022.
- BRASIL. **Lei nº 13.465, de 11 de julho de 2017**. Dispõe sobre a Regularização Fundiária Rural e Urbana... Diário Oficial da União, Brasília, DF, 12 jul. 2017. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2015-2018/2017/Lei/L13465.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2017/Lei/L13465.htm)>. Acesso em: 15 mai. 2022.
- GOMES, Magno Federici; FERREIRA, Leandro José. Políticas públicas e os objetivos do desenvolvimento sustentável. **Direito e Desenvolvimento**, João Pessoa, v. 9, n. 2, p. 155-178, 2018.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Perfil dos municípios brasileiros: 2020**. Rio de Janeiro: IBGE, 2021.
- LEITE, Luis Felipe Tegon Cerqueira. **Regularização Fundiária Urbana de acordo com a Medida Provisória nº 759, de 22 de dezembro de 2016**. Ministério público do Estado de São Paulo: São Paulo. 2017.
- MACHADO, Maykon Fagundes; AQUINO, Sérgio Ricardo Fernandes de; BODNAR, Zenildo. Governança e sustentabilidade: análise dos objetivos do desenvolvimento sustentável por meio da nova agenda urbana. **Revista Jurídica Luso-Brasileira**, n. 4, p. 2155-2178, 2020.
- MARICATO, Ermínia; COLOSSO, Paolo; COMARÚ, Francisco de Assis. Um projeto para as cidades brasileiras e o lugar da saúde pública. **Saúde em Debate**, v. 42, p. 199-211, 2018.



- NUNES, Marcus Antonius da Costa; FIGUEIREDO JUNIOR, Carlos Magno Alhakim. Regularização Fundiária Urbana: estudo de caso do Bairro Nova Conquista, São Mateus – ES. **Revista de Direito da Cidade**, v. 10, n. 2, p. 887-916, 2018.
- ODS BRASIL – Objetivos do Desenvolvimento Sustentável Brasil. 2021. **Relatório dos Indicadores para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. Disponível em: <<https://odsbrasil.gov.br/relatorio/sintese>>. Acesso em: 28 mai. 2022.
- ONU – Organização das Nações Unidas no Brasil. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável – ODS**: 2015. Rio de Janeiro: 2020. Disponível em: <<https://brasil.un.org/>>. Acesso em: 05 de jun. 2022.
- PASTERNAK, Suzana; D’OTTAVIANO, Camila. Favelas no Brasil e em São Paulo: avanços nas análises a partir da Leitura Territorial do Censo de 2010. **Caderno Metrópoles**, v. 18, n. 35, p. 75-100, 2016.
- REIS, Émilien Vilas Boas; OLIVEIRA, Márcio Luís de. A Regularização Fundiária Urbana e Rural: necessidade de marcos teóricos e de políticas públicas distintas. **Rev. Bras. Polít. Públicas (Online)**, Brasília, v. 7, n. 2, p. 41-53, 2017.
- SANTIN, Janaína Rigo; COMIRAN, Rafaela. Direito urbanístico e Regularização Fundiária. **Revista de Direito da Cidade**, v. 10, n. 2, p. 1595-1621, 2018.
- SILVA, Renan Luiz dos Santos da. Regularização fundiária urbana e a Lei 13.465/2017: aspectos gerais e inovações. **Revista Cadernos do Desenvolvimento Fluminense**, n. 13, p. 131-144, 2017.
- TIERNO, Rosane de Almeida. REURB em Área de Preservação Permanente: análise da compatibilidade das normas no ordenamento jurídico diante das disposições trazidas pela Lei nº 13.465/17. **R. Bras. de Dir. Urbanístico**, Belo Horizonte, n. 6, p. 177-194, 2018.





## BASES TEÓRICAS E METODOLÓGICA NA ELABORAÇÃO DE INDICADORES PARA OBTENÇÃO DA QUALIDADE AMBIENTAL URBANA

THEORETICAL AND METHODOLOGICAL BASES IN THE PREPARATION OF INDICATORS TO OBTAIN URBAN ENVIRONMENTAL QUALITY

DOI: 10.51859/AMPLA.MAS2407-5

Cristiana Paula Vinhal <sup>1</sup>

Pedro Rogerio Giongo <sup>2</sup>

Ana Karoliny Ferreira Mendes <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Mestre em Ambiente e Sociedade - PPGAS, Universidade Estadual de Goiás, Campus Morrinhos – GO-UEG.

<sup>2</sup> Prof. Dr. do PPG em Ambiente e Sociedade - PPGAS, Universidade Estadual de Goiás, Campus Morrinhos – GO-UEG.

<sup>3</sup> Graduanda do curso de História. Universidade Estadual de Goiás – Campus Morrinhos – GO-UEG.

### RESUMO

A pesquisa apresenta a sistematização e a importância da construção de indicadores para a obtenção da qualidade ambiental urbana, trazendo a evolução das cidades e seu crescimento. Ressaltando a necessidades de obter um índice de Qualidade de Vida Urbana e o Índice de áreas verdes, buscou-se em diversos artigos o destaque dos processos que operam na organização das cidades, como os aspectos ambientais e a relação sociedade-natureza e relação que eles têm na obtenção dos indicadores de qualidade ambiental urbana, permitindo observar as hipóteses de conhecer a qualidade ambiental tanto em cidades pequenas quanto em cidades grandes. Demonstrou-se a relação entre o alcance teórico-metodológico do sistema de indicadores e a conceituação contemporânea de qualidade de vida urbana, também desenvolvida no trabalho. Assim, produziu-se análise crítica dos limites e potencialidades da experiência como um todo e do sistema de indicadores, além de analisar as perspectivas de estudos sobre a qualidade ambiental urbana e a contribuição da iniciativa para a sustentabilidade do desenvolvimento humano. Entretanto, muitas são as dificuldades encontradas para análises desse tipo, principalmente pela diferente necessidade de estudo e replicação, mostrando que as metodologias podem ser aplicadas levando em consideração cada área em estudo.

**Palavras-chave:** Índices urbanos. Evolução das cidades. Qualidade de vida. Sociedade e natureza.

### ABSTRACTS

The research presents the systematization and importance of building indicators to obtain urban environmental quality, bringing the evolution of cities and their growth. Emphasizing the need to obtain an Urban Quality of Life Index and the Green Areas Index, several articles sought to highlight the processes that operate in the organization of cities, such as environmental aspects and the society-nature relationship and the relationship they have in obtaining indicators of urban environmental quality, allowing to observe the hypotheses of knowing the environmental quality both in small towns and in large cities. The relationship between the theoretical-methodological reach of the indicator system and the contemporary conceptualization of quality of urban life, also developed in the work, was demonstrated. Thus, a critical analysis of the limits and potential of the experience as a whole and of the system of indicators was produced, in addition to analyzing the perspectives of studies on urban environmental quality and the initiative's contribution to the sustainability of human development. However, there are many difficulties encountered for analyzes of this type, mainly due to the different need for study and replication, showing that the methodologies can be applied taking into account each area under study.

**Keywords:** Urban Indexes. Evolution of cities. Quality of life. Society and nature.

## 1. INTRODUÇÃO

Historicamente, a cidade não era uma invenção do capitalismo, contudo, o papel que coube a ele após o seu desenvolvimento como modelo econômico é muito distinto se comparado às cidades da Antiguidade. Carlos (2011) argumenta que a origem da cidade se vincula à existência de uma ou mais funções urbanas: industrial, cultural (religiosas, centros universitários, históricas etc.), comerciais, administrativas ou políticas. Sendo assim, “[...] vão surgir exatamente nos locais onde a agricultura já apresentava certo estágio de desenvolvimento, ou seja, na Ásia, e só muito mais tarde, na Europa” (CARLOS, 2011, p. 59).

Assim, de acordo com Lakatos (2003), a cidade pode ser entendida como a melhor forma de assentamento humano, uma vez que é formada, desde sua origem, por processos que operam na sua organização, (Quadro 1).

Ao tratar do meio ambiente construído, onde a importância da natureza primitiva se apresenta muito reduzida, é o lugar onde a espacialidade se torna mais complexa, pela mesma natureza do conteúdo ambiental, isto é, fixos, fluxos, tipos humanos e sua problematização nas quais está inserido, trazendo a ruptura homem e natureza.

Quadro 1. Processos que operam na organização das cidades.

Processos	Descrição
Concentração	Reunião em massa de habitantes devido às condições favoráveis ao sustento. Essas condições podem ser devido às características naturais e/ou uso das tecnologias no meio ambiente urbano na forma de moradias.
Centralização	A partir de um ponto central onde ocorrem com maior frequência as interações sociais, econômicas e culturais.
Segregação	Quanto maiores são os fluxos de trocas, por meio da competição, determinados tipos de populações e de atividades são separados.
Invasão e/ou incorporação	Penetração de tipos de populações e novas funções daqueles que já ocupam determinada área.
Sucessão	Deslocamento e substituição de pessoas e de determinados tipos de atividades por outros grupos novos. É um processo característico no desenvolvimento das cidades.
Descentralização	À medida que as áreas centralizadas atingem o máximo de sua capacidade funcional, há uma tendência para o deslocamento de populações e funções de menor poder competitivo para as áreas periféricas. O desenvolvimento dos sistemas de transportes contribui para esse processo.
Fluidez	É o movimento diário de ida e volta da população para a realização de suas atividades essenciais à sobrevivência no meio ambiente urbano.

Fonte: Adaptado de Lakatos (2003, p. 298).

Devido ao processo de organização das cidades, a paisagem urbana é consequência direta da relação entre a experiência humana e seu espaço. Este, por sua vez, reflete no ambiente, no qual está inserido, a segregação espacial como resultado da distribuição de renda estabelecida no processo de produção e consumo. Tal segregação aparece, principalmente, no acesso a determinados serviços, à infraestrutura, enfim, aos meios de consumo coletivo. “O urbano produzido através das aspirações e necessidades de uma sociedade de classes faz dele um campo de luta onde os interesses e as batalhas se resolvem pelo jogo político das forças sociais” (CARLOS, 1994, p. 71). A paisagem urbana aparece como obra histórica das contradições inerentes à sociedade.

As qualidades da paisagem urbana, caóticas ou ordenadas, estão ligadas ao conhecimento, sejam elas emocionais ou estéticas. As paisagens têm sido consideradas pelo homem como algo estático, congelado no tempo. Entretanto, elas são definidas como superestruturas formadas por um sistema de interações de grande dinamismo. Essas interações são referentes aos componentes bióticos e abióticos, geralmente com o equilíbrio bastante crítico e fácil de ser alterado (CARLOS, 1994).

Sob essa perspectiva, Teixeira; Amorim (2018, p.125) argumentou que:

A abordagem da problemática ambiental, para ser levada a cabo com profundidade e na dimensão da interação sociedade-natureza, rompe assim com um dos clássicos postulados da ciência moderna, qual seja, aquele que estabelece a escolha de apenas um método para a elaboração do conhecimento científico. Tal abordagem demanda tanto a aplicação de métodos já experimentados no campo de várias ciências particulares como a formulação de novos. Mas esta característica não é uma peculiaridade somente da abordagem ambiental, ela reflete a identidade em muitas de suas experiências das ciências.

Ao ressaltar a dimensão da interação sociedade-natureza e os conhecimentos científicos disponíveis, novos métodos de abordagem, bem como ensaiar modos de inserir o social na compreensão dos problemas ambientais, resultado da própria evolução do conceito de meio ambiente, deve-se buscar políticas urbanas que incluam a gestão ambiental urbana que preze pela preservação ambiental, redução de fontes de poluição, redução de riscos à saúde, preservação de áreas de mananciais e a redução de impactos da urbanização.

A gestão ambiental, conforme Macedo (2006, p. 332),

[...] refere-se aos meios de se alocar, consumir e conservar os recursos naturais, tais como o ar e a água, a fim de atender às necessidades humanas. O conceito aplica-se também à gestão ambiental urbana, na medida em que os elementos modificadores do meio antrópico estão intrinsecamente associados às cidades.

Na prática, tanto o crescimento urbano equilibrado quanto o desenvolvimento sustentável das cidades são tarefas difíceis de ser concretizadas, haja vista a complexidade de seus fluxos internos, sejam estes populacionais, de produção ou informacionais (MACEDO, 2006).

Diante das questões expostas, bem como dos problemas oriundos da expansão das cidades, nota-se a necessidade de se repensar quanto ao posicionamento do ser humano em meio a este sistema que impulsiona a sociedade ao consumo exacerbado e descompromissado com a finitude dos recursos naturais ou com a sustentabilidade local, para esta e as gerações que se sucedem, assim como é necessário que a gestão pública possa contribuir de modo decisivo no que tange à melhoria da cidade e, assim, da qualidade ambiental e de vida da população.

## **2. ASPECTOS AMBIENTAIS E A RELAÇÃO SOCIEDADE-NATUREZA**

O surgimento das cidades está ligado diretamente aos mais variados processos modificadores do espaço urbano, tais como movimentos migratórios e a industrialização vivida a partir do século XIX. Com a retirada dos recursos naturais para a sua sobrevivência e visando à modernização das cidades, conforme Nucci (2008), o conceito de natureza e, posteriormente, o conceito de meio ambiente, foram elaborados a partir do papel central desempenhado pelo ser humano no mundo e, por isso, são conceitos eminentemente antropocêntricos, tendo o homem como o centro da relação com o meio.

Com a Revolução Industrial, o homem passou a desempenhar um papel primordial no desenvolvimento econômico e na formação do modelo de civilização estabelecidos a partir da sua forma de produção e organização do trabalho. O aumento populacional e sua concentração nas cidades intensificaram a exploração dos recursos naturais associada a um processo de formação de mercado mundial, que transforma desde a matéria-prima até os mais sofisticados produtos em demandas mundiais. Esse processo levou à degradação ambiental de forma diferenciada entre as nações, quer

seja pela exaustão dos recursos naturais explorados ou pelo destino inadequado dos resíduos gerados pelas atividades econômicas (GRIMM; SAMPAIO, 2017).

A crise ambiental, para Nucci (2008) sobretudo a incerteza da representação da natureza, a declínio de relação com a natureza. Para o citado autor, essa recessão é simultaneamente de vínculo e de limite: do vínculo, porque já não se consegue discernir o que nos liga ao animal, ao que tem vida, à natureza; e do limite, porque já não se distingue o que deles nos diferencia. Como resultado, tem-se duas representações: a natureza-objeto e natureza-sujeito, e ambas não conduzem a um resultado justo, que, em certa medida, somente terá possibilidade de êxito caso se busque uma natureza-projeto, repensando o que a natureza faz e o que o homem faz dela.

Para Ugeda Júnior (2014) a falta de planejamento urbano adequado é um dos fatores responsáveis pela crise ambiental, sendo que a cidade se desenvolve baseada em interesses econômicos, imobiliários ou interesses de outras naturezas, entretanto, raramente a cidade se amplia seguindo um plano urbanístico, com gestão urbana eficiente.

Gestão urbana visa contribuir com o planejamento, transformando estes dois elementos, planejamento e gestão, em processo contínuo, visando sempre melhores condições e solução dos problemas identificados, deixando de lado a importância de ter um ambiente equilibrado em que o homem-natureza precisa de soluções para os problemas ambientais que a sociedade presencia (UGEDA JÚNIOR, 2014).

A característica sistêmica dos problemas ambientais faz com que todos os seres envolvidos no meio em que estão inseridos sejam afetados, e seu controle envolve estratégias e adoção de novos paradigmas, um padrão eficiente e que vise solucionar os problemas já instalados no meio ecológico juntamente com a sociedade (SPAREMBERGER, 2017).

A sociedade do risco é uma fase de desenvolvimento da sociedade moderna, em que a dinâmica da mudança e da produção de riscos políticos, ecológicos e individuais escapa, cada vez em maior proporção, das instituições de controle e proteção da mencionada sociedade industrial. Podem ser diferenciadas duas fases: uma em que as consequências e ameaças se produzem sistematicamente e não são publicamente tematizadas, convertendo-se no núcleo do conflito político; e outra quando os perigos

da sociedade industrial dominam os debates e conflitos públicos, políticos e privados (SPAREMBERGER, 2017).

Ressaltando que a urbanização brasileira expressa os desequilíbrios regionais e econômicos, com o surgimento das grandes e médias cidades, bem como o deslocamento geográfico da importância das relações das aglomerações de novas formas de urbanização em que a população é o seu fator predominante, que se instala em diferentes localidades (COSTA, 2020).

Para Angeoletto *et al.* (2011), ao analisar a sociedade industrial, verifica-se que está em risco, pois pratica o modelo de formação de sociedade que envolve o interesse local, políticas voltadas ao debate sobre a organização de interesse de direito, debates e seus conflitos devido à dinâmica da sociedade industrial, que visa apenas ao lucro sem importar com os efeitos colaterais. Já para Heckert, Barros e Carvalho (2016) na modernidade o termo política designa a atividade ou conjunto de atividades que têm como referência a *pólis*, entendido como o Estado onde o poder está centrado no desenvolvimento e a lucratividade.

Em todas as suas modulações, o que se mantém é a ideia de política como uma atividade ou *práxis* humanas, poder político como exercício de poder. Diferente do poder despótico, que se exerce pelo interesse do senhor, o poder político se exerce pelo interesse de quem governa e de quem é governado. Problematicar o modo como temos lidado com os direitos sociais e políticos parece importante para retirar de um compasso de espera, que acredita que apenas a implementação desses direitos já constituídos é ferramenta de afirmação da vida (ANGEOLETTO *et al.*, 2011).

Uma política pública implica na participação social e em sua elaboração, planejamento, execução, monitoramento, e ser estruturada e demarcada por meio de lutas coletivas e interesses das diferentes dimensões dos seus membros. Essa dimensão pública da política se atualiza como rede de relação multivetorializada, exige interferências, transversalidade, cogestão, inclui sujeitos com necessidades e demandas. Política pública, ao não se restringir à política de governo, modificável ao sabor das ondas administrativas, é instituição coletiva em meio às lutas sociais por outras cidades, por outros modos de fazer andar a vida, por um outro urbanismo sustentável e equilibrado, homem/meio ambiente (HECKERT; BARROS; CARVALHO, 2016).



Para Ugeda Júnior (2014) necessário garantir ao planejador urbano o conhecimento das características ambientais das áreas de estudo, bem como das ferramentas capazes de melhorar sua qualidade ambiental. Dessa forma, o planejador tem em mãos todas as informações necessárias para realizar um planejamento urbano adequado, entretanto, se mesmo dessa forma os erros persistirem nesse planejamento, ter-se-á a certeza de que são frutos de opções políticas, e não de incapacidade de compreensão de problemas dos ambientes urbanos dentro da formação e consolidação do urbanismo como campo epistemológico e prático da atividade humana.

### 3. QUALIDADE AMBIENTAL URBANA

Antes de conceituar a qualidade ambiental, deve-se compreender sua ligação com a qualidade de vida, pois não há qualidade de vida sem qualidade ambiental. Estudo feito por Nucci (2008) ressalta a importância de se pensar sobre a paisagem para obter um equilíbrio ambiental urbano e alcançar uma qualidade mais adequada, vendo que a deterioração ocorre a cada dia e ao longo dos anos, sem que tome medidas necessárias para que isso não ocorra.

Acrescenta-se, ainda que possa ocorrer uma qualidade de vida individual e coletiva que promova o bem-estar e seja constatado que os problemas ambientais ligados à degradação, à poluição, à contaminação, à infraestrutura deficitária, à falta de arborização, áreas verdes e de lazer são mais facilmente encontrados em cidades grandes e médias, tendo as porções periféricas da cidade pouca ou nenhuma estrutura planejada, onde reside a população de baixo poder aquisitivo e que, de acordo com o processo de urbanização, traz diversas mudanças na paisagem (NUCCI, 2008).

De acordo com a quantificação da qualidade ambiental urbana, não se pode deixar o ser humano fora da análise, juntamente com a relação do perímetro urbano, pois estão ligados na reformulação e criação dos indicadores. A vida urbana é um fator que se deve mensurar e quantificar junto ao ambiente estudado, por isso Nucci (1996) sugere uma metodologia para avaliação e mensuração da mesma, adotando como base geral o Planejamento da Paisagem, que visa oferecer uma contribuição ecológica e de *design* para o planejamento do espaço, buscando a regulamentação dos usos do solo e dos recursos ambientais, com ênfase na contribuição da vegetação para a melhoria qualidade.

A poluição, ao mesmo tempo sinônimo de desenvolvimento industrial e poderio econômico, hoje está cada vez mais associada com a pobreza e o subdesenvolvimento. Enquanto os benefícios das inovações tecnológicas ficam delimitados a uma parcela da população que a eles tem acesso, a maior parte dos efeitos negativos gerados por esta inovação é dividida por todos, sendo que, muitas vezes, a parcela maior desses efeitos negativos termina ficando com os mais pobres, ou politicamente mais fracos (GOUVEIA, 1999, p. 57).

As grandes diferenças regionais e urbanas que ocorrem no Brasil são devido a esse modelo negativo de desenvolvimento, sendo as principais consequências as desigualdades cada vez maiores entre ricos e pobres, e na relação com o meio ambiente menos poluído, além do acesso a melhor qualidade do ambiente. Com relação à condição socioeconômica de desigualdade, Gouveia (1999) destaca partes que influenciam na determinação da qualidade do ambiente:

É importante frisar que a condição socioeconômica é o que determina, na maioria das vezes, a qualidade e a quantidade da exposição ambiental, uma vez que grande parte da população vivencia ou experimenta o meio ambiente através da pobreza. Ou seja, fatores econômicos e sociais são importantes determinantes da saúde devido a sua influência direta no meio ambiente. Condição ambiental precária é fator contribuinte principal para a queda do estado geral de saúde e a baixa qualidade de vida (GOUVEIA, 1999, p. 57- 58).

Destacando as condições ambientais, além das desigualdades, a deterioração ambiental crescente assume importância que necessita de estudos e políticas públicas, levando à consciência dos limites do crescimento demográfico devido à deterioração dos recursos naturais, consumo de forma irreversível que pode levar a consequências desastrosas. Com qualidade de vida, passa a incorporar, além da dimensão econômica, as dimensões social e ambiental na análise da qualidade ambiental urbana (SANTOS; SARTORELLO, 2019).

A ideia inicial sobre qualidade de vida relaciona-se ao bem-estar das pessoas como sujeitos, estando correlacionada às eventualidades que as rodeiam, na medida em que podem ou não se mostrarem de maneira favorável às pretensões que as atendem. Por outro lado, a qualidade de vida urbana relaciona-se às cidades, retratando a análise de métodos que buscam definir o nível de satisfação dos indivíduos que vivem no meio urbano. Deve ser ponderada sob o ponto de vista do grupo, posto que o planejamento governamental em relação às questões ambientais se orienta pelas necessidades coletivas. Dessa maneira, o bem-estar individual está diretamente ligado ao entendimento da comunidade (VITTE; KEINERT, 2009).

Santos e Sartorello (2019) descrevem sobre a importância de compreender as diversas possibilidades de influência da paisagem urbana atribuída e relaciona diretamente com a população local. Explicam que não basta viver ou conservar o meio, devendo, antes de tudo, buscar a qualidade de vida, que está diretamente ligada ao meio ambiente.

Assim, tem-se um conceito de equilíbrio ambiental, ressaltando a saúde como algo ligado ao mundo natural. No seu Dicionário de Direito Ambiental, Milaré (2016 p. 542) define a expressão meio ambiente como sendo um “conjunto de condições, leis, influência e interações de ordem física, química, biológica, social, cultural e urbanística, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas”. Entretanto, abundam casos em que o natural não é visto como algo que potencie ou estabeleça o nexo entre a omissão e os danos que são marcados pela pluralidade de agentes transformadores do meio, e a dificuldade em se avaliar a extensão e os efeitos dos danos ambientais no meio ambiente onde o homem está inserido e em constante apropriação.

Considerar que o espaço natural é demasiadamente vulnerável à atuação humana consiste em considerar que:

a) Qualquer entidade natural, cultural e artificial é parte integrante do ecossistema terrestre, em sua totalidade planetária. Por isso, nada é alheio a esse ecossistema complexo, abrangente de tudo o que existe nesta ínfima porção do Cosmos, a Terra.

b) Meio ambiente não é sinônimo de natureza. É, sim, o “mundo natural” transformado pelo homem, que nele imprime a sua marca registrada. Por isso, as transformações introduzidas pelo homem têm características ambientais (MILARÉ, 2016, p. 627).

Partindo do pressuposto do direito à vida com qualidade, Nucci (1996) apresentou análise no sentido de que todo o ambiente que cerca o ser humano constitui um conjunto inseparável, que se relaciona com ele e influencia o meio diretamente. Nesse contexto, constata-se que não pode haver qualidade de vida sem vida saudável, sem um ambiente equilibrado. Relacionando os elementos que compõem o meio ambiente, encontra-se a paisagem e, sobretudo, a paisagem urbana, que pode sofrer de desequilíbrio e, no Brasil, não tem sido objeto de cuidados, seja por parte de governantes, seja por parte da população.

#### 4. INDICADORES DE QUALIDADE AMBIENTAL URBANA

Para a obtenção da qualidade ambiental, os indicadores são necessários e analisados por meio das estatísticas que são mensuradas ao longo do tempo e do espaço, fornecendo informações sobre as tendências e comportamentos dos fenômenos abordados tanto das paisagens como das quantidades existentes em cada localidade. Nessa perspectiva, a construção de um sistema de indicadores com séries históricas possibilita não só o diagnóstico da situação, como também a sua trajetória, servindo como suporte à tomada de decisão e, em alguns casos, como forma de avaliação de impacto de ações implementadas ou de resultados de políticas (AGRA-FILHO; MARINHO; SANTOS, 2019).

No Quadro 2 são apresentadas algumas referências e exemplos de indicadores utilizados na avaliação da qualidade ambiental.

Quadro 2. Indicadores de qualidade ambiental urbana utilizados em diferentes locais

Autor(es)	Indicadores de Qualidade Ambiental Urbana
Nucci (1996)	Uso do solo, usos potencialmente poluidores, pontos de enchentes, empilhamento humano, verticalidade (edificações acima de seis pavimentos), desertos florísticos e déficit de espaços livres públicos.
Camargo (2007)	Arborização, desconforto térmico, presença de áreas de risco, densidade de construções e áreas de exclusão social.
Dias, Gomes e Alkmim (2011)	Abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza pública urbana, pavimentação das ruas e cobertura vegetal.
Minaki e Amorim (2012)	Enchentes, áreas de ocorrência de temperaturas elevadas, insuficiência de cobertura vegetal arbórea, alta densidade de edificações, espaços livres de edificação sem cobertura vegetal.
Biziak (2017)	Abastecimento de água, eletricidade, esgotamento sanitário, coleta de lixo, densidade populacional, patrimônios urbanos, pontos de inundação, denúncias e reclamações, densidade de cobertura vegetal, densidade de áreas verdes, rendimento.
Fornazieiro (2020)	Cobertura vegetal urbana, poluição ambiental, áreas vulneráveis à inundação e alagamento, uso do solo urbano, temperatura de superfície.

Fonte: Fornazieiro (2020).

Ao tratar-se da caracterização dos indicadores de qualidade ambiental urbana, deparou-se com a análise de áreas verdes. Nessa visão, Santos e Nucci (2019) verificam a necessidade de incluir a análise da vegetação vertical, ou seja, aquela vista pelo

pedestre, nos estudos de qualidade ambiental urbana, confrontando o Índice de Cobertura Vegetal analisado por meio dos satélites no Sensoriamento Remoto.

Para Santos e Nucci (2019), existe uma diferença significativa entre a análise orientada pela perspectiva vertical e pela perspectiva horizontal, visto que padrões de cobertura vegetal semelhantes podem resultar em diferentes efeitos visuais a quem observa ao nível do solo, e em diferentes funções potenciais à vegetação, não sendo um método tão conhecido.

O método adotado por Santos e Nucci (2019) é diferente da carta da qualidade ambiental proposta por Nucci (2008). Uso do solo, poluição, espaços livres, verticalidade das edificações, enchentes, densidade populacional e cobertura vegetal são os atributos analisados e espacializados em escalas que variam entre 1:2.000 e 1:10.000.

A análise sistêmica dessas variáveis fornece a carta de Qualidade Ambiental, em que foram selecionadas quatro situações representativas dos contrastes e similitudes da análise do verde urbano com base na Cobertura Vegetal (ICV), em comparação com a Estrutura Vertical da Vegetação (IVV). Para tanto, utilizou-se a base de dados do aplicativo *Google Earth*, de onde foram extraídas imagens aéreas (escala 1:3.000), e imagens ao nível do solo, com uso da ferramenta da *Google Street View* (GSV), responsável pela análise vertical. Os pontos foram selecionados percorrendo com o GSV as ruas do município de Curitiba (Paraná, Brasil), todavia, a escolha das áreas poderia se dar em quaisquer outras localidades com cobertura de imagens de satélite disponibilizadas pelo *Google Earth* e fotografias do GSV para a obtenção de novas pesquisas associadas às ferramentas de análises (SANTOS; NUCCI, 2019).

Ressaltando o estudo de Santos e Nucci (2019) as imagens utilizadas para os cálculos são datadas entre 2017 e 2018, com menos de um ano de diferença entre perspectiva horizontal e vertical, e não apresentam aspectos que indiquem a perda de folhas devido a mudanças de estações. Os resultados do cálculo do ICV e do IVV contidos nessas imagens, conforme o método proposto, podem ser a apresentação das quatro situações distintas entre os índices. Tendo encontrado ICV de 72% e IVV de 30%, no caso representando elevados índices de cobertura vegetal e visão do verde em um mesmo ponto, o que se dá pela predominância de vegetação arbórea densa e contínua, constituindo o verde expressivo tanto em perspectiva horizontal como vertical.

O último resultado obtido apresenta o percentual de ICV igual a 18% e IVV de 31%, representando uma situação com menor cobertura vegetal e maior visão do verde. A maior visualização do verde ao nível do solo que em perspectiva aérea se deve à presença de árvores de diferentes alturas, tamanhos e formas, além da presença de arbustos e herbáceas (SANTOS; NUCCI, 2019).

Em Brisbane (Austrália), Mitchell *et al.* (2016) apresentaram um estudo para quantificar a estrutura vertical da vegetação urbana, destacando os poucos estudos dessa perspectiva vista pela população local na paisagem verticalizada. A estrutura vertical da vegetação é importante para a biodiversidade e a provisão de serviços ecossistêmicos. Nas cidades, entretanto, embora a variação na extensão espacial e distribuição da vegetação tenham sido amplamente investigadas, a estrutura vertical da vegetação e seus fatores potenciais não o foram. A compreensão de como a estrutura vertical da vegetação varia entre as cidades e a identificação dos fatores potenciais dessa variação melhorará o manejo da vegetação urbana para a biodiversidade, os serviços ecossistêmicos e a quantificação mais detalhada dos índices de qualidade ambiental.

No método adotado por Mitchell *et al.* (2016) foram levantados dados de detecção e variação de luz (LIDAR) para quantificar a estrutura vertical da vegetação em Brisbane, Austrália, a 1 km<sup>2</sup> e escalas espaciais de 1 ha para investigar como essa estrutura variava em resposta a variáveis biofísicas, socioeconômicas, de forma urbana e de estrutura da paisagem.

Variáveis biofísicas na formação urbana também são importantes, mas apenas em combinação com a estrutura da paisagem. As imagens são obtidas por meio precisão do GPS – *Global System Position* (Sistema de Posicionamento Global), que capta os sinais emitidos por satélites ao redor da órbita terrestre, sinais estes que emitem a localização precisa da Terra e o GPS triangula o sinal emitido, para obter maior precisão ultra geodésica, que permite leituras em uma precisão de até 3 cm (MITCHELL *et al.*, 2016).

A complexidade vertical média da vegetação, a cobertura projetiva da folhagem e a altura do dossel em um local diminuíram conforme a proporção de árvores na paisagem urbana. Em geral, essas variáveis de estrutura vertical também aumentaram onde manchas de vegetação foram agrupadas espacialmente. A sintetização dessas aplicações, usando dados de detecção e variação de luz (LIDAR) e técnicas de seleção de



modelos, mostram que a extensão e a estrutura vertical da vegetação urbana não são independentes e que a extensão reduzida e o aumento da fragmentação da vegetação urbana estão associados à simplificação de sua estrutura vertical (MITCHELL et al., 2016).

Se for comum, essa relação significa que o manejo da vegetação urbana para a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos não deve se concentrar apenas na quantidade de cobertura arbórea ou espaço verde presente nas cidades, mas também na identificação de onde as intervenções para melhorar a complexidade vertical da vegetação são necessárias. Este estudo fornece informações importantes sobre onde esses locais podem estar nas cidades e são importantes para a obtenção da qualidade ambiental (MITCHELL et al., 2016).

O estudo feito por Mitchell et al. (2016) trouxe uma análise diferente para a compreensão da paisagem urbana, levando em consideração o tipo de espécie arbórea local e como elas influenciam no clima, mostrando que a ferramenta por eles utilizadas pode auxiliar no planejamento urbano e juntamente obter cidades sustentáveis e ambientalmente planejadas.

No estudo apresentado por Li e Ratti (2019) sobre os panoramas de GSV, foram coletados dados em duas etapas nas ruas de Boston (Estados Unidos da América, 42.345722º de latitude N, 71.085855º de longitude W). Na primeira etapa, obteve-se os metadados dos panoramas GSV usando coordenadas como entradas. A segunda etapa foram os *downloads* dos blocos de panorama GSV dos servidores do Google e dos blocos de mosaico para completar os panoramas GSV. Com base nas coordenadas geradas nesses *sites* de amostra gerados são disponibilizados, ainda os metadados dos panoramas GSV na área de estudo.

O método proposto por Li e Ratti (2019) permite mapear a distribuição espaço-temporal da duração da insolação na escala da cidade. Neste estudo, apresentaram apenas as distribuições espaciais da duração da insolação em dois dias para fins ilustrativos, mostram as distribuições espaciais da duração do sol em 1º de agosto de 2014 e 1º de janeiro de 2014, na área de estudo no nível do local, respectivamente. A duração média da luz solar direta nos desfiladeiros de rua do estudo em 1º de agosto é de 7,6 h, e a duração média da luz solar direta em 1º de janeiro foi de 5,2 h.



Este estudo também mostra que é possível estimar e mapear as distribuições espaço-temporais da duração do sol e da radiação solar em desfiladeiros de rua em grande escala com resolução temporal. Considerando a abundância de dados de GSV em cidades ao redor do mundo, o método automático proposto daria um grande impulso a todos os estudos que relacionam o nível de radiação solar de desfiladeiros de rua. Mostrando análises que, usando esse método, podem ser avaliados os tipos de paisagem no contexto urbano, sendo uma das ferramentas que os dados são precisos e que pode vir a ser uma das aliadas da recuperação ambiental urbana, mesmo sendo uma ferramenta de estudo de custo elevado (LI; RATTI, 2019).

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao reconhecer diversas aplicações e criações de indicadores, sendo em municípios pequenos e setores de cidades grandes, constatou-se a necessidade de planejamento do uso do solo urbano, já que o indicador uso do solo explicou a maior variância do IQAU nas áreas de estudo, demonstrado no Quadro 2 dessa pesquisa, destacando os estudos feitos por Nucci (1998), cuja metodologia, com o decorrer dos anos, foi usada por outros pesquisadores em localidades distintas e complementando a importância do seguimento desse estudo em áreas urbanas.

A expansão urbana traz em si o agravamento ambiental, tanto em processos erosivos, alagamentos, inundações, bem como a redução da impermeabilização do solo, sobretudo em novos loteamentos, nos quais a definição de padrões urbanísticos foram analisados por Dias, Gomes e Alkmim (2011). Já por Minaki e Amorim (2012) um dos indicadores analisados foi a densidade de cobertura vegetal e densidade de áreas verdes, destacando a necessidade de provê-las às áreas de expansão urbana.

A concepção dessa análise dentro da literatura foi em busca de trabalhos para conhecer diversificadas metodologias integradas na avaliação da qualidade ambiental urbana, constatar a importância da inserção das geotecnologias como ferramenta da aplicação de índice e a espacialização das informações. Assim, descobriram-se novos parâmetros e indicadores, como cobertura vegetal, temperatura da superfície, áreas com risco de inundação, saneamento, dentre outros que podem ser analisados de forma conjunta e com pesos diferenciados, levando em conta os dados adquiridos e as características do local.

Pôde-se observar diversas hipóteses de conhecer a qualidade ambiental tanto em cidades pequenas quanto em cidades grandes, variando, assim, a quantidade de dados que cada região fornece para sustentação das plataformas digitais. Esse sistema poderia ser representado por um SIG, dispondo de mapas com camadas representando cada indicador e metadados, os quais representariam tabelas de atributos nas análises que podem ser desenvolvidas.

## REFERÊNCIAS

- AGRA-FILHO, S. S.; MARINHO, M. M. D. O.; SANTOS, R. D. A. . S. DOS. Indicadores de sustentabilidade ambiental urbana: uma análise comparativa com os indicadores nacionais propostos para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável ( ODS ). **Bahia anál. dados**, v. 29, n. 2, p. 174–213, 2019.
- ANGEOLETTO, F. et al. ARBORIZAÇÃO URBANA NO BRASIL: um reflexo de injustiça ambiental. **Terr Plural**, v. 11, n. 2, p. 291–303, 2011.
- BIZIAK, L. D. **Sustentabilidade urbana**: avaliação da qualidade ambiental do setor central de Uberlândia/MG. 2017. 109f. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Uberlândia, 2017.
- CARLOS, A, F, A. **A condição espacial**. Contexto ed. São Paulo, 2011.
- CARLOS, Ana Fani Alessandri. O Espaço Urbano: Novos Escritos sobre a Cidade. São Paulo: FFLCH, 1994, 123p.
- CAMARGO, C. E. S. **Qualidade ambiental urbana em Presidente Prudente/SP**. 2007. 152 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, 2007.
- COSTA, C. L. A captura das subjetividades como estratégia nas relações de poder na sociedade capitalista. **Opsis**, v. 20, n. 1, p. 1–10, 2020.
- DIAS, F. de A.; GOMES, L. A.; ALKMIM, J. K. Avaliação da qualidade ambiental urbana da bacia do ribeirão do Lipa através de indicadores, Cuiabá/MT. **Sociedade & Natureza**, v. 23, n. 1, 2011.
- FORNAZIEIRO, M. P. A. “ **Júlio de Mesquita Filho** ” Instituto de Geociências e Ciências Exatas Campus de Rio Claro **MARCOS PAULO ALMEIDA FORNAZIEIRO QUALIDADE AMBIENTAL URBANA : proposta de um índice para a cidade de Rio Claro / SP . , nº 2020. São Carlos/ SP: [s.n.], [s.d.].**
- GOUVEIA, N. Saúde e meio ambiente nas cidades: os desafios da saúde ambiental. **Saúde e Sociedade**, v. 8, n. 1, p. 49–61, 1999.

- GRIMM, I. J.; SAMPAIO, C. A. C. Crise ambiental, política climática e o turismo: algumas reflexões. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais (Online)**, n. 44, p. 95–112, 2017.
- HECKERT, A. L. C.; BARROS, M. E. B. de; CARVALHO, S. V. Cidades e políticas públicas. **Fractal : Revista de Psicologia**, v. 28, n. 2, p. 266–274, 2016.
- LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica 1**, Eva Maria Lakatos. - 5. ed. - São Paulo: Atlas 2003.
- GRIMM, I. J.; SAMPAIO, C. A. C. Crise ambiental, política climática e o turismo: algumas reflexões. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais (Online)**, n. 44, p. 95–112, 2017.
- MINAKI, C.; AMORIM, M. C. C T. Análise da qualidade ambiental urbana. **Mercator-Revista de Geografia da UFC**, v. 11, n. 24, 2012.
- LI, X.; RATTI, C. Mapping the spatio-temporal distribution of solar radiation within street canyons of Boston using Google Street View panoramas and building height model. **Landscape and Urban Planning**, v. 191, p. 0–1, 2019.
- MILARÉ, É. ÉDIS MILARÉ REAÇÃO JURÍDICA À DANOSIDADE AMBIENTAL : Contribuição para o delineamento de um microssistema de responsabilidade DOUTORADO EM DIREITO ÉDIS MILARÉ REAÇÃO JURÍDICA À DANOSIDADE AMBIENTAL : Contribuição para o delineamento de um microssistema de. p. 380, 2016.
- MITCHELL, M. G. E. et al. Landscape structure influences urban vegetation vertical structure. **Journal of Applied Ecology**, v. 53, n. 5, p. 1477–1488, 2016.
- NUCCI, J. C. **Qualidade Ambiental e Adensamento Urbano**: um estudo de planejamento da paisagem do distrito de Santa Cecília (MSP). 1996, 229f. 1996. Tese de Doutorado. Tese (Doutorado em Geografia) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- NUCCI, J. C. **Qualidade ambiental e adensamento urbano**: um estudo de ecologia e planejamento da paisagem aplicado ao distrito de Santa Cecília (MSP). 2 ed. Curitiba-PR. O Autor. 2008. 150 p.
- SANTOS, W. A. dos; SARTORELLO, R. Percepção e paisagem no cotidiano de escolas inseridas em paisagens rurais e urbanas. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 25, n. 4, p. 911–926, 2019.
- SANTOS, G.; NUCCI, J. Índice de Cobertura Vegetal e Índice Visual de Verde: indicadores de qualidade ambiental urbana. **GOT - Journal of Geography and Spatial Planning**, n. 17, p. 229–245, 2019.
- SPAREMBERGER, R. F. L. A relação homem e meio ambiente e a reparação do dano ambiental: reflexões sobre a crise ambiental e a teoria do risco na sociedade. **Available at: Accessed on**, v. 01, p. 25, 2017.

TEIXEIRA, D.; AMORIM, M. C. O estudo da ilha de calor em cidade de pequeno porte: algumas contribuições. **Sociedade & Natureza**, v. 30, n. 2, p. 186–209, 2018.

UGEDA JÚNIOR, J. C. Planejamento da paisagem e planejamento urbano: reflexões sobre a urbanização brasileira. **Revista Mato-Grossense de Geografia**, v. 17, n. 1, 2014.

# CAPÍTULO VI

## ESTUDO DA TENDÊNCIA DAS CHUVAS PARA A REGIÃO SUDESTE DO BRASIL

STUDY OF THE TREND OF RAINFALL FOR THE SOUTHEAST REGION OF BRAZIL

DOI: 10.51859/AMPLA.MAS2407-6

Wanda Tathyana de Castro Silva <sup>1</sup>

Ronabson Cardoso Fernandes <sup>2</sup>

Marcos Antônio Santiago Soares <sup>3</sup>

Adonias Gomes da Silva <sup>4</sup>

Antônio Carlos de Medeiros Souza <sup>5</sup>

Anderson Jefferson Gomes da Silva <sup>6</sup>

<sup>1</sup> Mestre em Meteorologia. Instituto de Ciências Atmosféricas. Universidade Federal de Alagoas - UFAL

<sup>2</sup> Pós-Doutorando em Geografia. Departamento de Geografia. Universidade Federal do Mato Grosso do Sul - UFMS

<sup>3</sup> Mestrando em Meteorologia. Instituto de Ciências Atmosféricas. Universidade Federal de Alagoas - UFAL

<sup>4</sup> Graduado em Matemática. Instituto de Matemática. Universidade Federal de Alagoas - UFAL

<sup>5</sup> Graduado em Meteorologia. Instituto de Ciências Atmosféricas. Universidade Federal de Alagoas - UFAL

<sup>6</sup> Mestrando em Meteorologia. Instituto de Ciências Atmosféricas. Universidade Federal de Alagoas - UFAL

### RESUMO

O objetivo deste capítulo é verificar o comportamento da precipitação para a região do Sudeste do Brasil na escala mensal e anual. Para isso utilizou-se dados na escala mensal estimada pelo satélite TRMM, TERRACLIMATE e ERA5 para o período de 1998 a 2017. Para o cálculo de tendência utilizou-se o teste não-paramétrico de Mann-Kendall. Observou-se que no mês de janeiro se registrou 11 eventos extremos e 9 eventos extremos para o mês de dezembro, meses com maiores frequências de eventos extremos, enquanto, o mês de dezembro foi registrado 9 eventos extremos. Observou-se que espacialmente os eventos extremos ocorrem com maior frequência na região central de Minas Gerais e Rio de Janeiro, em dezembro, esses eventos extremos ocorrem com maior frequência sobre a região sul de Minas Gerais e sobre o estado de São Paulo. Constatou-se que a tendência negativa ocupa cerca 71,05% a 92,51%, ou seja, declínio da precipitação para grande parte do Sudeste. Ainda, 65,1% da região Sudeste apresentam tendências negativas que oscilam entre 0 a -0,10 mm/mês. Em relação à tendência anual, observou-se que os estados de Minas Gerais, Rio

de Janeiro e Espírito Santo apresentam em sua grande parte tendências anuais negativas. E que, 67,89% a 90,40% da região do Sudeste apresenta tendências anuais negativas, em que, 4,80% apresentam tendências negativas superiores a -20mm/ano. Portanto, esse trabalho mostra que as perspectivas de precipitação para a região Sudeste não são promissoras, em que, grande parte da região de estudo apresenta tendências negativas tanto na escala anual quanto mensal.

**Palavras-chaves:** Seca. Extremos. Clima.

### ABSTRACT

The objective of this chapter is to verify the behavior of precipitation for the Southeast region of Brazil on a monthly and annual scale. For this, data on the monthly scale estimated by the TRMM, TERRACLIMATE and ERA5 satellites were used for the period from 1998 to 2017. To calculate the trend, the non-parametric Mann-Kendall test was used. It was observed that in the month of January there were 11 extreme events and 9 extreme events for the month of December, months with higher frequencies of extreme events, while the month of December





was registered 9 extreme events. It was observed that spatially extreme events occur more frequently in the central region of Minas Gerais and Rio de Janeiro, in December, these extreme events occur more frequently in the southern region of Minas Gerais and in the state of São Paulo. It was found that the negative trend occupies about 71.05% to 92.51%, that is, a decline in precipitation for a large part of the Southeast. Still, 65.1% of the Southeast region show negative trends that range from 0 to -0.10 mm/month. Regarding the annual trend, it was

observed that the states of Minas Gerais, Rio de Janeiro and Espírito Santo mostly present negative annual trends. And that, 67.89% to 90.40% of the Southeast region shows negative annual trends, in which 4.80% show negative trends greater than -20mm/year. Therefore, this work shows that the precipitation prospects for the Southeast region are not promising, in which much of the study region shows negative trends both on an annual and monthly scale.

**Keywords:** Dry. Extremes. Climate.

## 1. INTRODUÇÃO

A precipitação pluvial é de extrema importância para a região do Sudeste brasileiro devido ser uma das principais regiões geográficas e econômicas do Brasil. Essa região tem milhões de habitantes e a falta como o excesso de precipitação pode trazer danos irreparáveis a população.

A seca histórica nessa região fez alguns municípios dos cinco Estados racionarem água, afetou também a navegação e ainda contribuiu para o desequilíbrio do ecossistema nas Regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste do País. Na lista de cidades com rodízio no abastecimento aparecem até grandes centros urbanos, como o de Curitiba e a região metropolitana de São Paulo (CNN, 2021).

Segundo Marengo e Alves (2021) revelaram que a estação chuvosa 2013/2014 sobre a Região Sudeste do Brasil apresentou os totais acumulados significativamente abaixo dos valores médios, com desvios negativos em torno de 62%, temperaturas 2.5°C acima da média e um aumento no consumo de água, esses fatores conjuntamente geraram uma crise hídrica sem precedente desde 1960.

Segundo Neves et al (2021) a Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul, no Estado de São Paulo, foi afetada por uma das secas mais severas de sua história, em que a seca impactou o armazenamento e a capacidade de regularização do principal reservatório da região, o Reservatório de Paraibuna. Embora o pico da crise hídrica tenha ocorrido, principalmente, em razão da seca de 2013/2014, verificou-se que ele foi influenciado pelo efeito cumulativo de uma seca anterior, ocorrida desde o início do ano de 2011. E isso, tem impactado severamente o abastecimento na região Metropolitana de São Paulo.

Segundo Coelho et al. (2016) o Estado de São Paulo no Brasil experimentou em 2014 e início de 2015 um déficit de precipitação expressivo, levando a condições de seca com impactos na disponibilidade de água para consumo público, geração de energia hidrelétrica e agricultura, principalmente durante o verão austral. Eventos de seca semelhantes foram registrados anteriormente, mas com magnitude menor em termos de déficits de precipitação, tornando o evento de seca de 2013/2014 o mais seco do registro examinado. Um dos fatores que contribuíram para o expressivo déficit de precipitação em 2014 foi o final anormalmente precoce do período chuvoso de 2013/2014 na região (Coelho et al., 2016). Consequentemente, esses fatores têm agravado essa região severamente.

Com isso, esse estudo tem como hipótese a seguinte questão: o aumento da frequência de eventos extremos de precipitação está relacionado com a tendência de secas nessa região?

Portanto o objetivo desse trabalho foi de verificar o comportamento da precipitação para a região do Sudeste do Brasil na escala mensal e anual.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1. ÁREA DE ESTUDO

A pesquisa foi realizada para a região do Sudeste do Brasil que abrange os Estados de São Paulo, Minas Gerais, Espírito Santo e o Rio de Janeiro. Esses Estados possuem mais de 10,85% de todo o território do Brasil, com uma área de 924.511 Km<sup>2</sup> e uma população estimada em mais de 87 milhões de pessoas.

### 2.2. BANCO DE DADOS

Através da Tabela 1 podemos verificar o banco de dados usado nesse estudo. Utilizou-se nessa pesquisa a série temporal de precipitação pluvial proveniente do satélite Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM). As imagens são compreendidas entre janeiro de 1998 a dezembro de 2017, totais mensais, com resolução espacial de 0.25°x 0.25°. O satélite TRMM foi desenvolvido em missão conjunta entre a NASA e a Agência de Exploração Aeroespacial do Japão para medição do padrão espacial da precipitação, levando ao melhoramento da compreensão da estrutura e evolução dos ciclones tropicais, propriedades do sistema convectivo, relações tempestade-relâmpago, modelagem climática e impactos humanos nas chuvas.

Tabela 1. Banco de dados utilizados nesse estudo

Descrição	Espaçamento	Frequência	Período	Referência
TRMM	0,25º x 0,25º	Mensal	1998-2017	TRMM
TERRACLIMATE	0.041ºx0.041º	Mensal	1998-2017	Abatzoglou et al., 2018.
ERA5	0,25ºx0,25º	Mensal	1998-2017	Hersbach et al., 2018.

### 2.3. TRATAMENTO DOS DADOS

Para identificar a tendência da precipitação pluvial sobre a região do Sudeste do Brasil aplicou-se o teste estatístico não-paramétrico de Mann-Kendall (MANN, 1945; KENDALL, 1975). O teste considera a série temporal  $Y_i$  de  $n$  termos ( $1 \leq i \leq n$ ), onde a estatística desse teste é dada pela Equação (1).

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sin}(\mathbf{Y}_j - \mathbf{Y}_i) \quad (1)$$

em que,

$$\text{sin}(\mathbf{Y}_j - \mathbf{Y}_i) = \begin{cases} +1 & \text{se } (\mathbf{Y}_j - \mathbf{Y}_i) > 0 \\ 0 & \text{se } (\mathbf{Y}_j - \mathbf{Y}_i) = 0 \\ -1 & \text{se } (\mathbf{Y}_j - \mathbf{Y}_i) < 0 \end{cases}$$

Para séries com grande número de termos ( $n$ ), o teste apresenta uma distribuição normal com média zero e variância definida pela Equação (2).

$$\text{Var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{18} \quad (2)$$

O teste tem como hipótese nula ( $H_0$ ) a ausência de tendência na população. Testando a significância estatística do teste para a hipótese alternativa ( $H_1$ ), a qual expressa à existência de tendência, usa-se um teste bilateral a  $H_1$ , pelo qual a hipótese alternativa pode ser rejeitada para grandes valores da estatística  $Z$ , Equação (3).

$$z = \begin{cases} \frac{(S-1)}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & \text{se } S > 0 \\ 0 & \text{se } S = 0 \\ \frac{(S+1)}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & \text{se } S < 0 \end{cases} \quad (3)$$

Com base na análise da estatística Z, é realizada a decisão de aceitar ou rejeitar a hipótese nula ( $H_0$ ) de ausência de tendência, confirmar a hipótese de estabilidade dos dados ou rejeitá-la a favor da hipótese alternativa ( $H_1$ ), admitindo a existência de tendência na série de dados. O sinal da estatística Z indica se a tendência é crescente ( $Z > 0$ ) ou decrescente ( $Z < 0$ ). Em um teste bilateral para tendência,  $H_1$  deve ser aceito se  $|Z| \geq Z_{\alpha/2}$ , em que o valor de  $Z_{\alpha/2}$  é obtido da tabela na distribuição normal padronizada. Para esse teste também foi adotado nível de significância de 5% e 10%.

O cálculo da tendência foi realizado com auxílio dos pacotes *raster* (Hijmans, 2021) e *rasterVis* (Lamigueiro e Hijmans, 2021) para elaboração das figuras e cálculos estatísticos e, o pacote *EnvStats* (Millard, 2013), *spatialECO* (Evans, 2021) para os cálculos das tendências no Software R (R, 2021).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

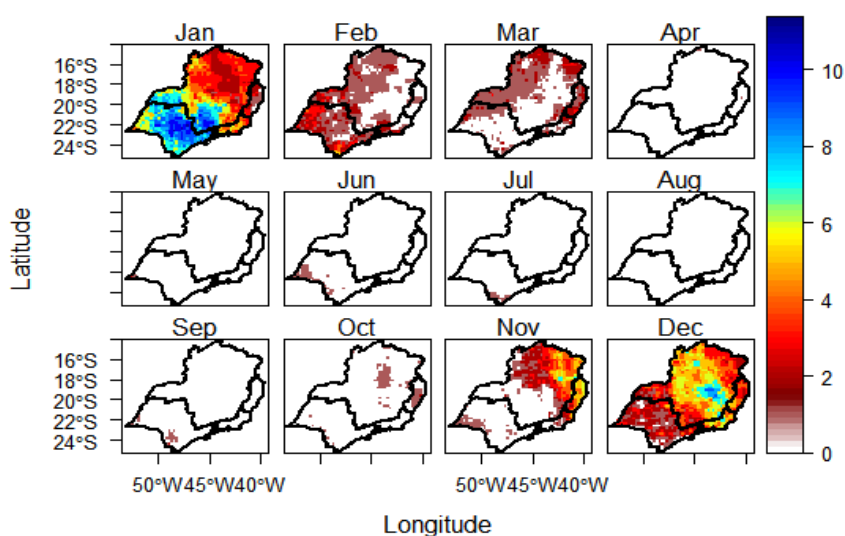
#### 3.1. CLIMATOLOGIA

Os resultados climáticos mostram que em novembro a precipitação está localizada sobre o estado de Minas Gerais e se intensificando até dezembro. Em janeiro a precipitação desloca-se para a região sul de Minas Gerais, São Paulo e parte do Rio de Janeiro. Nota-se que a precipitação pluvial está declinando a partir de abril seguindo até agosto. Esse regime pluviométrico é devido a principalmente a região ser influenciada pela presença da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS).

Observa-se pela Figura 1 a contagem de precipitação pluvial acima do percentil 95%. Observa-se que para a região Sudeste há aumento da contagem de eventos extremos a partir de novembro a março. Os meses em que ocorrem mais eventos extremos são os meses de dezembro e janeiro. Verifica-se ainda que de abril a outubro a quantidade de eventos extremos nessa região é bem reduzida em relação aos meses de dezembro e janeiro. Entre 1998 e 2017, o mês de janeiro registrou 11 eventos extremos nessa região, enquanto, o mês de dezembro foi registrado 9 eventos extremos. Enquanto, em dezembro os eventos extremos ocorrem na região central de Minas Gerais e Rio de Janeiro, em dezembro, esses eventos extremos ocorrem com maior frequência sobre a região sul de Minas Gerais e sobre o Estado de São Paulo. Segundo Minuzzi et al. (2007a) a maiores quantidades de precipitação pluvial encontra-se no sudeste de Minas Gerais e no estado de São Paulo. Segundo Minuzzi et al. (2007a)

o período chuvoso da região de Minas Gerais ocorre entre 23 de outubro a 2 de novembro, com duração de 136 a 155 dias, para São Paulo entre 13 e 22 de setembro apresentando maior duração de 210 a 229 dias (Minuzzi et al., 2007a). A precipitação pluvial no período de novembro-janeiro sobre a região do Sudeste do Brasil pouco esteve correlacionada com o comportamento da TSM do Pacífico Equatorial e, ou, o IOS (2007b).

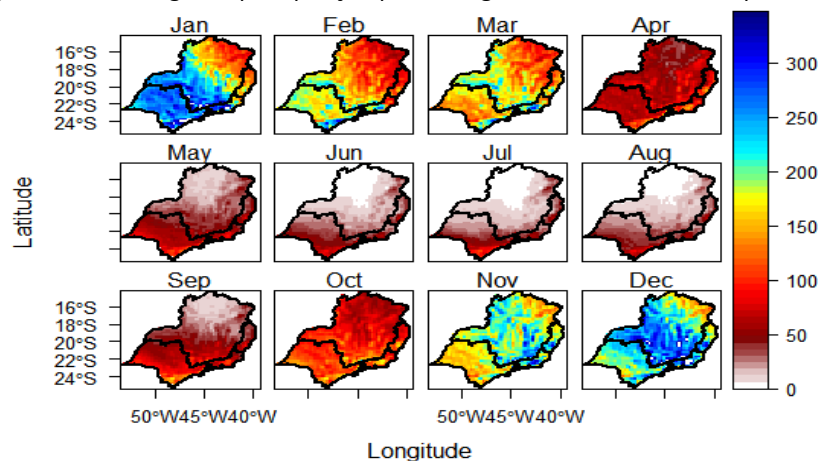
Figura 1 Número de eventos extremos (Acima do percentil 95%).



Fonte: Própria, 2022.

Observa-se que na Figura 2 o período chuvoso da região Sudeste do Brasil está situado durante os meses de outubro a fevereiro. Em que, os meses de novembro a janeiro apresentam os maiores volumes de precipitação.

Figura 2 Climatologia da precipitação pluvial segundo dados estimados pelo ERA5.

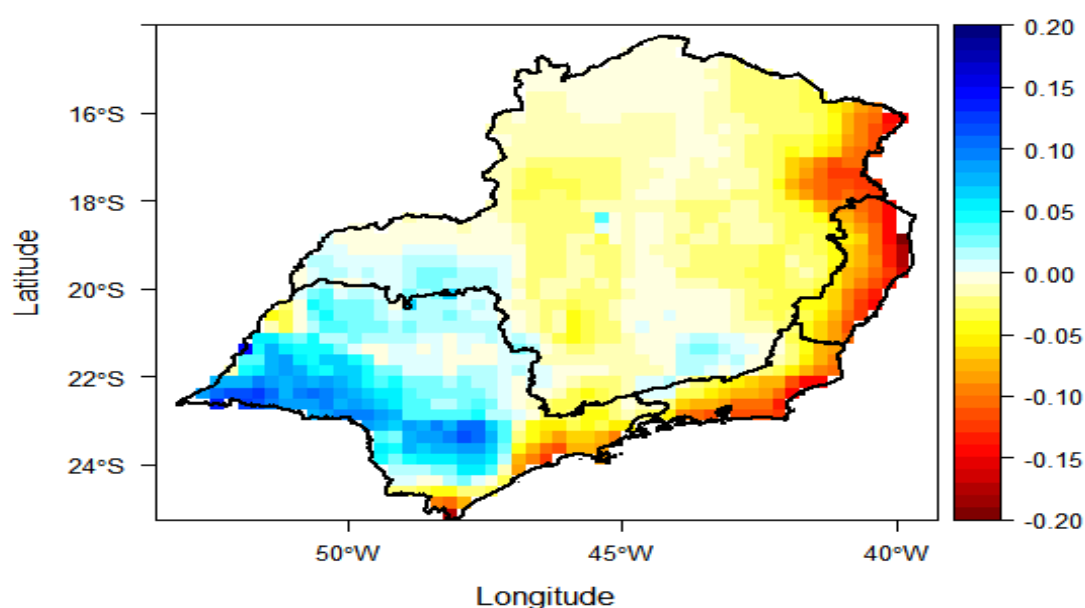


Fonte: Própria, 2022.

### 3.2. TENDÊNCIA TEMPORAL DA PRECIPITAÇÃO PLUVIAL

Observa-se na Figura 3 que a tendência da série temporal de precipitação na escala mensal foi 71,05% apresentando declínio da precipitação em grande parte do Sudeste, e que a região continental do Estado de São Paulo apresenta tendências positivas da ordem de +0,15mm/mês. Cerca de 65,1% da região Sudeste apresentam tendências negativas que oscilam entre 0 a -0,10 mm/mês. Apenas 1,1% da região tem tendência na ordem de +0,100 mm/mês a + 0,200 mm/mês. E 5,8% da área do Sudeste estão entre -0,200 mm/mês a -0,100 mm/mês. Com isso, o declínio da precipitação na escala mensal é preocupante devido ser uma região que tem aproximadamente 80 milhões de pessoas, e tem sofrido no tempo presente escassez de recursos hídricos para a população. Além disso, o declínio da precipitação sobre a região de Minas Gerais é de grande preocupação, pois, além da agricultura é o local da nascente do Rio São Francisco, importante rio para a geração de energia no Brasil.

Figura 3 Tendência da série temporal da precipitação estimada pelo TRMM para a região Sudeste.



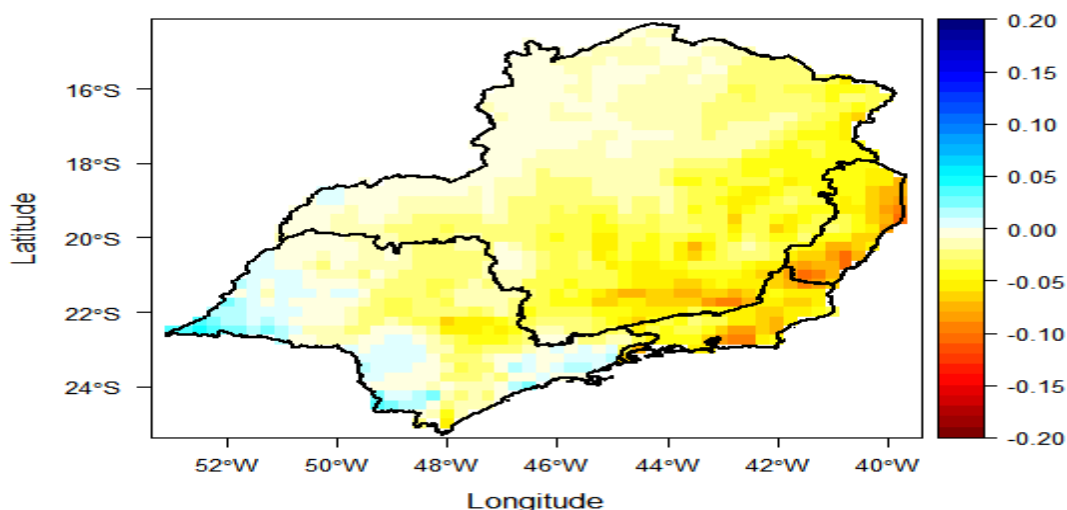
Fonte: Própria, 2022.

Observa-se na Figura 4 que a tendência da série temporal de precipitação na escala mensal é de 92,51% apresentando declínio da precipitação em grande parte do Sudeste, e que a região continental do Estado de São Paulo, a oeste, apresenta tendências positivas da ordem de +0,15 mm/mês. Cerca de 64,6% da região Sudeste



apresenta tendências negativas que oscilam entre 0 a -0,10 mm/mês. Apenas 0,3% da região tem tendência na ordem de +0.100 mm/mês a + 0.200 mm/mês. Observa-se ainda que a região do Rio de Janeiro e Espírito Santo e parte de Minas Gerais apresentam declínio na precipitação da ordem de -0,10 mm/mês.

Figura 4 Tendência da série temporal da precipitação estimada pelo ERA5 para a região Sudeste.



Fonte: Própria, 2022.

### 3.3. TENDÊNCIA MENSAL

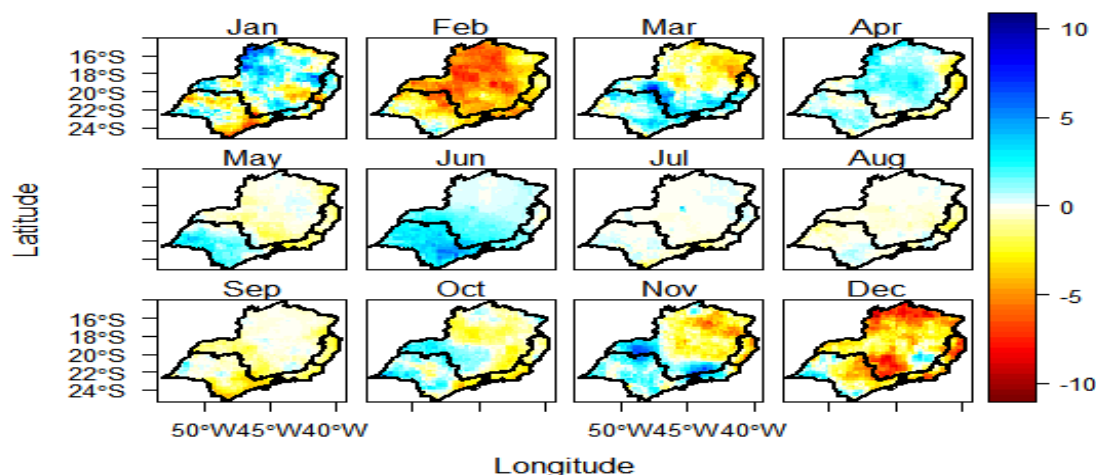
Observa-se pela Figura 5 a tendência mensal da precipitação pluvial para a região do Sudeste brasileiro. Observa-se que os meses de novembro, dezembro e fevereiro apresentam tendências negativas para parte do Sudeste superiores a 5 mm/ano. São críticos os meses de novembro a fevereiro por apresentarem tendências negativas de precipitação, devido serem os meses que compreendem o período chuvoso dessa região. Consequentemente nos mostra que essa tendência negativa da precipitação, futuramente, seguindo essa perspectiva, os recursos hídricos serão afetados drasticamente. Enquanto, que o período seco apresenta sobre algumas regiões tendência positiva na precipitação em 3 mm/mês.

Nota-se que a região de São Paulo onde está localizado milhões de pessoas, a tendência da precipitação, principalmente, para o período chuvoso não nos mostra resultado satisfatório, isso, afetará os reservatórios dessa região.

Observa-se que o mês de novembro já consta com 54,45% da sua área com tendência negativa da precipitação, se locando principalmente sobre o Estado de Minas Gerais e Espírito Santo. Já o mês seguinte, dezembro, observa-se o aumento da área de

tendência negativa da precipitação, 89,06% de sua área apresentou tendência negativa. O mês de dezembro evidencia que 26,28% de sua área apresenta tendência negativa e superiores a 5 mm/mês. Em relação ao mês de janeiro observa-se que há tendência de declínio na precipitação correspondendo a 53,50% de sua área, e o mês de fevereiro 95,28% de sua área. Isso mostra que o período chuvoso tem um declínio bastante crítico, pois, os meses em que se esperam as maiores quantidades de precipitação apresentaram tendências negativas. Apesar de que o período seco apresentar tendências positivas na precipitação para alguns meses, porém, o período chuvoso da região é o mais importante para a demanda hídrica da região do Sudeste brasileiro.

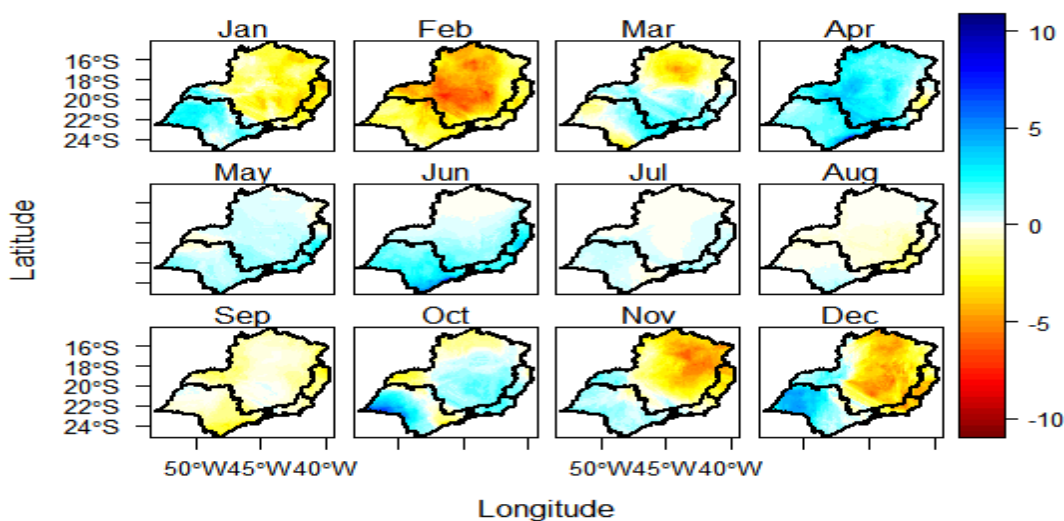
Figura 5 Tendência mensal da precipitação estimada pelo TRMM para a região Sudeste.



Fonte: Própria, 2022.

Observa-se que pela Figura 6 que o período seco da região Sudeste tem a tendência de aumento da precipitação enquanto sobre essa região o período chuvoso apresenta declínio da precipitação. Verifica-se ainda que o estado de Minas Gerais apresenta declínio durante os meses chuvosos.

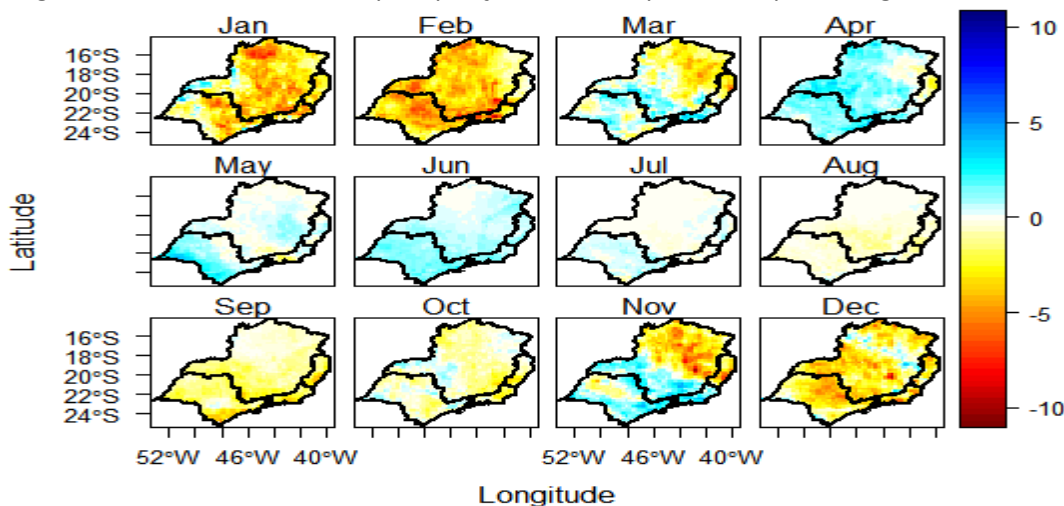
Figura 6 Tendência mensal da precipitação estimada pelo TERRACLIMATE para a região Sudeste.



Fonte: Própria, 2022.

Observa-se pela Figura 7 que o período chuvoso da região Sudeste apresenta declínio. Nota-se que de agosto a fevereiro apresentam tendências negativas superiores a 5mm/mês. Enquanto que o período seco dessa região apresenta tendências positivas. Em relação as anteriores, os dados do ERA5 se mostram perspectivas mais pessimistas para o Sudeste em relação aos banco de dados do TRMM e do TERRACLIMATE.

Figura 7 Tendência mensal da precipitação estimada pelo ERA5 para a região Sudeste.



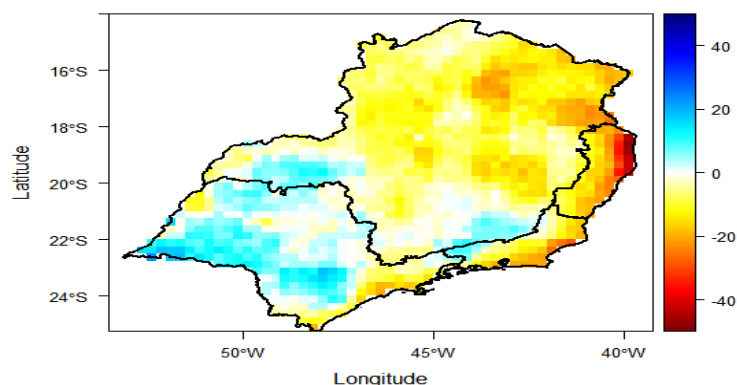
Fonte: Própria, 2022.

### 3.4. TENDÊNCIA ANUAL DA PRECIPITAÇÃO PLUVIAL

Observa-se pela Figura 8 que os Estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro e Espírito Santo apresentam em sua grande parte tendências anuais negativas. Observa-se que

72,93% da região do Sudeste apresentam tendências anuais negativas, em que, 4,80% dessa região apresentam tendências negativas superiores a -20 mm/ano. Verifica-se ainda que a região do interior de São Paulo apresenta tendências anuais em grande parte de 0 a 20 mm/ano e, no seu litoral apresentam tendências negativas.

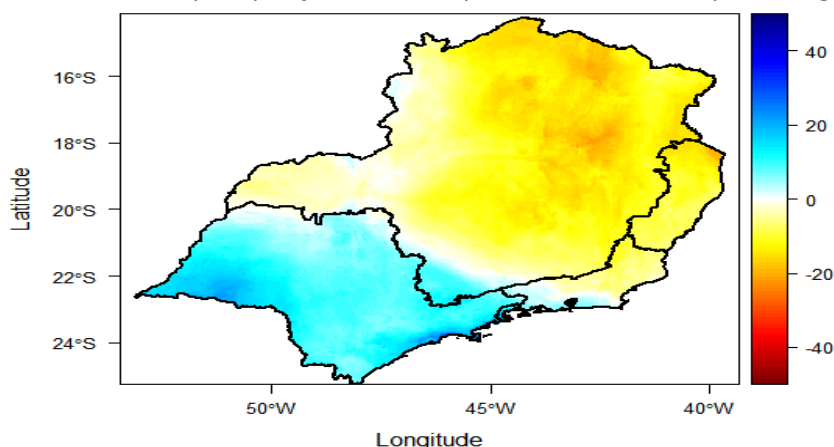
Figura 8 Tendência anual da precipitação estimada pelo TRMM para a região Sudeste.



Fonte: Própria, 2022.

Observa-se pela Figura 9 que os Estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro e Espírito Santo apresentam em sua grande parte tendências anuais negativas e, São Paulo apresentou tendências positivas. Observa-se que 67,89% da região do Sudeste apresentam tendências anuais negativas, em que, 0,22% dessa região apresentam tendências negativas superiores a -20 mm/ano. Verifica-se ainda que o estado de São Paulo apresentou tendências anuais em grande parte de 0 a 20 mm/ano.

Figura 9 Tendência anual da precipitação estimada pelo TERRACLIMATE para a região Sudeste.

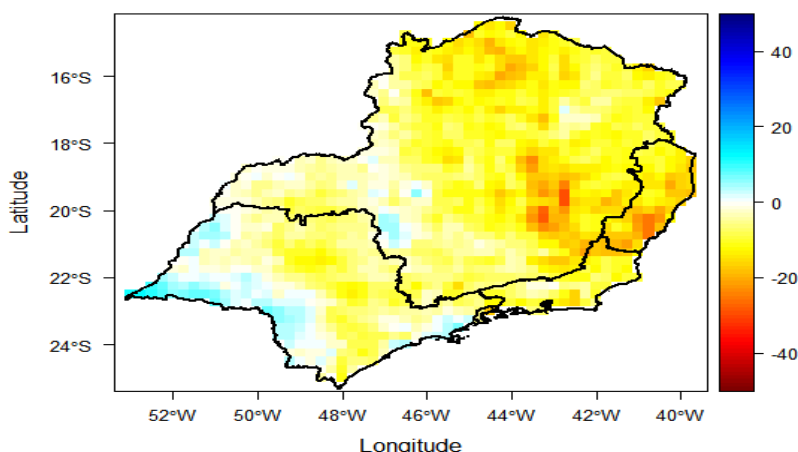


Fonte: Própria, 2022.

Observa-se pela Figura 10 que os Estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro e Espírito Santo apresentam em sua grande parte tendências anuais negativas e, São

Paulo apresenta tendências positivas. Observa-se que 90,40% da região do Sudeste apresentam tendências anuais negativas, em que, 2,03% dessa região apresentam tendências negativas superiores a -20 mm/ano. Verifica-se ainda que o estado de São Paulo apresentou tendências anuais em grande parte de 0 a 20 mm/ano.

Figura 10 Tendência anual da precipitação estimada pelo ERA5 para a região Sudeste.



Fonte: Própria, 2022.

## 4. CONCLUSÕES

O objetivo desse trabalho foi de verificar o comportamento da precipitação para a região Sudeste do Brasil na escala mensal e anual. Os resultados mostram que durante o período de 1998 a 2017 o mês de janeiro registrou 11 eventos extremos nessa região, enquanto, o mês de dezembro foi registrado 9 eventos extremos. Notou-se uma variação espacial dos eventos extremos, em que, em dezembro ocorreu na região central de Minas Gerais e Rio de Janeiro, em dezembro, esses eventos extremos ocorrem com maior frequência sobre a região sul de Minas Gerais e sobre o Estado de São Paulo.

Quando se observa na escala mensal como série temporal, a tendência negativa ocupa cerca 71,05%, ou seja, declínio da precipitação para grande parte do Sudeste, e que a região continental do Estado de São Paulo apresenta tendências positivas da ordem de +0,15 mm/mês. Constatou-se ainda que 65,1% da região Sudeste apresenta tendências negativas que oscilam entre 0 a - 0,10 mm/mês em 1,1% da região tem tendência na ordem de +0.100 mm/mês a + 0.200 mm/mês.

Selecionando apenas as tendências por mês, observou-se que novembro já consta com 54,45%, se locando principalmente sobre o Estado de Minas Gerais e Espírito

Santo, houve aumento da área de tendência negativa da precipitação, 89,06% de sua área apresentou tendência negativa em dezembro e 26,28% de sua área apresenta tendência negativa e superiores a 5 mm/mês.

Em relação à tendência anual, observou-se que os Estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro e Espírito Santo apresentam em sua grande parte tendências anuais negativas. E que, 67,89% a 90,40% da região do Sudeste apresenta tendências anuais negativas, em que, 4,80% apresentam tendências negativas superiores a -20 mm/ano.

Portanto, esse trabalho mostra que as perspectivas da precipitação para a região Sudeste não são promissoras, em que, grande parte da região de estudo apresenta tendências negativas tanto na escala anual quanto mensal. Notou-se ainda que os meses do período chuvoso para a região Sudeste também apresentam tendências negativas o que corroboram para a crise hídrica enfrentada nos últimos anos nessa região.

## REFERÊNCIAS

- Abatzoglou, J.T.; S.Z. Dobrowski.; S.A. Parks, K.C. Hegewisch, 2018, Terraclimate, **a high-resolution global dataset of monthly climate and climatic water balance from 1958-2015**. Scientific Data.
- CNN. Disponível em: <<https://www.cnnbrasil.com.br/business/seca-historica-faz-53-municipios-do-sudeste-sul-e-centro-oeste-rationarem-agua/>>, Acesso em: 27 de Março de 2022.
- Coelho, C.A.S.; Cardoso, D.H.F.; Firpo, M.A.F. **Precipitation diagnostic so fan exceptionally dry event in São Paulo, Brazil**. [S. l.]: Theor Appl Climatol 125, 769–784 (2016). <https://doi.org/10.1007/s00704-015-1540-9>
- Evans, J.S. (2021). **spatialEco. R package version 1.3-6**. Disponível em: <URL: <https://github.com/jeffrejevans/spatialEco>>. Acesso em: 17 de Maio de 2022.
- Hersbach, H.; Bell, B.; Berrisford, P.; Biavati, G.; Horányi, A.; MuñozSabater, J.; Nicolas, J.; Peubey, C.; Radu, R.; Rozum, I.; Schepers, D.; Simmons, A.; Soci, C.; Dee, D.; Thépaut, J-N. (2018). Available in: **ERA5 hourly data on single levels from 1979 to present. Copernicus Climate Change Service (C3S) Climate Data Store (CDS)**. (Accesse don 14-APR-2021), 10.24381/cds.adbb2d47.
- Hijmans,R.J. (2021). **raster: Geographic Data Analysis and Modeling. R package e version 3.5-2**. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=raster>. Acesso em: 15 de Maio de 2022.
- Lamigueiro,O. P.; Hijmans,R. (2021), **rasterVis. R package version 0.51.0**.



- MARENGO, J. A.; ALVES, L. M. **Crise Hídrica em São Paulo em 2014: Seca e Desmatamento**. GEOUSP Espaço e Tempo (Online), [S. l.], v. 19, n. 3, p. 485-494, 2015. DOI: 10.11606/ISSN.2179-0892.geousp.2015.100879. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/geousp/article/view/100879>. Acesso em: 21 de novembro 2021.
- Millard SP (2013). **\_EnvStats: An R Package for Environmental Statistics\_**. Springer, New York. ISBN 978-1-4614-8455-4, Disponível em: <URL: <https://www.springer.com>>. Acesso em: 10 de fevereiro 2022.
- Minuzzi, R. B.; Sediyaama, G. C.; Barbosa, E. D. M.; Melo Júnior, J. C. F. D. (2007a). **Climatologia do comportamento do período chuvoso da região sudeste do Brasil**. . [S. l.]: Revista Brasileira de Meteorologia, 22, 338-344 - . ISSN: 0102-7786.
- Minuzzi, R. B.; Sediyaama, G. C.; Costa, J. M. N. D.; Vianello, R. L. (2007b). **Influência da La Niña na estação chuvosa da região sudeste do Brasil**. [S. l.]: Revista Brasileira de Meteorologia, 22, 345-353 - . ISSN: 0102-7786.
- Neves, Anderson de Oliveira e Vilanova, Mateus Ricardo Nogueira. **Caracterização da seca histórica da década de 2010 na Bacia do Rio Paraíba do Sul, Estado de São Paulo, Brasil. Engenharia Sanitária e Ambiental [online]**. [S. l.: s.n.], 2021, v. 26, n. 2 [Acessado 21 Novembro 2021], pp. 339-349. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1413-415220190023>>. Acesso em: 10 de Maio de 2022. ISSN 1809-4457.
- R, Core Team (2021). **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: URL <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 18 de Abril de 2022.
- Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) (2011), TRMM (TMPA/3B43) **Rainfall Estimate L3 1 month 0.25 degree x 0.25 degree V7, Greenbelt, MD, Goddard Earth Sciences Data and Information Services Center (GES DISC)**, Accessed: [Data Access Date], 10.5067/TRMM/TMPA/MONTH/7.



# CAPÍTULO VII

## EMIÇÃO DE CO<sub>2</sub> POR VEÍCULOS PESADOS DE TRANSPORTE RODOVIÁRIO DE CARGA

### CO<sub>2</sub> EMISSIONS BY HEAVY DUTY ROAD TRANSPORT VEHICLES

DOI: 10.51859/AMPLA.MAS2407-7

Daniel Bandeira Aquino <sup>1</sup>

William Carlos da Silva <sup>2</sup>

Luci Mendes de Melo Bonini <sup>3</sup>

Raimundo Pires Silva <sup>4</sup>

<sup>1</sup> Estudante do Curso Superior de Tecnologia em Gestão da Produção Industrial da Faculdade de Tecnologia de Ferraz de Vasconcelos.

<sup>2</sup> Estudante do Curso Superior de Tecnologia em Gestão da Produção Industrial da Faculdade de Tecnologia de Ferraz de Vasconcelos

<sup>3</sup> Professora do Curso Superior de Tecnologia em Gestão da Produção Industrial da Faculdade de Tecnologia de Ferraz de Vasconcelos

<sup>4</sup> Professor do Curso Superior de Tecnologia em Gestão da Produção Industrial da Faculdade de Tecnologia de Ferraz de Vasconcelos

#### RESUMO

Estuda-se a introdução do motor Euro-6/PROCONVE 8 no Brasil e sua funcionalidade para a emissão de dióxido de carbono. Os objetivos deste estudo são: descrever o montante de emissão de dióxido de carbono pelos meios de transportes terrestres; descrever as normas do Acordo de Paris e da Resolução 490/2018 e descrever as ações que estão sendo realizadas pela fábrica de Scania, no Brasil e no mundo para implementar o motor Euro – 6 para caminhões de transportes pesados. Trata-se de um estudo de revisão de literatura, de documentos nacionais e internacionais e dos dados de uma empresa fabricante de motores Euro 6. Os resultados demonstraram que a empresa se alinhou aos fornecedores de insumos para a montagem do caminhão, pela mudança de legislação implementou uma nova fábrica dentro dos padrões da Indústria 4.0. A última etapa foi a fábrica de motores, não só a diesel, mas também o Euro 6 com o combustível GNV (gás natural veicular), biogás e o motor híbrido. Concluiu-se que o avanço das medidas para a redução do aquecimento global vêm se apressando a fim de que novas tecnologias, novas fórmulas de combustíveis que não sejam de origem fóssil, mas sim, energia de fonte renovável. No caso dos transportes de carga pesada, cujas emissões de gases efeito estufa são um grande peso para os efeitos do clima, entendeu-se que as ações que possam sanar esse problema são bem vindas.

**Palavras-chave:** Euro VI. PROCONVE-8. Aquecimento Global.

#### ABSTRACT

The introduction of the Euro-6/PROCONVE 8 engine in Brazil and its functionality for the emission of carbon dioxide are studied in this paper. The objectives of this study are: to describe the amount of carbon dioxide emission by land transport; describe the standards of the Paris Agreement and Resolution 490/2018 and describe the actions being carried out by the Scania factory, in Brazil and in the world to implement the Euro – 6 engine for heavy transport trucks. This is a study of literature review, national and international documents and data from a company that manufactures Euro 6 engines. The results showed that the company aligned itself with the suppliers of inputs for the assembly of the truck, due to the change in legislation. implemented a new factory within Industry 4.0 standards. The last stage was the engine factory, not only diesel, but also Euro 6 with CNG fuel (natural gas vehicle), biogas and the hybrid engine. It was concluded that the progress of measures to reduce global warming has been hastening so that new technologies, new formulas of fuels that are not of fossil origin, but energy from a renewable source. In the case of heavy cargo transport, whose greenhouse gas emissions are a great weight for the effects of the climate, it was understood that actions that can solve this problem are welcome.

**Keywords:** Euro VI. PROCONVE-8. Global Warming.



## 1. INTRODUÇÃO

Devido à preocupação de líderes mundial, com o meio ambiente e com as emissões de gases nocivos à saúde e meio ambiente, firmaram um acordo com todas as empresas de veículos pesados (caminhão e ônibus) para a implementação de várias normas ambientais, para a diminuição de emissões de gases tóxicos para o meio ambiente.

O Acordo de Paris estabelece uma estrutura global para evitar mudanças climáticas perigosas, limitando o aquecimento global a bem abaixo de 2°C e buscando esforços para limitá-lo a 1,5°C, assim como visa fortalecer a capacidade dos países de lidar com os impactos das mudanças climáticas e apoiá-los em seus esforços.

A redução de emissões para atingir as metas do Acordo de Paris exigirá uma transição energética – não apenas a substituição de combustíveis fósseis por renováveis para geração de energia, mas também, a adoção de outros combustíveis de baixo carbono, maior eficiência energética e mudança de comportamento.

As montadoras automotivas percorreram um longo caminho nas últimas décadas, e um dos diferenciais desse segmento, muito semelhante em termos de tecnologia, é a velocidade com que desenvolvem os produtos que serão lançados no mercado e sua aceitação pela velocidade do mercado. clientes finais.

Com esse movimento, o controle de qualidade na linha de montagem de motores também mudou, não apenas em termos de tecnologia, mas também em termos de funcionalidade. Montadoras de veículos pesados realizam a montagem de motores a diesel e estão começando a utilizar um método chamado *cold testing* (no-burn testing) para avaliar seus produtos como uma alternativa ao método atual chamado hot testing (burning testing)

A maioria das empresas de motores a gasolina já usa testes a frio para testar a produção em massa de motores. Embora o investimento na compra de equipamentos de teste a frio seja considerado alto, o tempo de teste é significativamente reduzido em comparação com o teste a quente. Tempo médio de 12 minutos a 2 minutos. Outro foco é a redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE) da combustão necessária para realizar testes de alta temperatura (HABERMANN et al. 2010).

Estimar as reduções de emissões a partir de uma melhor gestão logística é extremamente difícil (IEA/OCDE, 2001) (BARTHOLOMEU *et al.*, 2016). A AIE/OCDE (2009) mostra que os novos caminhões podem ser pelo menos 30 a 40% mais eficientes até 2030 por meio de tecnologias melhores, como motores avançados, peso reduzido do implemento, aerodinâmica e pneus aprimorados. Em alguns casos, sistemas de informação logística que facilitem o uso mais eficiente dos veículos e a substituição de veículos de maior capacidade podem trazer ganhos adicionais de eficiência ao sistema de transporte. Além de tecnologias e estratégias mais avançadas para otimizar o uso de fluxo e capacidade, o envolvimento do motorista e da transportadora é fundamental para minimizar o consumo de combustível. A importância de motoristas bem treinados e estabelecer metas ou métricas para eficiência é óbvia (BARTHOLOMEU *et al.*, 2016).

Assim, a partir de 2015 todos os veículos pesados fabricados na Europa teriam de vir com o motor Euro 6, esse motor produz menos CO<sub>2</sub> o que auxilia a redução dos gases de efeito estufa. Em vista dessas mudanças, cada país pediu um determinado tempo para implementar essa tecnologia, no Brasil ficou acordado que a partir de 1 de janeiro de 2023 todos os veículos pesados (caminhão e ônibus) teriam de sair com o motor euro 6.

O questionamento que atravessa este estudo é: quais as vantagens da implementação do motor Euro-6 nos caminhões para o Brasil? Determinou-se para esse estudo os seguintes objetivos: i) descrever o montante de emissão de dióxido de carbono pelos meios de transportes terrestres; ii) descrever as normas do Acordo de Paris e da Resolução 490/2018 e iii) descrever as ações que estão sendo realizadas pela fábrica de Scania, no Brasil e no mundo para implementar o motor Euro – 6 para caminhões de transportes pesados.

Busca-se expor os problemas causados pelo excesso da emissão de CO<sub>2</sub> na atmosfera e trazer a importância e o desejo mundial em relação à sustentabilidade e à qualidade de vida. A escolha do tema se dá em virtude de os pesquisadores atuarem na área e terem amplo conhecimento no ramo da produção de veículos pesados.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1. EMISSÃO DE DIÓXIDO DE CARBONO E O AQUECIMENTO GLOBAL

A presença de gases de efeito estufa na atmosfera leva a um aquecimento da superfície e da parte inferior da atmosfera em relação ao que seria esperado na ausência de gases de efeito estufa. O efeito estufa é o fenômeno em que vapor de água, dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano e outros gases atmosféricos absorvem a radiação infravermelha de saída, resultando no aumento da temperatura. O CO<sub>2</sub> é essencialmente responsabilizado como o principal fator causador do efeito estufa por ser o gás de efeito estufa antropogênico mais importante (IPCC, 2007).

De acordo com o IPCC, é muito provável que o aumento observado nas temperaturas médias globais desde meados do século 20 tenha ocorrido devido ao aumento das concentrações antropogênicas de gases de efeito estufa que levam ao aquecimento da superfície da Terra e da baixa atmosfera (ver aumento da efeito estufa) (FLORIDES; CHRISTODOULIDES, 2009).

O dióxido de carbono é um gás natural, um subproduto da queima de combustíveis fósseis e biomassa e resultado de mudanças no uso da terra e outros processos industriais. É o principal gás antropogênico que se acredita afetar o equilíbrio radiativo da Terra (IPCC, 2007). Por esta razão acredita-se que existe uma estreita correlação entre o CO<sub>2</sub> e a mudança da temperatura da Terra.

A queima de combustíveis fósseis é a principal causa de emissões de CO<sub>2</sub> em todo o mundo, o principal gás de efeito estufa. O setor de transportes, principalmente o modal rodoviário é a fonte de emissões de gases de efeito estufa que mais cresce, muitas vezes a uma taxa superior ao produto interno bruto dos países em desenvolvimento (SCHIPPER & MARIE-LILLIU, 1999).

O Brasil é cortado por grandes rodovias e estradas possibilitando o acesso a todos os estados até o mais extremo do país, segundo dados retirado do DNIT (2014) o Brasil possui 1,7 milhão de quilômetros de estradas, por esta razão o modal de transporte rodoviário é o mais utilizado no país nos dias atuais, este modal representa 65% da matriz de transporte que é considerado muito dada as dimensões do país que deveria ter uma maior diversidade de modais, isso resulta em um grande acúmulo de emissão do dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), liberado na atmosfera ocasionando o aumento

das reações climáticas derivadas do efeito estufa. O Brasil está em 7º.lugar entre os países que mais emitem gases de efeito estufa, e o principal responsável é a agricultura, seguida dos transportes (FRIEDRICH *et al.*, 2021).

Segundo a Confederação Nacional de Transportes, a frota de caminhões no Brasil, até 2021, representava 2,6% da frota nacional, ao passo que automóveis representavam 53,3%, motos, 22,2% e ônibus 0,6% (CNT, 2021). A frota cadastrada nas empresas é de 1.382.651 veículos, 859.729 registrados como autônomos 28.481 veículos de cooperativas. Totalizando assim, 2.270.861 veículos autorizados para realizar transporte de cargas (CNT, 2021).

A Resolução nº 490/2018, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - Conama estabeleceu novos limites para as emissões de gases poluentes de veículos comerciais com motor diesel (BRASIL, 2018). Esta é a oitava etapa do Proconve, Regime de Controle da Poluição do Ar Automóvel, equivalente ao Euro 6. As novas regras entrarão em vigor para produção de veículos em 1º de janeiro de 2023 (BRASIL, 2018).

## 2.2. O ACORDO DE PARIS

O Acordo de Paris estabelece uma estrutura global para evitar mudanças climáticas perigosas, limitando o aquecimento global a bem abaixo de 2°C e buscando esforços para limitá-lo a 1,5°C. (UNCC, s/d). Também visa fortalecer a capacidade dos países de lidar com os impactos das mudanças climáticas e apoiá-los em seus esforços. Ele é o primeiro acordo global de mudança climática universal e juridicamente vinculativo, adotado na Conferência do Clima de Paris (COP21) em dezembro de 2015. A UE ratificou formalmente o acordo em 5 de outubro de 2016, permitindo assim a sua entrada em vigor em 4 de novembro de 2016. Para que o acordo entrasse em vigor, pelo menos 55 países que representam pelo menos 55% das emissões globais tiveram de depositar os seus instrumentos de ratificação EUROPEAN COMISSION, s/d).

O Acordo de Paris é uma ponte entre as políticas atuais e a neutralidade climática antes do final do século. Os governos concordaram com uma meta de longo prazo de manter o aumento da temperatura média global bem abaixo de 2°C acima dos níveis pré-industriais; visar limitar o aumento a 1,5°C, pois isso reduziria significativamente os riscos e os impactos das mudanças climáticas; sobre a necessidade de atingir o pico das emissões globais o mais rápido possível, reconhecendo que isso levará mais tempo para



os países em desenvolvimento; realizar reduções rápidas a partir de então de acordo com a melhor ciência disponível, de modo a alcançar um equilíbrio entre emissões e remoções na segunda metade do século (EUROPEAN COMMISSION, s/d).

Em dezembro de 2020, a UE apresentou a meta de reduzir as emissões em pelo menos 55% até 2030 em relação aos níveis de 1990, assim seus Estados-Membros, estão empenhados num objetivo vinculativo de redução líquida interna de pelo menos 55% das emissões de gases com efeito de estufa até 2030 em comparação com 1990 (EUROPEAN COMMISSION, s/d).

Segundo o governo federal, em 8 de dezembro de 2020, o Brasil apresentou à ONU (Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima - UNFCCC) sua nova Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC) no âmbito do Acordo de Paris, aprovada no mesmo dia pelo Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima (IMCCC). A NDC é o principal compromisso internacional do Brasil sobre mudanças climáticas (BRASIL, 2020).

Com base no ano de referência de 2005, a NDC do Brasil reafirma o compromisso do país de reduzir as emissões líquidas totais de gases de efeito estufa em 37% em 2025 e assume oficialmente o compromisso de reduzir as emissões brasileiras em 43% em 2030. A NDC também expressa o objetivo indicativo de alcançar a neutralidade climática (emissões líquidas zero) em 2060. Esse objetivo de longo prazo pode ser reconsiderado no futuro, de acordo com o funcionamento dos mecanismos de mercado no âmbito do Acordo de Paris, e a possibilidade de considerar um objetivo de longo prazo mais ambicioso é não descartado (BRASIL, 2020).

A NDC do Brasil se fundamenta em quatro elementos: primeiro, refere-se a emissões absolutas em vez de fatores relativos, em segundo lugar, aborda a economia como um todo e não apenas setores específicos, em terceiro, a magnitude de suas metas (37% e 43%), que estão acima de muitos países desenvolvidos e finalmente o quarto que inclui uma meta intermediária para 2025, forçando um caminho de baixa emissão ao longo da década e não somente em 2030 (BRASIL, 2020).

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

Trata-se de um estudo de revisão de literatura, de documentos nacionais e internacionais e dos dados de uma empresa fabricante de motores Euro 6.

A revisão de literatura se deu com as palavras chave: EMISSÃO DE CO<sub>2</sub> X EURO 6; ACORDO DE PARIS X REDUÇÃO DA EMISSÃO DE CO<sub>2</sub> e seus correlatos em inglês. Entre os documentos nacionais e internacionais estão relatórios globais internacionais, declarações e notícias emanadas do governo brasileiro, para o estudo da descrição das funcionalidades do motor Euro 6, buscaram-se dados abertos no site de um dos fabricantes.

#### 4. AVANÇOS TECNOLÓGICOS NOS PROCESSOS DE MONTAGEM DE MOTORES EURO 6

Com a rápida taxa de esgotamento dos recursos naturais, os preços dos combustíveis estão sempre subindo e a economia de combustível tornou-se a ordem do dia entre os usuários de veículos. Por outro lado, questões ambientais críticas estão se tornando cada vez mais proeminentes na forma de fenômenos como o aquecimento global, que é aparente a partir das mudanças nos padrões climáticos (KHAN et al. 2016).

Para melhorar a eficiência do transporte reduzindo o consumo de combustível, várias estratégias podem ser empregadas.

(a) ações para melhorar a eficiência da direção (“eco-condução”), como manutenção preventiva e treinamento de motoristas;

(b) aquelas que envolvem sistemas de gestão, como tecnologia veicular, tráfego e mobilidade (por exemplo, sistemas de roteirização e otimização), gestão da capacidade de transporte, renovação da frota;

c) relacionadas a novas tecnologias para veículos e acessórios, como redução de peso do veículo, melhor aerodinâmica do caminhão, melhor eficiência do motor e redução do arrasto dos pneus. Obviamente, esses grupos não esgotam as possibilidades existentes, mas abrangem a maioria das ações possíveis no estado atual da tecnologia (BARTHOLOMEU et al. 2016).

A substituição de combustível também é vista como uma alternativa para reduzir as emissões de CO<sub>2</sub> dos transportes. Entre os combustíveis identificados como menos intensivos em carbono, etanol, GNV e biodiesel, ganharam destaque no transporte de cargas nos últimos anos, tanto na agenda pública quanto na privada (BRASIL, 2018).

O Programa Nacional de Produção e uso do Biodiesel estabelece o aumento gradual do percentual de biodiesel no óleo diesel, o que constitui uma diretriz técnica para as empresas de transporte adotarem nos próximos anos. Além disso, este

combustível alternativo foi escolhido por representar uma das tecnologias mais avançadas em desenvolvimento e testes laboratoriais quando se trata de transporte de mercadorias (BRASIL, 2019).

Existem muitos estudos relacionados ao uso de diferentes proporções de biodiesel para diesel (B5, B20, B80, B100) para avaliar o impacto na eficiência do transporte (nível de consumo), manutenção de equipamentos (estabilidade, corrosão, formação de depósitos biológicos etc.) e no ambiente (emissões de gases) (SILVA, 2021). No entanto, a pesquisa ainda não deixou claro quais serão esses resultados. Isso se deve a diferenças nos métodos de teste, matérias-primas utilizadas e condições simuladas.

O sistema Euro 6 é um conjunto de normas que têm como objetivo diminuir a emissão de poluentes. A operação destes veículos com muito tempo de uso gera ônus financeiro e ambiental bastante significativo, pelo fato de empregarem tecnologias muito antiga em relação aos modelos atuais, tecnologias poluidoras e pouco eficientes em relação aos níveis de emissão do dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) de caminhões com motores mais recentes. Essa emissão elevada de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) trazem impactos negativos para a sociedade afetando a qualidade de vida (CHIPTRONIC, 2021).

## 5. A SCANIA E O EURO 6

O Brasil utiliza os motores Euro 5 que é um conjunto de normas regulamentadoras pensadas para reduzir a emissão de poluentes dos veículos movidos a diesel. No Brasil, ele é oficialmente chamado de Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE P7), sendo responsabilidade do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) (MARTINS, 2019).

A legislação Euro VI inclui um teste baseado no Sistema Portátil de Medição de Emissões (PEMS) na homologação. O PEMS também é prescrito para o teste de conformidade em serviço (ISC) desses veículos. O teste ISC é usado para verificar se as emissões de poluentes desses veículos ainda estão em conformidade ao longo da vida útil do veículo, conforme prescrito pelo regulamento (o teste ISC é necessário dentro de 18 meses após o primeiro registro em um veículo registrado na UE que tenha acumulado um mínimo de 25.000 km). O teste PEMS em estrada é realizado em vias públicas e as viagens devem cumprir as condições de contorno prescritas (ou seja, parcelas de

operação e composição da rota, altitude máxima, etc.) (MENDOZA VILLAFUERTE et al., 2021).

Os percursos e duração são projetados para verificar os resultados do teste de certificação do motor do veículo em laboratório. Isto é conseguido principalmente através do processamento da medida on-road. O sistema Euro 6, o próximo passo da fabricação de motores a diesel/ biodiesel no Brasil, é um conjunto de normas que têm como objetivo diminuir a emissão de poluentes, conforme a Resolução 490/2018.

As empresas montadoras europeias com suas filiais no Brasil, estão há algum tempo se organizadndo para a implementação do Euro 6/PROCONVE 8 (PETRONAS, 2021). No caso específico deste trabalho, aponta-se a preparação de uma fábrica de motores de caminhões baseada na Suécia – SCANIA, que vem se preparando desde o anúncio da data da implementação do Euro 6 no Brasil.

Segundo dados no site da empresa, primeiro ela se alinhou com os fornecedores de insumos para a montagem do caminhão, pela mudança de legislação os fornecedores tiveram que se adequar com as normas estabelecidas como por exemplo a criação de novos módulos que com isso diminui as emissões de gases nocivos, teve que alterar alguns componentes no motor do caminhão e no painel do caminhão. Depois de conseguir êxito com os fornecedores de insumos para a montagem dos veículos, entrou uma nova etapa na implantação do motor euro 6 na Scania.

Essa nova etapa ela atualizou todas as fábricas, iniciando com a implementação de uma nova fábrica de cabinas totalmente atualizada, dentro dos padrões europeus e conforme a Indústria 4.0. Em seguida montou uma fábrica de solda, a fim de que nas cabinas nada fosse feito por mãos humanas, ou seja, elas são feitas por mais de 70 robôs, que realizam todo o processo (BONINI, 2021).

A última etapa foi a fábrica de motores, com muita tecnologia e seguindo as normas que entrarão em vigor a partir de janeiro de 2023. Não só a diesel, mas também o Euro 6 com o combustível GNV (gás natural veicular), biogás e o motor híbrido (SCANIA LOCATIONS, s/d)

O Euro 6 marca a preocupação do acordo de Paris, da Resolução brasileira 490/2018 e consequentemente a preocupação com a redução do dióxido de carbono. Assim como as demais empresas grandes, preocupada com a emissão de gases efeito estufa, e a empresa disponibiliza em seu site, a preocupação com o meio ambiente. Em

sintonia com a Agenda 2030, a meta até essa data é reduzir em 50% as emissões de gases dos seus produtos - caminhão e ônibus.

Grigoratosa *et al.* (2019) concluíram que as emissões globais dos dos veículos de carga pesada com motor Euro 6 demonstraram ser efetivamente abordadas pela regulamentação existente, pelo menos quando as condições do motor quente são investigadas (GRIGORATOSA et al.. 2019).

Não só a eficiência dos caminhões, mas conforme assevera Binboga (2022) a infraestrutura rodoviária é um dos principais fatores nas emissões de gases de efeito estufa. Os esforços para aumentar a disponibilidade e a capacidade da infraestrutura rodoviária desempenharão um papel direto na redução das emissões de gases de efeito estufa. A contribuição para as metas de emissões pode ser alcançada através da construção e manutenção de estradas com baixa resistência ao rolamento.

Outra questão de infraestrutura é a melhoria do fluxo de tráfego, o uso de redes de transporte inteligentes e conectadas usando sistemas de transporte inteligentes (ITS) é importante - mobilidade inteligente para pessoas totalmente informadas, zero acidentes, zero atrasos, com impacto reduzido no meio ambiente, onde os serviços são acessíveis e contínuos, com privacidade respeitada e segurança fornecida. Assim, ao permitir que as operações de transporte sejam realizadas com combinações de veículos longos, a estrutura viária aumenta indiretamente a eficiência (BINBOGA, 2022).

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho tinha como objetivos descrever o montante de emissão de dióxido de carbono pelos meios de transportes terrestres; descrever as normas do Acordo de Paris e da Resolução 490/2018 e descrever as ações que estão sendo realizadas pela fábrica de Scania, no Brasil e no mundo para implementar o motor Euro – 6 para caminhões de transportes pesados.

Entende-se que esses objetivos foram atingidos, na medida em que a visão panorâmica mundial sobre a preocupação com a emissão do CO<sub>2</sub>, trazendo-se para o Brasil e suas regulações e finalmente descrevendo as ações a serem integradas por uma montadora de caminhões de carga pesada.

Concluiu-se que o avanço das medidas para a redução do aquecimento global vêm se apressando a fim de que novas tecnologias, novas fórmulas de combustíveis que não

sejam de origem fóssil, mas sim, energia de fonte renovável. No caso dos transportes de carga pesada, cujas emissões de gases efeito estufa são um grande peso para os efeitos do clima, entendeu-se que as ações que possam sanar esse problema são bem vindas.

Este trabalho tem limitações, uma vez que aborda de maneira descritiva as ações que conduziram uma montadora a criar o motor EURO 6/PROCONVE 8, novos estudos seriam necessários para compreender a estrutura tecnológica das montadoras em geral e da preocupação de outras nações com relação ao tema.

## REFERÊNCIAS

- BARTHOLOMEU, D.B.; PÉRA, G.P.; CAIXETA-FILHO, J.V. (2016). Postharvest Losses in the Wheat Logistics Chain: A Brazilian Case Study. **Journal of Agricultural Science and Technology** B. 2016. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/349d/f76dbd352ddedf6da29e4b6aa7084add5ed.pdf>. Acesso em 07.09.2022.
- BINBOGA, F. VECTO Review: Reducing CO2 emissions from heavy duty vehicles. **Engineering Perspective** 2 (1): 7-12, 2022.
- BONINI, G. Chegada do euro 6 ao brasil pode aumentar preços dos caminhões em 2023. **Blog do caminhoneiro**. 22.11.2021. Disponível em: <https://blogdocaminhoneiro.com/2021/11/chegada-do-euro-6-ao-brasil-pode-aumentar-precos-dos-caminhoes-em-2023/>. 07.09.2022.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Programa Nacional de Produção e uso do Biodiesel**. (PNPB). 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/agricultura-familiar/biodiesel/programa-nacional-de-producao-e-uso-do-biodiesel-pnpb>. Acesso em 07.09.2022.
- BRASIL. Ministério das Relações Exteriores. Brazil submits its nationally determined contribution under the Paris Agreement. 20.12.2020. Disponível em: <https://www.gov.br/mre/en/contact-us/press-area/press-releases/brazil-submits-its-nationally-determined-contribution-under-the-paris-agreement>. Acesso em: 07.09.2022.
- BRASIL. **Parte do problema e da solução do setor de transportes tem potencial para reduzir emissões**. Disponível em: <https://wribrasil.org.br/pt/blog/2018/07/parte-do-problema-e-da-solucao-setor-de-transportes-tem-potencial-para-reduzir-emissoes>. Acesso 11.06.2022.
- BRASIL. Resolução 490 de 16 de novembro de 2018. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/resolucao-n-490-de-16-de-novembro-de-2018-51058604?inheritRedirect=true>. Acesso em 07.09.2022.



- BRASIL. Sistema viário nacional. Departamento nacional de infraestrutura e transportes. DNIT. Disponível em <http://www.dnit.gov.br/sistemanacional-de-viacao/snv-2014>. Acesso em 15.08.2022.
- CHIPTRONIC. SISTEMA EURO 6: tire suas dúvidas. Disponível em: <https://chiptronic.com.br/blog/sistema-euro-6-tire-suas-duvidas>. Acesso em 07.09.2022.
- EUROPEAN COMMISSION. Paris Agreement. Disponível em: [https://ec.europa.eu/clima/eu-action/international-action-climate-change/climate-negotiations/paris-agreement\\_en#global-climate-action-agenda](https://ec.europa.eu/clima/eu-action/international-action-climate-change/climate-negotiations/paris-agreement_en#global-climate-action-agenda). Acesso em: 07.09.2022.
- FLORIDES, G.A.; CHRISTODOULIDES, P. Global warming and carbon dioxide through sciences. **Environment International** 35 (2009) 390–401
- FRIEDRICH, J. PICKENS, A. MENGPI, G. A trajetória dos 10 maiores emissores de carbono desde o acordo de paris em gráficos interativos. WRI BRASIL. 06 Jan 2021.
- GRIGORATOSA, T.T.; FONTARASA, G.; GIECHASKIELA, B.; ZACHAROFB; N. Real world emissions performance of heavy-duty Euro VI diesel vehicles. **Atmospheric Environment** 201. 2019. 348–359. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1352231019300056>. Acesso em: 07.09.2022.
- HABERMANN, E. et al. Warming and water deficit impact leaf photosynthesis and decrease forage quality and digestibility of a C4 tropical grass. **Physiologia Plantarum**. Special Issue Article. Fev/2019. DOI. <https://doi.org/10.1111/ppl.12891>
- KHAN, U.; SEM, S. ; DAY, S.,; BANERJEE, A. Development of Multi Cylinder CRD-I Engine To Meet Euro VI Emission Norms, **International Journal of Mechanical Engineering and Technology**, 7(1), 2016, pp. 26-36. Disponível em: <http://www.iaeme.com/currentissue.asp?JType=IJMET&VType=7&IType=1>. Acesso em 07.09.2022.
- MARTINS. F. **Sistema Euro 5**: entenda o que é e suas regulamentações. Disponível em: <https://blogwlmSCANIA.itaipumg.com.br/sistema-euro-5/> WRI. Acesso em: 11.06.2022.
- MENDOZA VILLAFUERTE, P., DEMUYNCK, J., BOSTEELS, D., VERMEULEN, R. ET AL.. Real-World Emissions of Euro VI Heavy-Duty Vehicles. **SAE Technical Paper** 2021-01-5074, 2021 Doi:10.4271/2021-01-5074.
- PETRONAS INOVAÇÃO INDUSTRIAL. Confira o que é a norma Euro-6/PROCONVE. 30.09.2021. Disponível em: <https://inovacaoindustrial.com.br/qual-o-impacto->

da-norma-euro-6-proconve-p8-para-frotas-de-veiculos-pesados/. Acesso em 07.09.2022.

SCANIA LOCATIONS. CONVERT TO a SUSTAINABLE transport solution **TAKE CO2NTROL RIGHT HERE, RIGHT NOW**. SCANIA CAMPBELIFIELD.

SCHIPPER, L. ; MARIE-LILLIU, C. Transportation and CO2 emissions: Flexing the Link - a path for the World Bank. Washington, DC: The World Bank Environment Department and The Transport, Water and Urban Unit. (Climate Change Series). 1999. Disponível em: <https://documents.worldbank.org/pt/publication/documents-reports/documentdetail/826921468766156728/transportation-and-co2-emissions-flexing-the-link-a-path-for-the-world-banlk>. Acesso em 07.09.2022.

SILVA, L.P.C. Gestão sustentável em logística de transportes: estudo de caso de uma cadeia de suprimentos do setor de saúde animal brasileiro. **Dissertação de Mestrado**. Fundação Getúlio Vargas. 2021. Disponível em: [https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/30470/TA%20Lousis\\_REVISÃO5%20%281%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/30470/TA%20Lousis_REVISÃO5%20%281%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Acesso em 07.09.2022

UNITED NATIONS CLIMATE CHANGE. **Paris Agreement**. Disponível em: <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement>. Aceso em 07.09.2022.

# CAPÍTULO VIII

## TENDÊNCIAS DO TRATAMENTO ANAERÓBIO DE EFLUENTES DA INDÚSTRIA DE CERVEJAS: ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA

TENDENCIES IN ANAEROBIC TREATMENT OF BEER INDUSTRY EFFLUENTS: BIBLIOMETRIC ANALYSIS

DOI: 10.51859/AMPLA.MAS2407-8

Guilherme Gomes de Sousa Magalhães <sup>1</sup>

Liliana Andréa dos Santos <sup>2</sup>

Guilherme José Correia Gomes <sup>3</sup>

André Felipe de Melo Sales Santos <sup>4</sup>

<sup>1</sup> Graduando do curso de Engenharia Ambiental. Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE

<sup>2</sup> Doutora em Engenharia Civil. Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFPE

<sup>3</sup> Mestre em Engenharia Civil. Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFPE

<sup>4</sup> Professor Adjunto do Departamento de Tecnologia Rural. Universidade Federal de Pernambuco – UFRPE

### RESUMO

A Indústria cervejeira é uma das tipologias industriais que mais crescem no mundo, assim como sua consequente geração de efluentes devido ao elevado gasto de água necessário ao processo produtivo. Os efluentes com elevada Carga Orgânica Volumétrica (COV), sólidos em suspensão e nutrientes, o tornam passíveis ao tratamento biológico, sobretudo por via anaeróbia, tendo em vista suas inúmeras vantagens. Neste estudo, foi feita uma análise bibliométrica, a fim de identificar, na produção científica recente, avanços e tendências, com relação ao uso do tratamento anaeróbio em efluentes de cervejarias no cenário mundial. Para a análise foi realizado um levantamento sistemático da plataforma SCOPUS, com recorte de 12 anos (2000-2022) selecionados a partir da busca pelas palavras-chave: “Breweries” AND “Effluents” AND “Anaerobic Treatment”. A análise resultou num total de 112 artigos, dos quais em avaliação detalhada resultou em 68 artigos considerados coerentes com a temática abordada. A análise bibliométrica utilizou os softwares VOSviewer, Mapchart e Excel. Os resultados apontaram aumento crescente no interesse pelo tema, com pico de produção em 2021. Observou-se que 2 países se destacaram na produção científica relacionada ao tema: a

China e Estados Unidos. Os destaques têm relação ao fato destes países serem os dois maiores produtores mundiais de cerveja, conseqüentemente tendem a pesquisar, desenvolver e otimizar os processos de tratamento mais baratos, sustentáveis e robustos. A predominância de processos anaeróbios, e em particular o uso de reatores tipo UASB foi observada, destacando-se o processo AmBr como uma tendência de uso crescente na atualidade.

**Palavras-chave:** Tratamento de efluentes. Efluentes de cervejarias. Tratamento anaeróbio. Reatores anaeróbios.

### ABSTRACT

The brewing industry is one of the fastest growing industrial typologies in the world, as well as its consequent generation of effluents due to the high expenditure of water required in its production process. The effluents with high Volumetric Organic Load (VOL), of suspended solids and nutrients, make it amenable to treatment by biological means, especially anaerobic, in view of its numerous advantages. In this study, a bibliometric analysis was made in order to identify, in recent scientific production, advances and trends, regarding the use of



anaerobic treatment in brewery effluents on the world scenario. For the analysis, a systematic survey of the SCOPUS platform was carried out, with a cut of 12 years (2000-2022) selected from the search the keywords: "Breweries" AND "Effluents" AND "Anaerobic Treatment". The analysis resulted in total of 112 articles, of which a detailed evaluation resulted in 68 articles considered consistent with the theme. Bibliometric analysis used VOSviewer, Mapchart and Excel software. The results showed a growing interest in the topic, with greater production in 2021. It was observed 2 countries stood out in scientific production related to the

topic: China and the United States. The highlights are related to the fact that these countries are the two largest beer producers in the world, therefore they tend to research, develop and optimize the cheapest, sustainable and robust treatment processes. The predominance of anaerobic processes, and in particular the use of UASB reactors was observed, highlighting the AmBr process as a growing trend of use nowadays.

**Keywords:** Wastewater treatment. Brewery Effluents. Anaerobic Treatment. Anaerobic Reactors.

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1. PRODUÇÃO MUNDIAL DE CERVEJAS

A indústria cervejeira é uma das que mais crescem no Brasil e no mundo. O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) apontava a existências de 1383 cervejarias registradas no Brasil até o ano de 2020, com criação de 204 novas unidades industriais, apenas neste ano, segundo o anuário de 2020 da Associação Brasileira da Indústria da Cerveja (CERVBRASIL). Em termos de produção mundial apesar da sua grande fragmentação na grande parte dos países do mundo, 5 países apenas são responsáveis por cerca de 50% da produção em escala.

Na Tabela 1 apresenta-se a produção de cerveja dos 5 países com as maiores produções nos anos de 2019 a 2021, onde a China, os EUA e o Brasil se destacam como os 3 maiores produtores, e responsáveis por 38,64% e 37,9% do total produzido no mundo em 2020 e 2021, respectivamente.

Observou-se uma ligeira queda na produção total mundial em 2020 ( $1.819 \cdot 10^6$  hl) se comparado com 2019 ( $1.912 \cdot 10^6$  hl), de aproximadamente 4,8%, provavelmente influenciando pela crise econômica mundial relacionada a pandemia global do Covid-19, como fator principal.

Tabela 1 – Cinco países maiores produtores de cerveja do mundo (2019 e 2021)

País	Produção em 2019 (10 <sup>6</sup> hl)	Produção em 2020 (10 <sup>6</sup> hl)	Produção em 2021 (10 <sup>6</sup> hl)
<b>China</b>	376	341	359
<b>EUA</b>	210	211	203
<b>Brasil</b>	144	151	143
<b>México</b>	124	127	134
<b>Alemanha</b>	91	87	85
<b>Total dos 5 países</b>	<b>945 (49,4%)</b>	<b>917 (50,4%)</b>	<b>924 (49,7%)</b>
<b>Total Global</b>	<b>1.912 (100%)</b>	<b>1.819 (100%)</b>	<b>1.859 (100%)</b>

Fonte: BarthHaas Report Hops (2020/21/22)

Em 2021, observou uma sutil recuperação desta queda, também relacionada provavelmente aos desdobramentos positivos da pandemia. Contrariamente a tendência global, o Brasil teve um aumento significativo da produção de cerca de 4,9% (2020-2021) atingindo cerca de 151. 10<sup>6</sup> hl e uma redução da mesma em 2021 (143. 10<sup>6</sup> hl) voltando praticamente aos níveis observados em 2019. Com relação à produção total em 2021, as informações foram bastante escassas e variadas, obrigado as empresas a fazerem estimativas, mas ainda com boa confiabilidade. Mesmo após o enfraquecimento das medidas restritivas, países com EUA, Brasil e Alemanha, tiveram queda em suas produções, sendo o Brasil o país que mais perdeu em produção, com uma queda de 5,2% em relação a 2020. A retomada das atividades econômicas e, sobretudo dos setores relacionados ao consumo de cerveja, se deram mais lentamente, levando a uma recuperação mais lenta das tendências de aumento global das últimas décadas.

## 1.2. CONSUMO MUNDIAL E PER CAPITA

Segundo Kirin Holdings (2020), empresa japonesa do setor das bebidas, os 10 países maiores em consumo mundiais de cerveja nos anos de 2019 e 2020 praticamente se mantiveram inalterados nestes anos (Tabela 2).

Tabela 2 - Ranqueamento dos 10 maiores consumidores de cerveja do mundo (2019 e 2020)

País	Posição	Consumo (10 <sup>5</sup> . hl)	Posição	Consumo (10 <sup>5</sup> . hl)
Ano	2019		2020	
China	1°	3,921,8	1°	3.608,8
EUA	2°	2.392,0	2°	2.410,5
Brasil	3°	1.328,3	3°	1.384,7
Rússia	5°	830,6	4°	864,6
México	4°	932,4	5°	828,7
Alemanha	6°	816,0	6°	774,6
Japão	7°	486,9	7°	441,6
Reino Unido	9°	471,2	8°	408,8
Vietnam	8°	475,5	9°	384,5
Espanha	10°	422,9	10°	381,5

Fonte: Kirin Holding (2020)

Assim como na produção, no consumo de cerveja destacaram-se a China, os EUA e o Brasil, sendo que a China teve grande vantagem em relação aos EUA e o Brasil, porém se comparado com o tamanho da população chinesa, o consumo *per capita* é relativamente baixo.

Os dados da Tabela 2 apresentam uma tendência em termos de colocações de consumo bem constante nestes anos. Destaca-se uma única diferença entre os anos de 2019 e 2020, foi a troca de posições, onde a México cai de 4° para 5°, com a Rússia subindo do 5° para o 4°. Em 2020 também há uma troca entre, o Reino Unido, que subiu da 9° posição para a 8°, e o Vietnam que caiu da 8° para a 9°.

Neste mesmo estudo realizado pela empresa japonesa, Kirin Holdings (2020), o consumo de cerveja *per capita* foi avaliado por países, comparando dados de 2019 e 2020 (Tabela 3).



Tabela 3 - Ranqueamento mundial do consumo *per capita* de cerveja (2019 e 2020)

País	Posição (2019)	Posição (2020)	Consumo total (10 <sup>5</sup> hl) (2020)	Consumo <i>per capita</i> (l/pessoa.ano) (2020)
República Tcheca	1°	1°	194,6	181,9
Áustria	2°	2°	87,2	96,8
Polônia	4°	3°	363,3	96,1
Romênia	5°	4°	182,8	95,2
Alemanha	3°	5°	774,6	92,4
Estônia	12°	6°	11,2	86,4
Namíbia	6°	7°	21,2	84,8
Lituânia	18°	8°	21,2	84,1
Eslováquia	11°	9°	44,9	81,7
Irlanda	7°	10°	44,0	81,6
EUA	22°	17°	2.410,5	72,8
Brasil	29°	23°	1.384,7	65,1
Rússia	32°	29°	864,6	59,3

Fonte: Autores (2022)

Na Tabela 3, é possível observar, em destaque, com grande folga, a República Tcheca no topo, com o maior consumo *per capita* no mundo. Apesar disso quando comparado o consumo *per capita* de países com grandes populações, como China, EUA, Brasil e Rússia, verifica-se uma não associação direta destes fatores. O consumo geralmente está associado a fatores culturais, climáticos e econômicos, sendo, pois, uma característica intrínseca de cada população e que pode inclusive se alterar com o tempo. Dos grandes produtores o que mais se destaca é a Alemanha, mesmo com uma população menos expressiva, ela consegue figurar entre os 5 maiores consumidores *per capita*.

Em um comparativo entre as Tabelas 2 e 3, observou-se que os principais continentes consumidores foram a Ásia, as Américas e a Europa, com destaque para as Américas no consumo geral, onde dos 5 maiores consumidores, 3 foram americanos. A



Europa por sua vez destacou-se no consumo *per capita*, onde dos 10 primeiros maiores consumidores *per capita*, 9 foram de países europeus.

### 1.3. INDÚSTRIA CERVEJEIRA NO MUNDO

As maiores indústrias de cervejas do mundo foram ranqueadas por produção total em 2020, pela BarthHass, na Tabela 4, sendo a maior delas a Belga, AB InBev, resultado a fusão da Belga Interbrew e da Brasileira Ambev, sediada em Leuven, na Bélgica, com 581,7 milhões de hectolitros produzidos neste ano, superando ao produzido pela China.

Tabela 4 – Maiores indústrias de cervejas do mundo (2021)

Posição	Cervejaria	País (sede)	Produção em 2021 (10 <sup>6</sup> hl)	Porcentagem
1°	AB InBev	Bélgica	581,7	31,3%
2°	Heineken	Holanda	231,2	12,4%
3°	Carlsberg	Dinamarca	119,6	6,4%
4°	China Res. Snow Breweries	China	112,2	6%
5°	Molson Coors	EUA/Canadá	84,0	4,5%
6°	Tsingtao Brewery Group	China	76,0	4,1%
7°	Asahi Group	Japão	57,4	3,1%
8°	BGI / Groupe Castel	França	40,0	2,2%
9°	Efes Group	Turquia	37,9	2,0%
10°	Yanjing	China	33,5	1,8%
<b>Total das 10 Maiores</b>	-	-	<b>1.373,5</b>	<b>73,8%</b>
<b>Total Mundial</b>	-	-	<b>1.860,0</b>	<b>100%</b>

Fonte: BarthHaas Report Hops (2021)

Das 10 maiores produtoras de cerveja no mundo 4 são chinesas, a única brasileira da lista das 40 maiores da BarthHaas é o Grupo Petrópolis, que aparece na 12° (décima segunda) posição, sendo que o país com maior número de empresas na lista é a Alemanha, com 7, que, mesmo sem estarem entre as maiores, juntas tiveram uma

produção no ano de 2021 de 46,8 milhões de hectolitros, ou 2,5% da produção total do ano.

## 1.4. CARACTERÍSTICAS DO EFLUENTE DE CERVEJARIA

### 1.4.1. VOLUME DE EFLUENTES GERADOS

Destacam-se, entretanto dois principais impactos dessa indústria associados ao grande consumo de água de alta qualidade (impactando principalmente nos recursos hídricos subterrâneos) e a consequente geração de efluentes (impactando principalmente nos corpos hídricos superficiais).

Para cada litro de cerveja produzido, segundo a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB), a média de geração de efluentes pode chegar até 12 litros (SANTOS e RIBEIRO, 2005).

Estudos mais recentes estabelecem, para plantas europeias, valores entre 3,7 e 8,0 l de efluente/l cerveja. SANTOS e RIBEIRO (2005) indicaram que em grandes cervejarias do Estado de São Paulo, este índice tem variado de 4 a 7 l de água/hl de bebida, chegando a 3 a 6 litros de efluente/litro de cerveja. Essa aparente discrepância nos índices de geração de efluentes dessa tipologia tem relação com vários aspectos da própria tecnologia empregada na fabricação, processo utilizado, tipo de cerveja produzida, escala do empreendimento, manejo dos subprodutos, entre outros fatores. O grande volume de produção de cerveja tem a consequência direta da geração de efluentes líquidos, resíduos sólidos e emissões gasosas, dessa forma, estudar e aprimorar as formas de tratamento é essencial, além de dar uma destinação mais adequada e eficiente.

A alternativa de reuso atualmente é uma boa opção, visto que parte dos efluentes gerados em determinadas linhas podem passar por tratamentos simplificados e serem aproveitados em etapas do processo ou em outras áreas da indústria para fins menos nobres tais como: lavagem de pátios, caixas e veículos, rega de jardins e uso em vasos sanitários.

### 1.4.2. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DOS EFLUENTES

Os efluentes de cervejarias são caracterizados por uma elevada carga orgânica volumétrica (COV) (relação concentração x volume), devido as elevadas concentração de material orgânico (COT, DQO. DBO), sólidos (SD, ST e SST) e nutrientes (N, P). Sua

disposição direta nos corpos hídricos receptores superficiais, sem o devido tratamento prévio, pode levar à deterioração do corpo receptor, gerando uma proliferação descontrolada de algas (eutrofização), bactérias autóctones e uma consequente interferência na microbiota natural e na dinâmica do ecossistema aquático, levando a mortandade de peixes pelo consumo excessivo do oxigênio dissolvido (OD) da água do corpo receptor devido a presença de carbono e nutrientes em excesso.

Os efluentes de cervejarias devem ser analisados com cuidado, afim de identificar possíveis soluções de acordo com as suas características físico-químicas.

Na Tabela 5 são apresentados parâmetros de caracterização do efluente de cervejaria de acordo com Enitan et al. (2015).

Tabela 5 – Características físico-químicas de efluentes brutos de cervejarias

Parâmetro	Faixa	Valor Médio
Temperatura (°C)	24-30,5	27,90 ± 2,23
pH	4,6-7,3	6,0 ± 1,44
DQO Total (mg/L)	1096,41- 8926,08	5340,97 ± 2265
DQO Solúvel (mg/L)	1178,64 - 5847,74	3902,28 ± 1644
DBO (mg/L)	1609 – 3980	3215,27 ± 870,92
Sólidos Totais (mg/L)	1289 - 12248	5698,11±2749,06
Sólidos Voláteis (mg/L)	1832 – 4634	3257,33± 1074,34
Sólidos Suspensos Totais (mg/L)	530 - 3728	1826,74± 972,46
Sólidos Suspensos Voláteis (mg/L)	804 -1278	1090,86 ± 182,74
Proteínas Brutas (mg/L)	61,67 - 754,42	273,47 ± 233,63
Ortofosfatos (mg/L)	7,51 - 74,10	23,71 ± 21,88
Nitrogênio Total (mg/L)	0 -5,36	1,81 ± 1,66
N-NH <sub>3</sub> (mg/L)	0,48 - 13,05	8,62 ± 10,40
Nitrato (mg/L)	1,14 -11,55	4,30 ± 3,41
Nitrito (mg/L)	0-0,24	0,37 ± 018
Potencial Oxi-Redox (mV)	(-27.1) - (-84.9)	-47.80
Condutividade Elétrica (mS/cm)	1.044 - 1.622	1,52
Alcalinidade total (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	500 - 10000	2450,33± 3034,19

Fonte: ENITAN et al. (2015)

Neste estudo os autores analisam o efluente de uma cervejaria e obtiveram informações, referente aos seguintes principais parâmetros de caracterização desse efluente: temperatura, pH, DQO total e Solúvel, DBO, sólidos totais, sólidos totais voláteis, sólidos suspensos totais e sólidos suspensos voláteis, proteínas, ortofosfatos, nitrogênio total, nitrogênio amoniacal, nitrato, nitrito, potencial oxi-redox, condutividade elétrica e alcalinidade total.

O estudo destes parâmetros nos permite observar a composição físico-química do efluente analisado, o que é mais notável nos parâmetros, são aqueles relacionados a matéria orgânica. As características de elevadas concentrações de material orgânico biodegradável, sólidos e nutrientes apontam para a utilização de processos de natureza biológica como sendo mais vantajosos de serem aplicados. Destaca-se também que as características do efluente final variam de acordo inúmeras variáveis tais como: tipo de processo produtivo, escala, tipo de produto produzido, tecnologias empregadas no processo, tipo de operação empregada, idade da unidade fabril, grau de sustentabilidade praticado pela indústria, entre outros. As faixas dos parâmetros físico-químicos apresentadas, entretanto, são úteis para ter uma ideia bem aproximada da problemática envolvida na tratabilidade desses efluentes, bem como das possibilidades de tipos de sistemas que sejam mais adaptáveis e úteis a se alcançar melhores custos benefícios com rebatimentos em menores impactos ambientais simultaneamente.

### 1.5. TRATAMENTO ANAERÓBIO DE EFLUENTES DE CERVEJARIA

A digestão anaeróbia (DA) se caracteriza como um processo microbiológico natural que proporciona ações enzimáticas e metabólicas sobre materiais orgânicos (resíduos orgânicos), em ambientes onde o oxigênio ( $O_2$ ), nitrato ( $NO_3^-$ ) e o sulfato ( $SO_4^{2-}$ ) não estejam disponíveis como aceptores de elétrons (TCHOBANOGLIOUS et al., 1993). Como produto das interações, a matéria orgânica é reduzida a metano ( $CH_4$ ), dióxido de carbono ( $CO_2$ ), outros gases em concentrações em nível de traço (SPEECE et al., 1986), água ( $H_2O$ ), biofertilizante líquido/sólido e material mineralizado (digestato) (CHERNICHARO, 2007).

As características do efluente de cervejaria indicam a tendência de uso de processos biológicos e, sobretudo uma tendência por processos anaeróbios ou anaeróbios/aeróbios para o seu tratamento. Os processos anaeróbios, entretanto,

apresentam inúmeras vantagens agregadas que potencializam o seu uso quase que generalizado nas últimas décadas pela indústria cervejeira em todo mundo. O tratamento anaeróbio representa uma boa solução para esta tipologia industrial, por ter relativo baixo custo de implantação, menores custos de operação em termos de consumo de energia (em relação aeróbios convencionais), elevada eficiência de tratamento, baixa geração de lodo (já estabilizado), simplicidade operacional, e possibilitar recuperar parte da energia gasta com a produção de biogás, que por ser rico em metano pode ser utilizado em processos de valorização energética na própria indústria (queima em caldeiras/produção de energia elétrica) com ganhos econômicos e ambientais.

Desde da década de 70, os desenvolvimentos de novos processos, reatores e novas tecnologias mais eficientes, baratas, compactas e robustas vêm incrementando o tratamento anaeróbio e o tornando cada vez mais atrativo para uso industrial e, sobretudo para esta tipologia. Os ganhos de processo envolvem a eliminação/recuperação simultânea de nutrientes, clarificação do efluente tratado e eliminação de odores. Em termos dos reatores percebe-se que estes vêm se tornando cada vez mais compactos (área/volume), mais eficientes e capazes de assimilar elevadas capacidades de carga orgânicas volumétricas (COV) em menores Tempos de Detenção Hidráulicos (TDH).

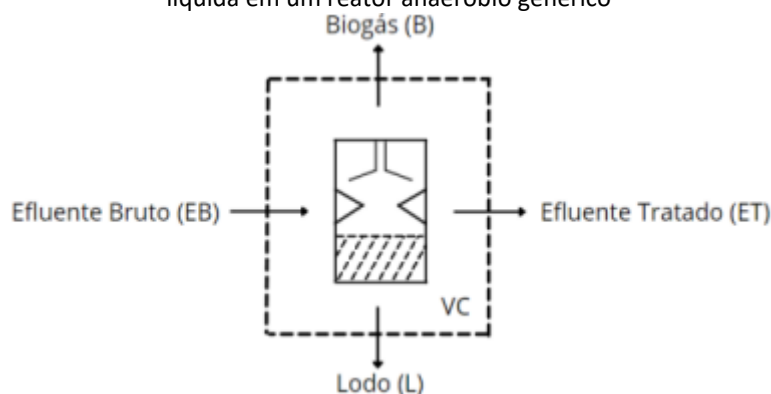
## 1.6. SUBPRODUTOS DO TRATAMENTO ANAERÓBIO

O tratamento anaeróbio com uso de reatores, além do efluente tratado, gera outros subprodutos de interesse, esses são: o biogás e o lodo anaeróbio, derivados dos processos bioquímicos que ocorrem no interior do reator. O reator anaeróbio atua convertendo a fração de carbono biodisponível (mais facilmente biodegradável) presente no efluente bruto (EB) da cervejaria, dissolvido e disperso na fase líquida é transferido à uma fase gasosa, o biogás (B), e uma fase sólida/semissólida, o lodo anaeróbio (L), restando ainda um residual de material carbonáceo de baixa biodegradabilidade (recalcitrância) em fase líquida no efluente tratado ou final (ET). Essa transferência de massa do carbono, entre estas fases presente no efluente bruto (EB), garante uma elevada eficiência metabólica do processo, sendo a maior parte deste transferida para fase gasosa na forma de biogás (B) que é aproveitado energeticamente



devido à alta concentração de metano. Há uma geração significativamente menor de lodo anaeróbio (L) em relação a processos aeróbios e o efluente tratado (ET) possuiu uma qualidade elevada, mas que ainda requererá pós-tratamento para remoção de material orgânico residual e nutrientes. Na Figura 1 apresenta-se uma representação esquemática de um balanço material do processo anaeróbio genérico, onde se pode observar a transferência do carbono da fase líquida para as fases gasosa e sólida de forma simplificada.

Figura 1 – Representação esquemática da transferência de carbono entre as fases sólida, gasosa e líquida em um reator anaeróbio genérico



**Legenda:** VC = Volume de Controle (reator anaeróbio)  
Fonte: Autores (2022)

Os subprodutos gasoso e sólido, assim como o efluente tratado tem diferenças e níveis de qualidade de acordo com os métodos e tipos de reatores utilizados. Um reator com maior eficiência pode, além de ter bons resultados no tratamento do efluente, gerar um biogás de elevada qualidade, excelente para uso na indústria, bem como produzir uma quantidade menor de lodo descartável. Essas variações dependem de muitas variáveis tais como: tipo de efluente, tipo de reator, microrganismos envolvidos, variabilidade do efluente devido ao processo produtivo, condições de operação e controle, entre outros. Devido a isso, é necessário manter o reator anaeróbio trabalhando dentro das faixas e especificações de projeto e com os parâmetros adequados para o resultado desejado, assim como manter um esquema de manutenção adequado da ETE para evitar falhas operacionais graves e paradas indesejadas.

### 1.6.1. LODO ANAERÓBIO

O Lodo anaeróbio é o subproduto sólido proveniente dos reatores anaeróbios e pode ter origem do processo de tratamento de diversos tipos de efluentes industriais e

sanitários. Parte desse lodo deve continuar no interior do reator, pois é composto de macro colônias de microrganismos (bactérias e *Archeas*) e sua presença é fundamental para manter o reator em funcionamento, porém parte desse lodo deve ser retirado periodicamente, para manutenção da máxima atividade dos microrganismos e pode se tornar um excelente biofertilizante de alto valor agregado, devido a presença de nutrientes e materiais orgânicos, podendo ser utilizado para o desenvolvimento de diversas culturas vegetais ou melhoramento de solos. Este lodo também usualmente é utilizado para partida de outros reatores anaeróbios, visto que é formado de biomassa ativa, acelerando o processo de *startup* de plantas industriais, tendo um elevado valor agregado quando vendido *in natura*. Na agroindústria, grande parte do valor da produção dos vegetais, destinados ao consumo humano ou mesmo para a transformação em ração para gado, como a soja, vem dos gastos com fertilizantes químicos, o biofertilizante, sendo um subproduto do processo de tratamento anaeróbio pode cumprir bem este trabalho, diminuindo os custos com fertilizantes e deixando o solo com maior qualidade, além de destinar de forma adequada parte dos resíduos da indústria. Segundo BARROS (2021), o biofertilizante pode utilizado de duas formas: líquida e sólida, ambas são extremamente uteis para adubação.

O biofertilizante líquido, não possui mal cheiro, não é poluente, tendo custo muito inferior aos fertilizantes químicos. Geralmente é pulverizado diluído junto à água em proporções pequenas, de 2% a 5%, dependendo do tipo de cultura, tendo uma resposta mais rápida principalmente se comparado com os adubos sólidos convencionais. Os nutrientes presentes são, principalmente, nitrogênio e fósforo, além de outros micronutrientes (variáveis com o tipo de efluente), sendo útil também como defensivo agrícola contra pragas e facilitam a oxigenação das plantas deixando a terra mais porosa. Devido suas características geralmente apresenta pH em torno de 7,5, considerado levemente básico, o que permite que ele seja usado para ajudar a corrigir o pH do solo, reduzindo custo com alcalinizantes químicos.

O biofertilizante sólido, também é usado para nutrição de culturas vegetais. O lodo seco ou semissólido obtido dos DA é mais fácil de ser transportando e armazenado e por ter alta concentração de material orgânico e nutrientes pode ser misturado à fertilizantes ou utilizado diretamente no solo com redução de gastos significativos na adubação.

O uso deste fertilizante na fase líquida ou sólida dependerá do manejo, da cultura, da tecnologia disponível da aplicação, da capacidade de armazenamento e logística envolvida no seu manejo.

### 1.6.2. BIOGÁS

O biogás, é um subproduto gasoso da digestão anaeróbica, e talvez seja o mais benéfico para a indústria cervejeira visto que pode ser utilizado na própria indústria como complemento de outros combustíveis reduzindo por exemplo custo de uso combustíveis fósseis nas caldeiras ou mesmo na geração direta de energia elétrica. O biogás proveniente da digestão anaeróbia, em média, em sua composição principal de 50 - 75% de metano ( $\text{CH}_4$ ), e de 25 - 50% de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) (SPEECE et al., 1986). Quanto maior o teor de metano, melhor o biogás. Além destes gases podem haver traços de outros compostos como hidrogênio ( $\text{H}_2$ ), sulfetos ( $\text{S}^-$ ) e amônia ( $\text{NH}_3$ ), resultantes da metabolização de diferentes substratos. Para alguns ricos em enxofre, por exemplo, pode haver a produção de gás sulfídrico ( $\text{H}_2\text{S}$ ), que pode conferir mal odor ao biogás (CHERNICHARO, 2007). As quantidades desses outros gases variam com o tipo de substrato utilizado, com o tipo de reator utilizado e processos utilizados pela indústria. A produção do biogás, ocorre naturalmente, em pântanos, mangues e até mesmo nos intestinos de animais ruminantes como as vacas, mas para se obter um biogás de elevada qualidade, mais apropriado para o uso industrial, é necessário um ambiente adequado dentro do reator, de modo que os parâmetros se mantenham estáveis e propícios para a produção do biogás. Dentro de um reator anaeróbio, um dos principais parâmetros é o oxigênio, que deve ser mantido em baixíssimas concentrações, devido a presença de micro-organismos sensíveis a este gás, as *Arqueas* metanogênicas que atuam justamente na fase final da conversão de compostos intermediários em metano. Além do oxigênio, a temperatura, que deve ser mantida em cerca de 37 – 42°C (mesofílica), o pH em torno de 6,5 - 8 (faixa de neutralidade) e também os nutrientes necessários para os micro-organismos em níveis adequados. Em termos de relação carbono, nitrogênio, fósforo e enxofre são os principais, devendo estar numa razão C:N:P:S de 600:15:5:3 (TCHOBANOGLOUS et al., 1993). Caso todos os parâmetros estejam de acordo com estas relações, o reator deve ser capaz de produzir biogás de boa qualidade e de forma estável. Um biogás de alta qualidade pode ser uma

grande vantagem para a indústria que o produza, pois, este gás pode gerar uma boa quantidade de energia, devido seu alto poder calorífico (PCI) da ordem de 11.940 kcal/kg. Cada 1 m<sup>3</sup> de biogás é equivalente à 0,66 litros de diesel ou 0,7 litros de gasolina (OLIVER et al., 2008). Nas cervejarias, além dos efluentes líquidos alguns resíduos sólidos também podem ser utilizados na produção de biogás. O bagaço de malte, por exemplo, representa cerca de 75% dos resíduos orgânicos de processo gerados, entretanto outros resíduos também podem ser usados (trub, concentrado de extratos de levedura, palha e bagaço de malte), com exceção da terra-diatomácea. Em um estudo bibliográfico publicado no Congresso Internacional de Meio Ambiente e Sociedade (CONIMAS), Garcia et al. (2019), analisaram artigos que tratavam da produção de biogás a partir do bagaço de malte, principal resíduo da produção das cervejarias, e concluíram que o bagaço de malte, bem como o excedente de leveduras são materiais com excelente rendimento de biogás, como mostrados em alguns estudos. Malakhova et al. (2015), por exemplo, obtiveram em condições termofílicas, cerca de 6 a 8 litros de metano, para cada 100g de bagaço de malte, a geração aumentou para 8 a 9 litros quando adicionada fitomassa de alcachofra de Jerusalém. O biogás parece ser uma excelente opção para cervejarias, visto seus benefícios e disponibilidade de matéria prima sólidas e líquidas, subprodutos do próprio processo produtivo, e potencialmente utilizáveis na sua geração dentro da própria indústria. Aravind Kumar et. al. (2022), realizaram pesquisa na Índia e em que observaram alguns estudos e notaram que, o efluente de cervejaria tem potencial para geração de hidrogênio e metano, utilizando reatores UASB com remoção de 80-98% de remoção de DQO. O tratamento produziu um teor de metano de cerca de 60 a 68% com rendimento de 0,55L de CH<sub>4</sub> por g de DQO removida a 35°C. A elevada remoção de DQO, assim como a elevada concentração de metano observada indicam o elevado potencial do efluente de cervejaria aliado a este tipo de reator para a produção de metano.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1. LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO E BIBLIOMÉTRICO

A análise bibliométrica é um tipo de análise bibliográfica atualmente bastante utilizada que permite que seja observado como um determinado tema está sendo abordado por diferentes autores por toda comunidade científica global,

estatisticamente, mostrando padrões e tendências associadas a áreas do conhecimento científico, a localização geográfica da produção, entre outros fatores.

Para realizar esta análise, foram levantados dados de publicações científicas obtidos da plataforma SCOPUS. A base SCOPUS, foi a escolhida por apresentar uma maior quantidade de publicações, em comparação com outras bases, como a Web of Science (WoS) e Science Direct. Esta etapa foi realizada a partir da plataforma do portal de periódicos CAPES (CAFe). Para a delimitação do universo de trabalhos a serem avaliados foram utilizados um recorte temporal entre os anos de 2000 a 2022, para a temática: “Tratamento Anaeróbio de Efluentes de Cervejarias”.

A língua inglesa foi a escolhida por se tratar da língua dominante e também devido as pesquisas iniciais realizadas em língua portuguesa não apresentarem significância em termos de publicações de acordo com a temática do trabalho.

Foram utilizados os termos de busca localizadas, no título, no abstract e nas palavras-chave: “Breweries”, “Effluents” e “Anaerobic treatment” e o operador booleanos “AND” interligando-as, na sequência apresentada. Após a seleção dos artigos foi feita a leitura detalhada dos Abstracts para verificação da adequação da área temática e seleção de aspectos do artigo referentes as perspectivas e avanços da tecnologia anaeróbia para tratamento de efluentes de cervejaria observados no recorte temporal adotado.

## 2.2. SOFTWARES GRÁFICOS E TRATAMENTO DOS DADOS

Após a pesquisa na base de dados, todos os documentos da amostra, foram exportados em arquivo para o VOSviewer®, onde foram analisados sistematicamente, de onde foram retiradas as informações que serão analisadas adiante e empregados nas tabelas e gráficos. Foram utilizados os programas Excel® e MapChart®, para criação de gráficos.

## 2.3. AVALIAÇÃO DE TENDÊNCIAS

A partir dos resultados da análise bibliométrica foram avaliados cenários de tendências focados no aumento/diminuição do interesse da produção científicas; principais países interessados; focos/áreas de pesquisa de destaque; tipos de processos tecnológicos emergentes. Em função desta análise e baseado na leitura detalhada dos

documentos nestes grupos prioritários de interesse foram delineadas tendências observadas a partir do recorte e temática pré-definidos.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

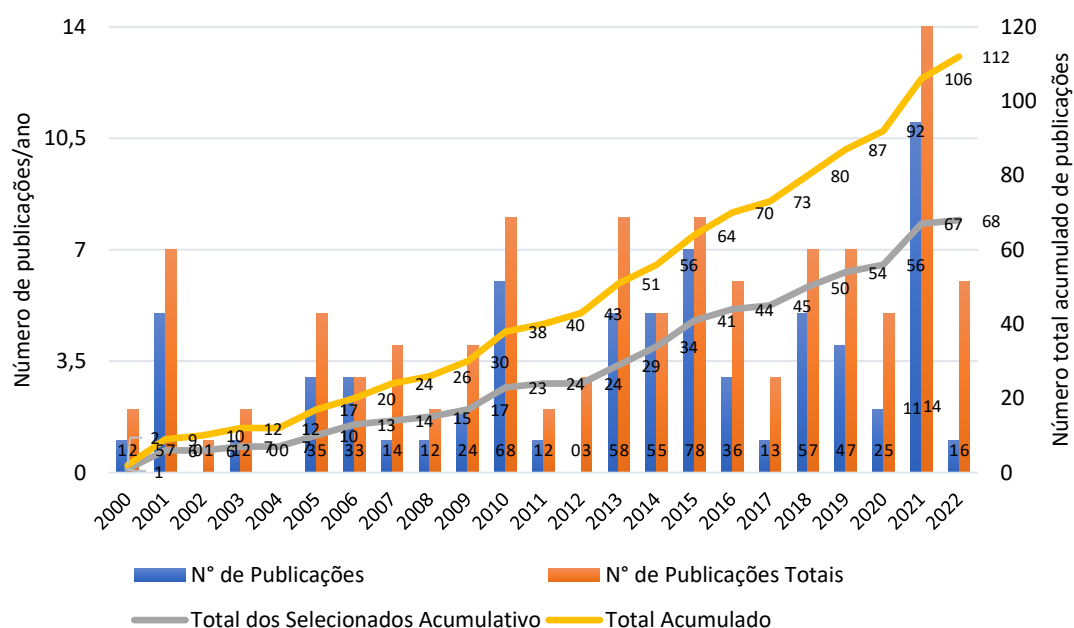
#### 3.1. QUANTIFICAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA

A base total de dados obteve cerca de 112 artigos, dos quais 68 foram usados para a análise, 44 foram excluídos, após uma análise individual detalhada de cada artigo, por não se encaixarem exatamente no tema proposto. O foco foi dado aqueles relacionados prioritariamente com a temática de tratamento, desde a visão do tratamento adequado para disposição adequada no meio ambiente, o seu reuso industrial ou na agricultura, assim como na valorização energética. Os 68 selecionados foram completamente aderentes a temática estudada e ao enfoque dado, estando relacionados ao tema central do estudo: “Tratamento Anaeróbio de Efluentes de Cervejarias”. Observou-se um crescente interesse no tema, mas de forma bastante gradual, com algumas variações maiores ano a ano, mas com tendência no aumento do interesse de uma forma geral sobre o tema, refletido no número de publicações acumuladas para os anos pesquisados. Na Figura 2, apresenta-se os resultados totais anuais publicados obtidos, bem como também é possível observar os totais acumulados geral (considerando os 112 artigos sobre a temática) e os selecionados (68 mais aderentes ao tema).

Observou-se picos em publicações ( $\geq 7$  publicações/ano) nos anos: 2001, 2010, 2013, 2015, 2028, 2019 e 2021. Destaca-se o ano de 2021 com o maior número de publicações em um ano (14 publicações), apontando para um aumento do interesse pelo tema nos últimos anos. Esse aumento do interesse em publicações pode ter sido associado ao aumento da produção científica mundial devido a pandemia do COVID-19, fenômeno observado em várias áreas do conhecimento científico.



Figura 2 - Número de publicações por ano e total acumulado (2000-2021)



Fonte: Autores (2022)

Entre os anos de 2000 a 2007, o foco principal dos pesquisadores foi o estudo do tratamento anaeróbio, de forma mais abrangente, principalmente com o reator UASB (*Upflow Anaerobic Sludge Blanket*), com efluentes de cervejarias e alguns outros como efluentes de vinícolas. Entre outros temas abordados nesse período estão, testes para aplicação de tecnologias de metanificação e otimização de processos.

Entre os anos de 2008 a 2014, notou-se um crescimento maior no número de publicações (média), e maior preocupação com o efluente cervejeiro em si, com vários estudos sobre o seu tratamento e possível utilização para produção de biogás, por sua alta carga orgânica e biodegradabilidade, além de outros estudos, como das comunidades microbianas influenciadores e potencializadoras do processo de biodigestão.

Entre os anos de 2015 a 2022, foi o período com maior quantidade de publicações, totalizando 50% do total observado (agosto de 2022), com boa parte destes abordando o tratamento anaeróbio dos efluentes das cervejarias com tipos diferentes de reatores. No entanto, também houve crescente interesse em utilizar esses efluentes como fonte de matéria orgânica para produção de biogás, como substrato para cultivo de plantas hidropônicas e reutilização da água para irrigação (reuso agrícola).

Na Tabela 5, dos autores com mais documentos publicados, o que mais se destacou foi Chang S. pesquisador da School of Engineering, University of Guelph, Guelph, em Ontário no Canadá. Dos 6 documentos, todos tiveram participação de outros autores, como Hong, Y. e Wu, P., ambos com 5 documentos.

Tabela 5 - Autores (Top 5) com maior número de documentos publicados

<b>Autores</b>	<b>Número de Documentos</b>
Chang, S.	6
Hong, Y.	5
Wu, P.	5
Jones, C. L. W.	5
Taylor, R. P.	5

Fonte: Autores (2022)

As pesquisas de Chang, S. se concentraram no tratamento anaeróbio, onde 5 deles, com o reator Anmbr (Anaerobic Membrane BioReactor), onde obteve bons resultados de 98-99% de remoção de DQO, além de um bom rendimento na produção de metano. Em 1 destes, adicionalmente o pesquisador objetivou a utilização do processo de LPRO (low-pressure reverse osmosis) para tratar e reutilizar efluentes vindos de um reator UASB, onde também obteve bons resultados. Na Tabela 6, há uma lista com os 5 autores mais citados onde aquele que mais foi citado é Parawira W., da Bindura University of Science Education.

Tabela 6 – Autores (Top 5) mais citados

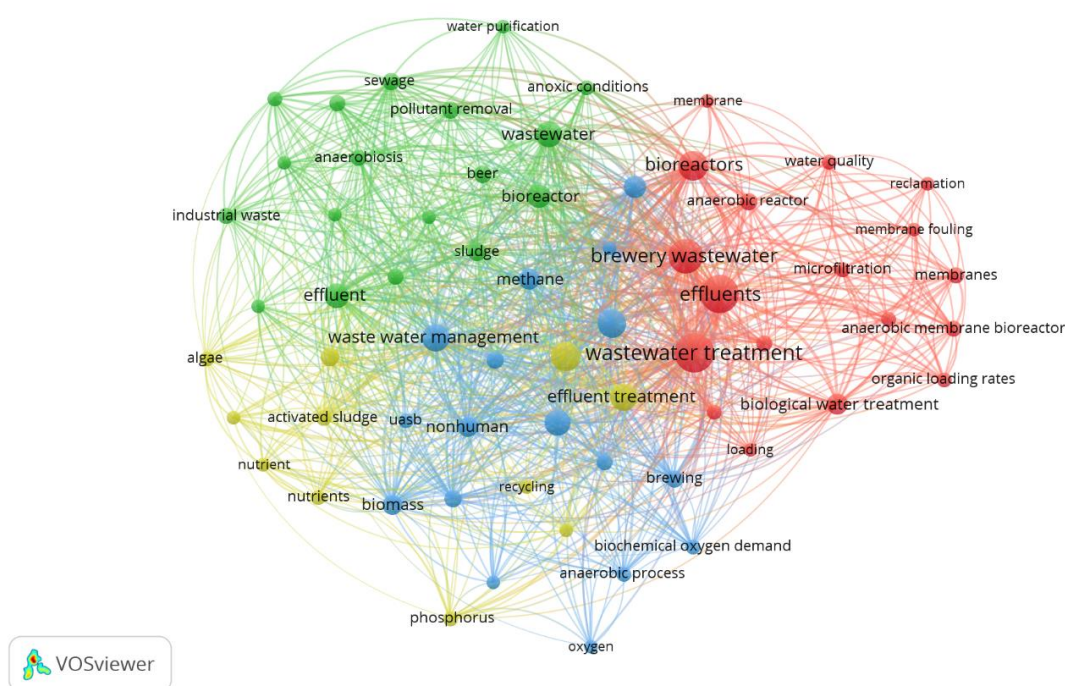
<b>Autores</b>	<b>Citações</b>
Parawira, W.	97
Connaughton, S.	88
Janhom, T.	62
Krayzelova, L.	62
Chen, H.	53

Fonte: Autores (2022)

### 3.2. FREQUÊNCIA DAS PALAVRAS

Na Figura 3, observa-se a nuvem palavras geradas na análise bibliométrica.

Figura 3 – Nuvem de palavras



Fonte: Autores (2022)

As palavras-chave são usadas para facilitar a busca por certos assuntos, usadas para indicar o tema abordado por determinado documento. Para analisar as palavras-chaves mais utilizadas nas bases de dados, foi usado o programa VOSviewer®, que possibilitou a criação de uma nuvem de palavras com as mais frequentes observadas.

Pode-se observar a divisão entre clusters (aglomerados), onde das 1377 palavras-chave identificadas, foram separadas apenas aquelas com 5 ou mais ocorrências, totalizando 102 palavras que se inter-relacionaram na nuvem. O tamanho do círculo de cada palavra representa sua frequência e os filamentos que as conectam a outros círculos são links, aparecimento conjunto e a conexão entre elas. Também pode-se observar a presença de 4 clusters. O vermelho, indicou palavras mais relacionadas com o efluente de cervejaria, o tratamento de efluentes e algumas tecnologias de destaque. O cluster verde, esteve mais relacionado a natureza biodegradável do efluente bruto e da qualidade do efluente tratado, com foco na tecnologia anaeróbia e subprodutos gerados. O cluster azul, relacionado com manejo de efluentes na indústria cervejeira, gestão de águas residuais e industriais com predominância do processo UASB e interesse na geração de metano. O cluster amarelo, menor entre os apresentados, em termos de significância, esteve relacionado a nutrientes, microrganismos aeróbios, abordando

processos aeróbios ainda usuais no tratamento secundário (tratamento principal ou pós-tratamento) de efluentes de cervejarias como os lodos ativados. Destaca-se que os clusters azul e amarelo apresentaram grande inter-relação temática apresentando ambos pontos tão convergentes que a nuvem de ambos chegou a se interpor. Esta interposição dá uma ideia que as áreas temáticas, apesar das diferentes abordagens, e focos de diferentes linhas de pesquisa, convergem em blocos nesses grandes grupos que se complementam em termos da informação científica gerada. Entretanto, apesar disso, em termos de especificidade temática, podem ser separados em termos bibliográficos, mas não em termos bibliométricos.

### 3.3. ÁREAS DO CONHECIMENTO DE DESTAQUE RELACIONADAS AO TEMA

As áreas com maior número de publicações são apresentadas na Tabela 7. Alguns dos documentos foram classificados em mais de uma área de conhecimento, aspecto este que visa dar maior visibilidade à publicação pelos autores e pelo fato muitas vezes da sua própria natureza e abrangência.

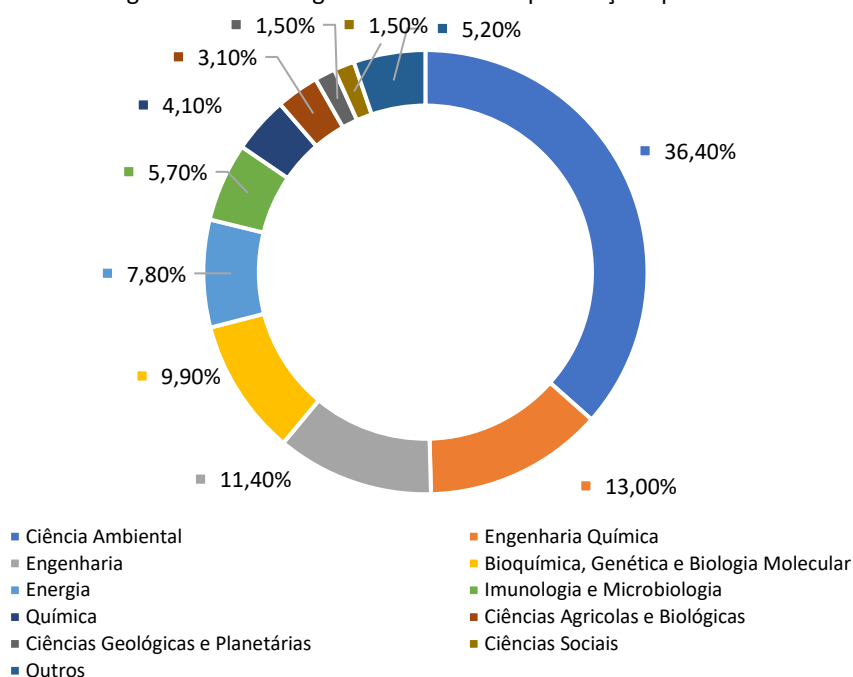
Tabela 7 - Áreas do conhecimento com mais publicações relacionadas ao tema

Área do Conhecimento	Número de Documentos
Ciência Ambiental	70
Engenharia Química	25
Engenharia	22
Bioquímica, Genética e Biologia Molecular	19
Energia	15
Microbiologia	11
Química	8
Ciências Agrícolas e Biológicas	6
Ciências Geológicas e Planetárias	3
Ciências Sociais	3
Outros	10

Fonte: Autores (2022)

Na Figura 4, é feita a classificação por área preponderante (principal) do documento, mostrando a partição das áreas do conhecimento em que os artigos são mais aderentes.

Figura 4 - Porcentagens do número de publicações por área



Fonte: Autores (2022)

Destacou-se, com cerca de 37,2%, a área das Ciências Ambientais, o que indica predominância desta área do conhecimento na condução das discussões sobre os impactos causados pelos efluentes da indústria de bebidas no meio ambiente. As áreas de Engenharia Química (13%) e Engenharia (11,4%) também se destacaram neste recorte, indicando que as soluções técnicas passam preponderantemente pela aplicação da tecnologia conduzida por estas duas áreas do conhecimento.

### 3.3.1. DISTRIBUIÇÃO DAS PESQUISAS POR PAÍSES

Na Tabela 8 apresentam-se os países com maior interesse em pesquisar sobre o tema com destaque para os 5 primeiros: a China, o Canadá, a África do Sul, a Alemanha, a Tailândia e os Estados Unidos.

Tabela 8 – Número de documentos relevantes observados por país

País	Documentos
China	11
Canadá	9
África do Sul	7
Alemanha	5
EUA	4
Tailândia	4
Portugal	3
Reino Unido	3
Demais países	22

País	Documentos
TOTAL	68

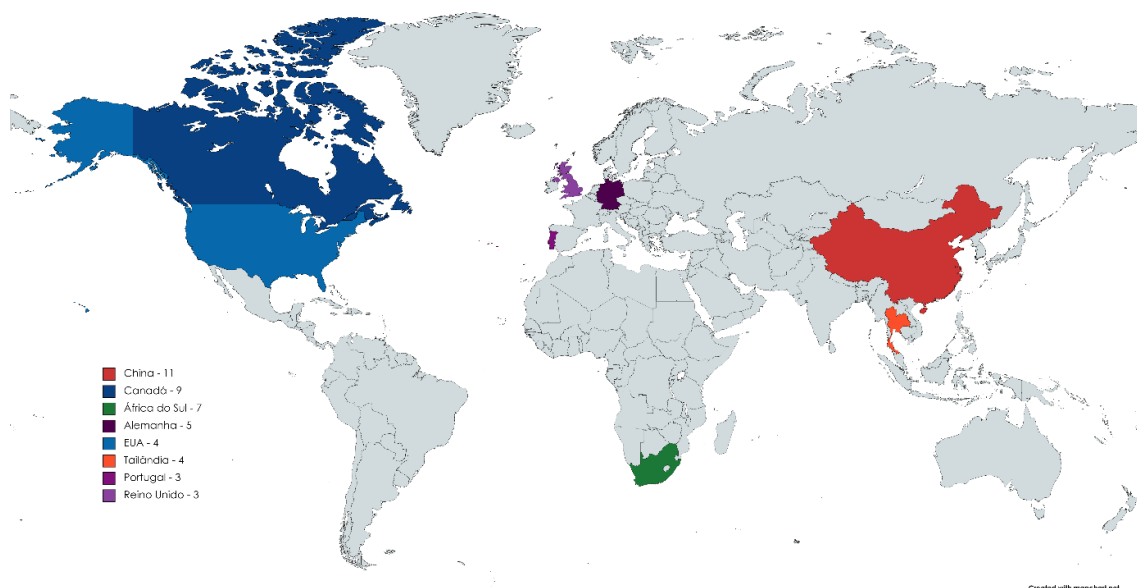
Fonte: Autores (2022)

Naturalmente esperava-se que aqueles países que mais produzem cerveja (China, EUA, Brasil), ou sejam aqueles que conseqüentemente possuem maior número de indústrias e de maiores portes, também dominassem o cenário das publicações. Com exceção da China, o que se percebeu foi uma grande dispersão do número de publicações entre diversos países. Esta dispersão pode estar ligada também ao interesse muitas vezes dos pesquisadores em divulgar novos processos patenteados ou em fase de patenteamento, e que são frutos de grandes investimentos em pesquisas, inovação e desenvolvimento (PI&D).

Neste sentido, países como EUA e China possuem grandes investimentos PI&D da ordem de US\$ 476,5 bilhões e US\$ 370,6 bilhões investidos anualmente, respectivamente. Além dos EUA e China, outros país que se destacaram foram o Canadá e a África do Sul, com 9 e 7 documentos, respectivamente. Em contrapartida, o Brasil mesmo sendo o terceiro maior produtor e consumidor mundial não apresentou relevância em publicações na área de foco do estudo. Tal verificação aponta para preocupantes fatos relacionados provavelmente a redução de investimentos em ponderação PI&D, assim como a necessidade de quebra de paradigmas ainda significativos da divulgação de dados industriais e cases de sucesso. A indústria cervejeira nacional aplica alta tecnologia no tratamento de efluentes, mas geralmente são tecnologias importadas e sem um caráter nacionalizado o que também não favorece o desenvolvimento de pesquisas internas sobre o tema e aplicação de recursos em desenvolvimentos e melhorias. O Brasil, inegavelmente possui capacidade técnica e intelectual de desenvolver projetos de PI&D dentro de um cenário mais competitivo e em nível mundial, através do estabelecimento de parcerias entre o setor privado e a academia, mas o retorno de investimentos maciços em investimentos em pesquisa e de formação de pessoal são necessários. Na Figura 5 apresenta-se a distribuição em termos geográficos da produção científica relevante para a temática abordada.



Figura 5 - Mapa da distribuição geográfica dos países com mais publicações sobre o tema



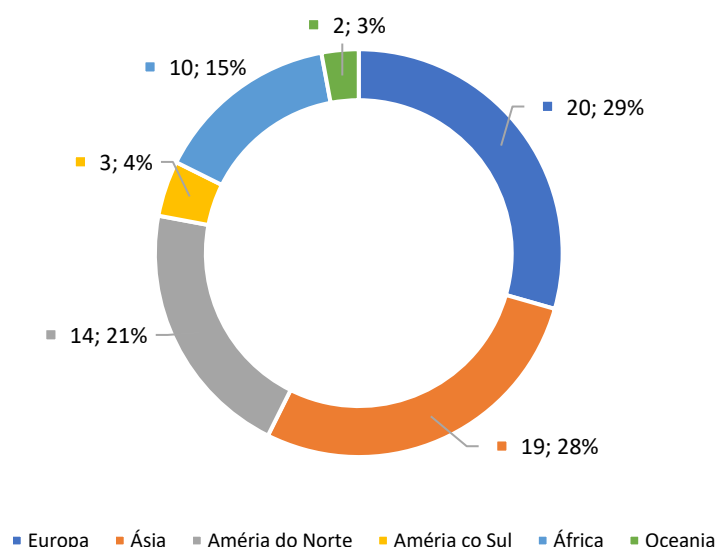
Fonte: Autores (2022)

### 3.3.2. TENDÊNCIAS CONTINENTAIS

Entre os artigos selecionados houveram participantes de todos os continentes, onde foi observado as tendências em cada um deles. Como apresentado na Figura 6, os continentes de destaque com mais documentos publicados foram: a Europa (20,3%), a Ásia (19,21%) e a América do Norte (18,21%). Os 3 continentes foram responsáveis conjuntamente por cerca de 57,7% da produção relevante observada.

Na Europa, o país com maior quantidade de publicações foi a Alemanha, e sendo um dos principais produtores de cerveja do mundo, já se esperava que ela tivesse uma posição de destaque. Na Europa, as pesquisas começam logo no início do período estudado e continua com relativa frequência de publicações, abordando o tema de forma bastante variada e contínua, desta forma, é presumível afirmar que as publicações na Europa devem continuar a aumentar entre os anos de 2020-2022, foram 4 publicações, de Holanda e Alemanha. Particularmente a Holanda destaca-se no estudo de processos anaeróbios desde os anos 70 com os estudos iniciais conduzidos por McCarty e Lettinga que levaram ao desenvolvimento dos reatores UASB e a disseminação da tecnologia anaeróbia pelo mundo todo

Figura 6 - Distribuição das publicações observadas por continente



Fonte: Autores (2022)

Atualmente a Holanda e Alemanha destacam-se na condução de processos de vanguarda e de novas rotas metabólicas que permitem o desenvolvimento de novos processos mais eficientes, específicos para alguns tipos de contaminantes (nutrientes, compostos tóxicos, recalcitrantes) e na recuperação de subprodutos.

Na Ásia, o maior destaque foi da China, com grande número de publicações a partir de 2006. Observou-se também uma grande variedade de publicações (7), abordando diversos temas, entre os anos de 2009-2010, porém após este período, notou-se diminuição no número de publicações.

Na América do Norte e do Sul, grande folga os países com maior participação foram o Canadá e EUA, com 9 e 4 publicações respectivamente, porém, com baixa variabilidade, todos os artigos estudados abordavam os reatores UASB e Anmbr, porém mantendo um aparecimento constante, principalmente a partir de 2015-2016, onde houve o maior número de publicações, um total de 6. A América do Sul, apresentou apenas 3 publicações (Argentina, Brasil e Venezuela). O continente ainda carece de pesquisas na área, sendo necessários mais estudos para definir o que está sendo pesquisado e direção ao qual essas pesquisas vão tomar. O continente africano também apresentou baixa relevância em termos quantitativos, com 5 publicações em 2021. Mesmo aparecendo mais recentemente nas publicações, o continente teve pouco destaque até o último ano, onde destacaram-se apenas a África do Sul e Etiópia, respectivamente. Apesar da baixa produção os estudos realizados no continente foram

de muito interesse, por tratarem do reuso dos efluentes tratados para cultivo e irrigação, um tema interessante e pouco explorado, mas que pode se tornar uma boa prática e uma possível alternativa destinação desses efluentes. Na Oceania, o único país participante foi a Austrália com 2 publicações, nos anos de 2003 e 2005, onde foi abordado o UASB junto a SBR e microfiltração em série, como as publicações na região são muito antigas e tem um número bastante reduzido, é difícil prever a direção na qual esses estudos vão tomar.

De modo geral, os focos principais do desenvolvimento de novas tecnologias na área pesquisada foram, principalmente, a Ásia e Europa, devido à grande variedade de pesquisas realizadas e o aumento do interesse nos últimos anos.

De uma forma mais geral observou-se que as pesquisas na área parecem estar tomando um caminho mais específico, visto que no início do período de estudo, muitos trabalhos foram de abordagem mais generalista, o que mudou com o passar do tempo com artigos mais específicos e aprofundados.

### 3.3.3. ABORDAGEM TEMÁTICA: TIPOS DE REATORES ANAERÓBIOS

Houve grande variedade de artigos abordando os mais diferentes tipos de reatores e outros sistemas anaeróbios para o tratamento das águas residuais de cervejarias. Na Tabela 9, são apresentados os reatores, a frequência de citação e regiões onde foram produzidos.

Observou-se um predomínio de interesse em grande parte das publicações relacionadas aos diferentes tipos de reatores empregados. Os reatores anaeróbios são muito empregados na agroindústria, como indústrias de alimentos e bebidas, que se caracterizam por apresentar elevada concentração de matéria orgânica. O crescimento dessa indústria implica também no interesse crescente e contínuo em encontrar soluções para suas demandas ambientais. Parte dos documentos analisados apresentaram desenvolvimentos de tecnologias em escala laboratorial e piloto com diversos tipos de reatores, e, demonstraram grande eficiência no tratamento dos efluentes de cervejarias. De uma forma geral os processos desenvolvidos ou em desenvolvimento mais recentes mantêm a tendência de serem processos mais baratos, com menor gasto energético, baixa geração de lodos biológicos excedentes, baixo

consumo de produtos químicos e potencial conversão desse material em biogás e biofertilizantes.

Tabela 9 - Distribuição dos tipos de reatores anaeróbios mais frequentes por continentes no período estudado

Tipos de reator	Frequência	Continentes
UASB	13	África, Ásia, América do Norte, Europa e Oceania
Anmbr/MBR	9/3	América do Norte e Europa
EGSB	3	Ásia e Europa
IC	2	Ásia (China)
HABR	2	Ásia (China)
ASBR	2	Ásia (Tailândia) e Europa (Portugal)
AMBBR	1	América do Norte (Canadá)
BLRS	1	Ásia (China)
CUMAR	1	Europa (Turquia)
GRABBR	1	Europa (Reino Unido)
MFC	1	Europa (Reino Unido)
RECAFP	1	América do Sul (Venezuela)
SDRAnMBR	1	Ásia (China)
Outros reatores	7	-
Sem dados do tipo de reator	13	-

**Legenda:** UASB: reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente; Anmbr: Reator Anaeróbio de Membrana; EGSB: Reator de Leito Expandido e Lodo Granular; MBR: Biorreator de Membrana; IC: Reator de Circulação Interna; HABR: Reator Anaeróbio Compartimentado; AMBBR: Reator Anaeróbio de Biopelícula de Leito Móvel; ASBR: Reator Anaeróbio de Batelada Sequencial; BLRS: Reator de Biogás Ascendente; CUMAR: Reator Anaeróbio de Membrana por Ultrafiltração em Fluxo Cruzado; GRABBR: Reator Granular de Leito Compartimentalizado; MFC: Célula de Combustível Microbiana de câmara única de fluxo ascendente; RECAFP: Reator Experimental Concêntrico Anaeróbio a Fluxo de Pistão; SDRAnMBR Biorreator de Membrana Anaeróbia Rotativa de Duplo Eixo Submerso.

Fonte: Autores (2022)

Destacaram-se o reator UASB e o Anmbr entre os diversos tipos de reatores observados no recorte da pesquisa. De modo geral, o UASB pode ser considerado como o reator já consolidado no mercado, com excelentes resultados para este tipo de efluente, baixo custo de implantação e manutenção, facilidade operacional. O Anmbr é uma tecnologia em desenvolvimento, mais robusta e mais eficiente, entretanto ainda dá pequenos passos, apesar de se perceber uma tendência de aumento sua competitividade em função das suas excelentes respostas em escala real e, sobretudo na alta qualidade do efluente tratado. Este reator também apresenta vantagens de ser mais compacto e garantir uma maior estabilidade operacional apesar do aumento da complexidade em termos do controle e automação do processo exigidos.

Sendo assim, é esperado que o UASB se mantenha como o reator mais comum, mas cada vez mais espera-se a participação em escala real do reator Anmbr, para o tratamento de efluentes de cervejarias.

Na Tabela 10, foi feito um comparativo entre os resultados de diversos reatores obtidos.

Tabela 10 - Eficiência da remoção de DQO reportadas na literatura pesquisada

Reator	Remoção (DQO)	Escala	País	Referência
Anmbr	98%	Laboratorial	Canadá	CHEN et al. (2016)
UASB	91,2%	Laboratorial	Índia	SIVAKUMAR; SEKARAN (2015)
EGSB	69,5%	Real	China	YAN; WANG; XIE (2010)
HABR	92%	Laboratorial	China	LI; LI (2010)
IC	85%	Laboratorial	China	XU et al. (2013)
MBR	93,6%	Piloto	Alemanha	VERHUELSDONK; GLAS; PARLAR (2021)
CUMAR	99%	-	Turquia	INCE et al. (2000)
BLRS	80-90%	Real	China	XU et al. (2013)
SDranmbr	95,15%	-	China	BAI et al. (2009)

**Legenda:** UASB: Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente; Anmbr: Biorreator Anaeróbio de Membrana; EGSB: Reator de Leito Expandido e Lodo Granulado; HABR: Reator Anaeróbio Compartimentado; IC: Reator de Circulação Interna; MBR: Biorreator de Membrana; CUMAR: Reator Anaeróbio de Membrana por Ultrafiltração em Fluxo Cruzado; BLRS: Reator de Biogás Ascendente; SDRAnMBR: Biorreator de Membrana Anaeróbia Rotativa de Duplo Eixo Submerso.

Fonte: Autores (2022)

A Demanda Química de Oxigênio, ou DQO, mede a matéria orgânica oxidável de um efluente, sendo o principal parâmetro ambiental abordado pelos artigos da base de dados. Dentre os artigos citados, destacou-se, pela elevada remoção de DQO, o Anmbr, com 98% de remoção, com faixa semelhante a outros trabalhos que estudaram o mesmo reator. A remoção do UASB, geralmente se situa na faixa de 65-75% (CHERNICHARO, 2007), em escala real, apesar dessa referência mais recente citar um valor bastante elevado da ordem de 91,2% de remoção de DQO, mas em escala laboratorial.

Apesar da comparação entre os processos UASB e Anmbr, terem sido em trabalhos recentes e na mesma escala, a eficiência de cada reator varia bastante em função de inúmeras variáveis já destacadas. Cada sistema tem condições específicas e devem ser abordados sob este ponto de vista, visando, principalmente a adequação aos padrões de emissão, mas, também, ao custo e o benefício de cada alternativa.

Atualmente o UASB é a tecnologia no tratamento de efluente de cervejarias, como mostrados por sua frequência nos estudos ao longo dos anos, mas o Anmbr pode acabar por se tornar uma tecnologia mais recomendada, se ela se provar ter um melhor custo benefício. Dessa forma, não é possível dizer qual o melhor reator para o tratamento de efluente de cervejarias. Cada reator adequa-se a realidades particulares

da indústria e caso a caso deve ser ponderada a escolha do melhor sistema de tratamento.

Na Tabela 10, ainda podemos destacar 3 tecnologias, CUMAR, BLRS e Sdranmbr que são reatores pesquisados atualmente como representantes da vanguarda ou estado da arte da temática, ainda pouco citados, mas que obtiveram bons resultados em seus estudos. Os desenvolvimentos desses reatores podem evoluir e se tornarem tecnologias de referências na área, num futuro próximo, valendo prestar atenção em futuros estudos a eles relacionados.

### 3.3.4. QUESTÕES LEGAIS E AMBIENTAIS

Os efluentes de cervejarias são caracterizados por possuírem elevada quantidade de matéria orgânica biodegradável (DQO/DBO), nutrientes (N, P) e sólidos (ST, STV, SD). Essas características qualitativas aliadas ao grande volume de efluentes produzido proporciona grandes cargas orgânicas volumétricas aplicadas (COV) aos corpos receptores, mesmo considerando efluentes tratados. A matéria orgânica do efluente se despejada de forma irresponsável nos corpos hídricos pode causar problemas graves ao ecossistema local. A decomposição da matéria orgânica em meio aeróbio, consumindo oxigênio, leva a redução dos níveis de OD, e, por consequência problemas pela falta de oxigênio na água. O alto nível de nutrientes por sua vez acarreta no estímulo do crescimento de microrganismos como algas e bactérias e macrófitas que por sua vez também impactam no consumo de OD. Já a parcela sólida decantável interfere na formação de bancos de lodo, ou seja, impactando como demanda bentônica e produzindo gases como metano e amônia no ambiente anaeróbio no fundo dos corpos receptores. A parcela de sólidos suspensos além do impacto na DBO, também interferem na passagem da luz pelo aumento da turbidez com impactos na microbiota e cadeias tróficas sequenciais. Desta forma os efeitos da disposição de efluentes de forma inadequada (ou fora dos padrões ambientais) é simultâneo e sinérgico. Os impactos diretos implicam na deterioração do corpo receptor para diversos fins e na redução drástica da diversidade natural dos corpos receptores, alterando suas classes e usos preponderantes.

O Brasil possui uma extensa e bem estabelecida legislação ambiental, sendo inegavelmente uma das mais amplas, complexas e bem elaboradas em nível mundial.



Para tanto, as indústrias devem adequar-se em tempo e rigorosamente a estes padrões, tendo em vistas as consequências legais e os desdobramentos que a falta de atendimento a estes podem acarretar aos empreendimentos. As consequências podem ir de multas até o fechamento temporário ou mesmo definitivo do empreendimento. Além desses impactos econômicos mais diretos, há impactos ligados ao marketing ambiental e também impactos sociais e de saúde pública associados às comunidades circundantes ao empreendimento. Não são muitas vezes facilmente mensuráveis estes impactos secundários, mas são facilmente observáveis e com grandes consequências aos locais e regionais.

Duas legislações são prioritárias e de referência para o atendimento do lançamento de efluentes tratados em corpos hídricos receptores. A Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 357/2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e dá diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes e a Resolução CONAMA nº 430/2011, que dispõe sobre condições, parâmetros, padrões e diretrizes para lançamento de efluentes em corpos de água e altera e complementa a Resolução CONAMA nº 357/2005.

Da mesma forma há legislações específicas que podem ser úteis para aplicar nos subprodutos do sistema tais como no reuso dos efluentes, na aplicação do biossólido na agricultura ou de resíduos do tratamento para disposição final em aterros sanitários.

Ainda em relação ao efluentes o Brasil dispõe de alguns mecanismos legais para o reuso da água. A ABNT NBR nº13.696 de 1997 foi a primeira a abordar o tema da reutilização da água estabelecendo 4 classes de reuso em concordância com a Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que institui a política Nacional de Recursos Hídricos, a fim de garantir a qualidade da água de acordo com seus usos.

No caso dos lodos (anaeróbio/aeróbio) e dos resíduos provenientes do tratamento de efluentes (areia, resíduos das peneiras e gradeamento) estes são considerados como resíduos sólidos, estando sujeitos às diretrizes que condicionam o seu manejo, determinados pela Resolução CONAMA nº 375/2006. Nos seus Art. 3º a legislação reconhece que a produção de lodo é algo intrínseco aos sistemas de tratamento e o considera como uma fonte potencial de riscos à saúde pública e ao meio ambiente. Este artigo também estabelece os critérios e o regulamento para o seu uso

para fins agrícolas. O uso do lodo na agricultura ou recuperação de solos é algo bastante recomendável tendo em vistas as vantagens de recuperação de nutrientes e matéria orgânica, disponíveis nestes lodos. No seu Art. 19º a que a Unidade de Gerenciamento de Lodo (UGL) é responsável pelo bio sólido. A Resolução CONAMA N° 375 estabelece que o armazenamento do lodo deve ser feito em um ambiente com declividade máxima de 5% com distância de 15 a 100 metros de rios, lagos e outros ambientes passíveis de contaminação

O conhecimento, atendimento e entendimento dessas normativas e das consequências positivas ao meio ambiente e também dos aspectos negativos do seu não atendimento são vitais para que o empreendimento esteja legalmente adequado.

Desta feita os sistemas de tratamento devem manter programas de auto monitoramento internos (e com checagem periódica de laboratórios externos) de forma a perceberem alterações que possam impactar no meio ambiente e atuar em medidas mitigadoras rápidas e eficientes no sistema, reduzindo impactos ao longo do tempo ao ambiente. A manutenção preventiva dos sistemas de tratamento é decerto um dos maiores aliados, juntamente com o auto monitoramento, visto que muitas vezes o sucateamento dos sistemas de tratamento levam à deterioração da qualidade do efluente gradativamente.

### 3.3.5. TENDÊNCIAS E ASPECTOS DE INOVAÇÃO NO SETOR

Durante a análise notou-se grande evolução nos usos e tratamentos dos efluentes de cervejarias, usualmente voltados apenas a redução de carga orgânica poluidora, produção/utilização do biogás e utilização do lodo para fins agrícolas ou comerciais.

Observou-se uma tendência para o reuso e recuperação de nutrientes focando também nos efluentes tratados, na redução de odores, além da redução de cargas orgânicas afluentes (COV) e controles de perdas no processo produtivo, o que também favorece a redução de geração de efluentes e de resíduos.

O tratamento anaeróbio se mostra eficiente para o tratamento dos efluentes de cervejarias, porém, apenas descartá-lo após o tratamento pode ser um desperdício, tendo em vistas possibilidade de reuso do efluente ou recuperação de nutrientes. Nas pesquisas pela base de dados, notou-se que, recentemente, houve um grande interesse

no uso desses efluentes para irrigação e cultivo, quando possível por questões logísticas. Esses estudos se basearam nos níveis de nutrientes disponíveis nos efluentes tratados para o cultivo e/ou irrigação, principalmente com plantas hidropônicas, onde o efluente tratado se mostrou uma boa opção. Sistemas naturais como Wetlands (alagados artificiais) podem ser úteis na produção de alimentos e biomassas para diversos fins. Está nova prática, obtém bons resultados, desde que os efluentes sejam tratados da maneira correta.

É uma tecnologia em desenvolvimento, mas tem grande potencial, principalmente na África, onde os estes estudos foram feitos, sendo uma boa alternativa para a destinação desses efluentes e recuperação da água.

Além do custo benefício dos reatores anaeróbios, normalmente sendo mais baratos que outros tipos de tratamento, por não necessitarem de aeração, entre outros sistemas de controle, a tecnologia anaeróbia tem uma grande vantagem em relação as outras, a produção de biogás, a partir da decomposição anaeróbia que produz metano. O biogás é um recurso valioso, um combustível de alta qualidade e relativamente barato de ser produzido, gerado passivamente, principalmente em estações de tratamento com altos níveis de matéria orgânica, como os que cuidam de efluente de cervejarias. Um recurso com este não pode ser ignorado e sua presença em decorrência dos processos anaeróbios, o tornam algo extremamente vantajoso para as empresas que adotarem o sistema anaeróbio. O biogás é um combustível de excelente qualidade, por isso, alguns artigos tiveram como foco a geração desse produto durante o tratamento dos efluente, principalmente afim de utilizar este combustível para recuperar parte da energia gasta na indústria, podendo ser empregado, por exemplo, para o aquecimentos das caldeiras e geração de energia elétrica com geradores a gás, mas apenas ter um processo anaeróbio não garante que o biogás produzido seja adequado para utilização, sendo necessários alguns cuidados quanto a composição do mesmo. De modo geral, a recuperação de parte da energia gasta no processo industrial por parte da reutilização do biogás gerado, assim como o biofertilizante, outro produto passivo dos processos anaeróbios, tornam este tipo de tratamento extremamente vantajoso para as indústrias cervejeiras, dependendo, claro, da composição, alguns efluentes podem acabar por possuírem concentrações diferentes de gases, o que pode ser prejudicial, mas

completamente contornável atualmente com tecnologias utilizáveis para sua depuração.

A pesquisa na base de dados mostrou um grande avanço na pesquisa na área do tratamento anaeróbio de efluentes de cervejarias, o número de publicações parece estar crescendo ano após ano, com o maior número de publicações acontecendo em 2021, o que mostra que o interesse continua aumentando, e, conseqüentemente, o entendimento sobre a composição e métodos de tratamento das águas residuais de cervejarias. O futuro da pesquisa nessa área parece promissor a princípio, porém ainda está longe de seu ápice, visto que cada vez mais pesquisas serão realizadas e com isso métodos melhores, mais eficientes e baratos ou mesmo otimizações dos métodos tradicionais serão descobertas e certamente implementadas em escala real com incrementos e melhorias para o setor.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A cerveja é a bebida mais produzida e consumida em todo o mundo. A elevada produção mundial da bebida leva a necessidade de se desenvolver métodos de tratamento adequados, afim de minimizar os efeitos dos seus efluentes. O crescimento do interesse na área mostra que o mundo está ciente desde problema, e está trabalhando para desenvolver e otimizar os métodos de tratamento, com destaque para os principais produtores. A análise bibliométrica é uma forma muito útil para se identificar as tendências de pesquisas de diferentes áreas, afim de compreender como cada tema está sendo abordado no mundo, de modo a comparar resultados e identificar protagonistas no cenário mundial. De modo geral, o tratamento anaeróbio vem demonstrando na prática uma excelente opção para o tratamento dos efluentes de cervejaria, com bons resultados e bom custo benefício. A escolha dos anos de 2000 a 2022, visou analisar como a comunidade científica tem abordado o tema nas últimas duas décadas, mostrando as soluções mais recentes para o problema do descarte dos efluentes de cervejarias. Observou um grande número de pesquisas recentes de tecnologias emergentes, promissoras e com focos mais amplos como os focados no reuso agrícola e industrial de efluentes, na redução/recuperação de nutrientes e no uso dos subprodutos do tratamento anaeróbio: bio sólido (lodo) e biogás (metano). A legislação ambiental é uma referência que deve ser utilizada como aliada na

manutenção e monitoramento, visto que determina claramente os limites de impacto que devem ser assegurados. Desta feita percebe-se que há um grande interesse científico para melhorias e otimizações nos sistemas existentes e que a o aumento da produção mundial e consumo acaba sendo um aliado, impulsionando mais PD&I para esta tipologia industrial.

## AGRADECIMENTOS

A Elaboração deste trabalho não teria sido possível sem o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela bolsa de Iniciação Científica (PIBIC) fornecida.

## REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, Ana Paula Caixeta. **PRODUÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DE RESÍDUOS ORGÂNICOS UTILIZANDO BIODIGESTOR ANAERÓBICO**. 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/20292/3/ProduçãoBiogásResíduos.pdf>. Acesso em: 08 ago. 2022.
- ARAVIND KUMAR, J. et al. A comprehensive review on bio-hydrogen production from brewery industrial wastewater and its treatment methodologies. **Fuel**, v. 319, 2022.
- BAI, L. et al. Treatment of synthetic brewery wastewater by a submerged doubleshaft rotary anaerobic membrane bioreactor. *Huanjing Kexue Xuebao / Acta Scientiae Circumstantiae*, v. 29, n. 9, p. 1813–1819, 2009.
- BARBOSA, Laura Araújo Agapito. **CARACTERIZAÇÃO E ANÁLISE DO PROCESSO DE TRATAMENTO DE EFLUENTE DE CERVEJARIA PARA POTENCIAL REÚSO**. 2019. Disponível em: [https://www.dcta.cefetmg.br/wpcontent/uploads/sites/21/2020/02/201422080366\\_Laura-Araujo.pdf](https://www.dcta.cefetmg.br/wpcontent/uploads/sites/21/2020/02/201422080366_Laura-Araujo.pdf). Acesso em: 2 dez. 2021.
- BARROS, T.D. Embrapa. Biogás. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-deinformacao-ecnologica/tematicas/agroenergia/residuos/biogás>. Acesso em: 08 ago. 2022.
- CHEN, H. et al. Brewery wastewater treatment using an anaerobic membrane bioreactor. *Biochemical Engineering Journal*, v. 105, p. 321–331, 2016.
- CHEN, R. et al. Application of anaerobic membrane bioreactor for brewery wastewater treatment. 87th Annual Water Environment Federation Technical Exhibition and Conference, WEFTEC 2014. Anais...2014.

- CHERNICHARO, C. A. L. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias Volume 5: Reatores anaeróbios. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - UFMG. Belo Horizonte, 245 p., 1997.
- DINSLAKEN, Daniel. Cerveja puro malte ou cerveja com adjuntos: qual a melhor? 2017. Disponível em: <https://concerveja.com.br/puro-malte/>. Acesso em: 10 set. 2021.
- ENITAN, Abimbola M. et al. Characterization of Brewery Wastewater Composition. 2015. Disponível em: <https://openscholar.dut.ac.za/handle/10321/2992>. Acesso em: 25 jan. 2022.
- FERREIRA, Zenilda Garcia et al. **Produção de biogás a partir do bagaço do malte: abordagem teórica..** Anais I CONIMAS e III CONIDIS... Campina Grande: Realize Editora, 2019. Disponível em: <https://www.editorarealize.com.br/artigo/visualizar/63809>. Acesso em: 08/08/2022.
- INCE, B. K. et al. Inert COD production in a membrane anaerobic reactor treating brewery wastewater. Water Research, v. 34, n. 16, p. 3943–3948, 2000.
- INNES, P.; CHANG, S.; RAHAMAN, M. S. Treatment of effluent of upflow anaerobic sludge blanket bioreactor for water reuse. Water (Switzerland), v. 13, n. 15, 2021.
- KELLY LEMOS DA SILVA (Brasil). Anuário da Cerveja 2020. 2020. Disponível em: [http://www.cervbrasil.org.br/novo\\_site/wpcontent/uploads/2021/04/anuariocerveja2.pdf](http://www.cervbrasil.org.br/novo_site/wpcontent/uploads/2021/04/anuariocerveja2.pdf). Acesso em: 06 set. 2021.
- KIRIN ESTIMATE (Japão). Kirin Holdings. Market data and Sales. 2021. Disponível em: [https://www.kirinholdings.com/en/investors/library/databook/beer\\_country/](https://www.kirinholdings.com/en/investors/library/databook/beer_country/). Acesso em: 9 abr. 2022.
- LI, H.-T.; LI, Y.-F. Performance of a hybrid anaerobic baffled reactor (HABR) treating brewery wastewater. 2010 International Conference on Mechanic Automation and Control Engineering, MACE2010. Anais...2010.
- MALAKHOVA, D. V.; EGOROVA, M. A.; PROKUDINA, L. I.; NETRUSOV, A.I.; TSAVKELOVA, E. A. The biotransformation of brewer's spent grain into biogas by anaerobic microbial communities. World Journal of Microbiology and Biotechnology, v. 31, p. 2015-2023, 2015.
- MARIA DAS GRAÇAS (Brasil). O Gimp. 15 países que mais investem em inovação. 2019. Disponível em: <https://ogimp.com.br/15-paises-que-maisinvestem-em-inovacao/>. Acesso em: 11 set. 2021.
- OLIVER, A. P. M.; SOUZA NETO, A. A.; QUADROS, D. G.; VALLADARES, R. E. Manual de treinamento em biodigestão . Salvador: Instituto Winrock – Brasil, 2008





ROSA, Natasha Aguiar; AFONSO, Júlio Carlos. A Química da Cerveja. 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5935/0104-8899.20150030>. Acesso em: 09 set. 2021.

SÃO PAULO - BRASIL. Mateus Sales dos Santos e Flávio de Miranda Ribeiro. Cetesb. CERVEJAS E REFRIGERANTES. 2005. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br>. Acesso em: 08 set. 2021.

SIVAKUMAR, R.; SEKARAN, V. Performance evaluation of modified UASB reactor for treating brewery effluent in mesophilic temperature. Indian Journal of Environmental Protection, v. 35, n. 4, p. 316–321, 2015.

PETER HINTERMEIER (Alemanha). Barthhaas Gmbh & Co. Kg. **BarthHaas Hops 2021/2022**. 2022. Disponível em: <https://www.barthhaas.com/en/campaign/barthhaas-report-2022>. Acesso em: 8 ago. 2022.

SPEECE, R.E.; Anaerobic Biotechnology and Odor/Corrosion Control. – For municipalities and industries. Vanderbilt University.1986.

SANTOS, M. S.; RIBEIRO, F. M. Cervejas e refrigerantes. São Paulo: CETESB, 2005.58p. Disponível em:<<http://www.cetesb.sp.gov.br>>. Acesso em 07/11/2021.

STEPHAN J. BARTH (Alemanha). Barthhaas Gmbh & Co. Kg (org.). BarthHaas Hops 2020/2021. 2021. Disponível em: [https://www.barthhaas.com/fileadmin/user\\_upload/kampagnen/barthhaas\\_bericht/BarthHaas\\_Report\\_Hops\\_2020\\_21.pdf](https://www.barthhaas.com/fileadmin/user_upload/kampagnen/barthhaas_bericht/BarthHaas_Report_Hops_2020_21.pdf). Acesso em: 09 set. 2021.

TCHOBANOGLUS, H.T.; VIGIL, S. Integrate Solid Waste Management. NY. Mc Graw Hill, 1993.

VERHUELSDONK, M.; GLAS, K.; PARLAR, H. Economic evaluation of the reuse of brewery wastewater. Journal of Environmental Management, v. 281, p. 111804, mar. 2021.

PARAWIRA et al. A study of industrial anaerobic treatment of opaque beer brewery wastewater in a tropical climate using a full-scale UASB reactor seeded with activated sludge. 2005. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0032959204000585?via%3Dihub>. Acesso em: 05 dez. 2021.

XU, F. et al. Identical full-scale biogas-lift reactors (BLRs) with anaerobic granular sludge and residual activated sludge for brewery wastewater treatment and kinetic modeling. Journal of Environmental Sciences (China), v. 25, n. 10, p. 2031–2040, 2013b.

XU, F. et al. Performance and dynamic characteristics of microbial communities in an internal circulation reactor for treating brewery wastewater. Environmental Technology (United Kingdom), v. 34, n. 20, p. 2881–2888, 2013<sup>a</sup>

YAN, Z.-Y.; WANG, J.-S.; XIE, L. Anaerobic treatment of yeast effluent in an expanded granular sludge bed reactor. Proceedings - 2010 International Conference on Digital Manufacturing and Automation, ICDMA 2010. Anais...2010.

# CAPÍTULO IX

## SEGURANÇA NA PRODUÇÃO DE ENERGIA NUCLEAR

### SAFETY IN NUCLEAR ENERGY PRODUCTION

DOI: 10.51859/AMPLA.MAS2407-9

Alexander Leonardo dos Santos <sup>1</sup>

Wesley da Silva Liso <sup>2</sup>

Luana Rodrigues Melo <sup>3</sup>

Luci Mendes de Melo Bonini <sup>4</sup>

Andreia dos Santos Silva <sup>5</sup>

<sup>1</sup> Estudante do Curso Superior de Tecnologia em Gestão da Produção Industrial da Faculdade de Tecnologia de Ferraz de Vasconcelos, SP.

<sup>2</sup> Estudante do Curso Superior de Tecnologia em Gestão da Produção Industrial da Faculdade de Tecnologia de Ferraz de Vasconcelos, SP.

<sup>3</sup> Estudante do Curso Superior de Tecnologia em Gestão da Produção Industrial da Faculdade de Tecnologia de Ferraz de Vasconcelos, SP.

<sup>4</sup> Docente na Faculdade de Tecnologia de Ferraz de Vasconcelos, SP

<sup>5</sup> Docente na Rede Pública Estadual de São Paulo

### RESUMO

Estuda-se a segurança na produção de energia nas usinas nucleares. O presente artigo tem por objetivos descrever o funcionamento de uma usina nuclear, suas tecnologias e peculiaridades, e estudar o contexto histórico dos acidentes já ocorridos nas últimas décadas; assim como estudar sua regulamentação para segurança no Brasil e no mundo. Trata-se de pesquisa de revisão de literatura a fim de descrever os aspectos teóricos e técnicos das usinas nucleares, os riscos de acidentes, acidentes ocorridos que impactaram o mundo e a legislação nacional e internacional que busca garantir a segurança dentro desses complexos produtores de energia. Os resultados demonstraram que cada um dos grandes acidentes nas usinas nucleares, teve suas peculiaridades e causas: desastres ambientais e falha humana, esta última criando-se métodos, regras e bons treinamentos para todos os colaboradores e integrantes da equipe de uma usina é possível de se manter a segurança, o outro, muito difícil prever. Tanto em nível nacional como em nível internacional estão sendo elaborados documentos e criadas ações, assim como, desenvolvimento de tecnologia de construção e monitoramento para garantir a segurança dessas plantas nucleares. Concluiu-se

que apesar de ser associados seu uso a guerras, a energia nuclear tem diversas aplicações importantes são bons exemplos: a conservação de frutas, dessalinização da água do mar, produção agrícola, análise estrutural, exploração espacial, medicina nuclear e controle de pragas, e muito provavelmente a geração de energia elétrica a partir de fontes renováveis e redução das emissões de dióxido de carbono.

**Palavras-chave:** Energia Nuclear. Usina Nuclear. Segurança. Energia Limpa.

### ABSTRACT

Safety in the production of energy in nuclear plants is studied. This article aims to describe the operation of a nuclear power plant, its technologies and peculiarities, and to study the historical context of accidents that have occurred in recent decades; as well as studying its regulation for safety in Brazil and in the world. This is a literature review research in order to describe the theoretical and technical aspects of nuclear plants, the risks of accidents, accidents that have impacted the world



and national and international legislation that seeks to ensure safety within these complex energy producers. The results showed that each of the major accidents in nuclear plants had its peculiarities and causes: environmental disasters and human error, the latter creating methods, rules and good training for all employees and team members of a plant. whether to maintain security, the other, very difficult to predict. Both nationally and internationally, documents are being prepared and actions are being created, as well as the development of

construction and monitoring technology to ensure the safety of these nuclear plants. It was concluded that despite being associated with wars, nuclear energy has several important applications, good examples are: fruit conservation, seawater desalination, agricultural production, structural analysis, space exploration, nuclear medicine and pest control, and most likely generating electricity from renewable sources and reducing carbon dioxide emissions.

**Keywords:** Nuclear energy. Nuclear plant. Safety. Clean energy

## 1. INTRODUÇÃO

Por existir uma grande demanda global por energia e por utilizar-se fontes de energia não limpas, a população está causando um desequilíbrio ao meio ambiente, o que têm feito refletir sobre suas consequências. Fala-se muito sobre migrar para fontes de energia limpa e uma boa alternativa é a energia nuclear.

Os países do G7, recentemente, atribuíram mais importância à segurança energética e priorizaram fontes de baixo carbono que exigiram o consumo de recursos de energia nuclear e renovável para alcançar um sistema resiliente de baixo carbono. No entanto, ainda não está claro se o sacrifício vale a pena, uma vez que a qualidade ambiental na maioria desses países ainda não foi significativamente melhorada (NATHANIEL et al., 2021).

As usinas nucleares estão entre as instalações mais seguras e protegidas do mundo. Mas acidentes podem acontecer, afetando negativamente as pessoas e o meio ambiente. Para minimizar a probabilidade de um acidente, a AIEA auxilia os Estados Membros na aplicação de padrões internacionais de segurança para fortalecer a segurança das usinas nucleares (IAEA, s/d).

O presente artigo tem por objetivos descrever o funcionamento de uma usina nuclear, suas tecnologias e peculiaridades, e estudar o contexto histórico dos acidentes já ocorridos nas últimas décadas; assim como estudar sua regulamentação para segurança no Brasil e no mundo. Trata-se de pesquisa de revisão de literatura e de

documentos internacionais, a fim de se descrever os aspectos teóricos e técnicos das usinas nucleares, os riscos de acidentes, acidentes ocorridos que impactaram o mundo e a legislação nacional e internacional que busca garantir a segurança dentro desses complexos produtores de energia

Em âmbito nacional o tema energia nuclear ainda não é discutido com amplitude ou de entendimento de grande parte da população, talvez porque estejamos engatinhando ainda neste campo, daí a importância de uma conscientização a respeito da procura de uma energia limpa, para que possamos pensar e refletir em um caminho que podemos seguir nos próximos anos ou décadas.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. ENERGIA NUCLEAR

A crescente urgência de lidar com a mitigação da iminente mudança climática despertou um interesse renovado na opção de energia nuclear. Enquanto as usinas convencionais de energia fóssil causam emissões quase que exclusivamente do local da usina, a maioria das emissões de gases de efeito estufa no ciclo do combustível nuclear são causadas nos estágios de processamento a montante e a jusante da usina (LENZEN, 2008).

Energia nuclear ou energia atômica é a energia liberada em processos de transformação de núcleos atômicos. Esse processo é possível pois o núcleo é composto de prótons, com carga elétrica positiva, e nêutrons, sem carga. Tendo em vista que os prótons têm cargas iguais eles deveriam se repelir dentro do núcleo, mas há uma força que supera a força de repulsão entre os prótons essa força é chamada de energia nuclear e faz com que as partículas do núcleo de um átomo se mantenham unidas evitando que se repilam (GONÇALVES; ALMEIDA, 2005; CARDOSO, 2012).

As usinas nucleares são um tipo de usina que usa o processo de fissão nuclear para gerar eletricidade. Eles fazem isso usando reatores nucleares em combinação com o ciclo Rankine, onde o calor gerado pelo reator converte água em vapor, que gira uma turbina e um gerador. A energia nuclear fornece ao mundo cerca de 11% de sua eletricidade total, sendo os maiores produtores os Estados Unidos e a França (IAEA, 2014).

Elas obtêm sua energia térmica da divisão dos núcleos de átomos em seu núcleo de reator, sendo o urânio a escolha dominante de combustível no mundo hoje (IAEA, s/d).

### 2.1.1. DESCRIÇÃO GENÉRICA DE UMA USINA NUCLEAR COMPLETA

Antes de descrever os tipos de reatores nucleares de potência, apresenta-se uma descrição sumária de uma usina nuclear completa. Há muitas variações possíveis, com diferentes escolhas de combustível nuclear, moderador e refrigerante, de maneira que a descrição feita a seguir tem caráter genérico e não se refere a nenhum tipo específico de usina nuclear, segundo Resende (2021).

- **Estrutura reator nuclear:** Núcleo/Cerne, Vaso de contenção, Combustíveis, Moderador, Barras de controle, Trocador calor/ gerador de vapor, Turbina, Gerador, Condensador;
- **Núcleo do Reator:** Dentro do reator estão os elementos de combustível, moderadores (se houver) e hastes de controle. O núcleo ou também conhecido como núcleo é instalado dentro do vaso de pressão e sua função é conter o refrigerante e fornece suporte mecânico ao núcleo;
- **Elementos Combustíveis:** Barras contendo urânio, chamadas barras de combustível. As hastes são fechadas para evitar que as substâncias que contêm (urânio e elementos produzidos por fissão) escapem e para suportar altas temperaturas;
- **Moderadores:** Moderadores como água (leve ou pesada) ou grafite têm o efeito de diminuir a velocidade dos nêutrons nas reações de fissão nuclear;
- **Barras de controle:** geralmente são feitas de cádmio, um material que absorve nêutrons para controlar a reação em cadeia da fissão nuclear;
- **Geradores de vapor:** São grandes trocadores de calor verticais que são usados para converter água em vapor a partir do calor produzido por reatores nucleares;
- **Turbina a vapor:** É um dispositivo que converte a energia térmica do vapor pressurizado em trabalho mecânico;
- **Gerador:** A energia mecânica produzida pela turbina é convertida em energia elétrica;



- **Condensador:** Ao sair da turbina, uma mistura contendo vapor e água passa pelo condensador, que é o componente onde o vapor restante é resfriado e condensado de volta à água. Vaso de pressão: contém o refrigerante e fornece suporte mecânico para o núcleo, além de ser uma das barreiras de segurança para o reator, pois evita que a radiação saia do ambiente.

#### 2.1.1.1. TIPOS DE REATORES NUCLEARES NO MUNDO

Segundo a World Nuclear Association (2022), um reator nuclear produz e controla a liberação de energia da divisão dos átomos de certos elementos. Em um reator de energia nuclear, a energia liberada é usada como calor para produzir vapor para gerar eletricidade. Os princípios para o uso de energia nuclear para produzir eletricidade são os mesmos para a maioria dos tipos de reator. A energia liberada da fissão contínua dos átomos do combustível é aproveitada como calor em um gás ou água e é usada para produzir vapor. O vapor é usado para acionar as turbinas que produzem eletricidade (como na maioria das usinas de combustível fóssil) (WNA, 2022).

- **PWR (PRESSURIZED WATER REACTOR):** O reator de água pressurizada é o reator nuclear mais utilizado no mundo, devido a segurança intrínseca. Com mais de 200 reatores deste tipo, nenhum deles ocorreu um acidente radioativo com vítimas. O combustível nuclear utilizado é o urânio enriquecido na forma de óxido e o moderador e o refrigerante usados podem ser água ou grafite. A energia térmica gerada pelo núcleo do reator é transportada pela água de resfriamento que circula sob alta pressão para um trocador de calor. O reator parte do princípio de que a água submetida a alta pressão pode evaporar sem atingir o ponto de ebulição.

No trocador, o vapor é resfriado e condensado e retorna ao reator no estado líquido. Na troca, o calor passa para um circuito de água secundário, e a água desse circuito secundário é convertida em vapor de alta pressão, que será usado para acionar as turbinas a vapor, fornecendo energia mecânica para acionar o gerador elétrico e obter eletricidade (PLANAS, 2012).

- **BWR (BOILING WATER REACTOR):** O reator de água fervente também é usado com frequência. Desenvolvido principalmente nos Estados Unidos, Suécia e Alemanha Ocidental, esse tipo de reator nuclear usa água como refrigerante e

moderador de nêutrons. O combustível nuclear utilizado é o urânio enriquecido na forma de óxido, o que facilita a geração de fissões nucleares. A energia térmica gerada por reações em cadeia de fissão nuclear é usada para ferver a água. O vapor produzido é alimentado em uma turbina que aciona um gerador elétrico. O vapor que sai da turbina passa por um condensador, onde é transformado novamente em água líquida para repetir o ciclo (PLANAS, 2012).

- **GCR (GAS COOLED REACTOR):** A tecnologia desse tipo de reator foi desenvolvida na França e no Reino Unido. O reator de grafite de gás de urânio natural é um tipo de reator nuclear que usa urânio natural na forma de metal como combustível nuclear. O combustível é introduzido em tubos de uma liga de magnésio chamada *magnox*. O moderador de nêutrons usado é o grafite. O resfriador térmico é o gás, especificamente dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) (PLANAS, 2012).
- **AGR (ADVANCED GAS REACTOR):** O reator de gás avançado foi desenvolvido a partir do reator nuclear de urânio-grafite-gás natural. As principais diferenças são: i) combustível nuclear na forma de óxido de urânio enriquecido, introduzido em tubos de aço inoxidável; ii) vaso de concreto protendido, contém no interior os trocadores de calor (PLANAS, 2012).
- **HTGCR (HIGH TEMPERATURE GAS-COOLED REACTOR):** O reator nuclear resfriado a gás de temperatura elevada é uma evolução dos reatores nucleares resfriados a gás. As diferenças em relação ao reator de gás nuclear avançado (AGR) ocorrem devido ao hélio ser substituído por dióxido de carbono como refrigerante, a utilização do combustível cerâmico em vez de combustível metálico e as temperaturas do gás serem muito mais altas (PLANAS, 2012).
- **HWR (HEAVY WATER REACTOR):** O reator nuclear de água pesada foi desenvolvido principalmente no Canadá. O combustível utilizado para a obtenção de energia nuclear é o urânio natural na forma de óxido, que é inserido em tubos de zircônio ligado. Faz-se o uso de água pesada como moderador e refrigerante. Os tubos de combustível nuclear são inseridos em um recipiente contendo o moderador. O refrigerante é mantido sob pressão para manter seu estado líquido e o vapor é produzido em trocadores de calor por onde circula a

água leve. Uma variante desse tipo de reator nuclear é o CANDU, popular no Canadá (PLANAS, 2012).

- **FBR (FAST BREED REACTOR):** Os reatores rápidos não utilizam um moderador de nêutrons, ou seja, a maioria das fissões nucleares são produzidas por nêutrons rápidos. O núcleo consiste em uma zona físsil, circundada por uma zona fértil na qual o urânio natural é transformado em plutônio. O refrigerante é o sódio líquido e o vapor é produzido em trocadores de calor (PLANAS, 2012).

De acordo com a World Nuclear.org (2022), existem cerca de 440 reatores nucleares operando em 32 países. Em 2021, eles forneceram 2.653 TWh, cerca de 10% da eletricidade mundial. Atualmente, cerca de 55 reatores de energia estão sendo construídos em 15 países, principalmente China, Índia, Rússia e Emirados Árabes Unidos. Na edição de 2021, O World Energy Outlook (WEO 2021), espera-se um crescimento da capacidade nuclear instalada de mais de 26% de 2020 a 2050 (atingindo cerca de 525 GWe) (WN.ORG, 2022).

## 2.2. APLICAÇÕES DA ENERGIA NUCLEAR

O cenário atual das diferentes usinas espalhadas pelo mundo prevê uma capacidade total de geração de 17.844 GWe até 2050, com o aumento fortemente concentrado na Ásia, em particular na Índia e na China. Nesse cenário, a contribuição da energia nuclear para a geração global de energia é de cerca de 8% em 2050 (WN.ORG, 2022).

Entre as aplicações da energia nuclear, o foco maior, atualmente é a geração de energia elétrica, uma vez que trata-se de energia limpa de fonte renovável. Há ainda outros usos da energia nuclear. Motter (2019) aponta as seguintes aplicações:

- **Dessalinização da água do mar:** A dessalinização da água do mar com reatores nucleares já está sendo usada em Israel. Quando o reator é usado em conjunto com um sistema de dessalinização, o calor gerado evapora a água do mar, separando-a do sal. O vapor é então condensado em água limpa. Dessa forma, o processo pode ser utilizado tanto para abastecimento de água quanto para geração de energia, permitindo melhor aproveitamento dos recursos.

- **Conservação de frutas:** A vida útil de frutas frescas, grãos e vegetais sob irradiação pode ser até três vezes maior porque o uso de energia nuclear aumenta a vida útil dos alimentos, impede a germinação e retarda o amadurecimento (Motter, 2019).
- **Produção de Alimentos:** Desenvolver variedades mais tolerantes à seca e mais capazes de lidar com o estresse hídrico.
- **Análise Estrutural:** Existem muitas aplicações na indústria, como a análise de grandes estruturas, onde a radiografia de nêutrons pode ser utilizada. Os nêutrons, obtidos pela interação de radioisótopos, penetram na matéria e emitem raios X, mostrando como os átomos estão organizados. A tecnologia pode ser aplicada a grandes estruturas metálicas ou de concreto, como edifícios.
- **Exploração espacial:** Os motores de foguete podem ser desenvolvidos usando tecnologia nuclear, conhecida como foguetes termonucleares.
- **Medicina Nuclear:** Na medicina nuclear, os radioisótopos são usados como traçadores da atividade metabólica em exames como a cintilografia, que pode visualizar órgãos e ajudar a diagnosticar doenças ósseas, tireoidianas, respiratórias e do trato urinário.
- **Controle de Pragas:** O controle de pragas ocorre em laboratório, gerando machos estéreis por meio de irradiação nuclear. Quando machos estéreis são liberados no campo, eles competem com os nativos e acasalam com as fêmeas, que por sua vez produzem ovos estéreis, ou seja, sem larvas que prejudiquem o fruto.

Ao contrário das usinas movidas a combustível fóssil, os reatores nucleares não produzem poluição do ar ou dióxido de carbono durante a operação. No entanto, os processos de mineração e refino de minério de urânio e fabricação de combustível de reator exigem grandes quantidades de energia. As usinas nucleares também têm grandes quantidades de metal e concreto, que exigem grandes quantidades de energia para serem fabricadas. Se os combustíveis fósseis são usados para mineração e refino de minério de urânio, ou se os combustíveis fósseis são usados na construção da usina nuclear, então as emissões da queima desses combustíveis podem estar associadas à eletricidade que as usinas nucleares geram (EIA, s/d).

Uma grande preocupação ambiental relacionada à energia nuclear é a criação de resíduos radioativos, como rejeitos de usinas de urânio, combustível de reator gasto (usado) e outros resíduos radioativos. Esses materiais podem permanecer radioativos e



perigosos para a saúde humana por milhares de anos. Os resíduos radioativos estão sujeitos a regulamentos especiais que regem seu manuseio, transporte, armazenamento e descarte para proteger a saúde humana e o meio ambiente (EIA, s/d)

### 3. (IN)SEGURANÇA NAS USINAS NUCLEARES

#### 3.1. ACIDENTES HISTÓRICOS EM USINAS NUCLEARES NO MUNDO

##### 3.1.1. CHERNOBYL

A usina de Chernobyl recebeu uma ordem da comissão estadual sobre o uso de energia atômica e realizou a manutenção de rotina do reator nº 4 em 25 de abril de 1986. Aproveitando a oportunidade, seriam realizadas inspeções de desempenho de capacidade de refrigeração quando faltasse energia (CASTILHO; SUGUIMOTO, 2014).

A usina era um símbolo do progresso soviético, mas acabou sendo um símbolo de tragédia. Em 25 de abril de 1986, o reator nº 4 seria desligado para manutenção, o que facilitaria testes para mostrar se os geradores do reator podem gerar energia suficiente para manter as bombas funcionando em caso de falha externa. A potência de saída do Reator 4 foi reduzida para perto do mínimo recomendado para segurança. As hastes de controle foram removidas do reator e 204 das 211 hastes de controle foram removidas. Na madrugada de 26 de abril de 1986, a bomba d'água acionada pelo gerador foi acionada, a vazão de água era maior que o valor permitido pelas normas de segurança, e o painel de controle do reator não refletia instabilidade, de modo que o operador não sabia que havia um perigo. A turbina a vapor é desconectada, aumentando o nível de vapor em seu núcleo, de modo que a saída de vapor é bastante aumentada (LIMA *et al.*, 2020).

À medida que a fissão aumenta, a temperatura do núcleo do reator aumenta, assim como sua deformação. O líder da equipe, Anatoly Kurguza, ordenou então a instalação das hastes de controle, que, embora feitas de boro, mas com grafite nas pontas, aumentaram o desempenho de 7% para 50% em apenas 3 segundos ao penetrar no núcleo. As hastes começaram a derreter e a pressão do vapor aumentou, fazendo com que o vapor explodisse, destruindo a tampa do reator e abrindo um buraco no teto da fábrica. O oxigênio do ambiente entrou no reator e interagiu com os elementos presentes nele, alimentando o incêndio de 10 dias e ajudando a espalhar material radioativo, contaminando a área circundante (LIMA *et al.*, 2020).

### 3.1.2. FUKUSHIMA

Em 11 de março de 2011, um terremoto e tsunami atingiram o nordeste do Japão (uma região industrial densamente povoada), causando sérios problemas em três dos seis reatores nucleares da usina nuclear de Fukushima. O desastre foi classificado como nível 2, com os maiores problemas relacionados à perda de resfriamento do reator e da piscina, onde os elementos radioativos derreteram após a explosão do hidrogênio e foram liberados no meio ambiente em altos níveis de radioatividade o ar liberado na atmosfera também foi despejada no mar.

A limpeza da usina acidentada, deverá levar 4 décadas para ser reparada, o que é um tempo bastante longo. Destaca-se que mesmo depois de dois anos e meio após o acidente, foi possível verificar os vestígios deixados pela explosão dos reatores do complexo, pois foram constatados vazamentos de material radioativo e água contaminada no Oceano Pacífico (CUNHA; ANJOS, 2015).

### 3.1.3. THREE MILES ISLAND

O acidente de Three Mile Island ocorreu em 28 de março nos Estados Unidos em 1979, quando o reator de água leve pressurizada de 900 MWe (PWR) funcionava com 97% de potência. Este é o produto de um erro operacional (não foi fechado uma válvula de segurança), não pode ser lido na instrumentação, resultando em perda de muito líquido de arrefecimento primário e consequentemente o superaquecimento do núcleo que danificou o reator.

Quando o núcleo de um reator de água leve pressurizada derreteu devido a um defeito no sistema de resfriamento e erro humano do operador do reator resultou na liberação de material radioativo na atmosfera. Embora o número fosse pequeno, o acidente causou alguns danos e causou grande preocupação aos moradores do entorno, e a expansão da energia nuclear foi severamente abalada pelo ocorrido (GOLDENBERG, 2011).

Uma série de falhas ocorreu em segundos, e muitos acharam suas interações inexplicáveis. Porém não houve contaminação radioativa e nenhuma morte, mas tornou o reator inseguro (KAMIOJI, 2021).

Ao pesquisar os fatos que levaram os grandes acidentes a acontecerem nas usinas nucleares, podemos concluir que, cada um teve suas peculiaridades e causas. No



caso do acidente de Fukushima, a causa principal do acidente foi um terremoto e um tsunami que atingiram a região em que se localizava a usina nuclear. Já no acidente de Chernobyl e Three Miles Island a falha humana foi uma das causas. É preciso ter uma alta atenção ao pensar em métodos de segurança e prevenção de acidentes dentro das usinas, uma vez que eles levaram outras grandes usinas ao seu fim. Um deles é bem possível de ser evitado quase que em sua totalidade, que seria a falha humana, criando métodos, regras e bons treinamentos para todos os colaboradores e integrantes da equipe de uma usina. Já o outro ponto em questão que seria o fator desastre natural, já é algo mais difícil de se prever.

### 3.1.4. SEGURANÇA NAS USINAS NUCLEARES

Diversos sistemas de segurança estão em funcionamento nas usinas nucleares, podendo ser acionadas automaticamente em caso de acidente. Isso inclui iniciar o resfriamento do reator, bem como desligar a planta. As usinas possuem duas barreiras físicas que protegem os reatores internos, feitas de aço e concreto. Essas paredes protegem as plantas de elementos externos, desde explosões, inundações, marés e terremotos, bem como do aumento da pressão dentro da própria planta.

Outro princípio considerado é o de defesa em profundidade, ou seja, barreiras em série. Destaca-se os diferentes tipos de defesa em uma usina nuclear, sendo eles:

- **Projetos** – Esse conjunto de barreiras inclui cuidados a serem tomados antes mesmo da escolha do local para a construção da usina. É feita uma análise de todos os possíveis riscos inerentes ao empreendimento, mesmo os mais improváveis, como terremotos ou queda de um avião em uma instalação nuclear (ELETRONUCLEAR, 2022).
- **Físico** – Esta categoria inclui todas as medidas de proteção utilizadas para controlar ou minimizar os níveis de radiação inerentes à operação de reatores nucleares. Esses obstáculos vão desde a estrutura molecular das próprias pastilhas de combustível até as grossas paredes de aço e concreto que cercam todo o circuito principal da usina (ELETRONUCLEAR, 2022).
- **Procedimental** - Essas barreiras garantem a segurança do trabalho humano e sua interação com as máquinas, estabelecendo procedimentos de trabalho e gestão e operações. Esta categoria inclui itens como planos de inspeção de rotina,

procedimentos de trabalho e processos de avaliação interna e externa (ELETRONUCLEAR, 2022).

- Organizacionais – Possui controles legais e institucionais relacionados à segurança. Eles incluem leis nacionais e internacionais específicas, a existência de órgãos reguladores – no Brasil a Comissão Nacional de Energia Nuclear (Cnen) – e acordos com agências nacionais e internacionais. Além disso, a Política de Gestão Integral da Segurança da Eletrobras Eletronuclear afirma que a segurança nuclear é mais importante do que a produtividade ou economia de uma empresa. Este é um compromisso que envolve todos os colaboradores da organização e se traduz numa forte cultura de segurança (ELETRONUCLEAR, 2022).

Existem, ainda, leis que garantem a segurança provida das usinas nucleares, como a autarquia federal com a criação da Autoridade Nacional de Segurança Nuclear (ANSN), prevista na Lei 14.222, de 2021, publicada no Diário Oficial da União. As funções estabelecidas pela entidade vão além de monitorar, regular e fiscalizar as atividades e instalações nucleares do país. As autoridades designaram também o desenvolvimento de normas sobre segurança nuclear, proteção contra radiação e segurança física das atividades e instalações nucleares, de acordo com as normas estabelecidas pelo poder executivo com base na classificação da Comissão Nacional de Energia Nuclear (Cnen) (AGÊNCIA SENADO, 2021).

### 3.1.5. LEGISLAÇÃO NACIONAL E INTERNACIONAL

#### 3.1.5.1. LEGISLAÇÃO NACIONAL

Uma vez estabelecido o monopólio da União sobre as atividades nucleares, meios infraconstitucionais criaram instituições e definiram atribuições necessárias para o seu exercício. A legislação vigente, pode-se afirmar que as grandes agências responsáveis pelo exercício do poder de monopólio são a CNEN, INB e ELETRONUCLEAR. A lei 6.189/1974, alterada pela Lei 7.781/1989, dispõe em seu artigo primeiro que, a união exercerá o monopólio das atividades nucleares por meio da CNEN, com as atribuições e deveres de orientar, planejar, supervisionar, inspecionar e realizar pesquisas científicas, através da Nuclebras e suas subsidiárias como agências de aplicação da lei .

As definições de fissão e reservas de minérios férteis e nucleares são determinadas pela cláusula dos Artigos 7º, 8º, 10 a 15 e 17 da Lei nº 6.189/74. O artigo 19.º prevê, por outro lado, que a comercialização de material nuclear é uma questão da CNEN e suas subsidiárias e holdings (BARBOSA, 2009).

Já a Companhia Brasileira de Tecnologia Nuclear (CBTN) tem como foco a realização de atividades relacionadas ao ciclo do combustível nuclear, incluindo mineração de urânio, produção de concentrados, conversão ao estado gasoso, concentração, conversão ao estado sólido, produção e reprocessamento Combustível nuclear (BARBOSA, 2009).

A Lei 14.222/21, atualizou todas as anteriores, pois criou a Autoridade Nacional de Segurança Nuclear (ANSN); alterou as Leis 4.118, de 27 de agosto de 1962, 6.189, de 16 de dezembro de 1974, 6.453, de 17 de outubro de 1977, 9.765, de 17 de dezembro de 1998, 8.691, de 28 de julho de 1993, e 10.308, de 20 de novembro de 2001; e revogou a Lei nº 13.976, de 7 de janeiro de 2020. Em seu artigo 1º. lê-se:

Fica criada a Autoridade Nacional de Segurança Nuclear (ANSN), autarquia federal com patrimônio próprio, autonomia administrativa, técnica e financeira, com sede e foro na cidade do Rio de Janeiro, Estado do Rio de Janeiro, e atuação no território nacional, sem aumento de despesa, por cisão da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) (BRASIL, 2021).

Essa autarquia, ainda segundo o mesmo documento legal, em seu artigo 2º.:

tem como finalidade institucional monitorar, regular e fiscalizar a segurança nuclear e a proteção radiológica das atividades e das instalações nucleares, materiais nucleares e fontes de radiação no território nacional, nos termos do disposto na Política Nuclear Brasileira e nas diretrizes do governo federal (Idem, ib.).

### 3.1.5.2. LEGISLAÇÃO INTERNACIONAL

A legislação internacional consiste em instrumentos como acordos bilaterais ou multilaterais que o Brasil aderiu à ratificação. Esses instrumentos são desenvolvidos por meio de acordos, tratados ou convenções, firmados com parceiros ou em fóruns internacionais para regular determinada atividade.

Alguns exemplos são:

- O Tratado de Tlatelolco, que proíbe armas nucleares América Latina, regulamentando a posse e uso de materiais sensíveis à segurança, em incluindo certos tipos de rejeitos;

- A Convenção de Notificação de Acidentes Nucleares, na qual exige que o país relate a ocorrência de acidentes nucleares;
- A convenção de Assistência a Acidentes Nucleares ou Emergência radiológica, que exige suprimentos e assistência técnica ao país em uma emergência radiológica;
- A convenção referente ao meio ambiente marinho, que fala sobre o descarte dos resíduos radioativos no mar (BARBOSA, 2009).

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho de pesquisa tinha como objetivos descrever o funcionamento de uma usina nuclear, suas tecnologias e peculiaridades, e estudar o contexto histórico dos acidentes já ocorridos nas últimas décadas; assim como estudar sua regulamentação para segurança no Brasil e no mundo. Entende-se que esses objetivos foram atingidos à medida que se pode perceber que o avanço na construção de usinas nucleares vem atingindo os países mais ricos e que ações a fim de se estabelecer parâmetros de segurança desde a construção até seu uso diário a partir de exemplos como os acidentes de Three Mile Island, Chernobyl e Fukushima.

Conclui-se que apesar de ser associados seu uso a guerras, a energia nuclear tem diversas aplicações importantes são bons exemplos: a conservação de frutas, dessalinização da água do mar, produção agrícola, análise estrutural, exploração espacial, medicina nuclear e controle de pragas, e muito provavelmente a geração de energia elétrica a partir de fontes renováveis e redução das emissões de dióxido de carbono.

Este trabalho tem limitações, uma vez que o assunto aqui escolhido necessita de muitos detalhamentos em diferentes níveis da ciência.

#### REFERÊNCIAS

- BARBOSA, José. Contribuição à legislação brasileira no setor de energia nuclear. **Dissertação de Mestrado**. Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares. São Paulo. Setembro, 2009.
- BRASIL. **Lei 14.222 de 15 de outubro de 2021**. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2019-2022/2021/Lei/L14222.htm#art34](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2021/Lei/L14222.htm#art34). Acesso em 07.09.2022.

BRASIL. **Lei 7781 de 27 de junho de 1989.** Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l7781.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l7781.htm). Acesso em: 07.09.2022.

BRASIL. Senado Federal. Lei cria autoridade nacional de segurança nuclear. **Agência Senado.** Disponível em: <https://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2021/10/18/lei-cria-autoridade-nacional-de-seguranca-nuclear>. Acesso em: 08.09.2022.

CARDOSO, E.M. *et al.* **Energia nuclear.** Rio de Janeiro, v. 3, 2012.

CASTILHO, M.; SUGUIMOTO, D.. CHERNOBYL - A CATÁSTROFE. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, Três Corações, v. 12, n. 2, p. 316-322. Agosto/Dezembro, 2014.

CUNHA, C.; ANJOS, J. Análise da matriz energética nuclear mundial e brasileira antes e após o acidente na central nuclear de Fukushima, Japão. **Revista Eletrônica de Energia.** Salvador v. 5, n. 2, p. 79-89. Julho./Dezembro, 2015.

RESENDE, M.J.C. Energia Nuclear: Importância, Conceitos Químicos e Estrutura das Usinas Nucleares. **Revista Virtual de Química (PROFQUI)**. v. 13 n. 3. 2021.

GONÇALVES, O.D.; ALMEIDA, I.P.S. de. A energia nuclear. **Ciência hoje**, v. 37, n. 220, p. 36-44, 2005.

GOLDEMBERG, J. **O futuro da energia nuclear.** Revista USP, n. 91, p. 6-15, 2011. 

IEA. World energy balances, **IEA World Energy Statistics and Balances** (database). 2014. DOI: <http://dx.doi.org.ezproxy.lib.ucalgary.ca/10.1787/data-00512-en>

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY.. What is nuclear energy – the Science of nuclear power. **IAEA** Disponível em: <https://www.iaea.org/newscenter/news/what-is-nuclear-energy-the-science-of-nuclear-power>. Acesso em 07.09.2022.

KAMIOJI, M.I. O medo da energia nuclear – Energia nuclear, segurança e medo: o discurso do Jornal Folha de São Paulo na história das usinas nucleares (1979-2013). **Tese** (Doutorado em História Social) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas USP. 2021.

LENZEN, M. Life cycle energy and greenhouse gas emissions of nuclear energy: A review. **Energy Conversion and Management.** Volume 49, Issue 8, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2008.01.033>.

LIMA,Y.; MELO, G.; CARNEIRO, P.; ANDRADE, M. Acidente nuclear de Chernobyl: os efeitos biológicos da radiação. **Ciências Biológicas e de Saúde.** Unit. Aracaju. v. 6, n. 1, p. 107-120. Março, 2020.

MOTTER, A. 11 utilidades da Energia nuclear. **Revista arco jornalismo científico e cultural.** Santa Catarina. Santa Maria. Agosto, 2018.

NATHANIEL, S.P., ALAM, M.S., MURSHED, M. *et al.* The roles of nuclear energy, renewable energy, and economic growth in the abatement of carbon dioxide emissions in the G7 countries. **Environ Sci Pollut Res** **28**, 47957–47972 (2021). <https://doi.org/10.1007/s11356-021-13728-6>

PLANAS, O. Energia Nuclear: Tipos de reatores nucleares. PT-ENERGIA NUCLEAR.NET. Agosto, 2012. Disponível em: <https://pt.energia-nuclear.net/blog>. Acesso em: 07.09.2022.

PLANS FOR NEW REACTORS WORLDWIDE. **World Nuclear Association**. 2022. Disponível em: <https://world-nuclear.org/information-library/current-and-future-generation/plans-for-new-reactors-worldwide.aspx>. Acesso em: 07.09.2022.

POLÍTICA DE SEGURANÇA NUCLEAR. Eletronuclear. Disponível em: <https://www.eletronuclear.gov.br/Seguranca/Paginas/Politica-de-Seguranca-Nuclear.aspx>. Acesso em: 10.08.2022.

SEGURANÇA NUCLEAR. Eletronuclear. Disponível em: <https://www.eletronuclear.gov.br/Seguranca/Paginas/Seguranca-Nuclear.aspx>. Acesso em: 23.08.2022.

U.S. Energy Information and Administration. **EIA**. Nuclear Plants. Disponível em: <https://www.eia.gov/energyexplained/nuclear/nuclear-power-plants.php>. Acesso em 07.09.2022.

WORLD NUCLEAR ASSOCIATION. Nuclear power reactors. <https://www.world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/nuclear-power-reactors/nuclear-power-reactors.aspx>.



## SABERES DA NATUREZA: A CONTRIBUIÇÃO DOS INDÍGENAS TERENA PARA A EDUCAÇÃO AMBIENTAL

KNOWLEDGE OF NATURE: THE TERENA INDIGENOUS PEOPLE'S CONTRIBUTION TO ENVIRONMENTAL EDUCATION

DOI: 10.51859/AMPLA.MAS2407-10

Elisangela Castedo Maria do Nascimento <sup>1</sup>  
Heitor Queiroz de Medeiros <sup>2</sup>

Trabalho apresentado no IX Seminário Internacional Fronteiras Étnico-culturais e Exclusão – Diferença, Democracia e Resistência.

<sup>1</sup> Pós-doutoranda em Educação, Doutora em Educação com ênfase em Educação Ambiental, responsável pelo Educativo no Arquivo Público Estadual/Fundação de Cultura de Mato Grosso;

<sup>2</sup> Pós-doutor em Educação, Doutor em Ciências - Ecologia e Recursos Naturais, Professor na Universidade Católica Dom Bosco (UCDB) no Programa de Pós-graduação em Educação.

### RESUMO

Este artigo é resultado de parte dos dados produzidos na pesquisa de doutorado intitulada Saberes Indígenas e Educação Ambiental: aprendendo com os Terena da aldeia Lagoinha no Município de Aquidauana - Mato Grosso do Sul. O objetivo desse artigo foi compreender o que é *natureza* para os indígenas Terena e qual a relação deles com ela, numa tentativa de construir uma Educação Ambiental que valorize os conhecimentos das sociedades detentoras de conhecimentos tradicionais. Para essa compreensão dialogamos com autores Pós-Coloniais e dos Estudos Culturais numa tentativa de construir uma Educação Ambiental que valorize os conhecimentos das sociedades detentoras de conhecimentos tradicionais. Os dados foram produzidos pelo método da história oral. As narrativas foram gravadas, transcritas e interpretadas à luz dos teóricos Pós-Coloniais e dos Estudos Culturais.

**Palavras chave:** Natureza, saberes tradicionais, educação ambiental.

### ABSTRACT

This article is the result of part of the data produced in the doctoral research entitled Indigenous Knowledge and Environmental Education: learning from the Terena of the Lagoinha village in the Municipality of Aquidauana - Mato Grosso do Sul. The objective of this article was to understand what nature is for the Terena indigenous people and what is their relationship with it, in an attempt to build an Environmental Education that values the knowledge of societies that hold traditional knowledge. For this understanding, we dialogue with Post-Colonial and Cultural Studies authors in an attempt to build an Environmental Education that values the knowledge of societies that hold traditional knowledge. Data were produced using the oral history method. The narratives were recorded, transcribed and interpreted in the light of Post-Colonial and Cultural Studies theorists.

**Keywords:** Nature, traditional knowledge, environmental education.

## 1. INTRODUÇÃO

Neste artigo trazemos a compreensão dos indígenas Terena sobre a natureza na tentativa de traçar novos caminhos de auxílio para a Educação Ambiental ocidental. Fizemos um diálogo das teorias Pós-Coloniais e Estudos Culturais (EC) com os pressupostos da Educação Ambiental (EA) na análise dos dados produzidos. Buscamos resgatar e valorizar os saberes tradicionais indígenas como significativos para a conservação do meio ambiente assim como na formação de sociedades sustentáveis, visto que a modernidade produziu uma natureza com valor de mercadoria e separada do ser humano.

A nossa história nos conta que chegamos ao ponto de pensar que para ser civilizado havia necessidade de dominar a Natureza. A partir do momento que o homem é colocado como o dominador da Natureza, esse mesmo homem deixa de ser natural, deixa de fazer parte da Natureza. Gonçalves (2006) acredita que se o homem é parte da natureza não se pode falar em dominá-la, a não ser que ao dominar a Natureza o homem também domine a sua própria espécie, e a história já mostrou que isso é possível e muito desastroso<sup>1</sup>. Desde meados do século XX se tem estudado os impactos antrópicos sobre o meio ambiente. O estilo de vida do ser humano, baseado na lógica capitalista do consumo, é uma ameaça ao planeta.

Dessa forma, justificamos a relevância desse artigo, como uma tentativa de visibilizar a importância dos conhecimentos tradicionais indígenas para conservação da vida humana e de outras espécies, sobre a terra, baseada num estilo de vida que é sustentável pois estruturada a partir de uma relação de respeito com a diversidade de formas de vida presente no planeta, ou seja, com respeito toda forma de ser.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Optamos por realizar uma pesquisa qualitativa na busca da compreensão da relação ambiental do Terena com a natureza. Além de qualitativa, a pesquisa foi fundamentada nos teóricos pós-críticos que utilizam procedimentos metodológicos para produção de conhecimento que objetivam desconstruir discursos hegemônicos e possibilitar a transformação educacional e social. Usamos método da História Oral que

---

<sup>1</sup> O Holocausto é um exemplo.

está intimamente relacionada aos Estudos Culturais, visto que, seu nascimento está ligado a dar voz aos licenciados pela colonialidade.

Meihy (2000, p. 85) chama de “história oral os processos decorrentes de entrevistas gravadas, transcritas e colocadas a público segundo critérios predeterminados pela existência de um projeto estabelecido”. Brand (2000, p. 196) entende que “são técnicas de registro e interpretação das evidências orais ou da memória individuais ou coletivas, transmitidas oralmente”. Optamos pela história oral pelo fato da oralidade ser a base de toda forma de conhecimento e também por ser uma característica forte dos indígenas, visto que, não possuíam a escrita e todo conhecimento era repassado nas gerações pela oralidade, fortemente presente até hoje, também pelo fato da história oral ser uma forma de dar voz aos silenciados pelo colonialismo.

Entrevistamos no total doze anciãos com idades a partir de 59 anos, seis pessoas com idade entre 40 anos e 50 anos, quatro pessoas com idades entre 25 e 40 anos. Entre estes temos dez mulheres e doze homens entrevistados. Entre os entrevistados tivemos seis artesãos e três pessoas da liderança. Ouvimos as histórias contadas pelos anciãos sobre a cosmologia Terena, com intuito de compreender a relação com a natureza.

### 3. NATUREZA PARA A SOCIEDADE OCIDENTAL

Na **Idade Moderna**, as separações ou partições do mundo real se dão concretamente com o desenvolvimento das ciências modernas, pois ocorre a “ruptura ontológica entre corpo e mente, entre razão e o mundo” (LANDER, 2005, p. 9), ou seja, a partir desse momento o mundo está morto porque já não tem uma ordem significativa. O homem não se encontra mais em sintonia com o cosmos como na antiguidade, para o homem moderno, por meio da razão, o mundo passa ser entendido por meio de conceitos mecânicos, pois este é entendido como um mecanismo em Descartes. Quem inicia esse processo de separação é Kant quando fala em natureza interior e exterior. Já Francis Bacon compreendia a natureza como exterior à sociedade, pois a relação entre elas era mecânica onde o homem exercia o domínio da natureza pela mecânica de Descartes. A ideia de Bacon só não era considerada arbitrária porque ele já vivenciava a conexão entre indústria e ciência, onde a mecânica já estava a serviço da produção para aumentar a produtividade por meio do trabalho (OLIVEIRA, 2002).

Na **Idade Contemporânea**, o termo Natureza foi quase substituída pelo termo “vida” e a vida foi praticamente reduzida a moléculas de DNA pela biologia molecular. No campo das ciências naturais, a Natureza foi reduzida à ambiente ou meio ambiente. Com relação à vida, a Teoria da Evolução de Darwin e o desenvolvimento da biologia fizeram muitos naturalistas, biólogos antropólogos sociólogos e filósofos se indagarem se somos seres naturais ou históricos e como a cultura interfere na forma de enxergar a Natureza (MEDEIROS, 2002). Gonçalves (2006), faz a reflexão sobre o conceito de Natureza não ser natural, já que foi criada pelo homem é uma construção social. Sendo uma construção social toda sociedade, a partir de sua cultura, tem sua própria ideia de Natureza. Para Gonçalves foi a agricultura que proporcionou ao homem a ideia de domínio da Natureza.

Dominar a Natureza é estar num nível acima, é estar civilizado, sendo necessária leis para não se retornar ao primitivo, ao lugar dos instintos, à “lei da selva”. Dessa forma, o Estado é necessário para ordenar a sociedade, mas é inconsistente tal ideia quando se olha para a leis e ordens dos Estados o que se vê é “fome, guerras, opressões e violências de todos os tipos que eles mesmos instituíram em nome da civilização” (PORTO GONÇALVES, 2006, p. 26). O autor ainda considera que conceito de Natureza justifica a existência do Estado, pois são considerados primitivos os povos que não estão sob a tutela do Estado. Neste sentido para ser civilizado é preciso dominar a Natureza e a partir do momento que o homem é colocado como o dominador da Natureza, esse mesmo homem deixa de ser natural, deixa de fazer parte da Natureza. Para o autor, esse domínio sobre a Natureza faz dela o objeto e do homem o sujeito, mas o homem pode ser sujeito (o que age) e pode ser sujeitoado (o que se submete) dependendo da situação.

Separaram o homem de suas condições naturais de existência e ignoraram que a prática humana está ligada à sua história. “A natureza, nesse contexto, está baseada no que concebemos sobre a sociedade. Se a história nos revela domínio, a biodiversidade estará ameaçada” (JUNIOR e SATO, 2006, p. 127). A sociedade Contemporânea possui uma organização de relações fundamentadas no trabalho, que é um processo de produção e reprodução de mercadorias. Quando Natureza e homem passam a fazer parte do circuito produtivo, o capital se expandiu (OLIVEIRA, 2002). Quando o capital induz o aumento da produtividade do trabalho, aumenta também a



exploração do trabalho e da Natureza provocando a destruição da mesma e o desequilíbrio ecológico.

Com relação ao controle do homem sobre a Natureza compartilhamos da mesma ideia de Gonçalves (2006), visto que, vivemos neste ano (2020), a pandemia que tem demonstrado a superioridade da Natureza frente a insignificância do homem.

Na plena era do Capitaloceno<sup>1</sup>, a Covid-19 é apenas uma parte de uma dramaticidade maior. A destruição da natureza e os desequilíbrios ecológicos são alguns dos fatores que mais contribuem para aumentar a proliferação de doenças causadas por vírus. Isso porque eles vivem em animais silvestres (hospedeiros) e com o aumento das populações humanas invadindo áreas naturais, cada vez mais se tem a possibilidade de contato com vírus (SATO, SANTOS e SANCHES, 2020, p. 9).

A proliferação de doenças por vírus é apenas uma das inúmeras consequências do desequilíbrio ecológico, visto que o crescimento da população humana gera a necessidade de aumentar suas áreas de habitação, invadindo as áreas de florestas onde o vírus habita. Sobre isso, os povos considerados primitivos já fazem esse alerta à sociedade dita civilizada já tem um certo tempo, confesso que acho isso hilário para a sociedade ocidental que se julga superior... em ignorância!

#### 4. NATUREZA PARA OS INDÍGENAS

O cacique Orlando Moreira nos contou que a maneira como os Terena vivem hoje é muito diferente, do que era no passado os Terena eram nômades e não haviam problemas ambientais e porque viviam em um extenso território onde caçavam e pescavam. O fato de serem nômades e viver em extenso território, impedia a pressão sobre o ambiente. Assim que os recursos naquele lugar diminuía eles procuravam novos locais, os recursos não eram explorados de forma que se esgotassem e o ambiente se reestabelecia rapidamente. Isso notado por Diegues (2000, p. 241) ao comentar sobre os indígenas da Amazônia:

Os índios movem suas aldeias, campos e expedições de caça para novas áreas quando as localidades próximas se exaurem, já que isso requer menos esforço que ter retorno negativo em seus lugares atuais. O equilíbrio é conseguido, portanto, de forma não intencional, mais por retroalimentação negativa do que por uma preocupação consciente de seu uso excessivo.

<sup>1</sup> Capitaloceno foi um termo criado por Jason W. Morre, historiador ambiental, que optou por essa expressão no lugar de antropoceno, pois acredita que foi o capitalismo que gerou a crise ecológica global (UNESCO 2018).

Dessa forma, o equilíbrio é mais uma questão de ação e reação do que algo pensado, é a lei da natureza, e Darwin já explicava que sobrevive o mais adaptado. Assim como os carnívoros comem suas presas sem se preocupar se amanhã terá ou não a caça, e se não tiver, eles procuram outros locais de caça. Deixamos claro aqui, que não se trata de comparar os indígenas a animais e sim de retratar o comportamento natural de todos os animais, inclusive o homem quando vive com sua naturalidade. Os indígenas nunca em sua origem pensaram em conservação e equilíbrio, primeiro porque não havia destruição ou perdas e segundo porque viviam com o que o ecossistema lhes proporcionava, de forma natural.

Podemos até dizer que a forma de vida que os indígenas levavam no passado tinha sintonia com o ambiente que habitavam, mas não harmonia, como muitos pregam. Porque afirmamos isso? Porque o conceito biológico de relações interespecíficas harmônicas, diz que não pode haver prejuízo para nenhuma das espécies analisadas. Nesse caso, as comunidades tinham a necessidade de matar outras espécies para alimentação, e tal ação, não se encaixa no conceito de harmonia. Mas é muito importante destacar que os ambientes “ocupados por essas comunidades são menos modificados e degradados que as áreas adjacentes [...] suas economias e tecnologias tradicionais são, em geral, ambientalmente apropriadas” (DIEGUES, 2000, p. 239), devido a sua sintonia com o ambiente, e não com relação de harmonia.

Essa sintonia com o ambiente ficou apenas na memória dos Terena, pois não possuem mais seu território original para proporcionar essa sintonia. Não porque escolheram assim, mas porque foram obrigados a mudar para sobreviver. Diferentemente de algumas comunidades na Amazônia que estão tendo a oportunidade de lutar para continuar a viver sua cultura sem interferências.

Os indígenas, enxergam que sua sobrevivência depende dos cuidados com a natureza. Isso é observado nas palavras de Davi Kopenawa (Yanomami), no livro “a queda do céu”. Ele explica como sua etnia enxerga a natureza, e fala sobre as consequências para a existência da humanidade se o homem branco continuar a enxergar a Natureza como morta, como mercadoria e continuar a destruí-la. A Natureza tem nos alertado, nas palavras do xamã, mas a sociedade ocidental continua a não ouvir e a enxergar na Natureza apenas os recursos que ela pode fornecer para gerar riquezas (KOPENAWA e ALBERT, 2015). Para os Yanomami Natureza é a terra, a floresta e os

espíritos da floresta. Os espíritos das florestas são “as inumeráveis imagens das árvores, as das folhas que são seus cabelos e as dos cipós. São também as dos animais e dos peixes, das abelhas, dos jabutis, dos lagartos, das minhocas e até mesmo as dos grandes caracóis warama aka” (KOPENAWA e ALBERT, 2015, p. 475) e somente os xamãs podem ver esses espíritos.

Caso as florestas, morros e serras forem destruídas pelos não indígenas os espíritos perdem suas casas, visto que moram nas montanhas, ficam irritados e vão embora para longe e os humanos ficarão condenados a todos os males e suas máquinas e médicos de nada adiantarão (KOPENAWA e ALBERT, 2015).

É nossa floresta que cria desde sempre os animais e peixes que comemos. Ela alimenta seus filhotes e os faz crescer com os frutos de suas árvores. Ficamos felizes que seja assim. [...]. O valor de fertilidade da terra basta para fazer crescer e amadurecer seu alimento!” Os brancos exterminam os animais com suas espingardas ou os afugentam com suas máquinas. Em seguida queimam as árvores para plantar capim. Depois, quando a riqueza da floresta já desapareceu e nem o capim cresce mais, têm de ir para outro lugar para dar de comer a seu gado faminto (KOPENAWA e ALBERT, 2015, p. 479)

Nesse trecho Kopenawa explica que estão acostumados e adaptados a viver na floresta, comendo o que ela fornece naturalmente deixando claro que não querem mudar seu estilo de vida. Kopenawa vive e respira literalmente a floresta, ele explica nesse trecho a dinâmica da mesma. Ao falar da fertilidade que faz crescer e amadurecer os alimentos que sustentam os animais e seres humanos, ele está se referindo ao ciclo da vida e da matéria, mostra a conexão existente entre os elementos que compõem a Natureza.

Na ecologia, aprendemos que nenhum ser é independente do outro, nem das porções que não tem vida, como a água, a terra, o fogo, ou o ar. Os humanos são ecodpendentes dos ecossistemas e o mal que acontece em um, recairá sobre os outros. Somos elos intrínsecos de uma Terra que carece de toda sua extensão para que continue existindo (SATO, SANTOS e SANCHES, 2020, p. 7)

Kopenawa, Sato e Sanches se utilizam de palavras diferentes para dizerem a mesma coisa. Para que tudo continue existindo todos os elos precisam de proteção. O que a ecologia ensina para os não indígenas, os indígenas já possuem esse conhecimento em sua ancestralidade, ensinamento dado aos indígenas por Omama<sup>1</sup>. Os xamãs Yanomami recebem as orientações para defender as florestas dos espíritos

<sup>1</sup> Deus dos Yanomami.



protetores. “As palavras da ecologia são nossas antigas palavras, as que Omama deu a nossos ancestrais. Os xapiri defendem a floresta desde que ela existe” (KOPENAWA e ALBERT, 2015, p. 480).

Para os indígenas Terena, mesmo interculturalizados, estando tão próximos das cidades, e sem suas matas nativas, não perderam essa visão de natureza descrita por Kopenawa. Marcelo Cecé (39 anos) e Délio Delfino (60 anos) nos explicou como os Terena, entendem por Natureza:

A natureza é algo essencial, o índio ele tem uma ligação muito forte com a natureza né, tanto como fonte de alimento, remédio, entendeu? A natureza para nós é isso, é da onde tiramos tudo, hoje mudou muito, mas no passado, desde da moradia era extraído diretamente... diferente de hoje que é comprado material de construção na cidade né, mas antigamente desde da casa da natureza, a própria cama, colchão, o fogão, entendeu? O alimento em si, remédio quando precisava, então é tudo extraído da natureza (Marcelo Cecé, entrevista, 2019).

Para nós a natureza é a terra, porque é muito sagrada, por que dali tiramos nossa alimentação e é bem diferente da sociedade que se preocupa em ganhar dinheiro encima da natureza, ai vemos grande quantidade de matas derrubadas causando prejuízo para a natureza. A natureza pra mim é isso, mas as pessoas com imensidão de lavouras pensando na finança, no seu enriquecimento dentro da natureza. Nós temos lavoura não em grandes quantidades, mas em pequena quantidade mas para consumo e sustentar nossas famílias. Planta-se de tudo, a gente precisa da natureza, da terra, nós precisamos da natureza, da terra para viver. A natureza pra mim, ou seja, para o povo terena é muito forte, a natureza para nós é a vida do próprio povo terena, por que a natureza são as matas, os rios, **a própria pessoa como ser** e esse **ser** antigamente precisava da natureza, principalmente para curar doenças, antigamente não tinha médico como temos hoje, então íamos para a natureza, pois os antepassados ensinavam e eles sabiam sobre os remédios dentro da própria natureza. Por isso que falamos que a natureza é muito forte para nós, então dentro da natureza há muitas espécies de plantas que serve para curar a enfermidade, mas hoje em dia não procuramos saber, pesquisar, estudar, não procuramos (se referindo aos jovens) os anciãos que ainda está sobre as nossas aldeias, se continuar assim a tendência é acabar e não ter mais história sobre o que é a natureza (Délio Delfino, entrevista, 2019).

Mesmo vivendo em outras condições o senhor Délio ainda carrega consigo os saberes ancestrais repassados para ele, pois estão gravados em sua memória, “codificado na bagagem tradicional transmitida e refinada de geração em geração” (DIEGUES, 2000, p. 239). Ele ainda frisa que enxergam a Natureza como sagrada, “bem diferente da sociedade que se preocupa em ganhar dinheiro encima da natureza”, se referindo à sociedade capitalista. O que Délio denuncia é corroborado pela professora Michèle Sato: “a humanidade se move pela busca do desenvolvimento, geralmente material, e que o Capitalismo frenético seduz pessoas do mundo inteiro a consumir o



planeta” (SATO, 2018 p. 210). Outro ponto a ser destacado na fala dele, é a inclusão do ser humano como pertencente à Natureza, e que no passado dependia apenas dos recursos in natura para sobreviver, enquanto que a cultura ocidental separou o homem da Natureza.

Embora não conheçam o conceito ocidental da palavra Natureza, no discurso reconhecemos o quanto eles entendem do assunto e como é diferente da visão ocidental. Depois de nos dizer o era Natureza, perguntamos ao senhor Leopoldo da Silva (artesão de 64 anos) se existia uma palavra em Terena que a representasse. Ele disse, “**mêum**, significa mundo, mas tudo, nós, as plantas, o solo, os animais, todos os seres e um depende do outro” (grifo nosso). Dessa forma, **mêum** é o mundo Terena, a Natureza que envolve todos, e quando ele fala sobre um depender do outro, está se referindo ao que entendemos na biologia como cadeia e teia alimentar, assim como as relações intra e interespecíficas.

Essa mesma palavra **mêum** encontramos na resposta do seu Antenor Augusto da Silva (artesão de 59 anos) quando lhe perguntamos o que era Natureza.

Posso responder no idioma? Konokoati koyonoyea koane kátarakea ûti ra **mêum** vovoku kuteati tikotihiko maka motovâti enoiyea kâxe vovea ra Poké'e. Enomone ko'omixone ûti enepo'oxo vihuinovamaka vo'oku enomone veyoponeamaka nika ûti enomonemaka kuti'ino apêti numíkuxoti Koane ihókoti xapa viyénoxapa. Anekomaka uhe'ekotinoe coxe'u tikoti motovâti vitukea vovoku.koati vomixone ra **mêum** kuti kixoa uti vêno <sup>1</sup>.

(Falou em Terena e depois traduziu). Eu disse aqui que Natureza é as matas e nós tem que cuidar da natureza das matas, das árvores para que nós possamos viver muitos anos de vida aqui no mundo. A mata são a nossa vida, nossa sobrevivência da caça, da pesca, das madeiras que nós utilizamos pra ter a nossa casa, essa é a nossa vida. A mata são a mãe que nós temos. A minha ligação com a natureza é muito forte, mas tem gente que não! A gente que trabalha com mel, a gente tem muito carinho pelas matas, porque se não tiver as matas, as abelhas não vão vir aqui né. Em outros municípios você só vê veneno que acaba matando as abelhas.

O senhor Antenor<sup>2</sup>, como o seu Leopoldo, usaram a palavra **mêum** para descrever a Natureza. Seu Antenor ainda se referiu a ela como a mãe que fornece tudo para a sobrevivência. A ligação dele com a mãe Natureza é forte por ser produtor de

<sup>1</sup> Transcrito em Terena por Délio Delfino.

<sup>2</sup> O senhor Antenor reside na aldeia vizinha da aldeia Lagoinha e achamos importante entrevistar ele e sua filha porque eles vivem do artesanato. Embora na Lagoinha tenha muitos artesãos podemos dizer que apenas os quatro que entrevistamos vivem ainda do artesanato, os demais fazem esporadicamente.

mel, e para que as abelhas produzam mel precisam das matas, mas os venenos utilizados na agricultura matam as abelhas. Na fala do dele podemos perceber que ele conhece as relações entre os seres vivos, “eles são familiares com as leis da natureza” (DIEGUES, 2000, p 240). Originalmente não existe em seu vocabulário tradicional as palavras conservação e ecologia (DIEGUES, 2000). Buscamos saber entre os anciãos se havia essas palavras entre os Terena e também descobrimos que não, os que falam em conservação aprenderam na educação escolar. Embora as palavras não existam, o conceito, o entendimento sobre, existe.

Perguntamos ao Délio se ele lembrava do seu pai ensinando alguma coisa referente a natureza ao ambiente em que viviam quando criança.

Meu pai sempre ensinava e falava pra gente defender a natureza, porque naquela época o trabalho era só pra roça né, quem fazia roça era bem de vida, aí ele sempre ensinava a gente que se a gente cortasse uma árvore, tem que plantar outra árvore, para nunca acabar (Délio Delfino, entrevista, 2019).

Os termos usados por ele são “defender a natureza” “para nunca acabar”, e ainda admira da sabedoria do pai não tendo estudo, embora saibamos que a sabedoria não esteja vinculada a saber ler e escrever, ainda mais em português, mas isso nos mostra como seu pai tinha um bom entendimento do comportamento da Natureza.

O Cacique Orlando ao falar sobre a natureza nos apontou a casa tradicional, ainda construída hoje ao lado das casas de alvenaria

A casa antiga, olha era bom era mais fresco era de capim, tem dois tipos de capim que a gente fazia casa, algumas pessoas já colocaram o capim formado em cima desse capim colocava barro pra segurar o capim. Eu faço ainda assim (casa), porque eu gosto de fazer (Orlando Moreira, entrevista, 2019).

Os Terena ainda hoje, fazem uso das ervas medicinais no chimarrão e utilizam vários recursos naturais em seus artesanatos. As casas, varandas e galpões são construídas com madeira do cerrado e coberta de palha amenizado o calor comparado a um telhado de alvenaria. Medeiros e Sato (2013) afirmam que isso além de refletir a íntima ligação deles com a Natureza, as varandas e galpões são ecológicos e símbolos de adaptação ao ambiente. Mesmo morando muito próximos à cidade e atravessados pela cultura ocidental, essa conexão com a natureza é forte, pois ainda utilizam os recursos naturais em vários momentos da vida na aldeia.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os indígenas vivem em nosso continente há muito mais tempo que o homem branco<sup>1</sup>, sempre foram naturais, nunca tiveram em seus pensamentos a separação homem/Natureza, sempre foram parte da mesma, e muitos não conseguem compreender como nós fazemos essa separação. A natureza para os Terena é compreendida como algo sagrado, como a mãe que oferece os recursos necessários para a sobrevivência. O ser humano faz parte da natureza é natural.

A palavra Natureza existe no vocabulário Terena mas com significado maior que o conceito ocidental. **Mêum** pode ser traduzida como o mundo com tudo que há nele, inclusive nós. Embora não existam as palavras conservação e ecologia, o conceito, o entendimento existe, visto que explicam que os seres vivos dependem de outros seres para sobreviver e falam bastante em cuidar os rios e as matas. Conhecem as relações inter e intraespecíficas necessárias para equilíbrio ambiental e reconhecem que dependem dos recursos ambientais, para suas casas, varandas, remédios e artesanatos. O fato de considerar a natureza como a mãe que provê o que é necessário para a nossa sobrevivência, demonstra a dependência e o respeito que têm com ela.

Compreendemos que mesmo seus padrões tradicionais estando alterados devido a concentração maior de pessoas em um espaço menor, e ocasionando uma pressão sobre o meio ambiente onde vivem, eles sabem e reconhecem a importância da natureza para a sobrevivência do planeta, incluindo todos os seres vivos.

## REFERÊNCIAS

- BRAND, Antônio. História oral: perspectivas, questionamentos e sua aplicabilidade em culturas orais. **História Unicinos**; vol.4, nº 2, p 195-227, São Leopoldo/ RS, 2000.
- DIEGUES, Antônio Carlos S. Etnoconservação da natureza: enfoques alternativos. In: DIEGUES, Antônio Carlos S. **Etnoconservação: novos rumos para a proteção da natureza nos trópicos**. São Paulo: USP, 2000.
- JUNIOR, Samuel Borges de Oliveira; SATO, Michèle. Educação Ambiental e Etnoconhecimento: Parceiros para a Conservação da Diversidade de Aves Pantaneiras. **Educação e Ambiente**, vol. 11, 2006.

<sup>1</sup> Quando os indígenas dizem homem branco, se referem aos não indígenas independente da cor.

- KOPENAWA, Davi; ALBERT, Bruce. **A queda do céu: Palavras de um xamã yanomami**. Tradução Beatriz Perrone-Moisés; prefácio de Eduardo Viveiros de Castro. 1a ed. São Paulo: Companhia das Letras, 2015.
- LANDER, Edgardo. Ciências sociais: saberes coloniais e eurocêntricos (*in*) LANDER, Edgardo (org). **A colonialidade do saber: eurocentrismo e ciências sociais Perspectivas latino-americanas**. Colección Sur Sur, CLACSO, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina. Setembro, 2005.
- MEDEIROS Mara Glacénir Lemes de; *Natureza e Naturezas na Construção Humana: Construindo Saberes das Relações Naturais e Sociais*. **Ciência & Educação**, v.8, nº1, p.71 – 82, 2002.
- MEDEIROS, Heitor Queiroz; SATO, Michèle Tomoko. Educação ambiental intercultural no Estado do Acre, Amazônia Brasileira. **Acta Scientiarum. Human and Social Sciences**, Maringá, v. 35, n. 2, p. 211-219, July-Dec., 2013
- MEIHY, José Carlos S. Bom. Desafios da história oral Latino-Americana: o caso do Brasil. ALBERTI, V., FERNANDES, TM., and FERREIRA, MM., orgs. **História oral: desafios para o século XXI** [online]. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2000. Disponível em <<http://books.scielo.org>> Acesso em 18/08/2020.
- OLIVEIRA, Ana Maria Soares de. Relação Homem/Natureza no Modo de Produção Capitalista. Scripta Nova, **Revista Eletrônica de Geografia Y Ciencias Sociales. Universidad de Barcelona**. Vo. VI; num. 119 (18), 2002.
- PORTO-GONÇALVES, Carlos W. **Os (des)caminhos do meio ambiente**. 14. ed.- São Paulo: Contexto, 2006.
- SATO Michèle; SANTOS, Déborah M.; SÁNCHEZ, Santos Celso. **Vírus: simulacro da vida?** Rio de Janeiro: GEA-SUR, UNIRIO, 2020 Cuiabá: GPEA, UFMT, 2020
- SATO, Michèle; POT-POURRI DA ECOLOGIA DE RESISTÊNCIA In **Educação ambiental e políticas públicas: conceitos, fundamentos e vivências/ Marcos Sorrentino (org.)**. 2. ed. Curitiba: Appris, 2018.



## AS CONTRIBUIÇÕES DOS CONHECIMENTOS TRADICIONAIS INDÍGENAS PARA A EDUCAÇÃO AMBIENTAL BRASILEIRA

THE CONTRIBUTIONS OF TRADITIONAL KNOWLEDGE INDIGENOUS TO  
BRAZILIAN ENVIRONMENTAL EDUCATION

DOI: 10.51859/AMPLA.MAS2407-11

Elisangela Castedo Maria do Nascimento <sup>1</sup>  
Heitor Queiroz de Medeiros <sup>2</sup>

Artigo publicado na Rev. Espaço do Currículo (online), João Pessoa, v.11, n.3, p. 340-356, set./dez. 2018.

<sup>1</sup> Doutora em Educação – Universidade Católica Dom Bosco – UCDB, Educadora do Arquivo Público Estadual de MS

<sup>2</sup> Doutor em Ciências – Ecologia e Recursos Naturais (UFScar), Professor na Universidade Católica Dom Bosco (UCDB) no Programa de Pós-graduação em Educação (PPGE)

### RESUMO

Este artigo é um ensaio teórico sobre a Educação Ambiental na pós-colonialidade articulada com saberes ancestrais indígenas e conceito de Ecologia de Saberes. O objetivo desse artigo foi compreender os tropeços da Ciência Moderna em relação ao meio ambiente e a cultura indígena assim como fazer o diálogo entre autores Pós-Coloniais e dos Estudos Culturais que podem contribuir para a construção de uma Educação Ambiental que valorize os conhecimentos das sociedades detentoras de conhecimentos tradicionais. Como metodologia utilizamos o levantamento bibliográfico que foi utilizado na fundamentação teórica contribuindo para as reflexões acerca da modernidade e a expropriação ambiental. Com o desenvolvimento da ciência moderna constrói-se a ideia de crescimento e desenvolvimento. Acreditava-se na razão e no poder da ciência como resposta para todos os problemas da humanidade. A ciência teve seu apogeu no século XIX e início do século XX, com muitos avanços e sua aplicação prática na vida diária das pessoas por meio da tecnologia, mas é também no século XX que as consequências negativas apareceram afetando a qualidade de vida do ser humano, sendo chamados de problemas socioambientais, havendo necessidade de reavaliar as crenças da razão.

**Palavras chave:** Ciência Moderna. Natureza. Saberes Ancestrais Indígenas.

### ABSTRACT

This article is a theoretical essay on Environmental Education in postcoloniality articulated with indigenous ancestral knowledge and the concept of Ecology of Knowledge. The objective of this article was to understand the stumbling blocks of Modern Science in relation to the environment and the indigenous culture as well as to make the dialogue between Postcolonial authors and Cultural Studies that can contribute to the construction of an Environmental Education that values the knowledge of societies holders of traditional knowledge. As a methodology we used the bibliographic survey that was used in the theoretical foundation contributing to the reflections about modernity and environmental expropriation. With the development of modern science the idea of growth and development is built. It was believed in the reason and power of science as an answer to all the problems of humanity. Science had its heyday in the nineteenth and early twentieth centuries, with many advances and their practical application in people's daily lives through technology, but it is also in the twentieth century that the negative consequences appeared affecting the quality of life of the human being, being called socio-environmental problems, and there is a need to re-evaluate the beliefs of reason.

**Keywords:** Modern science. Nature. indigenous ancestral knowledge.



## 1. INTRODUÇÃO

Neste artigo buscamos respostas para os questionamentos presente nas teorias Pós-Coloniais e Estudos Culturais (EC) no diálogo com os pressupostos da Educação Ambiental (EA), na tentativa de apontar, resgatar e valorizar os saberes tradicionais indígenas como significativos para a conservação do meio ambiente assim como na formação de sociedades sustentáveis, visto que a modernidade produziu uma sociedade consumista que valoriza e coloca o “ter” acima do “ser”.

Desde meados do século XX se tem estudado os impactos antrópicos sobre o meio ambiente e ninguém pode alegar desconhecimento da importância dos seres vivos para a teia alimentar, dos vegetais para o clima do planeta e que a vida em geral tem sido ameaçada pelo estilo de vida do ser humano baseado na lógica capitalista do consumo.

Assim, buscamos compreender os tropeços da ciência moderna em relação ao meio ambiente, com as consequências da utilização irracional dos recursos ambientais visando o lucro a qualquer preço, sabendo que esse modelo tem como consequência imediata os problemas socioambientais resultantes da perda de vínculo do homem com a natureza no decorrer da história moderna.

Hoje os estudiosos da EA buscam também nos saberes tradicionais das comunidades indígenas, alternativas e soluções para o enfrentamento da crise socioambiental em que vivemos e que coloca em xeque a manutenção de todas as formas de vida do planeta em função dos impactos ambientais consequentes da lógica irracional da modernidade com sua forma de exploração da natureza, contrariando o que era disseminado no projeto moderno que colocava os saberes das comunidades autóctones como menores, sem valor. A respeito dessa desvalorização, nos últimos tempos há uma grande preocupação com os rumos da política em relação às questões ambientais e indígenas no Brasil.

Dessa forma, justificamos a relevância desse artigo, como uma tentativa de visibilizar a importância dos conhecimentos tradicionais indígenas para conservação da vida humana e de outras espécies, sobre a terra, baseada num estilo de vida que é sustentável pois estruturada a partir de uma relação de respeito com a diversidade de formas de vida presente no planeta, ou seja, com respeito toda forma de ser.



## 2. METODOLOGIA

Embasamos essa pesquisa nos estudos pós-críticos que utilizam procedimentos metodológicos para produção de conhecimento que objetivam desconstruir discursos e possibilitar a transformação educacional e social (MEYER e PARAISO, 2012). Optamos por realizar uma pesquisa qualitativa e bibliográfica na busca da compreensão da relação ambiental do indígena com a natureza, visto que, esse tipo de pesquisa é reconhecido entre as ciências sociais, como tendo “um nível de realidade que não pode ou não deveria ser quantificado. Ou seja, ela trabalha com o universo de significados, dos motivos, das crenças, dos valores e das atitudes” (DESLANDES, GOMES e MINAYO, 2009, p. 21).

Portanto o objetivo desse artigo foi buscar compreender os tropeços da ciência moderna em relação ao meio ambiente e a cultura indígena assim como fazer o diálogo entre autores pós-coloniais e dos estudos culturais que podem contribuir para a construção de uma Educação Ambiental que valorize os conhecimentos das sociedades detentoras de conhecimentos tradicionais. Para alcançar esse objetivo, fundamentamos a pesquisa nos autores e seus conceitos, tais quais: pós-coloniais, (LANDER, 2005) e a “Ruptura ontológica”, (ESCOBAR, 2005) com o “Lugar”, (SANTOS 2007, 2008) com a “Ecologia de Saberes”; Estudos culturais, (HALL, 2003) com “Hibridismo” e “Ressignificação”; e (TRISTÃO, 2004, 2014, 2016) com a “Educação Ambiental”, entre outros. As categorias analisadas foram: saberes tradicionais, cultura e educação ambiental.

## 3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 3.1. O MUNDO MODERNO

A modernidade é um período cujos limites de início e fim são grandes acontecimentos na história após o período medieval. É o rompimento com a tradição, em função da razão, e com Deus em função da subjetividade, pois sai de uma visão teocêntrica para uma visão antropocêntrica.

Esta foi uma época de muita criatividade e criações e nessa atmosfera ocorre a Revolução Científica e uma nova forma de conhecer e compreender o mundo o que culmina na Revolução Industrial. Com o desenvolvimento das ciências constrói-se a ideia de crescimento, de desenvolvimento. Com o des-envolvimento, se altera mais ainda a

relação do homem com a natureza para sustentar o capitalismo. O pensamento moderno tinha o objetivo de esclarecer e emancipar sua Teoria do Conhecimento a partir da razão e da subjetividade.

Acreditava-se na razão e no poder da ciência como resposta para todos os problemas da humanidade, que a partir dela teríamos uma “era marcada pela sabedoria, pela paz, prosperidade material e domínio humano sobre a natureza” (SANTOS, 2013, p. 5).

Acreditava-se que o triunfo da razão e da ciência sobre o transcendente sanaria os males sociais, a ignorância e o sofrimento humano. [...] Entretanto, no decorrer do século XX, quando as consequências práticas do conhecimento científico já não poderiam ser exclusivamente consideradas favoráveis, o ser humano viu-se obrigado a reavaliar suas crenças na supremacia da razão (SANTOS, 2013, p. 6).

A ciência teve seu apogeu no século XIX e início do século XX, com muitos avanços e sua aplicação prática na vida diária das pessoas por meio da tecnologia, mas é também no século XX que as consequências negativas apareceram afetando a qualidade de vida do ser humano, sendo chamados de problemas socioambientais, havendo necessidade de reavaliar as crenças da razão. A crítica foi feita por ambientalistas de forma ampla e severa em relação ao uso indiscriminado da tecnologia e ao processo de desumanização do homem, pois este se distanciava cada vez mais da natureza em busca de uma vida superficial, surgindo os problemas de poluição e efeitos nocivos à vida vegetal e animal - incluindo o homem - extinção de espécies, devastação de florestas, acúmulo de lixo entre outros incontáveis problemas derivados do capitalismo que visa o lucro a qualquer preço (SANTOS, 2013).

Houve uma crítica severa a respeito do uso indiscriminado da ciência e tecnologia na exploração do ambiente assim como aos efeitos dessa exploração na natureza, culminando em vários impactos ambientais.

No decorrer dos séculos, o projeto de emancipação Moderna foi questionado e criticado. O caminho que a humanidade trilhou, principalmente em relação aos direitos humanos, levou à crise da modernidade fazendo-se repensar alguns paradigmas entre eles a cultura.

### 3.2. O SÉCULO XVI MARCA O NASCIMENTO DO BRASIL INFLUENCIADO PELAS IDEIAS DOS JESUÍTAS E DA MODERNIDADE

Em primeiro momento o principal objetivo de Portugal sobre o Brasil era de exploração com objetivo de garantir os lucros. Somente trinta anos depois da invasão o Governo de Portugal iniciou a colonização. Em função do fracasso das capitanias hereditárias, escassez de pau brasil, escassez de ouro e pedras preciosas, o perigo de perder território para a França e a não submissão dos indígenas ao trabalho escravo, o governo de Portugal resolveu agilizar o processo de colonização (ALVES, 2009).

Para atender o mercado externo, as colônias cultivavam cana-de-açúcar em larga escala com uso de mão-de-obra escrava indígena (ALVES, 2009). Como os indígenas não aceitavam trabalhar para os colonos e frequentemente atacavam os povoados, houve a necessidade de “domá-los” para exercer o trabalho na lavoura e em outros setores. Para “domá-los”, perceberam a necessidade de descaracterizar, destruir suas crenças e deuses por meio da cristianização e assim em 1549, o primeiro grupo de jesuítas chegou ao Brasil, chefiados pelo Padre Manoel da Nóbrega, com a intensão de escolarizar os indígenas.

A escola para os índios tinha três objetivos básicos: 1) converter os nativos à fé Cristã; que acabou por contribuir com os objetivos da Coroa Portuguesa que eram 2) formar mão-de-obra; e em consequência 3) incorporar os índios à nação como trabalhadores nacionais, desprovidos de atributos étnicos e culturais, abandonando sua identidade (BRASIL, 2007b).

Freire (2004 p. 24) ainda enfatiza que a escola foi, para esses povos, “durante cinco séculos, um instrumento de opressão, o que está registrado atualmente na memória oral de muitos povos e foi até mesmo incorporado em alguns de seus mitos”.

Essa situação passa a mudar com a Constituição Brasileira de 05 de outubro de 1988 (BRASIL, 1988), no capítulo VIII, título VIII, restituindo o índio à sua condição original de primeiro cidadão do Brasil, e legítimo dono da terra entre outros direitos que são reforçados na Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (Lei nº 9394/06) em seu artigo 78:

“O Sistema de Ensino da União, com a colaboração das agências federais de fomento à cultura e de assistência aos índios, desenvolverá programas integrantes de ensino e pesquisa, para a oferta de educação escolar bilíngue intercultural aos povos indígenas com os seguintes objetivos: I) proporcionar

aos índios, suas comunidades e povos, a recuperação de suas memórias históricas; a reafirmação de suas identidades étnicas; a valorização de suas línguas e ciências; II) garantir aos índios, suas comunidades e povos, o acesso às informações, conhecimentos técnicos e científicos da sociedade nacional e demais sociedades indígenas e não-índias” (BRASIL, 1996).

Os direitos reconhecidos aos índios representam na verdade uma forma de remissão da nação brasileira por todo o sangue derramado durante o período de colonização, pelos maus tratos, pela escravidão, pela imposição e principalmente pela falta de entendimento dos portugueses que se julgavam superiores, mas que na verdade por tamanha ignorância não souberam enxergar, valorizar e aprender todo conhecimento indígena sobre a terra conquistada.

## 4. REFLEXÕES

### 4.1. A CULTURA INDÍGENA E AS INTERFERÊNCIAS INTERCULTURALIZANTES

Antes da colonização, os indígenas eram povos coletores, retirando da natureza apenas o necessário para sua subsistência, mas após o contato esses povos tiveram que se adequar às novas condições de vida (MUSSI et al, 2010). Hoje o contato desses com a sociedade envolvente é muito forte devido à proximidade com a zona urbana, ocorrendo a hibridização da cultura e a partir disso, conforme afirma Hall (2003, p. 133), transformam e ressignificam seus costumes e práticas.

[...] elementos novos e velhos são reagrupados ao redor de uma nova gama de premissas e temas. Mudanças em uma problemática transformam significativamente a natureza das questões propostas, as formas como são propostas e maneira como podem ser adequadamente respondidas. Tais mudanças de perspectivas refletem não só os resultados do próprio trabalho intelectual, mas também a maneira como os desenvolvimentos e suas verdadeiras transformações históricas são apropriados no pensamento e fornecem ao Pensamento, não sua garantia de correção, mas suas origens fundamentais, suas condições de existência.

Ao contrário do que o projeto moderno desejava, “as culturas tradicionais colonizadas permanecem distintas: mas elas inevitavelmente se tornaram recrutas da modernidade” (HALL, 2003, p. 72). Ao invés de homogêneas, como objetivava a globalização, elas se tornaram híbridas, no sentido de mistas e diaspóricas culturalmente, possuem uma diversidade de conhecimentos diferentes em relações sustentáveis prejudicar sua autonomia (SANTOS, 2007).

A proximidade das aldeias com as cidades facilita as trocas culturais influenciando dois lados, mas segundo Freire (1983, p. 27) o conquistador utiliza “a

propaganda, os slogans, os depósitos, os mitos” para manipular o conquistado a não resistir à conquista e por isso é necessária a descaracterização da cultura do conquistado, desmontando seu perfil e preenchendo-o com novas histórias e outros significados da cultura do conquistador.

Com relação a questão ambiental essa imposição cultural trazida pela globalização trouxe às comunidades indígenas vários costumes alheios à sua cultura, que com o passar do tempo também trouxe problemas socioambientais como lixo, doenças, desaparecimento de nascentes e corpos d’água entre outros, todos ligados ao problema de território mesmo tendo uma forte relação com o ambiente em que vivem.

Para analisar tais questões fazem-se necessário conhecer o meio, os valores sociais, a forma de produção e sobrevivência, as relações, as histórias de vida, ou seja, a cultura, que segundo Hall (2003, p. 136) é “o estudo entre elementos em um modo de vida global. Está perpassada por todas as práticas sociais e constitui a soma do inter-relacionamento das mesmas”.

As práticas tradicionais pertencem a grupos diferenciados culturalmente, socialmente e economicamente que mantêm relações específicas com o território e o meio ambiente em que vivem mantendo sua sustentabilidade. Segundo o Decreto 6.040, de 7 de fevereiro de 2007, que institui a Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável dos Povos e Comunidades Tradicionais, em seu artigo 3, Inciso I, são:

Povos e Comunidades Tradicionais: grupos culturalmente diferenciados e que se reconhecem como tais, que possuem formas próprias de organização social, que ocupam e usam territórios e recursos naturais como condição para sua reprodução cultural, social, religiosa, ancestral e econômica, utilizando conhecimentos, inovações e práticas gerados e transmitidos pela tradição (BRASIL, 2007a).

Comunidades tradicionais utilizam seu território e recursos naturais de maneira própria, um jeito de fazer e viver diferente da sociedade ocidental que produzem conhecimentos que são gerados e transmitidos pela tradição, dentre essas comunidades estão as indígenas.

Cada povo ou comunidade tem sua forma particular de pensar e compreender a natureza e suas relações, pois isso depende de cada cultura. Para os indígenas, as relações entre os seres vivos mais os aspectos físicos do meio e os espíritos, compõem o mundo natural ou a natureza. “Ou seja, não se constitui uma relação de exploração do

homem com o ambiente, como ocorre nos moldes capitalistas, mas, sim, de reciprocidade, uma relação de dualidade entre corpo e alma, corpo e espírito (DIOCESE, 2000), uma relação social” (SOUZA, et al, 2015, p. 89).

As comunidades tradicionais possuem o entendimento de que a vida depende da natureza, e esse conhecimento é:

[...] o saber e o saber fazer, a respeito do mundo natural e sobrenatural, gerados no âmbito da sociedade não urbano/industrial e transmitidos oralmente de geração em geração. Para muitas dessas sociedades, sobretudo as indígenas, existe uma interligação orgânica entre o mundo natural, o sobrenatural e a organização social. Nesse sentido, para estas últimas, não existe uma classificação dualista, uma linha divisória rígida entre o natural e o social, mas sim um continuum entre ambos (DIEGUES, 2000, p. 30).

Diegues mostra a articulação existente entre o natural, o sobrenatural e o social, pois não como coisas separadas, mas sim algo contínuo, ligado. O modo de ser, viver e fazer das populações indígenas apresentam grande conexão e dependência da natureza e seus recursos naturais.

Essa conexão e dependência da natureza e dos recursos aparece na fala de Gersem Baniwa quando explica o que os sábios indígenas dizem aos seus jovens a respeito dos deuses e espíritos dos mitos:

É muito comum os sábios indígenas, ao serem perguntados por jovens sobre os espíritos, os deuses e outros seres sobrenaturais que existiam segundo os mitos, responderem que foram destruídos juntos com a natureza. Em outras palavras, os deuses indígenas não existem sem a natureza real e concreta. Assim, os índios nunca buscam controlar e dominar a natureza, mas tão-somente compreendê-la, para que se sirvam dela com respeito para tirar o seu sustento e a cura para as doenças consideradas como o resultado da transgressão das leis da natureza e da vida. Para as comunidades indígenas, a natureza não é um recurso manipulável, mas um habitat, uma casa, um lugar em que se está e onde se vive. Para os índios, o território é um lugar sagrado, no sentido de que ele é o próprio gerador da vida. (BANIWA, 2006, p.103)

Esses povos ou sociedades tradicionais são considerados culturalmente, socialmente e economicamente diferenciados. Eles mantêm relações com o meio ambiente respeitando o princípio de sustentabilidade assegurando as mesmas possibilidades para as gerações futuras (MINAS GERAIS, 2014). Seus saberes são coletivos e diversos cada sociedade tem o seu, mesmo aquelas que estão em contato mais próximo com a sociedade envolvente ainda guardam fortes vínculos com a natureza, com a terra.

Para entender essa compreensão essa ligação com a terra (lugar), Tristão (2004) aponta, que é necessário compreender que cultura e meio ambiente não se encontram separados, a cultura é natureza assim como natureza é cultura. Os seres humanos se organizam em sociedade e mantêm relações com o meio em que vive assim cada grupo constrói sua ideia de natureza relacionando com sua cultura. A noção de natureza depende da cultura em que ela está inserida, como hábitos, costumes e valores próprios daquele lugar. O lugar “continua sendo importante na vida da maioria das pessoas, talvez para todas. Existe um sentimento de pertencimento que [é] mais importante do que queremos admitir [...]” (ESCOBAR, 2005, p. 63).

Escobar (2005, p. 63) ainda alerta que nos últimos anos com a euforia da globalização, houve um enfraquecimento da ideia de lugar, impactando negativamente na compreensão da cultura, do conhecimento, da economia, da natureza e que talvez agora seja o momento de reverter, fortalecer a importância do lugar e da “criação do lugar, para a cultura, a natureza e a economia da perspectiva de lugar oferecida pelos próprios críticos”.

Com o desenvolvimento na Modernidade e da ciência, houve um rompimento, para as pessoas, do lugar. No entendimento de Krenak (2018, s/p) “qualquer um no seu lugar de origem está totalmente encaixado, [...]. Mas quando ele é arrancado desse lugar e jogado num outro ponto qualquer, ele tem que se realocar. Esse desterrado agora vai ter que reinventar ele e seu mundo”. Mesmo em um lugar diferente de sua origem, a cultura, religião e crenças não mudam, o que ocorre é uma adaptação ao novo ambiente.

Por esse motivo, “as teorias do pós-desenvolvimento e a ecologia são espaços de esperança para reintroduzir uma dimensão baseada no lugar, nas discussões sobre a globalização, talvez até para articular uma defesa do lugar” (ESCOBAR, 2005, p. 63). Portanto, o fortalecimento do lugar, a discussão sobre a cultura local contrária ao domínio de espaço, a modernidade e o capital, temas do discurso de globalização, podem visibilizar possibilidades de reconstruir espaços a partir de práticas fundamentadas no lugar (ESCOBAR, 2005).

A etnobotânica, a etnociência e a antropologia ecológica muito se desenvolveram baseadas nas pesquisas sobre o conhecimento local, do lugar, e os modelos culturais de natureza (ESCOBAR, 2005). Nas comunidades tradicionais





indígenas, “as plantas, os animais e outras entidades pertencem a uma comunidade socioeconômica, submetida às mesmas regras que os humanos” (ESCOBAR, 2005, p. 65). Aos seres vivos, não vivos e supranaturais não constituem domínios distintos ou separados, as relações sociais abrangem mais que aos seres humanos apenas. “Vivemos num mundo que não está separado de nós, e nosso conhecimento do mundo pode ser descrito como um processo de adestramento no contexto do envolver-se com o meio ambiente” (ESCOBAR, 2005, p. 66).

Conforme os registros bibliográficos nos indicam, os indígenas sempre tiveram em sua gênese, essa relação de continuidade com o meio ambiente, eles se sentiam parte do meio e não como algo separado ou superior, tal sentimento de pertencimento sempre esteve presente em sua cultura e seus rituais.

#### 4.2. A ECOLOGIA DE SABERES DAS COMUNIDADES TRADICIONAIS E A EDUCAÇÃO AMBIENTAL

Há uma diversidade de conhecimentos, saberes, de epistemologias nas relações entre os seres humanos e natureza. As sociedades da natureza percebem os lugares como ambientes produtores de ensinamentos de pensar e estar no mundo (TRISTÃO, 2016). As palavras de Tristão são corroboradas por Kopenawa e Albert (2015, p.75)

Nossos pensamentos se expandem em todas as direções e nossas palavras são antigas e muitas. Elas vêm de nossos antepassados. Porém, não precisamos, como os brancos, de peles de imagens para impedi-las de fugir da nossa mente. Não temos de desenhá-las, como eles fazem com as suas. Nem por isso elas irão desaparecer, pois ficam gravadas dentro de nós.

Kopenawa explica que os indígenas não precisam de papel para deixar registrado seus conhecimentos como os não indígenas, mas que seus conhecimentos são herdados dos seus antepassados e ficam registrados em sua memória, advêm também dos espíritos que os acompanham que estão dentro de si. O professor Seizer da Silva (2016, p. 19), da etnia Terena, ratifica essa ideia ao dizer: “Reinventamo-nos, estabelecemos novas conexões com outros saberes, nos tornamos Terena com memória cosmológica “cristalizada” nos saberes dos meus avós maternos”.

O reconhecimento desses outros saberes, Santos (2008) chama de ecologia de saberes e a compreende como um conjunto de epistemologias da diversidade, a prática de saberes.

A ecologia de saberes procura dar consistência epistemológica ao saber propositivo. Trata-se de uma ecologia porque assenta no reconhecimento da pluralidade de saberes heterogêneos, da autonomia de cada um deles e da articulação sistêmica, dinâmica e horizontal entre eles. A ecologia de saberes assenta na interdependência complexa entre os diferentes saberes que constituem o sistema aberto do conhecimento em processo constante de criação e renovação. O conhecimento é interconhecimento, é reconhecimento, é auto-conhecimento (SANTOS, 2008, p. 157)

A ecologia dos saberes se situa em um contexto cultural ambíguo, porque enquanto o reconhecimento da diversidade sociocultural favorece o reconhecimento da diversidade epistemológica de saber no mundo, todas as epistemologias também partilham as premissas culturais do seu tempo, sendo a crença na ciência como uma forma de conhecimento válido, a mais consolidada (SANTOS, 2008). Em função disso que Tristão (2014) afirma que é importante ser flexível na interpretação do mundo dinâmico com economias integradas onde essas comunidades sofrem pressão da economia de mercado e dos impactos no ambiente de onde tiram sua subsistência.

Fundamentada nessas compreensões que a Educação Ambiental (EA) tem produzido narrativas de valorização dos saberes das comunidades tradicionais. A EA ao incorporar as narrativas da diversidade cultural expõe a hierarquização das culturas, principalmente das excluídas pela homogeneidade dominante da modernidade e seus processos globalizantes, mas ao mesmo tempo essa supervalorização da herança tradicional, pode defender e homogeneizar algumas culturas consideradas tradicionais ou sustentáveis conferindo a elas um sentido de pureza que não existe (TRISTÃO, 2014).

A Educação Ambiental é um processo em que os indivíduos e a sociedade se conscientizam de seu ambiente e adquirem conhecimentos, valores, experiências para que sejam capazes de agir e solucionar problemas ambientais (UNESCO, 1987).

De acordo com Brasil (1999b), um dos objetivos da Educação Ambiental (EA) é criar e ampliar formas sustentáveis de relações entre a sociedade e a natureza (socioambiental) assim como mitigar os problemas ambientais. Segundo Carvalho (2008) a visão socioambiental direciona-se para a racionalidade complexa e interdisciplinar pensando o ambiente como campo de interações entre cultura, sociedade e parte biótica e abiótica. Essa relação é dinâmica e causa modificações mútuas. Nesse caso a presença humana é vista como integrante à teia de relações da vida, interagindo no social, natural e cultural.

Para Hall (2003, p. 141-142) não é possível pensar a natureza independente da cultura, pois cultura é “algo que entrelaça todas as práticas sociais, e essas práticas, por sua vez, como uma forma comum de atividade humana: como práxis sensual humana, como a atividade através da qual homens e mulheres fazem a história”. Embora Hall se refira à natureza humana, me atrevo a relacionar e pensar essa natureza como o meio ambiente, pois a relação humana com o meio ambiente depende também de sua cultura. Se a cultura é baseada nas ideias da modernidade e do capitalismo, com certeza os recursos ambientais serão explorados até o máximo que a leis permitem, mas se a cultura é baseada no pensamento de interdependência e que o ser humano faz parte dessa natureza então essa relação é sustentável.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Olhar para trás utilizando a história nos faz compreender o que ocorre hoje. Mas não podemos esquecer que não há apenas uma história, ela é feita de narrativas, a dos dominantes e a dos dominados, sabendo que a história dos dominantes, a hegemônica, geralmente sobrepõe a dos dominados.

O Brasil foi invadido numa época em que na Europa fervilhava novos pensamentos. Nessa época, a ciência e a tecnologia estava em ascensão, o que fez o homem se distanciar de Deus e da natureza. O Homem passou a subjugar a natureza para viver numa nova lógica, a da exploração para o sustento de um novo sistema econômico, o capitalismo. Dessa forma, o Brasil foi uma colônia de exploração, da natureza e dos povos originais. Os indígenas foram explorados, expropriados, assassinados e os poucos que sobraram foram obrigados a mudar sua forma viver.

Com o decorrer do tempo, o capitalismo trouxe consigo os impactos ambientais atingindo diretamente as sociedades humanas, gerando os problemas socioambientais. Estamos inquestionavelmente vivendo uma grave crise socioambiental, o que tem levado a humanidade a repensar a sua forma de viver. Neste sentido, a teoria pós-colonial nos faz refletir a partir do passado, as relações de poder do império sobre as colônias, inclusive também no que se refere aos aspectos ambientais.

Como vimos, as teorias Pós-coloniais fazem as análises das relações de poder existentes desde os tempos coloniais, reconhecem e apontam a continuidade da colonialidade por meio do discurso da ciência moderna, da razão e da cultura europeia,



conferindo subalternidade às alteridades em suas subjetividades. Já os estudos culturais focam na análise da cultura e fazem a crítica às relações de poder ligadas a situações culturais, se posicionam a favor dos grupos em prejuízos nessa relação, e fazem a crítica ao enquadramento dos sujeitos à norma que segue as características ocidentais.

A Educação Ambiental inspirada na teoria Pós-Colonial, está partindo para desenvolver caminhos alternativos das relações de poder, de colonização e submissão entre culturas e nações, dando ênfase na compreensão das dimensões: lugar, cultura e narrativa. Com esse entendimento, consideramos que as comunidades indígenas possuem uma cultura com uma lógica diferente, e os Estudos Culturais nos ajuda a perceber que as narrativas contadas pelas comunidades tradicionais a partir das histórias, das lendas e mitos são valiosos, no sentido de compreender o respeito pelas relações e inter-relações de interdependência com os outros seres vivos e não vivos (físicos e espirituais).

Compreender tais relações parece ser um caminho a ser trilhado no sentido de refletir e debater soluções para os impactos ambientais herdados da Ciência Moderna.

Hoje as comunidades indígenas cresceram em número populacional e grande parte delas vivendo em territórios pequenos, dessa forma, alguns deixaram de produzir alimentos porque já não possuem espaços para suas roças, deixaram de caçar e pescar porque já não possuem mais florestas e rios, muitos vivem em outros locais que não são seus lugares de origem. Por isso tiveram que se adequar às novas situações vivenciadas se hibridizando e ressignificando suas vidas. No meio de tanta adversidade sua cultura resiste e como já foi dito pelos intelectuais indígenas, estão gravadas no pensamento porque são gerados e transmitidos pela tradição de uma cultura oral que hoje também convive com registros escritos.

Acreditamos que seus saberes tradicionais, sua ciência, sua forma de compreender o mundo e se relacionar com a natureza, estão encrustadas em suas almas, e nós não indígenas devemos aprender com eles essa lógica do “Bem Viver” se quisermos que nossas futuras gerações vivam com qualidade de vida.

Assim, acreditamos que os Estudos Culturais e as teorias Pós-Coloniais em diálogo com a Educação Ambiental, nos possibilitam fazer análises outras da relação sustentável do indígena com o meio ambiente, pois acreditamos que o melhor caminho para a sobrevivência das espécies no planeta Terra, inclusive a humana, seja o de

reaprender com os indígenas como viver de forma sustentável numa relação ética com a natureza.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, Washington Lair Urbano. **A história da educação no Brasil**: da descoberta à lei de Diretrizes e Bases de 1996. Monografia apresentada ao Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium– UNISALESIANO, Lins, SP para Pós-Graduação “Lato Sensu” em Metodologia do Ensino Superior, Lins, 2009.
- BANIWA, Gersem dos S. Luciano. **O Índio Brasileiro**: o que você precisa saber sobre os povos indígenas no Brasil de hoje. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Continuada, Alfabetização e Diversidade; LACED/Museu Nacional, 2006.
- BRASIL. [Constituição Federal]. **Constituição da República federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Presidência da República [2016]. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicaocompilado.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm) Acesso em: 11 nov. 2018.
- BRASIL. Conselho Nacional de Educação. Câmara de Educação Básica. **Lei Nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996**. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Brasília, DF: Presidência da República [1996]. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L9394.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9394.htm). Acesso em: 11 nov. 2018.
- BRASIL. Conselho Nacional de Educação. Câmara de Educação Básica. **Diretrizes Curriculares Nacionais da Educação Escolar Indígena** - Parecer 14/99. Brasília, DF: Presidência da República [1999a]. Disponível em: [http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/1999/pceb014\\_99.pdf](http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/1999/pceb014_99.pdf) Acesso em: 11 nov. 2018.
- BRASIL. **Lei Nº 9.795, de 27 de abril de 1999**. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República [1999b]. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L9795.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9795.htm). Acesso em: 11 nov. 2018.
- BRASIL. **Decreto Nº 6.040, de 7 de fevereiro de 2007**. Institui a Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável dos Povos e Comunidades Tradicionais. Brasília, DF: Presidência da República [2007a]. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2007-2010/2007/Decreto/D6040.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2007/Decreto/D6040.htm). Acesso em: 11 nov. 2018.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Fundamental. Cadernos SECAD 3- **Educação Escolar Indígena**: diversidade sociocultural indígena ressignificando a escola. Brasília, DF: Presidência da República [2007b].

- CARVALHO, Isabel Cristina de Moura. **Educação ambiental: a formação do sujeito ecológico**. 3. ed. São Paulo: Cortez, 2008.
- DESLANDES, Suely F; GOMES, Romeu; MINAYIO, Cecília de S. (org). **Pesquisa Social: Teoria, método e criatividade**. 28 ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2009.
- DIEGUES, Antônio Carlos S. Etnoconservação da natureza: enfoques alternativos. In: DIEGUES, Antônio Carlos S. **Etnoconservação: novos rumos para a proteção da natureza nos trópicos**. São Paulo: USP, 2000.
- ESCOBAR, Arturo. O lugar da natureza e a natureza do lugar: globalização ou pós-desenvolvimento? In: LANDER, Edgardo (org). **A colonialidade do saber: eurocentrismo e ciências sociais Perspectivas latino-americanas**. Colección Sur Sur, CLACSO, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina. setembro 2005.
- FREIRE, P. **Extensão ou Comunicação?** Trad. Rosisca D. de Oliveira. 10. ed. Rio de Janeiro, RJ: Paz e Terra, 1983.
- FREIRE, José Ribamar B. Trajetórias de muitas perdas e poucos ganhos. In: FREIRE, José Ribamar B. **Educação escolar indígena em Terra Brasilis, tempo de novo descobrimento**. Rio de Janeiro: IBASE, 2004.
- HALL, Stuart. **Da diáspora: Identidades e mediações culturais**. Organização Liv Sovik; Tradução Adelaine La Guardia Resende Ietall. Belo Horizonte: Editora UFMG; Brasília: Representação da UNESCO no Brasil, 2003.
- KOPENAWA, Davi; ALBERT, Bruce. **A queda do céu: Palavras de um xamã yanomami**. Tradução Beatriz Perrone-Moisés; prefácio de Eduardo Viveiros de Castro. 1a ed. São Paulo: Companhia das Letras, 2015.
- KRENAK, Ailton; A potência do sujeito coletivo – Parte I. **Periferias**. V.01, N.01, 2018. Entrevista concedida a Jailson de Souza e Silva. Disponível em: <http://imja.org.br/revista/materia/a-potencia-do-sujeito-coletivo-parte-i/?pdf=158> acessado em 11/11/2018.
- LANDER, Edgardo. Ciências sociais: saberes coloniais e eurocêntricos In: LANDER, Edgardo (org). **A colonialidade do saber: eurocentrismo e ciências sociais Perspectivas latino-americanas**. Colección Sur Sur, CLACSO, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina. setembro 2005.
- MINAS GERAIS, Coordenadoria de Inclusão e Mobilização Sociais (CIMOS) - Ministério Público de Minas Gerais (MPMG). **Direito dos Povos e Comunidades tradicionais**, 2014. Disponível em: <http://conflitosambientaismg.lcc.ufmg.br/wp-content/uploads/2014/04/Cartilha-Povos-tradicionais.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2018
- MUSSI, Vanderleia, P. L., História e Histórias dos Povos Indígenas. In: URQUIZA, Antônio H. A. (Org.) **Cultura e História dos Povos Indígenas**. Universidade Federal do





Mato Grosso do Sul – Coordenadoria de Educação Aberta e a Distância. Módulo 4, Marcos conceituais referentes à diversidade sócio cultural. Campo Grande – MS, 2010.

SANTOS, Boaventura de Souza. Para além do pensamento abissal: das linhas globais a uma ecologia de saberes. **Novos Estudos** – CEBRAP no. 79 São Paulo Nov. 2007.

\_\_\_\_\_. **A gramática do tempo**: para uma nova cultura política. 2. ed. São Paulo: Cortez, 2008.

SANTOS, Janaina Roberta dos. **A ciência moderna e o domínio da natureza**: contribuições filosóficas para pensar a crise ambiental. VII EPEA - Encontro Pesquisa em Educação Ambiental; Rio Claro - SP, 07 a 10 de Julho de 2013.

SEIZER DA SILVA, Antonio Carlos. **Kalivôno Hikó Terenôe**: sendo criança indígena Terena do século XXI - vivendo e aprendendo nas tramas das tradições, traduções e negociações. 2016. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Católica Dom Bosco, Campo Grande, MS, 2016.

SOUZA, Ana Hilda Carvalho de; LIMA, Alexandrina Maria de Andrade; MELLO, Marcos Aurélio Anadem; OLIVEIRA, Elialdo Rodrigues de. A relação dos indígenas com a natureza como contribuição à sustentabilidade ambiental: uma revisão da literatura. **Revista destaques acadêmicos**, VOL. 7, N. 2, - CCHS/UNIVATES, 2015.

TRISTÃO, Martha. **A educação ambiental na formação de professores**: redes de saberes. São Paulo: Annablume; Vitória: Facitec, 2004.

\_\_\_\_\_. A Educação Ambiental e o pós-colonialismo. **Revista Educação Pública**. Cuiabá, v. 23, n. 53/2, p. 473-489, maio/ago. 2014

\_\_\_\_\_. Educação ambiental e a descolonização do pensamento. **Rev. Eletrônica Mestr. Educ. Ambient.** Ed. Especial, julho/2016.

UNESCO-UNEP **International strategy for action in the field of environmental education and training for the 1990s**. Paris: UNESCO e Nairobi. 1987.



## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA DE FITOPATOGÊNOS EM *ORCHIDACEAE*

### LITERATURE REVIEW OF PHYTOPATHOGENS IN *ORCHIDACEAE*

DOI: 10.51859/AMPLA.MAS2407-12

Franciele Tenório Veiga <sup>1</sup>

Altacis Junior de Oliveira <sup>2</sup>

Taniele Carvalho de Oliveira <sup>3</sup>

Isane Vera Karsburg <sup>4</sup>

Daniela Soares Alves Caldeira <sup>5</sup>

Marcella Karoline Cardoso Vilarinho <sup>6</sup>

<sup>1</sup> Graduanda do curso de Licenciatura Plena e Bacharelado em Ciências Biológicas – Alta Floresta. Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT.

<sup>2</sup> Mestre em Genética e Melhoramento de Plantas. Programa de Pós-graduação em Genética e Melhoramento de Plantas – PGMP.

<sup>3</sup> Doutoranda em Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal - BIONORTE.

<sup>4</sup> Professora Adjunta da Faculdade de Ciências Agrárias e Biológicas – Alta Floresta. Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT.

<sup>5</sup> Professora Adjunta da Faculdade de Ciências Agrárias e Biológicas – Cáceres. Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT.

<sup>6</sup> Professora Adjunta da Faculdade de Ciências Agrárias e Biológica – Cáceres. Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT.

### RESUMO

A família *Orchidaceae* é uma das maiores famílias botânicas existentes no planeta, possuem uma grande variedade de gêneros e espécies, são muito utilizadas comercialmente, por possuírem adaptações florísticas por meses. Porém, esta família tem apresentado alguns problemas no seu desenvolvimento morfológico com a presença de fitopatógenos que estão cada dia mais presente e atinge basicamente um percentual considerável na família em questão. Dentre os fitopatógenos, encontram-se os fungos que são bem adaptados ao clima tropical. Nas orquídeas se originam e crescem os fungos por terem um processo de multiplicação rápida exigem assim, que os cuidados sejam imediatos como a aplicação de produtos fungicidas, verificou-se outro patógeno causador de doenças nas orquídeas os vírus, eles são mais difíceis de serem identificados, necessitando de análises morfológicas mais precisas na sua identificação e do procedimento de tratamento na orquídea. As bactérias e os vírus senão tratados podem ocasionar a morte da planta

pois atingem a fonte de nutrientes que a mantém saudável. Para o desenvolver deste trabalho se fez necessário realizar um levantamento de revisão bibliográfica de fitopatógenos em *Orchidaceae* para verificar os fungos e vírus relacionando os seus sintomas e doenças e quais os cuidados para manter a planta saudável. Desta foram escolhidos 35 artigos dentre os eles foram selecionados 15 artigos e constatou-se 11 fungos com alguns sintomas semelhante e 23 vírus sendo que 07 consta no Brasil.

**Palavras-chave:** Orquídeas. Doenças. Micologia. Virologia.

### ABSTRACT

The *Orchidaceae* family is one of the largest botanical families existing on the planet, they have a great variety of genera and species, are widely used commercially, for having floristic adaptations for months. However, this family has presented some problems in its morphological development with the presence



of phytopathogens that are increasingly present and basically reach a considerable percentage in this family. Among the phytopathogens are the fungi that are well adapted to the tropical climate. Fungi originate and grow in orchids because they have a quick multiplication process, thus requiring immediate care such as the application of fungicide products. Bacteria and viruses that are not treated can cause the death of the plant because they affect the source of nutrients that keep it healthy. In order to develop this work, it was necessary to do a

bibliographic review of phytopathogens in *Orchidaceae* to verify the fungus and viruses, relating their symptoms and diseases and the care to keep the plant healthy. Thirty-five articles were chosen among them, 15 articles were selected and 11 fungi with some similar symptoms and 23 viruses were found, 7 of which are found in Brazil.

**Keywords:** Orchids. Diseases. Mycology. Virology.

## 1. INTRODUÇÃO

O trabalho de uma revisão bibliográfica exige muitas etapas fundamentais de análise visto que irá se embasar em conteúdos elaborados e complementados com parâmetros descritivos. Tendo o referencial teórico bibliográfico permite verificar o estado do problema a ser pesquisado, sob o aspecto teórico e de outros estudos e pesquisas já realizados (LAKATOS; MARCONI, 2003).

Analisar aspectos e estudos já realizados pressupõe o cuidado de apontamentos e informações que fazem necessária conforme Segundo Marion, Dias e Traldi (2002, p.38), “O referencial teórico deve conter um apanhado do que existe, de mais atual na abordagem do tema escolhido, mesmo que as teorias atuais não façam parte de suas escolhas.”

O referencial bibliográfico é uma grande ferramenta para se apoiar na pesquisa de conteúdo a serem analisados e posteriormente estudado, desta forma auxiliando na compreensão de contexto ao qual se pretende realizar o levantamento de dados sendo de maneira objetiva e clara pautando pontos predominantes do que se pretende analisar.

Sendo assim, para realizar uma revisão bibliográfica abrange grandes conhecimentos de informações comprovadas e de suma importância para fundamentar ao conteúdo que se propõe a revisão de bibliográfica de patógenos em *Orchidaceae*.

Visto que a família *Orchidaceae* é a mais diversificada do reino vegetal com o maior número de espécies, podendo ser terrestre, epífitas e rupícolas (SOUZA, 2005). Por ser a família com o número significativo de espécie as *Orchidaceae* têm grande e vendida em quase todo o planeta, devido a sua durabilidade florística.

Sabendo da grande importância ambiental e econômica das orquídeas poucos são os estudos científicos visando à identificação e o controle de microrganismos causadores de doenças nessas plantas (SANTOS, 2012).

As doenças das orquídeas representam, na atualidade, um grande problema para os produtores e cultivadores e, no Brasil, as principais doenças encontradas nas orquídeas são as causadas por vírus e fungos (SANTOS, 2012).

A base da saúde das plantas é o resultado de vários fatores, tais como: ambiente de cultivo adequado, fornecimento de nutrientes na medida correta, água necessária, luz e temperatura adequadas, dentre outros (VILAR, 2016).

Partindo deste princípio o presente trabalho tem como objetivo realizar o referencial bibliográfico de fitopatógenos em *Orchidaceae* e apontar quais patógenos são mais decorrentes causadores de doenças e os sintomas que a planta apresenta após infectada.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA *ORCHIDACEAE* (PATÓGENOS).

Uma planta saudável possui metabolismo eficiente que metaboliza compostos orgânicos simples, em compostos orgânicos complexos (VILAR, 2016). Devido ao acúmulo desses compostos, por qualquer motivo, que fungos e outras pragas a procura desses compostos que servem como alimentos, atacam as plantas, ocasionando doenças (VILAR, 2016).

Mesmo apresentando resistência a muitos patógenos as orquídeas, ainda assim sofrem com a ocorrência de um grande número de doenças. As condições de cultivo das plantas, umidade, temperatura e densidade influenciam na ocorrência de problemas fitossanitários por proporcionar (COSTA, 2007).

### 2.1. PRINCIPAIS AGENTES PATOGÊNICOS

Um dos principais agentes patogênicos que atacam as orquídeas são os fungos, podendo limitar o desenvolvimento dessa planta (VILAR, 2016). A identificação rápida e correta do patógeno constitui a base para o sucesso na estratégia de controle de uma doença (SOUSA, 2010). O desenvolvimento dessas estratégias requer conhecimentos sobre a etiologia do patógeno, sua forma de dispersão, modo e momento em que a infecção ocorre e os mecanismos de defesa da hospedeira (IMENES, 2001).

Dentre os fungos patogênicos a orquídeas destacam-se *Colletotrichum*, *Phyllosticta*, *Fusarium*, *Botrytis cinerea*, *Sclerotium rolfsii*. Esses fungos causam manchas foliares, murchas, podridões em flores e podridões em bulbos, respectivamente (KIMATI et al., 2005; BERGAMIN et al., 1995; VOLPIN, 1991; PUNJA, 1985).

Além das doenças fúngicas, as orquídeas são também atacadas por vírus, minúsculos seres que invadem as células, danificando seus processos metabólicos e de multiplicação, o que pode causar a morte das mesmas (COOKE, 2016).

Embora o Brasil figure como um país altamente promissor no mercado internacional de flores e plantas ornamentais, os problemas fitossanitários, especialmente no que se refere às doenças causadas por vírus, ainda são obstáculos que devem ser superados para o crescimento das exportações brasileiras (DUARTE & ALEXANDRE, 2010).

As viroses podem causar sérios prejuízos às culturas visto que, uma vez instaladas, são de difícil controle. A alta incidência dos vírus, em orquídeas cultivadas, pode ser atribuída à grande estabilidade das partículas virais no extrato infectado e à fácil disseminação dos vírus de plantas infectadas para sadias, por meio de tratamentos culturais e instrumentos de poda (ALEXANDRE, 2012).

Em orquídeas foram descritas cerca de 30 espécies de vírus, pertencentes a diversos gêneros (ALEXANDRE; DUARTE, 2013). Apesar desses vários gêneros e tipos de vírus existentes, o vírus mais frequente em orquídeas são os *Odontoglossum ringspot vírus* - ORSV (*Tobamo virus*) e o *Cymbidium mosaic vírus* - CymMV (*Potex virus*) (DUARTE, 2012).

A alta incidência desses vírus, em orquídeas cultivadas, pode ser atribuída à grande estabilidade das partículas virais no tecido infectado e à fácil disseminação dos vírus de plantas infectadas para sadias, por meio de tratamentos culturais e instrumentos de poda (ALEXANDRE; DUARTE, 2013).

Outro vírus encontrado frequentemente em orquídeas é o *Orchid fleck vírus* - OFV, sendo muito comum em *Oncidium* na natureza. A inoculação do vírus é feita de forma mecânica por objetos cortantes ou picadas de insetos. O controle é preventivo feito pela desinfecção dos instrumentos de trabalho, pela eliminação dos insetos picadores e pela destruição da planta infectada (JESUS, 2016).

Muito embora os efeitos sejam, a princípio, pouco aparentes, *Cymbidium mosaic vírus* - CyMV é o vírus mais perigoso, pois, como apresenta sintomas menos graves, muitas vezes as plantas são dadas como saudáveis, o que propicia a extensão da contaminação por toda a coleção (COOKE, 2016).

Estes vírus podem induzir mosaico, anéis cloróticos e/ou necróticos, manchas cloróticas e/ou necróticas e, em geral não estão associados à redução de crescimento e morte da planta. Porém, devido à estabilidade dos vírus, são transmitidos por instrumentos de corte e se disseminam pela cultura com facilidade (VILAR, 2016).

## 2.2. ANÁLISES MORFOLÓGICA DO PATOGÊNICA DOS FUNGOS

Dependendo do patógeno, análises morfológicas podem ser utilizadas para identificar e agrupar pelas semelhanças com espécies ou gêneros já descritos, a exemplo do que ocorre com boa parte dos fungos (ALFENAS; MAFIA, 2007).

Os fungos destacam-se como um dos principais agentes patogênicos, podendo limitar o desenvolvimento de algumas plantas os prejuízos podem ser diretos, como perdas na produção, na qualidade ou ainda na receita com produtos menos rendáveis, ou ainda o prejuízo pode ser indireto afetando o produtor, o consumidor e até mesmo o estado (PITTA, 1995).

## 2.3. 2.3 DOENÇAS CAUSADAS POR MICRO-ORGANISMOS FUNGOS E BACTÉRIAS

Algumas doenças como a podridão negra é causada por fungos dos gêneros *Pythium* e *Phytophthora*. Esse é um dos mais sérios problemas no cultivo de orquídeas (VILAR, 2016). Os sintomas podem ser observados em plantas adultas com infecção produzindo manchas negras encharcadas, que progridem de forma ascendente, da raiz para as folhas das plantas (VILAR, 2016).

A doença também é conhecida por “canela seca”, por originar-se geralmente como uma podridão seca nas raízes das plantas, subindo pelo rizoma e atingindo o pseudobulbo, onde geralmente tem evolução lenta. Por matar as gemas, a planta sofre um longo processo de decadência, culminando com a morte após um ano ou mais. É facilmente visível ao se cortar essa parte da planta. Frequentemente, esta doença pode estar associada à presença de nematoides que, ferindo as raízes, facilitam a colonização das plantas pelo fungo patogênico (BERGMANN & ALEXANDRE, 1998). A infecção se dá

geralmente por meio de substrato, vasos e ferramentas de corte contaminadas (GIORIA et al., 2003).

O fungo *Fusarium oxysporum* é um patógeno vascular que infecta orquídeas, principalmente através dos ferimentos resultantes dos cortes em rizomas e raízes, durante a 21 divisão das plantas para propagação (VILAR, 2016). Os sintomas se iniciam pelas folhas basais, que amarelecem, secam e caem. Ocorre obstrução dos vasos pela formação de estruturas de barreira pela planta (que tenta se defender do fungo) e presença de micélio e esporos do próprio patógeno, resultando em resistência ao livre fluxo da seiva e, conseqüentemente, em sintomas de murcha (VILAR, 2016). Em cerca de 30 dias, a planta pode ter redução no seu desenvolvimento ou até morrer nas raízes e evoluir até tomar a parte aérea (BACCHI, et al., 2001).

A antracnose é uma doença que ataca orquídeas causada por fungos do gênero *Colletotrichum* que é encontrada com frequência em climas tropicais. Esse fungo ocorre principalmente em orquídeas enfraquecidas (VILAR, 2016). Apresentam manchas e são arredondadas a irregulares, deprimidas, coalescentes ou não. Os esporos têm avidez por água, sendo facilmente dispersos pelos respingos da água das chuvas ou de irrigação por aspersão, espalhando eficientemente no ambiente (SHIKARI; DIAZ, 2012). Em flores o sintoma é semelhante ao produzido por *Botrytis cinerea* (GIORIA et al., 2003).

A ferrugem a doença se manifesta somente nas folhas, quase que exclusivamente na face inferior, onde inicialmente observam-se pequenas pústulas de coloração amarelo-laranja ou marrom avermelhada (KLEIN, 2008). Essas pústulas, em função da idade, podem enegrecer e se desenvolver de modo concêntrico, lembrando a aparência de um alvo. Manchas cloróticas são observadas na região foliar oposta à pústula (GIORIA et al., 2003).

A Cercosporiose é uma doença é causada pelo fungo *Cercospora spp* e ocorre principalmente na parte inferior das folhas das plantas, principalmente nas mais velhas na face superior do limbo foliar observa-se uma área clorótica que, eventualmente, se torna necrótica, na área correspondente à lesão na face inferior. É um fungo encontrado tanto em temperaturas baixas como em temperaturas altas e conseqüentemente tem ampla distribuição (MANTOVANI, 2013).

A podridão bacteriana (*Erwinia Carotovora*, *Erwinia cypripedii*, *Acidovorax avenae*), as bactérias são seres unicelulares que se movimentam através da água. Isso

já aponta uma grande dependência desta água para que possa seguir o seu ciclo de vida e reprodução, apontando a principal causa dos problemas bacterianos nas orquídeas o excesso de umidade.

As manchas nas flores (*Botrytis cinerea*) Também conhecida como mofo cinzento, talvez uma das doenças mais frustrantes para o orquidófilo, após um ano de muito cuidado, ele pode arruinar a flor em poucos dias. Curiosamente não causam maiores problemas na parte vegetativa da orquídea, atacando somente flores (MANTOVANI, 2013).

Já o mofo Cinzento os agentes causadores do mofo cinzento são os fungos: *Botrytis cinerea* e *Botrytis sp.*, que se disseminam pelo vento, ataca pétalas, sépalas e labelo das flores, principalmente as mais velhas. Pode causar sérios prejuízos em cultivos comerciais quando há grande quantidade de flores abertas e próximas (MANTOVANI, 2013).

A crosta negra da baunilha tem como agente etiológico: *Mycoleptodiscus indicus* (V.P. Sahni) B. quais os sintomas são manchas necróticas no caule, frutos e folhas, inicialmente circulares, escuras, planas, 1-5 mm de diâmetro, tornando-se posteriormente elipsóides e fusiformes ou irregulares, tomando uma coloração castanho-acinzentada, chegando a atingir por confluência, 20 mm de comprimento por 10 mm de largura. Sobre as lesões notam-se pequenas crostas negras que são os esporodóquios do fungo causal (BEZERRA & RAM, 1986).

#### 2.4. ANÁLISES FITOPATOGÊNICA MORFOLÓGICA DOS VÍRUS CAUSADORES DE DOENÇAS EM ORQUÍDEAS

Os danos causados por esses vírus são devido à depreciação das plantas, podendo levar a diminuição da produção ou qualidade das folhas e flores (MANTOVANI, 2013). Os sintomas deste vírus nas folhas são dificilmente detectáveis, pois, ocorrem leves riscos 24 cloróticos nas nervuras. De modo geral, não atrapalha o crescimento da planta, nem sua capacidade de floração (COOKE, 2016).

São bastantes variáveis, dependendo de fatores ambientais, idade do tecido vegetal, gênero e variedade da planta, tempo de inoculação, entre outros. Algumas plantas infectadas são assintomáticas e podem ocorrer isoladamente ou em infecção dupla (MANTOVANI, 2013). O CyMV pode infectar uma planta, sem afetar sua produtividade ou vigor, por muitos anos.



O *Odontoglossum ring spot virus* (ORSV) pertence ao gênero *Tobamovirus*, cuja espécie tipo é o *Tobacco mosaic virus* (MORAES, 2013). Este vírus, embora altamente destrutivo, tem seu controle facilitado pelos seus sintomas, bastante característicos e facilmente visíveis. Nas folhas, são manchas irregulares de colorido vermelho. Estas manchas ou pintas geralmente possuem regiões necrosadas (mortas). Os brotos podem ficar aleijados (tortos, fortemente pigmentados, e sem vigor) e nas flores, surgem manchas descoloradas, com aspecto de "aquarela desbotada". Ao contrário do CyMV, o ORSV vai degradando o vigor da planta, terminando por mata lá, por inviabilidade de brotação, ao cabo de alguns anos (COOKE, 2016).

O *Orchid fleck virus* (OFV) é um vírus causa manchas das orquídeas é transmitido de forma persistente pelo ácaro *Brevipalpus californicus* (Banks) (KUBO, 2006). Foi detectada pela primeira vez no Japão em orquídeas do gênero *Cymbidium* (DOI et al., 1969; MORAES, 2013). O OFV foi relatado em vários gêneros de orquídeas pelo mundo: *Angraecum*, *Aspasia*, *Baptistonia*, *Bifrenaria*, *Brassia*, *Bulbophyllum*, *Calanthe*, *Cattleya*, *Coelogyne*, *Colmanara*, *Cymbidium*, *Dendrobium*, *Diplocaulobium*, *Dockrillia*, *Encyclia*, *Flickingeria*, *Hormidium*, *Liparia*, *Masdevallia*, *Maxillaria*, *Miltonia*, *Odontoglossum*, *Oncidium*, *Paphiopedilum*, *Pascatorea*, *Phaius*, *Phalaenopsis*, *Polystachya*, *Renanthera*, *Stanhopea*, *Stenia*, *Trigonidium*, *Zygopetalum* (KITAJIMA et al., 2001). Os sintomas de OFV são variados, quando comparados entre os gêneros de orquídeas (MORAES, 2013).

De maneira geral, as plantas infectadas por este vírus podem apresentar anéis necróticos concêntricos em torno de uma lesão necrótica central, lesões necróticas ovaladas com halo clorótico e pontuações pequenas e necróticas na superfície foliar (KUBO, 2006). É bastante comum a infecção dupla de vírus em orquídeas como, por exemplo, o CymMV e ORSV infectando juntos a mesma planta.

O *Cucumber mosaic virus* - CMV- é um vírus de distribuição mundial, capaz de infectar mais de 700 espécies vegetais, entre elas a trapoeraba (*Comellina sp.*), fumo e pimentão. É transmitido por diversas espécies de afídeos de maneira não persistente (picada de prova). Apesar disso, sua incidência não parece ser comum em orquídeas. O sintoma ocasionado caracteriza-se pela presença de estrias brancas e deformações nas flores. NOBREGA (1947) relatou, entre os sintomas, atraso no crescimento, clorose generalizada, redução no tamanho de folhas e encurtamento de entrenós, além de

mosaico com áreas de coloração verde-claro e verde escura, manchas cloróticas difusas, entre as nervuras e riscas brancas dispostas ao longo das nervuras.

Os vírus podem ser detectados em diferentes partes da planta, inclusive no pólen (BERGMANN & ALEXANDRE, 1998).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

Foi realizada pesquisa bibliográfica descritiva e analítica, com o intuito de revisar publicações voltadas à patógenos em *Orchidaceae*. O material escolhido foi baseado em artigos científicos e dissertação que retrataram o assunto, foram escolhidos aproximadamente 35 artigos dos quais foram separados para análise 15 artigos.

No decorrer da revisão dos artigos escolhidos foram elaboradas tabelas com os principais micro-organismos causadores de doença, e seus sintomas, onde noto se o quantitativo de patógenos que impedem muitas vezes o desenvolvimento da planta, vale ressaltar que no decorrer da leitura observou se também quais os procedimentos a serem adotados para se combater que os micro-organismos que são eles as bactérias, vírus e fungos sejam combatidos para que não haja a perda da planta.

A pesquisa foi realizada entre 17 de novembro de 2020 à 20 de maio de 2021, via internet, em sites acadêmicos de acesso livre.

### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados foram voltados para três informações importantes sobre os fitopatógenos decorrentes na família *Orchidaceae* que foram: os micro-organismo, sintomas existentes e presentes com a propagação deles, e o modo de prevenção para zelar pelo bom desenvolvimento da planta.

Conforme tabela 1, pode se constar a presença de 11 fungos causadores de doenças, em sua maioria apresentam os mesmos sintomas, como manchas de várias pigmentações como laranjadas, negras, acinzentadas entre outras, apresentam tardiamente na evolução dos órgãos conforme o desenvolvimentos das doenças, manchas ovulares de vários tamanhos e lesões corriqueiras, a descoloração das raízes e folhas o causa o enfraquecimento da planta e a podridão que preponderante quando ocorre o surgimento de alguma fitopatógenos na orquídea.

Tabela 1. Demonstrativo de Doenças causadas por fungos, sintomas e condições de ocorrência conforme MANTOVANI 2013.

Doença	Fungo	Sintomas	Condições de ocorrência
<b>Podridão Negra</b>	<i>Pythium ultimum</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Plantas adultas: infecção produz manchas negras encharcadas, que progridem de forma ascendente, da raiz para as folhas das plantas.</li> <li>Com a evolução da doença os órgãos atacados apresentam podridão mole e se destacam, sendo, em casos extremos, observada a morte das plantas.</li> <li>Plântulas: tombamento ou “damping-off”.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Períodos de alta umidade.</li> <li>Temperatura de 10 °C a 22 °C.</li> <li>Introdução na cultura por meio de água de irrigação ou chuva, substratos e vasos contaminados.</li> </ul>
<b>Murcha ou Podridão de raiz e pseudobulbo</b>	<i>Fusarium oxysporium</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Têm início nas raízes e evoluem de forma ascendente até tomar as folhas que se tornam flácidas e se destacam facilmente do pseudobulbo</li> <li>Coloração escura nos rizomas, devido a atuação de toxinas produzidas pelo patógeno</li> <li>Círculo de coloração púrpura escuro na epiderme e hipoderme</li> <li>Plantas severamente atacadas podem morrer em um prazo de 3 a 9 semanas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Períodos de alta umidade.</li> <li>Temperatura na faixa de 25 °C a 30 °C.</li> <li>Introdução na cultura por meio de ferimentos produzidos principalmente durante a divisão das plantas para propagação.</li> </ul>
<b>Antracnose</b>	<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Primeiramente ocorre descoloração parda em forma circular levemente deprimida e bastante definida.</li> <li>A lesão aumenta rapidamente de tamanho e, em condições propícias, pode atingir todo o limbo foliar</li> <li>O centro da lesão é deprimido, de coloração castanho-pardacenta e com inúmeros anéis concêntricos, onde estruturas de frutificação do fungo podem facilmente serem visualizadas como pontos escuros de onde emerge uma matriz mucilaginosa de coloração rosada à alaranjada.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Períodos de alta umidade, de dias encobertos.</li> <li>Temperatura de 10 °C a 20 °C.</li> <li>Introdução na cultura por meio de água de irrigação ou chuva.</li> </ul>

Doença	Fungo	Sintomas	Condições de ocorrência
<b>Ferrugem</b>	<i>Sphenospora sp</i> , <i>Uredo sp</i> e <i>Hemileia sp</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ocorrem apenas nas folhas, exclusivamente na face inferior.</li> <li>• Inicialmente se observam pequenas pústulas de coloração amarelo-laranja ou marrom avermelhada.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Períodos de alta umidade relativa.</li> <li>• Temperaturas amenas, especialmente nas regiões baixas e úmidas, onde o vapor d'água condensa-se à noite.</li> <li>• Disseminação dos esporos pelo vento e por respingos de água.</li> </ul>
<b>Mofo Cinzento</b>	<i>Botrytis cinerea</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ataca exclusivamente pétalas, sépalas e labelo das flores.</li> <li>• Têm início com pequenas manchas circulares, em qualquer parte da superfície das flores.</li> <li>• Em geral as lesões são circundadas por um halo de coloração rosada, com a evolução da doença, observa-se a formação de uma massa pulverulenta de coloração cinza, constituída por um grande número de propágulos.</li> <li>• Flores severamente atacadas murcham e caem.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Períodos de alta umidade.</li> <li>• Temperaturas amenas (16 °C a 18 °C).</li> <li>• Baixa ventilação.</li> <li>• Disseminação dos conídios pelo vento e por respingos de água.</li> </ul>
<b>Cercosporiose</b>	<i>Cercospora spp</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ocorre apenas nas folhas na face inferior, principalmente nas mais velhas.</li> <li>• Na face superior do limbo foliar observa-se uma área clorótica correspondente à lesão na face inferior.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• É encontrado tanto em temperaturas baixas como em temperaturas altas consequentemente tem ampla distribuição.</li> </ul>
<b>Murcha de Sclerotium ou Podridão da base</b>	<i>Sclerotium rolfsii</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presença de micélio cottonoso primeiramente na base da planta, podendo espalhar-se por todo o pseudobulbo e folhas.</li> <li>• Com a evolução pode-se visualizar a formação de escleródios com cerca de 1 mm de diâmetro.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ocorrência esporádica normalmente ligada ao substrato contaminado.</li> <li>• Alta umidade.</li> <li>• Teor elevado de matéria orgânica no substrato.</li> <li>• Temperaturas elevadas (&gt;26 °C).</li> <li>• Disseminação por água da chuva ou irrigação.</li> </ul>
<b>Manchas foliares</b>	<i>Phyllosticta sp</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Folhas atacadas apresentam manchas castanhas escuras circulares ou ovaladas, com bordos bem definidos e centro de coloração pardo claro onde podem ser observados picnídios do fungo</li> <li>• Halos amarelados podem ocorrer sendo função da espécie infectada.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperaturas entre 25 °C 28 °C</li> <li>• Sobrevivência em restos culturais.</li> </ul>

Doença	Fungo	Sintomas	Condições de ocorrência
<b>Podridão de raízes</b>	<i>Rhizoctonia solani</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Causa deterioração do sistema radicular, com sintomas reflexos de murcha na parte aérea</li> <li>• Em sementeiras e plântulas, têm-se sintomas de tombamento ou “damping-off”.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• É favorecida pela alta umidade do ar.</li> <li>• Temperatura ao redor de 28 °C.</li> <li>• Possui ampla gama de hospedeiros podendo ser disseminada por água e substrato contaminado.</li> </ul>
<b>Mancha aquosa</b> <b>Mancha marrom</b>	<i>Acidovorax cattleya</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tem início com a formação de lesões esbranquiçadas úmidas que acabam por progredir, tornando-se deprimidas, escuras ou pardacentas, bem delimitadas, semelhantes a queimaduras de sol.</li> <li>• Atinge plântulas acarretando a morte.</li> <li>• Se o patógeno atingir o ápice de crescimento em plantas monopodiais pode ocasionar a morte.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Períodos de alta umidade relativa.</li> <li>• Exsudados servem como fonte de inóculo que pode ser disseminado por respingos de água de irrigação ou de chuva.</li> </ul>
<b>Podridão mole</b>	<i>Erwinia carotovora</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Observam-se em folhas e pseudobulbos, lesões foliares inicialmente anasarcadas evoluindo para uma podridão mole, ou mela, que acaba praticamente destruindo toda a área afetada.</li> <li>• Odor fétido de exsudados é forte indicativo de infecção com essa bactéria.</li> <li>• Infecções que tem início em pseudobulbos velhos são oriundos de aberturas naturais originadas da queda de folhas nos mesmos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Períodos de alta umidade relativa</li> <li>• Temperatura na faixa de 20°C a 30°C</li> <li>• Disseminação ocorre por insetos e água de irrigação ou de chuva.</li> <li>• Ocorrem principalmente em orquídeas que apresentam folhas não eretas, ou com ângulo de inserção de aproximadamente 90°, as quais propiciam o acúmulo de água e favorecem o desenvolvimento do patógeno.</li> </ul>

Fonte: Autoria própria.

Muitas orquídeas apresentam os odores devidos a algumas infecções existentes na planta vale ressaltar que existem outros sintomas específicos em conformidade no desenvolvimento do fungo. Alguns sintomas quando não diagnosticado podem ocasionar a morte da planta. Fator que ocorre muito na família Orchidaceae.

Estes fatores patogênicos ocorrem devidos a alguns fatores climáticos que são propícios para os desenvolvimentos dos fungos, para combater está propagação e necessário regularizar a temperatura que esta planta se encontra, fazer as podas de partes que estejam comprometidas ou contaminadas, realizar o replantio e

principalmente identificar quais fungos estão se desenvolvendo na orquídea aplicar o fungicida correto.

Pois constatou-se que a maioria da propagação dos fungos é decorrente da forma de irrigação, umidade, por serem plantas etífitas acabam servindo de estádia para muitos hospedeiros, que de certa forma com fatores biológicos contrários dá para o desenvolvimento morfológico da planta contraindo a contaminação da orquídea.

Analisando a tabela 2, foi possível constatar a presença de 23 vírus causadores de fitopatógenos em orquídeas. No Brasil apresentou-se 7 espécies de vírus, sendo elas: *Cymbidium mosaic virus* – CymMV; *Odontoglossum ringspot virus* – ORSV; *Orchid fleck virus* – OFV; *Cucumber mosaic virus* – CMV; *Bean yellow mosaic virus* – BYMV; *Dendrobium leaf streak virus* – DLSV; *Orchid fleck virus* – OFV; *Laelia red leafspot virus* – LRLV e *Orchid fleck virus* – OFV.

Os vírus são bem complexos na sua identificação necessitam de análises mais minuciosas pois os sintomas apresentam grandes variedades. Quando a orquídea está infectada com vírus, é necessário que se observem as lesões, a pigmentação das folhas e raízes, e a formação de anéis que vão surgindo nas folhas, é uma característica fundamental ao identificar a presença de um vírus na planta. Pode-se constatar que a manifestação de alguns vírus apresenta lista, está e outra característica de grande importância a ser observada, pois não ocorrem nas bactérias, foi constatado manchas anelares e necróticas levando rapidamente a morte da planta.

Para os vírus que não foram registrados no Brasil causadores de fitopatógenos prosseguiu pesquisas em vários campos bibliográficos como dissertações, artigos e capítulos de livros alguns vírus foram encontrados no país mais causando doenças em outras plantas.

Ainda relatou a presença de três vírus que não foi possível durante a procura bibliográfica relatar os seus sintomas são eles: *Clover yellow vein virus* – CIYVV; *Dendrobium mosaic virus* – DsMV e *Cypripedium chlorotic streak virus* – CypCSV.





Tabela 2. Quadro para rápida identificação de fitopatógenos associados a orquídeas.

<b>Vírus do Mosaico do Cymbidium</b>	<i>Cymbidium mosaic virus</i> – CymMV	O sintoma mais comum é o mosaico, podendo ocorrer leves riscos cloróticos nas nervuras das folhas e pequena redução no número e tamanho das flores. Podem ainda mostrar sintomas severos de manchas anelares ou irregulares, cloróticas ou necróticas nas folhas. Ocorrem riscos ao longo das nervuras dos segmentos florais, marrons em flores brancas e esbranquiçados em flores lilases e vermelhas. Ocorre necrose e/ou descontinuidade da coloração natural das sépalas e pétalas (“collor break”) (KLEIN, 2008).
<b>Mancha anelar de Odontoglossum</b>	<i>Odontoglossum ringspot virus</i> . – ORSV	Manchas ou pintas irregulares de colorido vermelho a roxo nas folhas, geralmente com regiões necrosadas. Em <i>Odontoglossum</i> , causa lesões circulares nas folhas. Os brotos podem ficar tortos, fortemente pigmentados e sem vigor. Nas flores surgem manchas descoloradas. O vírus vai degradando o vigor da planta, terminando por matá-la em alguns anos, por inviabilidade de brotação (KLEIN, 2008).
<b>Orchid Fleck Virus</b>	<i>Orchid fleck virus</i> – OFV	Anéis necróticos espalhados pelo limbo foliar e intercalados por áreas aparentemente normais são os sintomas mais comuns; porém em <i>Odontoglossum</i> , aparecem manchas amarelas nas folhas (KLEIN, 2008).
<b>Vírus do Mosaico do Pepino</b>	<i>Cucumber mosaic virus</i> – CMV	Estrias brancas e deformações nas flores, atraso no crescimento, clorose generalizada, redução no tamanho de folhas, encurtamento de entrenós, mosaico e manchas cloróticas difusas entre as nervuras (KLEIN, 2008).
<b>Dendrobium vein necrosis virus.</b>	<i>Dendrobium vein necrosis virus</i> – DVNV	Não relatado no Brasil (KLEIN, 2008). Hospedeiros relatados: <i>Dendrobium phalaenopsis</i> , na Alemanha e na Florida, EUA. Causa mosaico nas flores, com listras brancas em flores de tonalidade lilás.
<b>Tomato ringspot vírus*</b>	<i>Tomato ringspot virus</i> – ToRSV	Não relatado no Brasil (KLEIN, 2008). Está estabilizado na Alemanha, Austrália, Bulgária, Canadá, Chile, China, Coreia, Eslováquia, Eslovênia, Estados Unidos, Holanda, Itália, Japão, Jordânia, Peru, Porto Rico, Turquia, República Checa, Taiwan e Tunísia, mas não está estabelecido na Grã - Bretanha, Dinamarca, Egito, Grécia, Noruega, Nova Zelândia, Rússia e Suécia (LIMA, M. F.; INOUE-NAGATA, A. K., 2018). Hospedeiros relatados: <i>Ponthieva racemosa</i> e <i>Cymbidium</i> . Não obtivemos informação sobre sintomas.
<b>Bean yellow mosaic virus</b>	<i>Bean yellow mosaic virus</i> – BYMV	Foi encontrado um relato, em 2007, da ocorrência do BYMV em <i>Dactylorhiza foliosa</i> , na Ilha da Madeira, causando mosaico, manchas e listras cloróticas nas folhas e também em várias espécies de orquídeas nos EUA, Alemanha e Japão (SKELTON, 2006).
<b>Calanthe mild mosaic virus</b>	<i>Calanthe mild mosaic virus</i> – CalMMV	Não relatado no Brasil (KLEIN, 2008). Foi relatado no Japão, provocando leve mosaico foliar e “colour breaking” ou mosaico nas flores, em <i>Calanthe</i> .
<b>Ceratobium mosaic vírus</b>	<i>Ceratobium mosaic virus</i> – CerMV	Não relatado no Brasil (KLEIN, 2008). Registrada no Japão achou se um relato na Índia em <i>Cymbidium</i> (SINGH, 2007) Causa clorose e malformação de folhas.
<b>Clover yellow vein vírus.</b>	<i>Clover yellow vein virus</i> – CIYVV (=Dendrobium mosaic virus).	Não relatado no Brasil. Não obtivemos informação sobre sintomas (KLEIN, 2008).



<b>Dasheen mosaic virus</b>	<i>Dasheen mosaic virus</i> – DsMV	Não relatado no Brasil. Não obtivemos informação sobre sintomas (KLEIN, 2008).
<b>Cypripedium chlorotic streak virus</b>	<i>Cypripedium chlorotic streak virus</i> – CypCSV (=Cypripedium necrotic leafstripe virus).	Não relatado no Brasil. Não obtivemos a informação sobre sintomas (KLEIN, 2008).
<b>Habenaria mosaic virus</b>	<i>Habenaria mosaic virus</i> – HaMV	Não relatado no Brasil (KLEIN, 2008). Foi relatado no Japão, Causa forte clorose foliar sistêmica em <i>Habenaria radiata</i> (ICTVdB, 2006).
<b>Vanilla mosaic virus</b>	<i>Vanilla mosaic virus</i> – VanMV	Não relatado no Brasil (KLEIN, 2008). Relatado pela primeira vez na Polinésia Francesa em 1986. Provoca mosaico e mal-formação de folhas de Vanilla. Transmitido de forma não-persistente por <i>Myzus persicae</i> (Aphididae), (BRUNT et al., 1996).
<b>Vanilla necrosis virus</b>	<i>Vanilla necrosis virus</i> (=Watermelon mosaic virus – WMV)	Não relatado no Brasil (KLEIN, 2008). O vírus provoca manchas e listras cloróticas e mal formação das margens das pontas das folhas, evoluindo para manchas marrons e necróticas locais, que também são formadas nos frutos, causando “die-back”. Sua transmissão se dá de forma não-persistente pelos vetores <i>Aphis gossypii</i> e <i>Myzus persicae</i> (Aphididae), além de transmissão mecânica e enxertia (BRUNT et al. 1996).
<b>Dendrobium leaf streak virus</b>	<i>Dendrobium leaf streak virus</i> –DLSV (=Orchid fleck vírus – OFV)	Sintomas semelhantes a OFV (KLEIN, 2008).
<b>Laelia red leafspot virus</b>	<i>Laelia red leafspot virus</i> – LRLV (=Orchid fleck vírus – OFV)	Sintomas semelhantes a OFV (KLEIN, 2008).
<b>Cymbidium ringspot virus</b>	<i>Cymbidium ringspot virus</i> – CymRSV	Não relatado no Brasil (KLEIN, 2008). Causa manchas anelares cloróticas foliares, mais intensas quando ocorre infecção dupla com <i>Cymbidium mosaic virus</i> . Esse vírus não é transmitido por vetores, somente por inoculação mecânica e por contato entre hospedeiros (ICTVdB, 2006).
<b>Impatiens necrotic spot virus*</b>	<i>Impatiens necrotic spot virus</i> – INSV	Não relatado no Brasil (KLEIN, 2008). Relatado no Estados Unidos O sintoma observado em <i>Phalaenopsis spp.</i> (de flores brancas) é de presença de manchas anelares cloróticas e necróticas em folhas, semelhantes a alvos (BAKER, 2007).
<b>Tomato spotted wilt virus</b>	<i>Tomato spotted wilt virus</i> – TSWV.	Não relatado no Brasil (KLEIN, 2008). igual INSV para <i>Phalaenopsis spp.</i> Em <i>Oncidium</i> , esse vírus causa de manchas anelares cloróticas a lesões necróticas de 1-2 cm de diâmetro (HU et al, 1993). JIMÉNEZ (2002) descreve sintomas de mal formação foliar, que vão desde folhas dobradas, nervuras engrossadas e redução do tamanho das folhas. O autor relata ainda a formação de manchas brancas, amarelecimento e necrose foliar.
<b>Tobacco rattle virus</b>	<i>Tobacco rattle virus</i> – TRV	Não relatado no Brasil (KLEIN, 2008). Ocorre na Costa Rica, causando mosqueado e amarelecimento foliar em orquídeas nativas enviveiradas (JIMÉNEZ, 2002), além de deformações foliares. Em <i>Orchis</i> , causa mosaico foliar e redução do crescimento (LESEMANN & VETTEN,1985).

<b><i>Phalaenopsis chlorotic spot virus</i></b>	<i>Phalaenopsis chlorotic spot virus</i> – PhCSV	Não relatado no Brasil (KLEIN, 2008). Vírus de recente relato, em Taiwan, causando manchas cloróticas em folhas de <i>Phalaenopsis</i> (YOU et al. 2008). Segundo o ICTVdB (2006) esse vírus seria um sinônimo do OFV.
<b><i>Cypripedium calceolus virus</i></b>	<i>Cypripedium calceolus virus</i> – CypCV	Não relatado no Brasil (KLEIN, 2008). o vírus ocorre na Alemanha causando listras cloróticas e necróticas e deformações foliares na espécie acima (ICTVdB Management 2006).

Fonte: Autoria própria.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As observações realizadas durante a revisão bibliográfica de patógenos em *Orchidaceae* notou-se em sua maioria a presença de fungos causadores de doenças patogênicas. Seus sintomas aparentemente em sua maioria são semelhantes e apresentam características peculiares, muitos iniciam com manchas que vão se espalhando pela planta, mais o controle se relaciona à utilização de produtos químicos e principalmente de fungicidas, 90 % não causam a morte da planta se for tratada de início.

Outro fitopatogênico encontrado no decorrer da revisão está relacionada aos vírus, eles são mais difíceis de identificação, muitos ainda não tiveram relato no Brasil, mais apresentam patogenia e sintomas decorrentes quando a planta está infectada por ele.

A revisão bibliográfica apresentou preponderância nas etapas da pesquisa dos artigos, dissertações, livros sobre fitopatógenos em *Orchidaceae* trazendo informações da sintomatologia, possível fazer uma identificação rápida e ágil, o que estimula estudos futuros sobre os fitopatogênicos em *Orchidaceae*.

## REFERÊNCIAS

- ALEXANDRE, M. A. V.; DUARTE, L. M. L. **Aspectos fitossanitários das orquídeas**. 2.ed. São Paulo: Instituto Biológico, 2012. 84p.
- ALEXANDRE, M. A. V.; DUARTE, L. M. L. ***Cymbidium mosaic virus* e *odontoglossum ringspot virus*: Vírus mais frequentes em orquídeas**, 2013.
- ALFENAS, A. C.; MAFIA, R. G. **Métodos em Fitopatologia**. 1.ed. Viçosa. Editora UFV. 2007.
- BACCHI, L.; DEGRANTE, P. E.; GOULART, A. C. P. Doenças no solo. **Revista Cultivar**. v. 3, p. 05-09, 2001.



- BAKER, C.; DAVIDSON, D; SCOATES, C. White Phalaenopsis Ringspots – Mystery Solved. **Plant Pathology Circular**. 2008.
- BERGMANN, E. C. & ALEXANDRE, M. A. V. **Aspectos Fitossanitários das Orquídeas**. Boletim Técnico do Instituto Biológico, São Paulo, n.11, p.5-51, jun. 1998.
- BEZERRA, J. L. & RAM, A. A crosta-negra da baunilha (*Vanilla fragans*) causada por *Mycoleptodiscus indicus* (Moniliales, Hiphomycetes). **Fitopatologia Brasileira**, v.11, p.717- 724. 1986.
- BRASILIA, **Instrução Normativa nº 52, de 20 de novembro de 2007**. Brasília, 2007. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=18212>. Acesso em: 26 jun. 2020.
- BRUNT, A. A.; CRABTREE, K.; DALLWITZ, M. J.; GIBBS, A. J.; WATSON, L. Vanilla mosaic potyvirus. **Plant Viruses Online: Descriptions and Lists from the VIDE**. 2006.
- COOKE, R. B. **Doença das orquídeas – Parte II, Vírus**. 2016. Disponível em: <http://www.orquidario.org/palestras/palestra002.htm>. Acesso em: 26 de set. 2020.
- COSTA, C. R. **Fungos associados às plantas ornamentais tropicais no Distrito Federal**. Pag. 2. Departamento de Fitopatologia da Universidade de Brasília. 2007.
- DOI, Y.; ARAI, K.; YORA, K. Distribution of bacilliform vírus particles in Lasaki disease and Cymbidium ringspot disease. **Annals of Phytopathological Society of Japan**, Tokyo, v.35, p. 388, 1969.
- DUARTE, L. M. L.; ALEXANDRE, M. A. V. **Doenças causadas por vírus em plantas ornamentais**, 2010. Disponível em <http://www.summanet.com.br/summanet-site/congressos/2010/palestras/p15.htm>. Acesso em: 30 de ago. de 2020.
- GIORGIA, R. **Doenças e Pragas que atacam as orquídeas**. São Paulo: Editora Brasil Orquídeas, 2002. 65 p.
- GIORGIA, R.; SOUZA, A. P.; PEDRAZZOLI, D. S.; KITAJIMA, E. W.; KIMATI, H.; REZENDE, J.A.M.; VENDRAMIM, J. D.; PARRA, J. R. P. **Doenças e pragas que atacam as orquídeas**. Taubaté. Editora Brasil Orquídeas, 2003.
- HU, J. S.; FERREIRA, S.; WANG, M.; XU, M. Q. Detection of *Cymbidium Mosaic Virus*, *Odontoglossum Ringspot Virus*, *Tomato Spotted Wilt Virus*, and Potyviruses Infecting Orchids in Hawaii. **Plant Disease**. Vol. 77, n.5, p.464-468, 1993.
- ICTVdB Management. 2006. **Habenaria mosaic virus**. In: **ICTVdB - The Universal Virus Database, version 4**. Büchen-Osmond, C. (Ed), Columbia University, New York, USA, 2006. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/ICTVdb/ICTVdB/00.057.0.81.041.htm>. Acesso em: 26 jun. 2020.



- IMENES, S. D. L., ALEXANDRE, M. A. V. **Pragas e doenças em plantas ornamentais**. São Paulo: Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, Instituto Biológico, 2001. 1 CD-ROM
- JESUS, S. **Saiba como prevenir doenças nas orquídeas evitando que elas morram**. 2016. Disponível em: <http://planetadasorquideas.com.br/como-prevenir-doencas-orquideas/>. Acesso em: 28 de set. de 2020.
- JIMÉNEZ, J. G. C. **Identificación de los virus que afectan orquídeas nativas em dos viveros del Valle Central de Costa Rica**. 79 p. Dissertação (Licenciatura em Biologia) – Facultad de Ciencias, Escuela de Biología. Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, Costa Rica. 2002.
- KIHARA, G. T. E.; MORIMOTO, L. M.; MORIMOTO, M. S. **Orquídeas Manual de Cultivo**. São Paulo, 2002. 296 p.
- KIMATI, H; AMORIM, L; REZENDE, J. A. M; GERGAMIM FILHO. A; CAMARGO, L. E. A. **Manual de Fitopatologia doenças das plantas cultivadas**, Vol. 2. Quarta edição. São Paulo: Agronômica Ceres, 2005.
- KITAJIMA, E. W.; KONDO, H.; MACKENZIE, A.; REZENDE, J. A. M.; GIORIA, R.; GIBBS, A. Comparative cytopathology and immunocytochemistry of Japanese, Australian and Brazilian isolates of Orchid fleck virus. **Journal of General Plant Pathology**, v.67, n.3, p.231-237, 2001.
- KLEIN, E. H. S. **Levantamento e desenvolvimento de kit diagnóstico de patógenos e propagação In Vitro de orquídeas no Estado do Rio de Janeiro**. Everaldo Hans Studdt Klein – 2008.
- KUBO, K. S. **Deteção e variabilidade do gene do nucleocapsídeo de isolados de diferentes regiões geográficas do vírus da mancha das orquídeas (“Orchid Fleck Virus - 47 OFV”)**. 102p. Dissertação (Agronomia) Universidade Federal de São Paulo, Piracicaba, 2006.
- LESEMANN, D. E. & VETTEN, H. J. The occurrence of Tobacco Rattle and Turnip Mosaic Viruses in *Orchis* spp., and of an Unidentified Potyvirus in *Cypripedium calceolus*. **Acta Horticulturae**, v164, p45-54. 1985.
- LIMA, M. F.; INOUE-NAGATA, A. K. **Tomato ringspot virus (ToRSV) (Picornavirales: Secoviridae)**. In: FIDELIS, E. G.; LOHMANN, T. R.; SILVA, M. L.; PARIZZI, P.; BARBOSA, F. F. L. (Ed.). **Priorização de pragas quarentenárias ausentes no Brasil**. Brasília, DF: Embrapa, 2018. p.445-456.
- MANTOVANI, C. **Manual de identificação das doenças das orquídeas**. 2013.
- MARCELO, Z. **Portal do orquidófilo**. Disponível em: <https://www.portaldoorquidofil.com/fungos-e-bacterias>. Acesso em: 08 de nov de 2020.



- MORAES, L. A. **Incidência e caracterização dos vírus infectando orquídeas no Estado de São Paulo**. 81 f. Dissertação (Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu, 2013.
- SINGH, M. K.; SHERPA, A. R.; HALLAN, V.; ZAIDI, A. A *potyvirus* in *Cymbidium spp.* in northern Índia. **Australasian Plant Disease Notes**, v2, p11–132, 2007.
- SKELTON, A.; DALY, M.; NIXON, T.; HARJU, V.; MUMFORD, R.A. First record of Bean yellow mosaic virus infecting a member of the orchid genus *Dactylorhiza*. **The British Society for Plant Pathology**, 2006.
- PENTEADO, S. R. **Defensivos alternativos e naturais**. Campinas: Via Orgânica, 2010. 176 p.
- VILAR, Luana Pinto. **Levantamento e diagnóstico das principais doenças que ocorrem em orquídeas (*Orchidaceae*) provenientes das regiões de Campina Grande e brejo paraibano**. 48p. (Trabalho de Conclusão de Curso – Monografia), Curso de Engenharia de Biotecnologia e Bioprocessos, Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido, Universidade Federal de Campina Grande, Sumé – Paraíba – Brasil, 2016.
- YOU, X. Z., CHING, C. C., YUH, K. C., FUH, J. J. Identification and characterization of a potyvirus causing chlorotic spots on *Phalaenopsis orchids*. **European Journal of Plant Pathology**, v121, n.1, p.87-95. 2008.



# CAPÍTULO XIII

## AMAZÔNIA MARANHENSE, CERRADO E COMUNIDADES: O "OLHAR" DO DESIGN SOBRE O CONTEXTO AMBIENTAL

AMAZÔNIA MARANHENSE, CERRADO AND COMMUNITIES: THE "LOOK"  
OF DESIGN ON THE ENVIRONMENTAL CONTEXT

DOI: 10.51859/AMPLA.MAS2407-13

Nadja Maria Mourão <sup>1</sup>  
Raquel Gomes Noronha <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Doutora, mestra e bacharel em Design. Docente concursada da Universidade do Estado de Minas Gerais – UEMG

<sup>2</sup> Doutora, mestra em Ciências Sociais, bacharel em Design. Docente permanente do Programa de Pós-Graduação em Design/Universidade Federal do Maranhão - UFMA.

### RESUMO

Este trabalho busca compreender o contexto da Amazônia Legal no Estado do Maranhão e sua influência no desenvolvimento do território, sobre os aspectos ambientais e socioculturais. Trata-se de uma pesquisa qualitativa, de revisão bibliográfica, fundamentada nas práticas sociais do design. Uma das ações do PROCAD - Programa Nacional de Cooperação Acadêmica na Amazônia. A Amazônia Maranhense representa 3% do território amazônico brasileiro. Não foi possível constatar durante a pesquisa, ações eficazes que apontem incentivos de preservação. Após as análises, ocorreu os estudos sobre os biomas, especialmente em espécies vegetais para produção artesanal. Verificou-se que há um potencial para o desenvolvimento do artesanato local, com as contribuições de designers.

**Palavras-chave:** Amazônia Maranhense. Cerrado. Design.

### ABSTRACT

This paper seeks to understand the context of the Legal Amazon in the State of Maranhão and its influence on the development of the territory, on environmental and sociocultural aspects. This is a qualitative research, of bibliographic review, based on the social practices of design. One of the actions of PROCAD - National Program for Academic Cooperation in the Amazon. The Maranhão Amazon represents 3% of the Brazilian Amazon territory. It was not possible to verify during the research, effective actions that point to preservation incentives. After the analyses, the studies on the biomes occurred, especially on vegetable species for handicraft production. It was verified that there is a potential for the development of local handicrafts, with the contributions of designers.

**Keywords:** Maranhense Amazon. Cerrado. Design.



## 1. INTRODUÇÃO

No Brasil, a floresta Amazônica, o cerrado e o pantanal são exemplos de biomas que padecem por constantes incêndios e desmatamentos intencionais. Deve-se refletir sobre o princípio da interdependência, onde todos os membros de uma comunidade estão interligados. Pletsch e Pletsch (2017, p.184) afirmam que “assim como muitas espécies de animais, o homem também é um ser social e indissociável da natureza, mas sobretudo, dotado de razão, o que o diferencia significativamente dos demais”. Sem dúvida, o elemento que difere o ser humano das demais espécies é a razão, uma vez que, a comunicação já deixou de ser entendida como diferencial.

Apresenta-se um recorte do trabalho desenvolvido como parte do estágio de pós-doutorado em design, pelo edital nº 21/2018 da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), atendendo ao Programa Nacional de Cooperação Acadêmica na Amazônia (PROCAD). Configura-se como uma ação complementar para o fortalecimento da pós-graduação na Região Norte e no estado do Maranhão – acordo entre as universidades: Federal do Maranhão (UFMA), do Estado de Minas Gerais (UEMG) e a Federal do Paraná (UFPR).

Este trabalho busca compreender o contexto da Amazônia Legal no Estado do Maranhão e sua influência no desenvolvimento do território, sobre os aspectos ambientais e culturais. Trata-se de uma pesquisa qualitativa, de revisão bibliográfica, fundamentada nas práticas sociais do design.

Estas colocações iniciais se fazem necessárias, uma vez que a condução da pesquisa se estabelece no campo do design, no qual os elementos, fatores e projeto se entrelaçam. O termo “olhar do design”, neste estudo, refere-se ao designer como mediador, considerando o contexto cultural, as perspectivas e um modo de ver com empatia. A atuação do designer pode gerar possibilidades de beneficiar outras áreas, gerando possibilidades de soluções em conjunto, conforme Mourão (2019).

## 2. ESTADO DO MARANHÃO

O Maranhão representa um território de transição entre o Nordeste e a Região Amazônica, com área aproximada de 332 mil km<sup>2</sup>. Encontra-se inserido entre três macrorregiões brasileiras: Nordeste, Norte e Centro Oeste. Dessa forma, reúnem aspectos fitogeográficos e climatológicos típicos dessas áreas. Apresenta sete



microrregiões: Litoral, Baixada Maranhense, Cerrados, Cocais Amazônia, Chapadões e Planalto. “O clima semiúmido abrange grande porção do território maranhense onde os solos apresentam uma grande variedade” (ARAÚJO et al., 2011, p.40).

Entre os estados brasileiros, o Maranhão possui um dos mais baixos Índices de Desenvolvimento Humano (IDH) igual a 0,639, superior apenas ao do estado de Alagoas, conforme a lista dos estados brasileiros por IDH (IPEA, 2019). Contudo, tem destaque no turismo por suas riquezas naturais: o Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses, Parque Nacional da Chapada das Mesas e Floresta dos Guarás e o Delta do Paraíba. Observa-se a necessidade de investimentos nas áreas de educação, saúde e renda, para elevar a qualidade de vida, respeitando-se as características dos povos locais.

No entanto, os manguezais maranhenses com extensão aproximada de 40 km de largura, formando uma costa extremamente irregular, limitada pelo oceano Atlântico, possui uma riqueza em produtos comerciais. É o segundo maior litoral brasileiro, superado apenas pela Bahia (ICMBio, 2018). Nos manguezais, estima-se que aproximadamente 70 espécies de peixes vivem pelo menos um terço de seu ciclo de vida onde se alimentam e reproduzem considerado um berçário da natureza (MENDES, 2017).

São três biomas que contribuem para extensa diversidade paisagística maranhense: o Cerrado (64% do Estado) e as diferentes espécies vegetais que se apresentam em campos abertos até as matas fechadas; a Amazônia (35% do território) com vegetação própria de árvores altas, matas de várzeas nas planícies que, periodicamente, ficam inundadas e as matas de igapó que sempre estão imersas; e a Caatinga (1% em terras maranhenses) que possui característica peculiar de arbustos de galhos retorcidos e raízes profundas, cactos e bromélias (SPINELLI-ARAÚJO et al., 2016).

Há uma variedade de recursos fornecidos pelos biomas que esclarecem a relação de consumo. Nas últimas décadas, na Amazônia ocorre a valorização do açaí ou “juçara” – denominação ocorrente no Maranhão e no Pará (*Euterpe oleracea* Mart.). A produção do açaí gerou mudanças que afetaram as atividades e comportamentos tradicionais. A coleta que atendia ao consumo próprio passou a atender ao comércio externo. (ARAÚJO et al., 2011). Esta espécie proporciona a polpa e o vinho do açaí - alimento importante

para a população local, e o palmito - obtido a partir do corte dos estipes, com sua produção destinada ao mercado interno e externo, extremamente importante para todos os estados da Amazônia Brasileira (LORENZI, 2008).

No Maranhão, ocorre a mesma espécie botânica predominante no Pará, mas o fruto é popularmente conhecido como “juçara”. Ou seja, a espécie *Euterpe oleracea* pode ser encontrada em seu ambiente natural de floresta de várzea de açail, em regiões do Maranhão. No entanto, a denominação de “juçara” ou “juçara da mata atlântica” é popularmente conhecida como a espécie (*Euterpe edulis* Mart.) de importância socioeconômica ambiental em toda extensão da Floresta Tropical Atlântica, desde o sul da Bahia até o norte do Rio Grande do Sul (ARAÚJO et al., 2011).

Destacam-se também a Floresta de Babaçu ou Mata dos Cocais, que se constitui na floresta ombrófila aberta, de terras baixas e submontana, envolvendo 0,18% do território (IBGE, 2012), onde se observa a presença expressiva de palmeiras, especialmente do babaçu (*Attalea speciosa* Mart. ex Spreng.). A Mata dos Cocais é considerada a paisagem característica do Maranhão, “apresentando-se associada com os campos, cerrado e com a floresta, com o domínio do babaçu e da carnaúba”. Essa região reflete a realidade da degradação das florestas originais, que se destinam a outras finalidades, como a exploração do território em pastos, agricultura e extrativismo (SPINELLI-ARAÚJO et al., 2016, p.21).

Evidencia-se a necessidade de políticas públicas que efetuem a manutenção da integridade dos biomas e das áreas de conservação de forma efetiva. Pois, “o acelerado processo de degradação e desenvolvimento por que passa a Amazônia maranhense, impõem uma severa ameaça à sua riqueza biológica” (MARTINS; OLIVEIRA, 2011, p. 272). Faz-se necessário ampliar as pesquisas sobre a biodiversidade resguarda, para as comunidades, a manutenção da qualidade de vida local. Uma vez que, o saber sobre a biodiversidade, seus produtos e serviços podem oferecer novas oportunidades produtivas e alternativas que impeçam a degradação em todo o estado (MOURÃO, 2021).

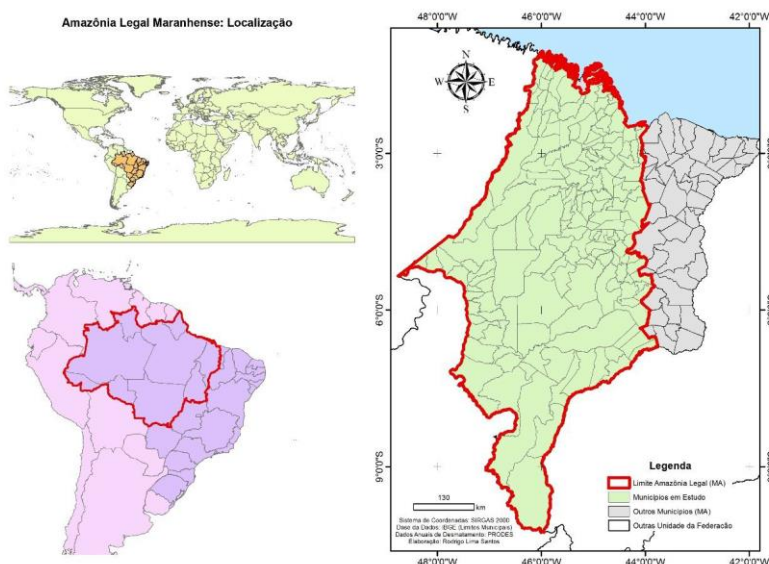
### 3. AMAZONIA LEGAL MARANHENSE E SEU ENTORNO

#### 3.1. QUESTÕES AMBIENTAIS

A Amazônia Legal foi definida a partir de critérios administrativos e do governo federal, em 1953, para promoção do desenvolvimento na região, cujos limites foram instituídos para atuação da Superintendência e Desenvolvimento da Amazônia (SUDAM), criada pela lei 5.173/1966 e pela lei complementar 124, de 03/01/2007. Ela corresponde a dois terços do país (5.217.423 Km<sup>2</sup>), incluindo os estados do Acre, Amapá, Amazonas, Pará, Rondônia, Roraima, Tocantins, Mato Grosso e parte do Maranhão (IBGE, 2014).

O Estado do Maranhão teve uma parte do seu território incluído na Amazônia Legal, por situar-se numa zona de transição entre a floresta tropical e o cerrado, incluindo também as bacias hidrográficas do Pindaré, de Tocantins e do Gurupi (Figura 1). Amazônia Maranhense representa 3% do território amazônico brasileiro (cerca de 113 mil km<sup>2</sup>). Esta área compreende o centro-norte e o oeste do Estado (BARBOSA; MESQUITA, 2017).

Figura 1 - Mapa da Localização da Amazônia Legal Maranhense e seus municípios.



Fonte: SANTOS; NUNES, 2017, p. 385.

Considerando toda a diversidade, o Maranhão é o estado da Amazônia Legal com menor grau de ocupação do espaço com áreas protegidas. Tanto na porção do cerrado como nas demais áreas que correspondem a 62%, existe uma intensa atividade agrícola.

Como consequência, há um alto nível de desmatamento e fragmentação florestal (SIMONIAN; BAPTISTA, 2015).

A Amazônia Legal Maranhense se constitui em 181 municípios do estado (IBGE, 2014), restando uma pequena fração do Cerrado e Caatinga no lado leste do território. Contudo, “há uma considerável presença de cerrado na Amazônia Legal, aproximadamente 38% do bioma” (SANTOS; NUNES, 2017, p. 385).

Conforme as pesquisas apresentadas no site da Conservation International Brasil, em março 2020, 36% mais detecções de incêndio nos últimos 12 meses em comparação com os 12 meses anteriores. Destaca-se inclusive que 32% dos incêndios detectados no ano de 2021, surgiram nas fronteiras agrícola-florestais, em 2020.

Os incêndios que ocorrem na fronteira agrícola-florestal, secam a borda da floresta, tornando-as mais suscetíveis a incêndios e secas. Essa degradação causa a morte da floresta tropical, que é substituída por gramíneas e arbustos, mudando permanentemente as florestas tropicais para gramíneas e vegetação arbustiva extremamente suscetíveis a mais incêndios (CONSERVATION INTERNATIONAL BRASIL, 2020, s/d.)

No entanto, observa-se que o regime pluvial condiciona as chuvas no Maranhão no período de dezembro a junho. Assim, em períodos de seca, as queimadas concentram-se, com máxima intensidade em setembro e novembro (MARTINS; OLIVEIRA, 2011). As espécies vegetais dos biomas locais sofrem consideráveis baixas, ano após ano.

Em relação à Amazônia Maranhense, sua porção se encontra na parte leste do bioma, e apresenta alterações no mosaico, por ser uma área de transição com o cerrado. Há uma diversidade na paisagem do cerrado em conjunto com elementos amazônicos. Contudo, as árvores mais fortes e mais robustas são as mais procuras pelos madeireiros. “Parte da desatenção à floresta amazônica é também efeito da intensificação da modificação da paisagem amazônica do Estado, pelo uso da terra com exploração madeireira e expansão da fronteira agrícola há mais de 50 anos” (MARTINS; OLIVEIRA, 2011, p.18).

Sem a pretensão de aprofundar nas causas e efeitos das atividades agrícolas e os desmatamentos, apresenta-se a visualização desta área. No mapa do Cerrado na Amazônia Legal, conforme Herrero (2015), destaca-se o recorte de transição deste bioma inserido na demarcação da Amazônia Legal (figura 2).

Figura 2 - Mapa da Amazônia Legal e do cerrado.



Fonte: HERRERO, 2015.

Moura et al. (2011), informam que até meados da década de 1950, a parte oeste do Maranhão, entre as bacias dos rios Gurupi e Pindaré, próximo ao extremo oriental da Amazônia era pouco habitada e não havia exploração. Meio século depois, ainda não se tem conhecimento aprofundado da região, mas sua cobertura florestal está reduzida a 25 % a menos da vegetação original, e tornou-se a região de maior densidade demográfica da Amazônia Maranhense.

Foram vários os fatores que levaram ao crescimento desordenado populacional: a abertura de estradas, levando empresas e comércio para a região, carência de madeiras por esgotamento de outras fontes, a busca por áreas agrícolas e as demandas da siderúrgica Carajás (corredor de passagem) afetaram o bioma local. “A direção do desmatamento, pois, é ditada pela expansão das atividades econômicas” (CASTRO, 2005, p.12).

Dessa forma, a criação da Reserva Florestal de Gurupi, em 1961, não se consolidou como proteção efetiva. Muitas áreas em desmatamento foram destinadas aos órgãos de colonização. A necessidade da autonomia da reserva florestal aumentou principalmente após o esgotamento de árvores de interesse comercial na região de Imperatriz. Muitos anos depois, em 1988, o Rebio do Gurupi (nos municípios Bom Jardim, Centro Novo do Maranhão e São João do Carú) abriu caminho à proteção das nascentes das bacias e das espécies fauna/flora na região. No decreto de criação do Rebio do Gurupi deixaram excluídas as terras conhecidas pelas reservas de jazidas de bauxita, além de algumas áreas já desmatadas (MOURA et al., 2011).

Evidencia-se um clima de frustração coletiva e hostilidades para o Estado, oriunda da população local e também para os indígenas. Porquanto, os índios resistem à plena exploração de suas terras e florestas, condição que inviabiliza o potencial econômico das cidades (BOMBIERI, 2007). “Nesse ponto ganha intensidade a imagem do indígena como signo do atraso” (BARBOSA; MESQUITA, 2017, p.71).

Constata-se a extrema importância da Reserva Biológica do Gurupi (278.000 ha) no papel de manutenção dos remanescentes da floresta ombrófila (tropical pluvial, com vegetação sempre verde e densa) no Estado, como também as Terras Indígenas, excluídas da reserva. As Terras Indígenas, cobiçadas por exploradores, possuem dimensões variadas: Alto Turiaçu (530.525 ha), Awá (118.000 ha), Carú (172.667 ha). Por apresentarem-se de forma contígua e pelas extensas proporções, são ainda as poucas que, como muita luta, conseguem manter o território do bioma amazônico no Maranhão (MARTINS; OLIVEIRA, 2011).

Outra questão é que a logística da exploração madeireira indevida determinou um ciclo de extração que esgotou os recursos. Assim, nos arredores de Imperatriz hoje não há mais atividade madeireira relevante, que foi deslocada para as proximidades dos municípios de Açailândia, Itinga e Buriticupu, no Maranhão, e Dom Eliseu, Ulianópolis e Paragominas, no Pará, conforme Martins e Oliveira (2011).

A Amazônia Maranhense, em sua extensão, possui em média, 570 árvores por hectare, sendo que 100 espécies, pelo menos, são pertencentes à flora nacional. Também foram catalogadas 109 espécies de peixes, 124 de mamíferos e 503 de aves, todos em risco pelos altos níveis de desmatamentos. Além das perdas da fauna e da flora, correrem perigo também as unidades indígenas: Alto Turiaçu, Awá, Caru e Gurupi, localizadas nesse território, pelo aumento das queimadas e ataque de invasores. Contudo, a Amazônia Legal Maranhense é considerada uma esperança para conservação do bioma amazonense (MARTINS; OLIVEIRA, 2011).

O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) registra que, do período da criação da Amazônia Legal em 1953 até o ano de 2010, a região maranhense perdeu o equivalente a 75,01% da sua mata original (MADEIRA, 2019). Portanto, é de fundamental importância as Unidades de Conservação e as Terras Indígenas como estratégia para manutenção da biodiversidade e dos recursos naturais. Todavia, tão importante quanto à criação dessas áreas é o poder público construir e manter as





estruturas operacionais que possam fiscalizar e monitorar esses espaços, para assegurar o verdadeiro papel de cada unidade criada.

### 3.2. POVOS INDÍGENAS, AFRICANOS E MESTIÇOS

De acordo com Almeida (2012), no Maranhão podem ser encontrados os povos indígenas que formam a família linguística Timbira (também se localizam no sudeste do Pará, através de Tocantins e Goiás, até o limite norte do parque indígena do Xingu), que pertencentes ao tronco linguístico Macro-Jê. Como a língua é o conjunto de códigos que mais expressam uma cultura, cuja semelhança entre grupos, expõem proximidade de outros elementos culturais. Dessa forma, além da língua, existem outras características comuns entre os membros da mesma cultura, que vão desde o corte de cabelo a estrutura da aldeia.

As aldeias Timbiras se organizam por um círculo de casas dispostas a igual distância com um pátio central. A “periferia” (Kricape) é o lugar onde ocorrem as atividades do cotidiano e as ligações entre os grupos familiares que integram a aldeia. Os rituais ocorrem no pátio central, espaço indivisível, onde os homens se reúnem na aurora e no poente. Todos os aspectos culturais da aldeia se estabelecem nas ligações entre as casas e o pátio, desde as amizades ao matrimônio. Portanto, as aldeias Timbiras requerem a participação de muitas pessoas pela estrutura cerimonial, cuja função é reunir os grupos domésticos, coordenar a unidade tribal e definir limites (ALMEIDA, 2012).

Os Krikati (Aldeia Grande) que se autodenominam Krikateré, se constituem em 600 índios, divididos em duas aldeias às margens da rodovia MA-280. Almeida (2012) diz que eles são agricultores, que fazem uso da pesca e da caça, criam porcos, galinhas e alguns bois. Esclarece que eles receberam indenização por ocasião da passagem da rede elétrica da CHESF, em seu território. O artesanato é também fonte econômica, em tecelagem em que utilizam linha de algodão natural e colorida, tecendo também as faixas usadas nos dias festivos. Expressam sua cultura na pintura do corpo, utilizando o jenipapo e urucum.

Almeida (2012) ainda esclarece que os índios Pukobyê (Gavião) estão distribuídos em três aldeias: Governador, Rubiácea (onde estão os postos da FUNAI), e Riachinho. Nas aldeias também de formato circular, residem aproximadamente 700



índios. Eles praticam agricultura, caça, pesca e fabricação de artesanatos como meios de subsistência.

Nos esclarecimentos da FUNAI, Almeida (2012) relata que os índios Apaniekrá (Filho da Piranha) residem na aldeia em Porquinhos (79.520 hectares). Há também o grupo Canela Kamkokamekrá, que está na área Indígena Canela (125.212 hectares), mas cada grupo se identifica como povo diferente. Devem-se citar ainda os Tenetehara - Guajajara, que são praticamente 12 mil índios divididos em oito terras indígenas; os Urubu-kaapór autodenominam-se kaaporté (Habitante da Mata); os Awá, conhecidos como Guajá que vivem da caça e da coleta no Alto Turiaçu até a terra indígena Caru.

Os povos indígenas localizados na Amazônia Maranhense obtiveram diálogo e interligação das pautas de diversas associações e lideranças étnicas somente em 2003, com a criação da COAPIMA – Coordenação das organizações e Articulações dos Povos Indígenas do Maranhão. Essa organização constitui um instrumento de pressão e visibilidade das diversas questões que as etnias enfrentam no Estado e contato com outras etnias no país (BARBOSA; MESQUITA, 2017).

Os estudos do Conselho Indigenista Missionário - CIMI/MA confirmam que, das terras Indígenas reconhecidas, 04 estão em processo de revisão de seus limites, em situações conflituosas: Terras Indígenas Vila Real (Guajajara), que carecem de ação demarcatória; Terras Indígenas Awá (Awá-Guajá), em litígio aguardando desintrusão de invasores; Terras Indígenas Krikati (Krikati), cuja desintrusão foi cortada e posseiros aguardam por indenizações. “Por outro lado, é possível constatar que a luta pela demarcação dos territórios indígenas nesta região, tem sido marcada por assassinatos, intimidações e violações de direitos humanos” (BARBOSA; MESQUITA, 2017, p.81).

No entanto, por todas as questões de relações humanas, diversos grupos étnicos foram forçados a deixar as terras de origem, migrando e se dispersando para sobreviverem. Ocorreu uma séria de mudanças nas práticas culturais. “A perda dos territórios implicava, na maioria dos casos, na fragmentação dos indivíduos que faziam parte daqueles grupos étnicos” (ALMEIDA, 2012, p.253). O distanciamento com as terras, seja por acordo com o Estado ou por interesses mercantis, conduzem a perda da identidade, obrigando-os a ressignificar muitas de suas referências culturais, criando novas formas, mesmo que reatualizadas de suas identidades em um processo de territorialização.



Notam-se alguns aspectos das relações sociais entre brancos e negros no Maranhão. Sendo que o Maranhão é considerado um dos Estados de maior índice populacional de negros no Brasil, que são 74% (IBGE, 2010). O fato de haver muitos negros e mestiços não altera as tradições e os rituais religiosos dos descendentes. Mas, [...] “existe uma concepção ideológica que remete o Ser Negro a uma condição de total inferioridade e subordinação, onde os caminhos da mobilidade social são extremamente bloqueados para o negro” (RODRIGUES; BALTHAZAR, 1988, p.111).

Contudo, a designer Raquel Noronha (2017) em pesquisa na comunidade remanescente de quilombo de Itamatatua, em Alcântara (Maranhão) destaca a importância do saber-fazer. “Mais do que etapas de suas cadeias produtivas, a extração da matéria-prima, a modelagem, o acabamento das peças e a queima são momentos de transmissão do saber-fazer por meio da corporalidade” (NORONHA, 2017, p.291)

### 3.3. RELAÇÕES DA AMAZÔNIA MARANHENSE E O LESTE DO ESTADO

A presença de povos oriundos diferentes tradições, questões dos governos, políticas públicas e território, cada qual, ao seu modo e no seu tempo, contribuem para a realidade da Amazônia Maranhense e do cerrado no Maranhão. Não obstante, de que todas as ações realizadas na Amazônia Maranhense pudessem proteger uma parte do Estado pelos projetos e leis instituídas a todos os demais estados da Amazônia Legal. Contudo, a realidade não se apresenta como esperado.

As Áreas de Proteção Ambiental (APAs) e as Unidades de Conservação estão localizadas em poucas faixas do Estado, a maioria na Amazônia Maranhense e no litoral, fato descrito anteriormente, pela importância dos manguezais e dos Lençóis Maranhenses. Acredita-se que houve um descaso na proteção dos biomas, especialmente da área do leste do Estado, áreas de cerrado e caatinga.

O Plano de Ação para a Prevenção e o Controle do Desmatamento e das Queimadas no Estado do Maranhão (PPCD-MA) foi instituído por meio do Decreto Estadual nº 27.317/2011 (MARANHÃO, 2011), com a finalidade de prevenir e controlar o desmatamento, as queimadas e os incêndios florestais. Para tanto, faz-se necessário que toda sociedade civil, poder público, empresários, agricultores e outros setores, participem das ações de proteção aos biomas e aos povos que ali se encontram.

Um outro fator, que se pode relacionar a Amazônia Maranhense com o leste do Estado do Maranhão são os contingentes dos povos indígenas que ainda resistem a lutam pela garantia de suas terras. O reconhecimento dos índios em território maranhense se faz pela demarcação das suas terras, na Amazônia Legal Maranhense. Contudo, sabe-se dos deslocamentos dos povos em busca de sobrevivência, por ataques aos seus territórios, por especulação para expansão agrária, pecuária, exploração de mineradoras e outras causas.

### 3.4. ARTESANATO E AS POSSIBILIDADES DO DESIGN

Quanto a dimensão econômica, diante às carências que se apresentam no território nacional, refere-se aqui aos fatores que estimulem ao desenvolvimento econômico entre as comunidades e os diferentes setores econômicos. Destaca-se, inclusive, a capacidade inovar e de modernizar, como instrução aos artesãos para que se fortaleçam em economia solidária, criativa e nas redes sociais produtoras.

Para exemplificar, observa-se que as atividades de produção artesanal é uma herança de povos tradicionais, de inspiração indígena, cabocla e quilombola, que utilizam o buriti como matéria prima. A palmeira frutífera do Buriti (*Mauritia flexuosa*) pode ser encontrada com abundância, em quase território brasileiro. Além dos aspectos nutricionais do fruto do buriti para o consumo humano e para animais, o óleo da polpa é utilizado para frituras e sua polpa, quando fermentada, se transforma em vinho. Também é possível encontrar produtos beneficiados como farinhas, doces, farinhas e sorvetes. No cerrado os buritizais são encontrados nas áreas baixas de florestas abertas e fechadas, sobre solos mal drenados, brejosos ou inundados dos cerrados (LORENZI, 2004; SAMPAIO, 2012;). O artesanato com as fibras das folhas e braços dos buritizais detêm um extenso valor cultural, uma prática transmitida entre povos da América do Sul e suas gerações (KELLER, 2011; MOURÃO, 2011)

Apresentam-se algumas imagens de produtos oriundos do buriti, trabalho artesanal utilizando as folhas e talhos da palmeira, com técnicas profissionais e design, em diferentes comunidades do cerrado (Figura 3).

Figura 3 - Artesanato de resíduos vegetais da palmeira de buriti (*Mauritia flexuosa*).



Fonte: Acervo de pessoal.

Dessa forma, além das práticas tradicionais das comunidades, verifica-se que a aplicação de técnicas adequadas pode ser percebida nos resultados de desenvolvimento de produtos. Possibilidades para o trabalho colaborativo e participativo. O professor e pesquisador italiano Ezio Manzini, conhecido por seu trabalho em design para inovação social e sustentabilidade, relata que a criatividade pode ser desenvolvida em grupo, de forma compartilhada, incluindo espaços físicos e serviços, ou com produtos típicos locais (MANZINI, 2008).

#### 4. RESULTADOS E CONSIDERAÇÕES

O Estado do Maranhão, rico por sua diversidade, enfrenta dificuldades para efetivar a Política Florestal em seus limites territoriais. As problemáticas vão desde insuficiência de recursos humanos e carência de instrumentos normativos, aos interesses comerciais nestas áreas, principalmente às terras que se encontram fora do bioma Amazônia e também da área de Amazônia Legal, ou seja, a região leste do Estado.

O que se destaca entre a Amazônia Maranhense e o restante do Estado é que o Cerrado é consumido em maior escala que a Amazônia Maranhense. Não foi possível constatar durante a pesquisa, ações eficazes que apontem incentivos de preservação. Ao contrário, o projeto de Lei nº 191/20, tem como objetivo regulamentar a exploração de “bens naturais” nas Terras Indígenas, que irá priorizar os interesses comerciais. Os índios e todas as instituições de proteção ao meio ambiente repudiam este projeto, conforme Instituto Humanitas Unisinos (2020).

Os constantes desmatamentos afetam a capacidade de recuperação da natureza. As florestas, bosques, matas e cerrados transformados em áreas agrícolas e

pastos podem suprir as necessidades e interesses econômicos, porém, descaracterizam os biomas e as potencialidades sistêmicas do meio ambiente. Contudo, as espécies vegetais tanto do bioma da Amazônia Maranhense quanto do Cerrado em geral, necessitam de ações de proteção emergenciais. É preciso conhecer quais as espécies das que são nativas, para que as comunidades possam contribuir na preservação.

Há um potencial para o desenvolvimento do artesanato local, com as contribuições de designers. A identidade dos povos amplia as possibilidades atividades colaborativas com designers. Espera-se que, após o período de crise da pandemia, possam ter investimentos para ampliar o desenvolvimento das comunidades.

## AGRADECIMENTOS

Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES

Programa de Pós-Graduação em Design - PPGDg/UFMA

Comunidade de Canelatiua – Alcântara/Maranhão

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Alfredo W. B. de. Territórios e territorialidades específicas na Amazônia: entre a proteção e o protecionismo. **Cadernos CRH**, Salvador, vol. 25, 2012.
- ARAÚJO, Elienê P.; LOPES, Jucivan R.; CARVALHO FILHO, Raimundo. Aspectos socioeconômicos e de evolução do desmatamento na Amazônia Maranhense. p.35-46. In: MARTINS, Marlúcia; OLIVEIRA, Tadeu G. **Amazônia maranhense: diversidade e conservação**. Belém: MPEG, 2011.
- ARAUJO, Luciana S.; SILVA, Gustavo B.; TORRESAN, Fabio E.; VICTORIA, Daniel; VICENTE, Luiz E.; BOLFE, Edson L.; MANZATTO, Celso. **Conservação da Biodiversidade do Estado do Maranhão: Cenário atual em dados geoespaciais**, Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2016.
- BARBOSA, Zulene M.; MESQUITA, Uslan Junior S. Movimentos sociais indígenas em transformação. **Revista Brasileira de Sociologia**. vol. 05, nº. 09, Jan./Abr. 2017.
- CASTRO, Edna. Dinâmica socioeconômica e desmatamento na Amazônia. **Novos Cadernos NAEA**, Belém, v.2, n.1, 2005.
- CONSERVATION INTERNATIONAL BRASIL. **Incêndios na Amazônia.2020**. Disponível em: <https://www.conservation.org/priorities/fires-in-amazonia-real-time-updates>. Acesso em: 16 fev. 2022.
- HERRERO, Thaís. **Teríamos evitado o desmatamento da Amazônia se tivéssemos olhado para o Cerrado**. Revista Época. Postado em: 30 jul. 2015. Disponível em: <https://epoca.globo.com/colunas-e-blogs/blog-do->

planeta/amazonia/noticia/2015/07/teriamos-evitado-o-desmatamento-da-amazonia-se-tivessemos-olhado-para-o-cerrado.html. Acesso em: 16 fev. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA -IBGE. **Amazônia Legal**. 2014. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/15819-amazonia-legal.html?edicao=16194&t=o-que-e>. Acesso em: 16 fev. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA -IBGE. **Censo, 2010**. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?dados=21&uf=21>. Acesso em: 16 fev. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA -IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira**. 2012. Disponível em: <http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv63011.pdf>. Acesso em: 16 fev. 2020.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE /MMA - ICMBio. **Atlas dos Manguezais do Brasil**. Brasília: MMA, 2018.

*INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA - IPEA. Radar IDHM: evolução do IDHM e de seus índices componentes no período de 2012 a 2017*. Brasília: IPEA/PNUD/FJP, 2019.

INSTITUTO HUMANITAS UNISINOS. **Nota de repúdio contra o Projeto de Lei nº 191/20, que regulamenta a exploração de bens naturais nas Terras Indígenas**. Postado em: 15 fev. 2020. Disponível em: <https://www.ihu.unisinos.br/78-noticias/596325-nota-de-repudio-contr-o-projeto-de-lei-n-191-20-que-regulamenta-a-exploracao-de-bens-naturais-nas-terras-indigenas>. Acesso em: 20 fev. 2022.

LORENZI, Harri. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Vol.2, 2. ed. Nova Odessa/SP: Instituto Plantarum, 2008.

MADEIRA, Natália. **Maranhão possui apenas 25% de sua vegetação amazônica original**. Postado em: 05 set. 2019. O Imparcial. Disponível em: <https://oimparcial.com.br/cidades/2019/09/maranhao-possui-apenas-25-de-sua-vegetacao-amazonica-original/>. Acesso em: 16 fev. 2022.

MANZINI, É. **Design para a Inovação Social e Sustentabilidade: Comunidades Criativas, Organizações Colaborativas e Novas Redes Projetuais**. Rio de Janeiro: e Papers, 2008.

MARANHÃO. **Plano de ação para prevenção e o controle do desmatamento e das queimadas no estado do Maranhão**. Decreto 27.317, 14/04/2011. Disponível em: [http://www.fundoamazonia.gov.br/export/sites/default/pt/.galleries/documentos/prevencao-e-controle-do-desmatamento/Plano\\_Estadual\\_Maranhao.pdf](http://www.fundoamazonia.gov.br/export/sites/default/pt/.galleries/documentos/prevencao-e-controle-do-desmatamento/Plano_Estadual_Maranhao.pdf). Acesso em: 20 fev. 2022.



- MARTINS, Marlúcia B.; OLIVEIRA, Tadeu G. **Amazônia Maranhense: diversidade e conservação**, Belém: MPEG, 2011.
- MENDES, Ana. Molhar o molhado: uma técnica de recuperação de mangue. **Senac Ambiental**. Ano 25, n. 9. Rio de Janeiro: Senac, jan./jun. 2017.
- MOURA, Walter C. de; FUKUDA, Juliana. C.; LISBOA, Evane A.; GOMES, Beatriz N.; OLIVEIRA, Sérgio L.; SANTOS, Marluze P.; CARVALHO, Adriana S.; MARTINS, Marlúcia. Reserva Biológica do Gurupi como instrumento de conservação da natureza na Amazônia Oriental, p. 25-34. In: MARTINS, Marlúcia B.; OLIVEIRA, Tadeu G. **Amazônia Maranhense: diversidade e conservação**, Belém: MPEG, 2011.
- MOURÃO, Nadja M. **Biomass tropicais, design e comunidades**. SDS 2021, Curitiba, online, UFPR, 2021. DOI: 10.5380/8sds2021.art76
- \_\_\_\_\_. **Tecnologias Sociais e Design: Diretrizes para empreendimentos sociocriativos**. Tese (Doutorado em Design). UEMG, Belo Horizonte, 2019.
- NORONHA, Raquel. O designer orgânico: reflexões sobre a produção do conhecimento entre designers e louceiras em Itamatatuiua – MA, p. 277 -294. In: **Ecovisões projetuais: pesquisas em design e sustentabilidade no Brasil**. São Paulo: Blucher, 2017.
- PLETSCH, Juliana A.; PLETSCHE, Miguel. A relação do homem com a natureza e o impacto na conservação das espécies. In: **Cidadania, meio ambiente e sustentabilidade**. Marcia M. D. de Oliveira et al. (Org). Caxias do Sul: Educs, 2017.
- RODRIGUES, Carlos B.; BALTHAZAR, Paula R. O negro no Maranhão: sob as regras da democracia racial. **Cadernos de Pesquisa**. São Luis, nº4, v.1, p.110-119, jun/1988.
- SANTOS, Rodrigo L.; NUNES, Fabrizia G. **Análise Espacial de Taxas de Desmatamento na Amazônia Legal Maranhense: Espacialização e Diagnóstico do PPCD-MA**. Anais do XVIII SBRS, Santos, maio/2017.
- SIMONIAN, Ligia T. L.; BAPTISTA, Ester R. (Org.) **Formação Socioambiental da Amazônia**. Belém: NAEA, Coleção Formação Regional da Amazônia, v. 3, 2015.





## CAPÍTULO XIV

### PERCEPÇÃO DOS USUÁRIOS SOBRE OS IMPACTOS CAUSADOS DURANTE O PERÍODO DE VERANEIO À PRAIA DO CACAU NO MUNICÍPIO DE IMPERATRIZ – MA

USERS' PERCEPTION ABOUT THE IMPACTS CAUSED DURING THE SUMMER PERIOD AT COCOA BEACH IN THE MUNICIPALITY OF IMPERATRIZ – MA

DOI: 10.51859/AMPLA.MAS2407-14

Francisco Cleofanes Melo do Patrocínio <sup>1</sup>

<sup>1</sup>Graduado em Licenciatura em Geografia, na Universidade Estadual do Maranhão - UEMA.

#### RESUMO

Perceber os nossos hábitos, e o consequente impacto que causamos diariamente, se faz necessário, mas é algo pouco notado pelas pessoas no cotidiano, através disso, a presente pesquisa teve como objetivo, identificar a percepção dos usuários sobre os impactos de caráter social e ambiental causados ao rio Tocantins, como também averiguar as transformações no ambiente físico e nos componentes bióticos do rio Tocantins, especificamente na praia do cacau em consequências do período de veraneio. Para a construção da pesquisa, o método utilizado de início foi o de pesquisa bibliográfica em artigos científicos, como também com autores da área ambiental, posteriormente sendo aplicado o método quantitativo com uma pesquisa de campo, sendo aplicados questionários com perguntas fechadas, sendo direcionado aos usuários que se dividem em dois grupos, frequentadores e donos de barracas, após isso sendo feito a análise e discussão dos dados coletados. Sendo identificado pelos usuários mudanças importantes na paisagem do local, haja vista que a área destinada à proteção de zonas consideradas frágeis como margem do rio, apresenta graves impactos ambientais negativos, como uma das consequências da atividade de veraneio no local, com um grande fluxo de pessoas se deslocando para a praia, representando um fator importante para a economia da cidade, mas trazendo também impactos como a presença de resíduos na orla do rio Tocantins no perímetro da praia. Assim, percebendo nossas atitudes, a presente pesquisa busca uma sensibilização das pessoas para a preservação de nossos recursos naturais, nos permitindo utilizar essa bela praia por várias gerações.

**Palavras chave:** Praia do cacau. Rio Tocantins. Veraneio. Impactos.

#### ABSTRACT

Realizing our habits, and the consequent impact that we cause daily, is necessary, but it is something little noticed by people in everyday life, through this, the present research aimed to identify the perception of users about the impacts of a social and environmental nature. caused to the Tocantins River, as well as to investigate the changes in the physical environment and in the biotic components of the Tocantins River, specifically in the cocoa beach as a consequence of the summer period. For the construction of the research, the method used at the beginning was the bibliographic research in scientific articles, as well as with authors from the environmental area, later being applied the quantitative method with a field research, being applied questionnaires with closed questions, being directed to the users who are divided into two groups, patrons and tent owners, after which the analysis and discussion of the collected data is carried out. As users identify important changes in the landscape of the place, given that the area intended for the protection of areas considered fragile, such as the riverbank, presents serious negative environmental impacts, as one of the consequences of the summer activity in the place, with a large flow of people moving to the beach, representing an important factor for the city's economy, but also bringing impacts such as the presence of waste on the edge of the Tocantins river on the beach's perimeter. Thus, realizing our attitudes, the present research seeks to make people aware of the preservation of our natural resources, allowing us to use this beautiful beach for several generations.

**Keywords:** Cocoa Beach. Tocantins River. Summer. impacts.



## 1. INTRODUÇÃO

Com uma área de bacia em aproximadamente, 803.250 km<sup>2</sup>. É notória a importância social, ambiental e econômica do rio Tocantins, para as cidades ribeirinhas a jusante de seu curso. Perdendo somente para o São Francisco, o rio Tocantins é o segundo maior rio inteiramente brasileiro, ele percorre 2416 km na direção sul-norte, e nasce no estado de Goiás a partir da junção dos rios das águas e Maranhão e percorre pelo estado do Tocantins, fazendo também a divisa desse estado com o Maranhão, seguindo seu curso pelo estado do Pará até a sua foz, na Baía do Marajó, próximo da capital paraense.

Portanto, é um rio que nasce no Cerrado e vai banhar a Amazônia, e por onde quer que passe, o rio Tocantins é historicamente responsável pelo abastecimento de água potável, mas infelizmente não recebe em troca o zelo que merece. As ações antrópicas como o desmatamento causam sérios danos ambientais. As regiões hidrográficas do Tocantins e do São Francisco perderam 56,8%, ou 4.841 km<sup>2</sup>, do total de 8.523 km<sup>2</sup> desmatados no Cerrado entre agosto de 2020 e julho de 2021.(GARRIDO; CONCIANI, 2022).

Buscando o diálogo entre as autoridades competentes. Estudos ambientais hodiernos, seguido de ações urgentes se fazem de extrema necessidade, a fim de preservar a vida do rio (que possui pelo menos 300 espécies de peixe já identificadas), como também a fauna e flora. Pois o que fazemos hoje, terá consequências no amanhã, por isso a “importância da conservação e do desenvolvimento sustentável às presentes e futuras gerações” (CLAUZET; RAMIRES; BARRELLA, 2005 p. 2).

Segundo Condini (2007) as mudanças ocasionadas pelo homem ao “meio”, contribuem para contaminação de cursos d’água, destruição ou fragmentação de habitats naturais e da vegetação, desapropriações e remanejamento de populações. (CONDINI, 2007, p.10). O rio Tocantins também se revela de uma importância nacional abrigando hodiernamente um gigantesco complexo hidrelétrico, ainda abastece os lares no município de Imperatriz, como também se torna uma opção de lazer, por isso diversos autores como Berman (1998) destacam a importância de mitigar as interferências humana atenuando os impactos ambientais causados com as possíveis perdas de espécies bióticas e na paisagem natural.

O presente trabalho partiu de um projeto na disciplina Prática na Dimensão Política Social do curso de Licenciatura em Geografia da Universidade Estadual do Maranhão. E teve seu início Constituído por caráter bibliográfico e logo após, houve a coleta de dados baseada no método comparativo das amostras, com aplicação de questionários a dois grupos que fazem uso da praia do cacau, chamados aqui no estudo de usuários, que são os banhistas e donos de barracas (popularmente chamados de barraqueiros). Foram aplicados 75 questionários, sendo utilizado 15 questionários para os “barraqueiros” e um total de 60 questionários destinados aos banhistas, com posterior análise e discussão dos resultados então coletados.

O objetivo da pesquisa é identificar a percepção dos usuários sobre os impactos de caráter social e ambiental causados ao rio Tocantins, como também averiguar as transformações no ambiente físico e nos componentes bióticos do rio Tocantins, especificamente na praia do cacau em consequências do período de veraneio.

O estudo se justifica diante do cenário em que o período de veraneio causa um fluxo relevante de pessoas nas praias da orla do rio Tocantins, e nem sempre usufruem do local de forma diligente, diante disso, buscou-se estudar os impactos causados na praia do cacau no município de Imperatriz – Ma, durante esse período em que a praia fica disponível, geralmente dos meses de julho (o período oficial começa dia 16 de julho, dia do aniversário de Imperatriz) até o segundo domingo do mês de setembro.

## 2. DESENVOLVIMENTO

A qualidade de vida das gerações vindouras depende de ações presente, e muito tem-se discutido sobre as ações a serem tomadas para alcançar o tão sonhado desenvolvimento sustentável, que foi definido por Brundtland (1987) como o processo que permite satisfazer as necessidades da população atual sem comprometer a capacidade de atender às gerações futuras (MUNCK; BORIM-DE-SOUZA, 2013).

Perante a isso, Boff (2012) dispõe que:

a sustentabilidade fundamentalmente significa o conjunto dos processos e ações que se destinam a manter a vitalidade e a integridade da Mãe Terra, a preservação de seus ecossistemas com todos os elementos físicos, químicos e ecológicos que possibilitam a existência e a reprodução da vida, o atendimento das necessidades da presente e das futuras gerações, e a continuidade, a expansão e a realização das potencialidades da civilização humana em suas várias expressões (BOFF, 2012, p.34).

Os recursos naturais são insumos para o Turismo. Setor esse que se torna uma ferramenta de desenvolvimento econômico, social e cultural importante, sendo necessário atenuar os impactos causados pelo uso do espaço turístico, que no presente caso é a praia do cacau em Imperatriz – Ma, podendo o turismo apresentar impactos positivos e negativos irreversíveis (SENNA, 2016).

No Rio Tocantins, devido principalmente ao assoreamento (fenômeno causado pelo desmatamento) já é perceptível a redução no número de peixes nativos, se fazendo notória a importância das matas ciliares quanto das demais coberturas vegetais que naturalmente protegem o solo (SILVA, 2005).

Anualmente a prefeitura municipal de Imperatriz dentro do “projeto de veraneio”, disponibiliza a população toda uma estrutura durante o período oficial de praias no Rio Tocantins dentro do município de Imperatriz. Formalmente, Imperatriz contava com dois meses de duração das praias do cacau e do meio, porém sem data específica e com oscilações de funcionamento devido à construção da hidrelétrica de estreito em 2012, a montante cerca de 210 km de Imperatriz.

Segundo Vieira; Vainer (2007), as implicações ambientais devem ser revistas a fim de se compreender todas as consequências que construção dessas barragens podem trazer. Deste modo, com vistas não só ao desenvolvimento econômico, mas também sócio cultural e ambiental. Reconhece-se a necessidade efetiva de integrar questões ambientais no decorrer do processo de planejamento e desenvolvimento.

Agora, por meio da Resolução Federal nº 70/2021 da Agência Nacional de Águas, ANA, o período de praias do Município irá ocorrer anualmente do dia 1º de julho até o segundo domingo do mês de setembro. Com duração de 60 dias e nível do rio controlado de forma segura.

Apesar da atividade desse período de veraneio trazer benefícios econômicos a cidade, traz consigo ações que geram modificações no cenário ambiental e social, pois o homem como produtor do espaço geográfico cria toda uma gama de arquétipos e paisagens artificiais através de sua apropriação do mesmo, de modo a se evidenciar que toda ação de “produção e consumo do e no espaço” gera impactos diretos e indiretos no meio. (RODRIGUES, 1998).

Criando assim “espaços diferentes numa mesma configuração territorial, reafirmando que o espaço inclusive urbano, é um produto da formação social nos

diferentes momentos de seu desenvolvimento” (PASSOS; FRESCA, 2006, p.176). Trazendo assim para o local uma consequência temporal devido ao uso nem sempre consciente do local, evidenciando o quão importante e urgente de se fazer pesquisas e estudos que contemplem a investigação dos impactos ambientais, sociais e econômicos.

Nas figuras 1 e 2 a seguir, vemos esgoto sendo jogado na área da praia do cacau, pelas barracas presente no local.

Figura 1 – Cano despejando esgoto na praia



Fonte: Autoria própria.

Figura 2 – Esgoto que foi despejado na área da praia



Fonte: Autoria própria.

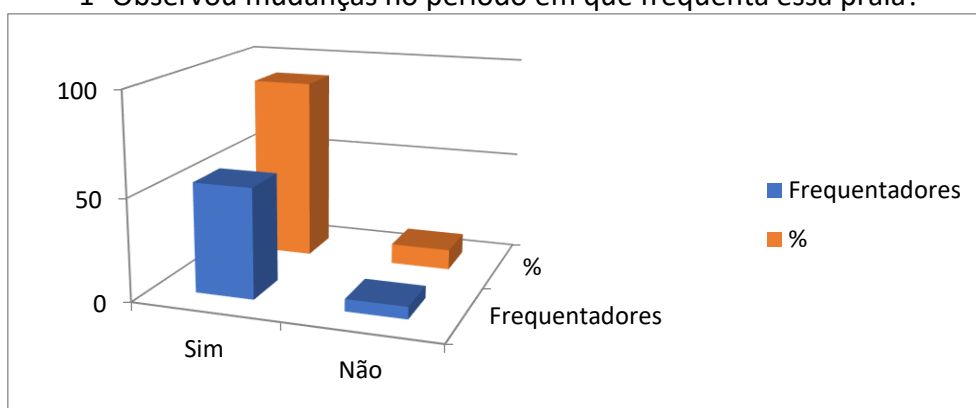
Perante esses fatos, o presente artigo traz análise e discussões dos resultados da referida pesquisa segmentada em dois grupos, os donos de barracas (barraqueiros) e frequentadores (banhistas), tendo como referência a quantidade de barracas presente no local, totalizando um total de 75 questionários entre os dois grupos pesquisados.



Os questionários da pesquisa foram estruturados com questões fechadas, e a suas análises e discussões serão dispostas em forma de gráficos, sendo fiel a integridade da resposta dos respondentes da pesquisa. Conforme a questão que contemple o segmento com sua respectiva resposta ao questionamento e respeitando as respectivas legendas.

#### QUESTIONÁRIO FREQUENTADORES – I

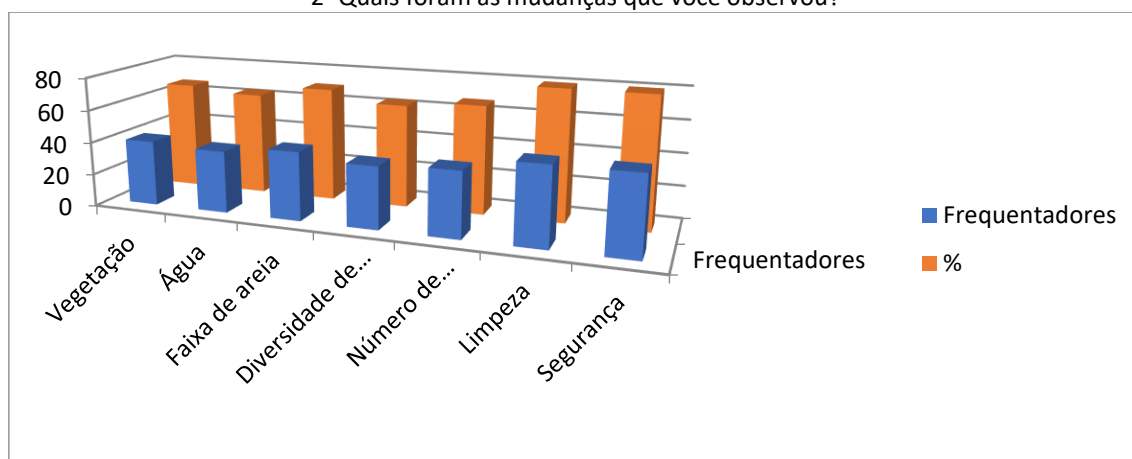
##### 1- Observou mudanças no período em que frequenta essa praia?



Fonte: Autoria própria.

No período em que frequentam a praia, 54 (90 %) das pessoas questionadas responderam sim, que observaram mudanças na praia e 6 (10%) responderam que não observaram mudanças no período.

##### 2- Quais foram as mudanças que você observou?



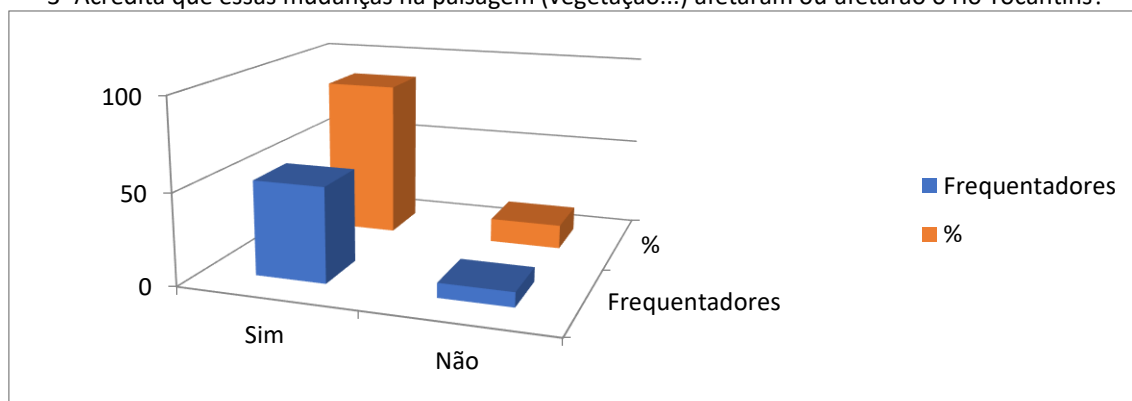
Fonte: Autoria própria.

Das pessoas que observaram mudanças na praia, 48(80%) delas responderam que a praia está mais limpa, 48(80%) observaram que aumentou a segurança, 42(70%) responderam que houve mudanças na faixa de areia, 40(66,67%) relataram que houve



mudanças na vegetação, 40(66,67%) viram mudanças no número de frequentadores, 38(63,33%) observaram alteração nas águas e 38(63,33%) responderam que houve diminuição na diversidade de animais.

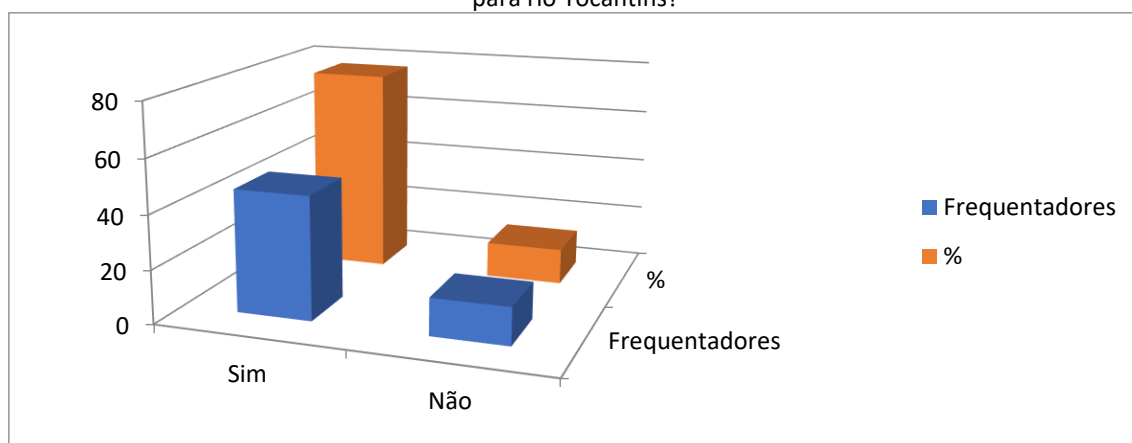
3- Acredita que essas mudanças na paisagem (vegetação...) afetaram ou afetarão o rio Tocantins?



Fonte: Autoria própria.

Quando perguntados se acreditam que as mudanças na paisagem afetaram ou afetarão o rio Tocantins, 52(86,67%) dos questionados responderam que sim e 8(13,33%) responderam não acreditar que essas mudanças afetam o rio.

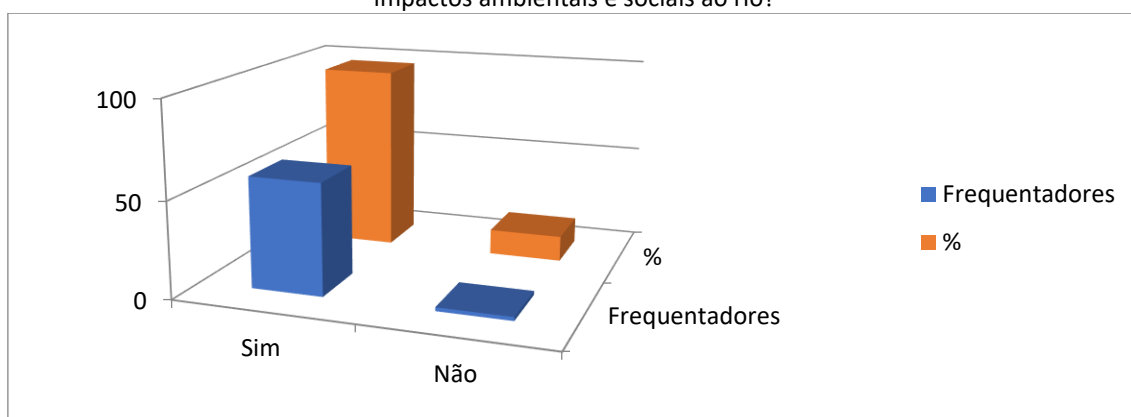
4- Você acha que a estrutura montada para período de veraneio causa impactos ambientais e sociais para rio Tocantins?



Fonte: Autoria própria.

Quando questionados se acreditam que a estrutura montada para o período de veraneio causa impactos ambientais e sociais para o rio Tocantins, 46(76,67%) dos frequentadores responderam que sim, e 14(23,33%) disseram que a estrutura não causa impactos na sua concepção.

5) Você acha que é possível desfrutar de todos os benefícios das águas do rio Tocantins sem ocasionar impactos ambientais e sociais ao rio?

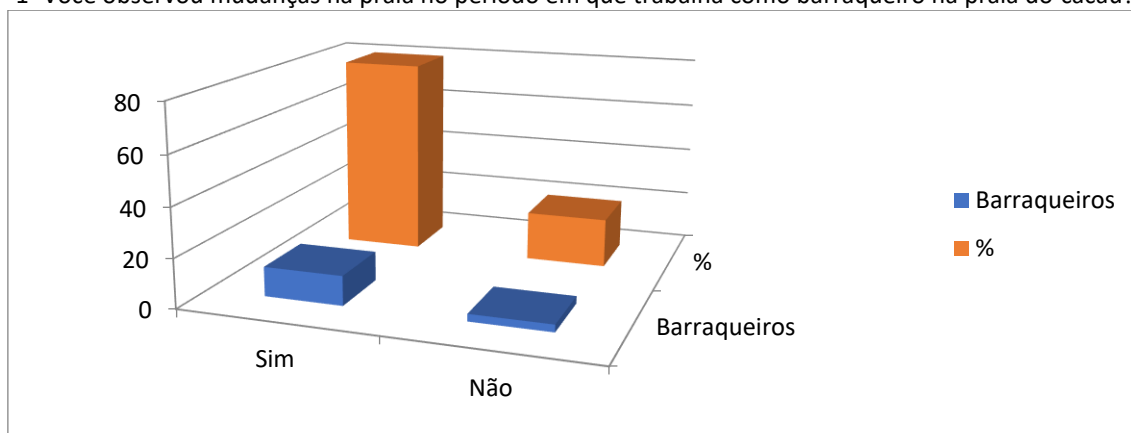


Fonte: Autoria própria.

Na concepção dos questionados, quando se pergunta se é possível desfrutar dos benefícios das águas do rio Tocantins sem ocasionar impactos ambientais e sociais, 58(96,67%) disseram que sim, é possível e para 2 (13,33%) responderam não ser possível usufruir do rio sem causar impactos.

#### QUESTIONÁRIO BARRAQUEIROS – II

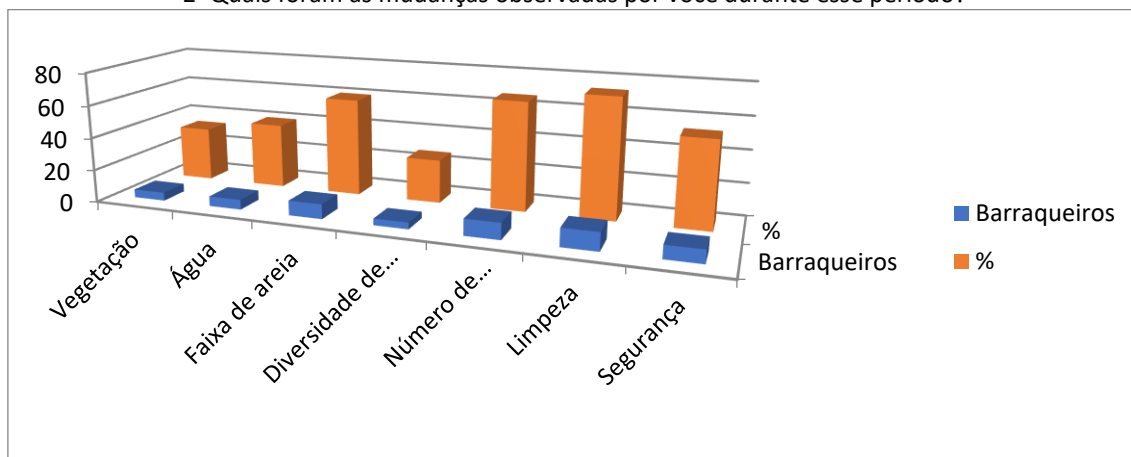
1- Você observou mudanças na praia no período em que trabalha como barraqueiro na praia do cacau?



Fonte: Autoria própria.

Observa-se nessa questão que, 12(doze) pessoas, (80%) do grupo pesquisado, disse ter verificado algum tipo de mudança na praia, durante esse período em que passou a exercer um trabalho no local, e somente 3(três) ou (20%), não viu transformações no lugar.

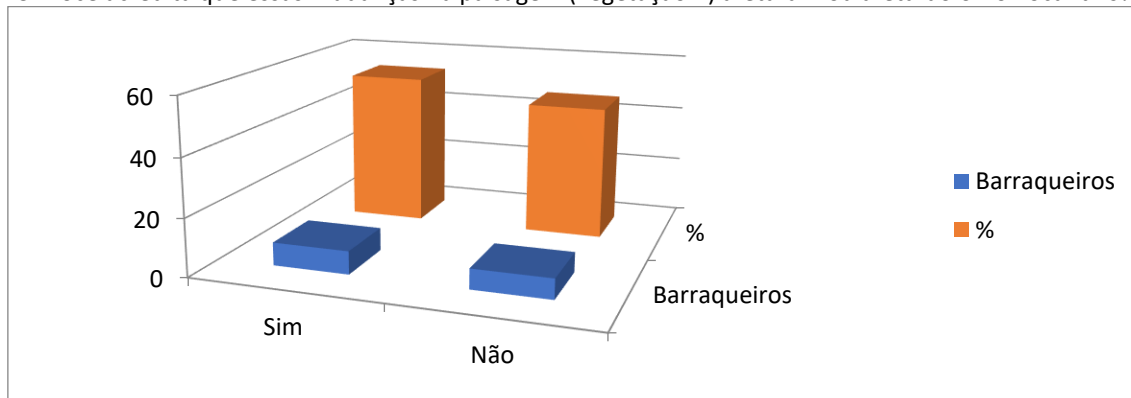
## 2- Quais foram as mudanças observadas por você durante esse período?



Fonte: Autoria própria.

Do total de 12(doze) “barraqueiros” que responderam “sim” na pergunta anterior, agora eles deveriam expor suas percepções de alterações na praia, e dentro das opções expostas eles poderiam destacar quantas fossem suas observações, sendo que para 40% (6) houve alguma modificação na água, outros 60% (9) perceberam modificação na faixa de areia, e 33,33% (5), dos que responderam ao questionário disseram ter visto mudanças na vegetação presente, outros 26,66% (4) notaram alguma diferença na diversidade de animais do local, houve uma percepção para (10) 66,66% na variação no número de frequentadores, e para 73,33% (11) houve mudanças na limpeza e um total de (8) 53,33% viram alteração na segurança.

## 3- Você acredita que essas mudanças na paisagem (vegetação...) afetaram ou afetarão o rio Tocantins?

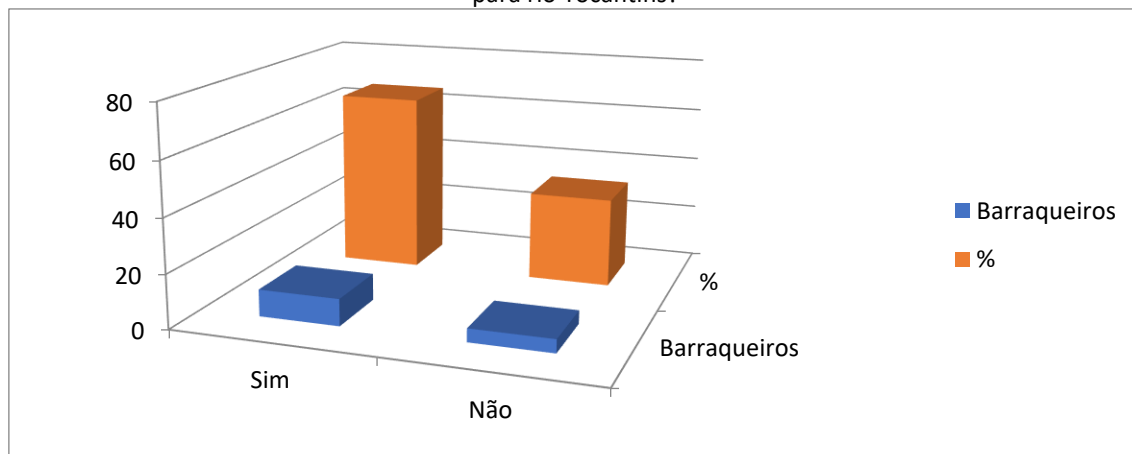


Fonte: Autoria própria.

Nessa questão, os participantes do questionário ficaram divididos quanto às mudanças ocorridas na praia, terem afetado ou afetar algum dia o rio Tocantins, para 53,33% (8) das pessoas que responderam, acreditam que sim, de alguma forma essas

mudanças perturbam o rio Tocantins, já para 46,66% (7) acham que não muda em nada para o rio.

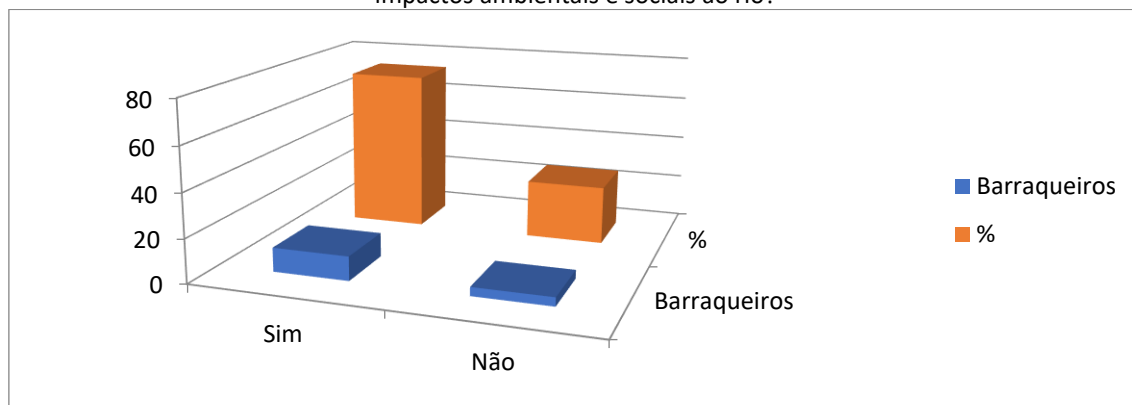
4- Você acha que a estrutura montada para período de veraneio causa impactos ambientais e sociais para rio Tocantins?



Fonte: Autoria própria.

Nas respostas a essa pergunta, observa-se que na percepção dos barraqueiros questionados, 33,33% (5) julgam não haver nenhum tipo de ação impactante ao meio, e a maioria dos questionados, 66,66% (10) consideram que a estrutura montada na praia do cacau, causa algum tipo de impacto ambiental ou social para o rio.

5- Você acha que é possível desfrutar de todos os benefícios das águas do rio Tocantins sem ocasionar impactos ambientais e sociais ao rio?



Fonte: Autoria própria.

Dos proprietários de barracas na praia do cacau, nota-se que a maior parte deles, (11) 73,33% acredita ser possível desfrutar das águas do rio Tocantins sem causar choques ambientais, já para outros (4) 26,66% dos “barraqueiros” imaginam não ser possível fazer uso da praia sem ocasionar efeitos deletérios.

### 3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo teve como objetivo identificar a percepção dos usuários sobre os impactos de caráter social e ambiental causados ao rio Tocantins, como também averiguar as transformações no ambiente físico e nos componentes bióticos do rio Tocantins, especificamente na praia do cacau em consequências do período de veraneio. Sua principal finalidade é avaliar a necessidade de proposição de ações de educação ambiental na praia estudada.

A infraestrutura de um local é muito importante para atender turistas e visitantes, a fim de um ambiente não sofrer com tantos impactos. Além do mais, investir em educação ambiental se faz necessário, na busca por uma sensibilização da população sobre os problemas ambientais que o meio ambiente vem sofrendo, mais especificamente a praia do cacau.

Diante da visita in loco e resposta aos questionários direcionados aos usuários (frequentadores e barraqueiros) a percepção foi de que durante o período de veraneio acontece impactos sociais e ambientais à praia do cacau e ao rio Tocantins, isso foi constatado através de observações como também pelas respostas dos usuários aos questionários.

Dentre as mudanças à praia observadas na pesquisa, está a paisagem, com a vegetação do local já tendo sofrido bastante ação antrópica, haja vista que a área destinada à proteção de zonas consideradas frágeis como margem de rios, apresenta graves impactos ambientais negativos ao ambiente. Em consequência do processo de desenvolvimento da atividade de veraneio com o grande fluxo de pessoas que se deslocam para usufruir da praia, fazendo desse período um fator importante na economia local e como também, essa mudança na rotina social da cidade, traz modificações no local.

Outro fator que se destaca na pesquisa é que os usuários apontaram a ideia de que é possível desfrutar da praia do cacau como também do rio Tocantins sem causar grandes impactos, mas havendo constatações através de observações, da presença de resíduos sólidos na orla do rio, como também derramamento de esgoto na área da praia, havendo a necessidade de um reforço na educação ambiental à população da cidade e turistas presentes.

Portanto, buscando atenuar os impactos sofridos pelo rio Tocantins nesse período garantindo, esperam-se ações mais constantes do poder público no local como também novos estudos sobre o tema, buscando soluções para que as pessoas se sensibilizem para a preservação de nossos recursos naturais, nos permitindo utilizar essa bela praia por várias gerações.

#### 4. ANEXOS







## REFERÊNCIAS

- ANA, AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Resolução nº 70/ANA, de 19 de abril de 2021. Disponível em:< [http://novo.imperatriz.ma.gov.br/media/site/uploads/2021/05/17/resolucao-70-2021\\_ato\\_normativo\\_19042021\\_20210422091126.pdf](http://novo.imperatriz.ma.gov.br/media/site/uploads/2021/05/17/resolucao-70-2021_ato_normativo_19042021_20210422091126.pdf)>. Acesso em: 30 de julho de 2022.
- BERMANN, Celio - **Política Energética no Brasil - Encontro Nacional do MAB. Reassentamento São Francisco**. Cascavel, dez 1998.
- BOFF, L. Sustentabilidade: o que é, o que não é. Petrópolis: Ed. Vozes, 2012.
- GARRIDO, Bibiana. CONCIANI, Dhemerson. Rio Tocantins, o Cerrado que banha a Amazônia. Disponível em:< <https://www.ecodebate.com.br/2022/03/25/rio-tocantins-o-cerrado-que-banha-a-amazonia/>>. Acesso em: 26 de julho de 2022.
- MUNCK, L.; BORIM-DE-SOUZA.; R. Compreensão de desenvolvimento sustentável a partir do estabelecimento de tipos ideais. **Organizações & Sociedade** – Salvador, v. 20, n. 67, p. 651-674, 2013.
- PASSOS, Viviane Rodrigues de Lima; FRESCA, Tania Maria. A verticalização de Londrina entre 1970- 2000: breve consideração sobre os promotores imobiliários. In: YAMAKI, Humberto (org.) et al. **Geografia e meio ambiente: estudos teóricos metodológicos**. Londrina: Midiograf II, 2006, p. 175-196.
- RAMIRES, Milena. CLAUZET Mariana. ROTUNDO Matheus Marcos. BEGOSSI Alpina. **A pesca e os pescadores artesanais de Ilhabela (SP), BRASIL**. Disponível em [https://www.pesca.sp.gov.br/38\\_3\\_231-246.pdf](https://www.pesca.sp.gov.br/38_3_231-246.pdf). Acesso em: 12 de junho de 2022.
- RODRIGUES, Arlete Moysés. **Produção e consumo do e no espaço**. São Paulo: Hucitec, 1998.
- SENNA, M.L.G.S. **A aplicabilidade do índice de qualidade de vida, da pegada ecológica do turismo e dos indicadores de sustentabilidade da organização das nações**

**unidas para destinos turísticos de pequeno porte: um estudo de caso no jalapão – TO.** Ipen – Autarquia Associada à Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

SILVA, Antonio Esmerahdson de Pinho. **A Organização Social da Colônia de Pescadores de Imperatriz – Zona 29.** Dissertação Apresentada ao curso de Mestrado. Belém. UFPA, 2005.

VIEIRA, F; VAINER, C. **Manual do Atingido** - Impactos Sociais e Ambientais de Barragens”. Movimento dos Atingidos por Barragens – MAB, 2007.

## SUSTENTABILIDADE DE CONCRETOS COM AGREGADOS RESIDUAIS E POZOLANAS

### SUSTAINABILITY OF CONCRETE WITH RESIDUALS AND POZOLANAS AGGREGATES

DOI: 10.51859/AMPLA.MAS2407-15

Cristiane Carine dos Santos <sup>1</sup>

Tássia Fanton <sup>2</sup>

Marina Munaretto Copetti <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Santa Maria, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Avenida Roraima, 1000, Camobi, CEP: 97105-900, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil.

<sup>2</sup> Universidade Federal de Santa Maria, Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil. Avenida Roraima, 1000, Camobi, CEP: 97105-900, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil.

<sup>3</sup> Universidade Federal de Santa Maria, Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil. Avenida Roraima, 1000, Camobi, CEP: 97105-900, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil.

#### RESUMO

Com o crescente aumento do consumo dos recursos naturais em nível mundial, geram-se grandes preocupações em relação ao meio ambiente, tornando a sustentabilidade um assunto em destaque quanto à qualidade de vida e a sobrevivência dos seres vivos. A presente pesquisa visa analisar misturas de concreto com agregado residual de construção e demolição (RCD) através dos ensaios de resistência à compressão axial. Os concretos estudados foram moldados com substituição de dois teores de agregado residual, ou seja, substituições de 15 e 30% do agregado graúdo por RCD, o cimento também foi substituído parcialmente por dois tipos de pozolanas em misturas binárias e ternárias, em que se realizaram substituições de 25% de cimento por cinza de casca de arroz (CCA) e 25% de cinza volante CV) para as misturas binárias, já para as ternárias os teores de substituições foram de (15+10) % (CCA+CV). Para os ensaios de resistência á compressão axial foram moldados corpos de prova cilíndricos de dimensão 10x20cm e curados em câmara úmida por um período de 28 dias. Através dos resultados pôde-se perceber que em relação ao traço referência (sem substituições), os concretos com pozolanas, tanto em misturas binárias como ternárias obtiveram resistência à compressão

axial bem próximos do referência, já os traços moldados com substituições somente de agregados resultaram em resistência à compressão axial bastante inferiores. No entanto, concluiu-se que em relação à resistência à compressão axial é viável a utilização de RCD em concretos, porém quando da utilização de pozolanas na mistura.

**Palavras-chave:** Concreto. Material pozolânico. Resistência à compressão axial.

#### ABSTRACT

With the increasing consumption of natural resources worldwide, there are great concerns about the environment, making sustainability a prominent issue regarding the quality of life and survival of living beings. This research aims to analyze concrete mixtures with construction and demolition residual aggregate (RCD) through axial compressive strength tests. The concretes studied were molded with substitution of two contents of residual aggregate, ie substitutions of 15 and 30% of the coarse aggregate by RCD, the cement was also partially replaced by two pozzolans in binary and ternary mixtures, in which they were made. substitutions of 25% of cement by rice husk ash (CCA) and 25% of fly ash CV) for binary mixtures, while for ternary substitutions levels were (15 +

10) % (CCA + CV). For the tests of resistance to axial compression were molded cylindrical specimens of dimension 10x20cm and cured in a humid chamber for a period of 28 days. Through the results it could be seen that in relation to the reference trait (without substitutions), the pozzolan concretes, in both binary and ternary mixtures, obtained resistance to axial compression very close to the reference, whereas the molded traces with substitutions of

aggregates only resulted in much lower axial compressive strength. However, it was concluded that in relation to the axial compressive strength the use of RCD in concrete is feasible, but when using pozzolans in the mixture.

**Keywords:** Concrete. Pozzolanic material. Resistance to axial compression.

## 1. INTRODUÇÃO

Governos de todo o mundo têm lutado para equilibrar o crescimento econômico com seus efeitos negativos sobre o meio ambiente, tanto nas regiões desenvolvidas quanto nas em desenvolvimento (LEWIS; CONATY, 2012). No entanto, a população mundial está com previsão de atingir 70% do total de pessoas residindo em centros urbanos até 2050 (UNITED..., 2015), processo que requer um volume maior de obras nas cidades para atender à demanda. Portanto, o progresso da economia e da sociedade de uma nação tem relação próxima com a indústria da construção, mas também eleva a quantidade de recursos naturais consumidos por essa indústria, destacando-se neste cenário o grande consumo de cimento, agregados naturais e, conseqüentemente, de concreto. Este ciclo de crescimento resultará em problemas ambientais, tais como, o aquecimento global, poluição do ar, da água e dos solos, destruição de ecossistemas e esgotamento de recursos naturais.

Em 2021, cada tonelada de cimento era produzida com emissões 18% menores do que três décadas antes (CARBONBRIEF, 2021). Neste período, porém, a demanda de cimento no mundo triplicou. O resultado é que, apesar dos avanços tecnológicos do setor, suas emissões continuam subindo. O relatório conjunto da Agência Internacional de Energia e do Conselho Global de Negócios para o Desenvolvimento Sustentável (WBCSD, 2022) corrobora esta informação, em que, até 2050, a produção global de cimento deve aumentar 12%, mas suas emissões crescem “somente” 4%. Além disso, com o crescente esgotamento dos agregados naturais, em grandes metrópoles os mesmos são transportados de locais cada vez mais distantes, originando gastos e poluição adicional devido ao custo do frete e exalação de CO<sub>2</sub> pela queima de combustíveis fósseis pelos caminhões.

Então, sabendo-se das propriedades do concreto, tais como, durabilidade, segurança estrutural e boa resistência ao fogo, uma boa possibilidade que o mesmo proporciona é a substituição parcial do cimento por pozolanas, contribuindo com uma possível redução do dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) liberado no processo produtivo do clínquer e a diminuição dos descartes indevidos. Metha e Monteiro (2008) afirmam que as adições minerais melhoram as propriedades do concreto, como a microestrutura, reduzem a segregação e exsudação devido à segmentação dos canais de percolação da água e promovem o aumento de locais de nucleação para os produtos de hidratação, fazendo com que a pasta fique mais homogênea. Com isso, os grãos menores, por efeito físico, diminuem o efeito parede na zona de transição devido ao empacotamento dos poros, promovendo o aumento da resistência. Também, outra alternativa é a substituição parcial do agregado graúdo natural por agregado graúdo proveniente de resíduos de construção e demolição (RCD), diminuindo a exploração e o consumo dos agregados naturais, bem como, a redução dos descartes impróprios.

Em virtude destes aspectos e visando a aplicação das pozolanas alternativas e dos resíduos de concreto em novas estruturas de concreto armado, este estudo pretende contribuir com a sociedade, além, de trazer benefícios ao meio ambiente através de conhecimentos teóricos e práticos aplicados.

### 1.1. OBJETIVOS

Verificar a eficiência do concreto estrutural, através dos resultados de resistência a compressão axial, substituindo parcialmente o agregado graúdo natural por agregados reciclados provenientes de resíduos de construção e demolição (RCD), bem como, a substituição parcial do cimento por dois tipos de pozolanas, cinza volante e cinza de casca de arroz (para compensar a resistência do concreto com o uso de RCD).

## 2. CONCRETO E SUSTENTABILIDADE: RECICLAGEM DE RESÍDUOS

### 2.1. RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO

A indústria da construção civil é um dos setores mais importantes para o desenvolvimento econômico e social do país, pois é responsável por mais de 10% do Produto Interno Bruto (PIB), mas por sua vez, gera consideráveis impactos ambientais, tanto pelo consumo de recursos naturais, como pela geração de resíduos (PABLOS; SICHERI, 2010). Para minimizar os problemas causados pela construção civil, tem-se como alternativa a reutilização ou reciclagem dos rejeitos, que apesar desses

procedimentos terem começado na Europa depois da Segunda Guerra Mundial, no Brasil ainda se encontram em atraso, mesmo com os problemas de escassez das áreas para aterros, principalmente em regiões metropolitanas.

Os resíduos gerados pela construção civil são definidos pela resolução do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) nº 307 (2002) e pela ABNT NBR 15113 (2004) como resíduos provenientes de construções, reparos, reformas e demolições, consequentes de escavações de terrenos, como tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, tintas, colas, madeiras, compensados, gesso, forros, argamassas, telhas, pavimentos asfálticos, plásticos, tubulações, entre outros; que são usualmente denominados no Brasil como entulhos de obra, caliça ou metralha. No entanto, os resíduos provenientes de construção e demolição (RCD) são gerados durante todo o processo de construção, e conforme Ângulo (2005) são responsáveis por 50% do total de resíduos sólidos urbanos (RSU) que são produzidos pela população.

Pesquisas apontam (Araújo, 2015; Vieira e Dal Molin, 2004; Cabral, 2010; Banthia e Chan, 2000) que existe um aumento acelerado na geração de RCD, pois com o crescimento da população necessitam-se quantidades maiores de infraestruturas (UNITED..., 2015). Conforme a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais – ABRELPE (2021) foram coletados pelos municípios brasileiros no ano de 2020 cerca de 47 milhões de toneladas de RCD, apresentando um aumento de 5,5% em relação ao ano anterior. Com isso, a quantidade coletada foi de 221,2 kg por habitante/ano.

Para Vieira e Dal Molin (2004) a utilização de agregados reciclados em concretos não afetam a sua resistência à compressão e a durabilidade, mas enfatizam a importância dos tratamentos deste material, desde o beneficiamento até o momento da utilização, fazendo com que suas propriedades sejam conhecidas e as limitações de seu uso diminuam. Diversos estudos realizados com a utilização de RCD em concretos confirmam a viabilidade de utilização deste material, mas, conforme Cabral (2010) deve-se levar em consideração a relação água/materiais cimentícios ( $a/mc$ ), pois este é um dos principais fatores que interferem na resistência a compressão. No entanto, de acordo com Banthia e Chan (2000) as diferenças entre as propriedades dos concretos convencionais e dos concretos com a utilização de agregados reciclados é resultante de alguns fatores, como o teor de substituição deste agregado, da característica do





concreto original, da natureza e nível de contaminantes, quantidade de finos e argamassa que está aderida ao agregado, entre outros fatores.

Por apresentar propriedades diferentes dos agregados naturais, os agregados provenientes de RCD possuem interferências nas propriedades dos materiais aos quais eles fazem parte, algumas delas benéficas e outras nem tanto, como por exemplo, quando adicionado ao concreto, muitas vezes reduz a resistência mecânica. No entanto, Mehta e Monteiro (2008) mencionam que a redução da resistência à compressão desses concretos, pode chegar a, pelo menos, dois terços da resistência atingida pelo concreto referência, ou seja, produzido com somente agregado natural. Desta forma, Leite (2001) afirma que a redução da resistência à compressão dos concretos com agregados reciclados é devida à alta porosidade desses materiais, e também pela porosidade da zona de transição.

Neste contexto, estudos realizados por Correia et al. (2006) inferem que para as substituições de 100% e 22% do agregado natural pelo reciclado, obteve-se redução da resistência à compressão de 45% e 22%, respectivamente, atribuindo esses resultados as propriedades dos agregados que foram utilizados. Já nas pesquisas realizadas por Rahal (2007) os concretos com substituições de 100% por agregados graúdos reciclados resultaram em uma redução da resistência à compressão de 9% em relação ao concreto referência, mas em outra pesquisa realizada pelo mesmo autor, ele obteve uma redução bem maior, chegando a 45%.

Mesmo apresentando redução na resistência à compressão, os concretos produzidos com agregados reciclados podem ter sua resistência aumentada através de alguns procedimentos realizados durante a preparação da mistura de concreto. Entretanto, Araújo (2015) aponta que a menor resistência obtida pelos concretos com RCD é consequência da sua maior porosidade em relação aos agregados convencionais, mas com a redução da relação água/materiais cimentícios ( $a/mc$ ), esta resistência pode ser aumentada, pois se reduz a porosidade da pasta de cimento.

## 2.2. POZOLANAS

Nos últimos anos a indústria da construção civil tem buscado, de maneira constante e bastante insistente, a utilização de materiais alternativos com o objetivo de atender aos requisitos para o desenvolvimento sustentável. Entre esses materiais



destacam-se as pozolanas, que são definidas pela ABNT NBR 12653 (2015) como materiais silicosos ou silicoaluminosos, que possuem pouca ou nenhuma atividade aglomerante, mas quando divididos e na presença de água, reagem com o hidróxido de cálcio à temperatura ambiente para formar compostos com propriedades aglomerantes.

Segundo Isaia, Furquim e Gastaldini (2009), quando se substitui parte de cimento por adições minerais, cada tipo atua de modo distinto, de acordo com a finura, atividade química, física ou ainda quantidade na mistura, tendo em vista que esses fatores proporcionam diferentes interações com a pasta. Alterações do tipo ou teor da adição mineral e da relação água/aglomerante ( $a/ag$ ), bem como, condições de cura, influem na microestrutura dessas pastas e resultam em comportamento mecânico e de durabilidade distintos, o que acaba por afetar a eficiência da microestrutura como um todo. Entre os diversos tipos de materiais pozolânicos, a cinza de volante (CV) e a cinza de casca de arroz (CCA) são alguns dos subprodutos cada vez mais estudados e utilizados nas últimas décadas, tendo como propósito tentar reduzir os impactos negativos ocasionados ao meio ambiente e ao mesmo tempo melhorar as propriedades do concreto, pois existem várias (Isaia, 1995; Metha e Monteiro, 2008) pesquisas que apontam a viabilidade de substituir-se parcialmente o cimento por estes subprodutos agroindustriais.

A cinza volante é um subproduto proveniente da queima do carvão mineral utilizado em usinas termelétricas para geração de energia e contém altos teores de sílica e alumina. Segundo Pires (2002), uma parte da cinza volante é formada pelas inclusões minerais do carvão precursor que ficam expostas após o desprendimento dos voláteis e o consumo do carbono, a uma temperatura entre 1100 e 1300 °C, e fundem formando pequenas gotículas que, por sua vez, formam gotículas maiores. Rocha Junior (2011) acrescenta que a parte restante é formada a partir de componentes não combustíveis e partículas de carvão não queimado.

Segundo a ASTM C618/2012, as cinzas volantes são classificadas em Classe C e Classe F. A cinza volante é um complexo material formado pela combinação de fases amorfas ou vítreas (60-90%) e fases cristalinas. Estas cinzas são compostas principalmente por silicatos ( $\text{SiO}_2$ , 35-60%), alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 10-30%), óxidos de ferro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , 4-20%) e de cálcio ( $\text{CaO}$ , 1-35%). Quando a soma dos teores de sílica, alumina e

óxido de ferro forem superiores a 70%, a cinza volante é classificada como de Classe F. Na cinza volante de Classe C esta soma precisa ser superior a 50%. Geralmente as cinzas de Classe C possuem teor de CaO maior que 20% (ACI 232.2R, 1996).

A cinza da casca de arroz é um resíduo agroindustrial, resultante da combustão da casca de arroz, geralmente usada pelas indústrias beneficiadoras de arroz como combustível na geração de calor necessário no processo de secagem dos grãos. Mehta e Monteiro (2014) citam que a CCA corresponde a 20% do volume de casca de arroz e é um material leve, com porosidade interna.

Em relação a sua composição química, Mehta e Monteiro (2014) descrevem que a casca do arroz possui alto teor de sílica, composta de aproximadamente 50% de celulose, 30% de lignina e 20% de sílica de base anidra. A lignina e a celulose são removidas durante a queima, resultando numa estrutura celular porosa. O tamanho das partículas da CCA, juntamente com as condições de queima, é um dos fatores que influenciam nas características pozolânicas das CCAs. A moagem é uma operação necessária, capaz de modificar as propriedades físicas da cinza da casca de arroz, tais como a superfície específica e finura.

A substituição de pozolanas por materiais constituintes do concreto, não só contribui para a redução dos impactos ambientais, como também melhora as propriedades desse novo material. Desta forma Isaia (1995) menciona que as pozolanas são acrescentadas ao concreto de alto desempenho com o objetivo de alcançar uma microestrutura mais compacta e uniforme, o que resulta em um concreto com maior desempenho em relação ao concreto convencional, sem adições, no que se refere à durabilidade, desempenho e vida útil da estrutura de concreto.

Logo, a possibilidade de incorporação dessas adições no ramo da construção civil, além de proporcionar melhorias nas propriedades do concreto, contribui diretamente na diminuição da exploração de minerais não renováveis, como também na redução dos problemas causados pela forma como são tratados esses rejeitos, ocupando um papel ecologicamente correto. Para amenizar o impacto ambiental e econômico da fabricação do cimento, as adições minerais têm se mostrado uma alternativa viável e eficiente para a substituição parcial do clínquer, visto que grande parte dessas adições é formada por resíduos agroindustriais e subprodutos industriais.

### 3. METODOLOGIA EXPERIMENTAL

Este item apresenta a metodologia aplicada para a confecção dos corpos de prova de concreto empregados na pesquisa, bem como, a caracterização dos materiais utilizados e os procedimentos para produção das misturas e amostras.

Posteriormente é apresentado o método de execução do ensaio com o objetivo de determinar o comportamento dos concretos com substituição em comparação ao concreto de referência, através do ensaio de Resistência a Compressão Axial, ABNT NBR 5739 (2007), tendo em vista que, a eficiência, durabilidade e sustentabilidade das estruturas de concreto estão diretamente ligadas com a sua capacidade de resistir a cargas de compressão, não apresentando deformações exageradas ou desproporcionais. Para a moldagem dos corpos de prova baseou-se na ABNT NBR 5738 (2016).

Através do processo de análise experimental, e da escolha de variáveis e condições que determinam os experimentos, observaram-se os efeitos que as mudanças causadas pelas variáveis de estudo geraram em comparação com as de referência.

#### 3.1. CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS

Realizou-se uma análise das propriedades físicas e químicas dos materiais, tendo em vista que, conforme Mehta e Monteiro (2014), antes de fazer uma mistura de concreto, a seleção dos materiais componentes realizados metodicamente é o primeiro passo para se obter um produto que realmente tenha representatividade nos resultados.

##### 3.1.1. MATERIAIS CIMENTÍCIOS

Utilizou-se o cimento Portland CP V-ARI da marca Itambé, nacional, conforme a norma ABNT NBR 5733 (1991). E como substituição parcial do cimento a cinza de casca de arroz (CCA) proveniente da região de Santa Maria – RS, e a cinza volante (CV), proveniente da usina termoeletrica de Candiota, ambas foram moídas durante 1 hora em moinho de bolas, por serem disponíveis in natura. Na Tabela 01 estão representadas as características físicas dos materiais cimentícios, e a composição química pode ser observada na Tabela 02.

Para estes materiais foram realizados os seguintes ensaios de caracterização:

- a) Composição química: perda ao fogo, SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO, MgO, SO<sub>3</sub>, S, Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O e Início de pega (Associação Brasileira de Cimento Portland);
- b) Massa específica absoluta, através da utilização do frasco volumétrico de Le Chatelier, (NBR NM 23, 2001);
- c) Granulometria por difração a laser (ABCP);
- d) Determinação da finura (NBR 11579 - 2013);
- e) Determinação da água da pasta de consistência normal (NBR NM 43 - 2003);
- f) Tempo de início e fim de pega utilizando o aparelho de Vicat (NBR NM 65 - 2003);
- g) Resistência à compressão axial da argamassa normal a 3, 7 e 28 dias (NBR 7215-1997)

Tabela 1 - Características físicas dos materiais cimentícios

CARACTERÍSTICAS	IDADE - DIAS	CPV-ARI	CCA	CV
Índice de Finura #0,075 mm (% retida)		0,02	4,97	2,11
Área específica BET (m <sup>2</sup> /g)		5,96	18,71	3,55
Consistência normal (%)		29,1	-	-
Massa específica (g/cm <sup>3</sup> )		3,14	2,09	2,19
Argamassa normal - Resistência à compressão axial (MPa)	3	38,1	-	-
	7	38,6	-	-
	28	50	-	-
Início de pega (min)		154	-	-
Fim de pega (min)		191	-	-
Dimensão média das partículas (µm)		8,5	15,54	23,84
Diâmetro abaixo do qual encontra-se 10% das partículas (µm)		0,83	5,19	2,75
Diâmetro abaixo do qual encontra-se 90% das partículas (µm)		22,38	54,14	50,03

Fonte: Autoria própria.

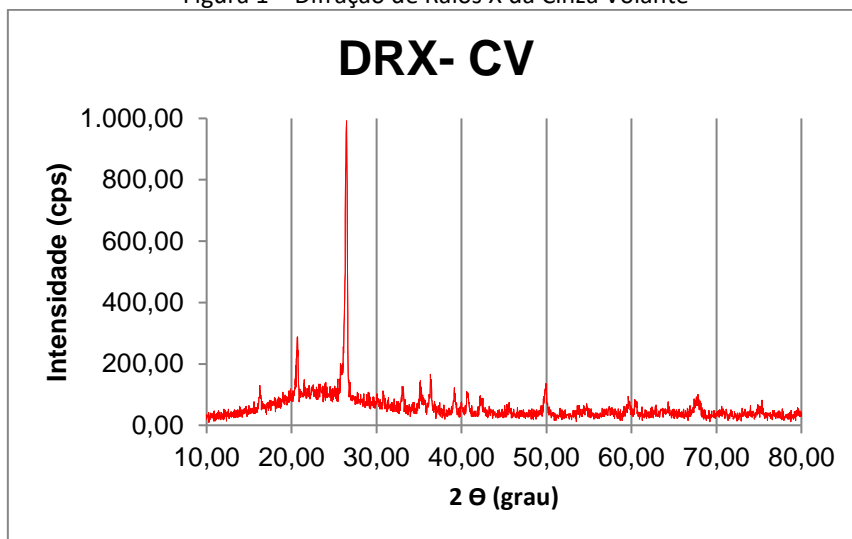
Tabela 2 - Composição química dos materiais cimentícios

COMPOSIÇÃO QUÍMICA	CPV-ARI	Limites (NBR 5733/91)	CCA	CV
Perda ao fogo - <b>PF</b>	3,08	≤ 4,5%	0,25	1,00
Dióxido de Silício total - <b>SiO<sub>2</sub></b>	18,81	-	94,84	65,50
Óxido de Alumínio - <b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	4,75	-	0,39	25,89
Óxido de Ferro - <b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	2,68	-	0,54	3,15
Óxido de Cálcio total - <b>CaO</b>	60,88	-	1,32	0,34
Óxido de Magnésio - <b>MgO</b>	5,22	≤ 6,5%	0,40	1,53
Anidrido sulfúrico - <b>SO<sub>3</sub></b>	2,28	≤ 4,5%	0,01	-
Óxido de sódio - <b>Na<sub>2</sub>O</b>	0,18	-	0,11	0,21
Óxido de Potássio - <b>K<sub>2</sub>O</b>	0,89	-	1,45	1,98
Resíduo insolúvel - <b>RI</b>	1,19	≤ 1,0%	-	-
Anidrido Carbônico - <b>CO<sub>2</sub></b>	2,27	≤ 3,0%	-	-

Fonte: Autoria própria.

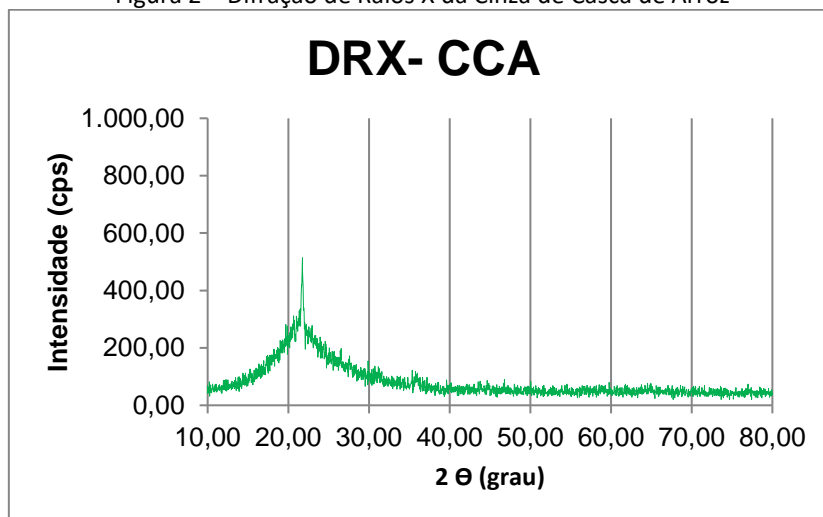
Já as Figuras 01 e 02 apresentam as Difrações de Raios 'X' da CV e da CCA, respectivamente. Percebe-se um maior grau de amorfismo na CCA, tendo em vista o menor aparecimento de picos cristalinos, assim, tendo maior reatividade que a CV, consequentemente interferindo positivamente com maior na resistência à compressão do concreto. A CV se classifica como Classe C, conforme classificação apresentada no item 2.

Figura 1 – Difração de Raios X da Cinza Volante



Fonte: Autoria própria.

Figura 2 – Difração de Raios X da Cinza de Casca de Arroz



Fonte: Autoria própria.

### 3.1.2. AGREGADOS

Foram utilizados agregados graúdos e miúdos. Como agregado graúdo, brita com fração retida entre as peneiras 19 e 4,8mm, proveniente da cidade de Itaara – RS e como substituição parcial deste agregado utilizou-se resíduos de construção e demolição



(RCD), provenientes da empresa GR2 de Santa Maria – RS. Como agregado miúdo foi empregado a areia com granulometria entre 4,8 e 0,15mm do rio Vacacaí de Santa Maria – RS.

Na Tabela 03 e na Figura 03 estão apresentadas as características físicas dos agregados (areia, brita e RCD).

Os ensaios realizados para caracterização desses materiais estão apresentados a seguir:

- a) Massa específica e aparente do agregado miúdo (NM 52:2009);
- b) Massa específica e aparente do agregado graúdo e absorção de água (NM 53:2009);
- c) Massa unitária e do volume de vazios de agregados (NM 45:2006);
- d) Índice de forma do agregado graúdo (NBR 7809:2008);
- e) Composição granulométrica (NM 248:2003);

Tabela 3 - Caracterização física dos agregados

<b>Características Físicas</b>	<b>Areia</b>	<b>Brita</b>	<b>RCD</b>
Massa específica (g/cm <sup>3</sup> )	2,65	2,49	1,98
Massa unitária, (g/cm <sup>3</sup> )	1,57	1,36	1,02
Módulo de finura	2,19	6,96	6,35
D. máx. característico (mm)	2,36	19	19
Absorção do agregado (%)	0,33	2,18	9,52
Índice de forma	-	1,59	3,24

Fonte: Autoria própria.

Figura 3 – Agregados (areia, brita e RCD)



Fonte: Autoria própria.

### 3.1.3. ADITIVO

Com o objetivo de melhorar a trabalhabilidade do concreto utilizou-se aditivo hiperplastificante MasterGlenium54. Os dados técnicos estão apresentados na Tabela 04.

Tabela 4- Característica do aditivo redutor de água

Característica do aditivo	Hiperplastificante
Densidade (g.cm-3)	1,10
pH	6
Percentual de sólidos (%)	40
Base química	Éter Policarboxílico
Aspecto	Líquido branco turvo

Fonte: BASF, 2014

### 3.1.4. ÁGUA

Para a moldagem dos corpos de prova utilizou-se água potável proveniente da rede de abastecimento da Universidade Federal de Santa Maria.

## 3.2. DOSAGEM

O estudo da dosagem do concreto foi realizado de acordo com o método proposto por Helene e Terzian (1992). Devido à diminuição da resistência obtida pelos traços com substituição de 15 e 30% de RCD, em massa, empregou-se pozolanas para compensar esta queda, substituindo-se 25% de cimento, em massa pela CCA e CV em misturas binárias, e (15+10)% (CCA+CV) nas misturas ternárias.

O abatimento do tronco de cone especificado foi de  $100 \pm 20$  mm, e para melhorar a consistência do concreto utilizou-se aditivo redutor de água. O teor de água/ materiais secos foi estabelecido em  $H$  (kg/kg)= 8,22% e argamassa seca  $\alpha$  (kg/kg) = 0,5, em que esses dados foram fixados para todos os traços de concreto e para cada relação água/materiais cimentícios (a/mc), na Tabela 05 estão apresentados os traços de concreto estudados.

Tabela 5 – Misturas de concreto estudadas

Composição do traço	a/mc	Traço unitário (c:cca:cv:a:b:rkd)	Aditivo %	Abatimento (cm)
Referência	0,35	1: 1,13: 2,13	0,16	9
	0,475	1: 1,89: 2,89	0,10	9
	0,65	1: 2,95: 3,95	-	8
RCD 15%	0,35	1: 1,13 : 1,81: 0,32	0,10	9

Composição do traço	a/mc	Traço unitário (c:cca:cv:a:b:rca)	Aditivo %	Abatimento (cm)
	0,475	1: 1,89: 2,46: 0,43	0,15	12
	0,65	1: 2,95: 3,36: 0,59	-	12
RCD 30%	0,35	1: 1,13: 1,49: 0,64	0,10	9
	0,475	1: 1,89: 2,02: 0,87	-	10
	0,65	1: 2,95: 2,77: 1,19	-	12
RCD 15% CCA 25%	0,35	0,75: 0,25: 1,02: 1,81: 0,32	0,40	11
	0,475	0,75: 0,25: 1,78: 2,46: 0,43	0,20	8
	0,65	0,75: 0,25: 2,85: 3,36: 0,59	0,20	8
RCD 30% CCA 25%	0,35	0,75: 0,25: 1,02: 1,49: 0,64	0,40	10
	0,475	0,75: 0,25: 1,78: 2,02: 0,87	0,38	10
	0,65	0,75: 0,25: 2,85: 2,77: 1,19	0,25	8
RCD 15% CV 25%	0,35	0,75: 0,25: 1,04: 1,81: 0,32	0,18	9
	0,475	0,75: 0,25: 1,80: 2,46: 0,43	0,20	8
	0,65	0,75: 0,25: 2,86: 3,36: 0,59	0,15	11
RCD 30% CV 25%	0,35	0,75: 0,25: 1,04: 1,49: 0,64	0,22	9
	0,475	0,75: 0,25: 1,80: 2,02: 0,87	0,10	11
	0,65	0,75: 0,25: 2,86: 2,77: 1,19	0,10	9
RCD 15% CCA+CV (15%+10%)	0,35	0,75: 0,15: 0,10: 1,03: 1,81: 0,32	0,30	8
	0,475	0,75: 0,15: 0,10: 1,79: 2,46: 0,43	0,30	9
	0,65	0,75: 0,15: 0,10: 2,85: 3,36: 0,59	0,25	11
RCD 30% CCA+CV (15%+10%)	0,35	0,75: 0,15: 0,10: 1,03: 1,49: 0,64	0,40	10
	0,475	0,75: 0,15: 0,10: 1,79: 2,02: 0,87	0,26	10
	0,65	0,75: 0,15: 0,10: 2,85: 2,77: 1,19	0,22	9

Fonte: Autoria própria.

### 3.3. PRÉ - MOLHAGEM

A mistura dos RCD com os demais materiais componentes do concreto se deu com superfície saturada seca (SSS), devido a sua alta capacidade de absorção de água, ou seja, os RCD'S permaneciam submersos em água durante 24 horas antes da mistura para a produção do concreto.

### 3.4. PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

#### 3.4.1. RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AXIAL

Os ensaios de resistência à compressão axial obedeceram a ABNT NBR 5738 (2016) e ABNT NBR 5739 (2007), moldagem e cura dos corpos de prova e ensaio de compressão de corpo de prova cilíndrico, respectivamente. A cura ocorreu em câmara úmida.

As fôrmas utilizadas para moldagem dos corpos de prova foram metálicas, com dimensões de 10 x 20 cm. Foram ensaiados 04 corpos de prova para cada traço na idade de 28 dias, devido a pesquisa estar inserida em um “Projeto Guarda-Chuva” não houve tempo suficiente para que se ensaiasse aos 91 dias de idade do concreto.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

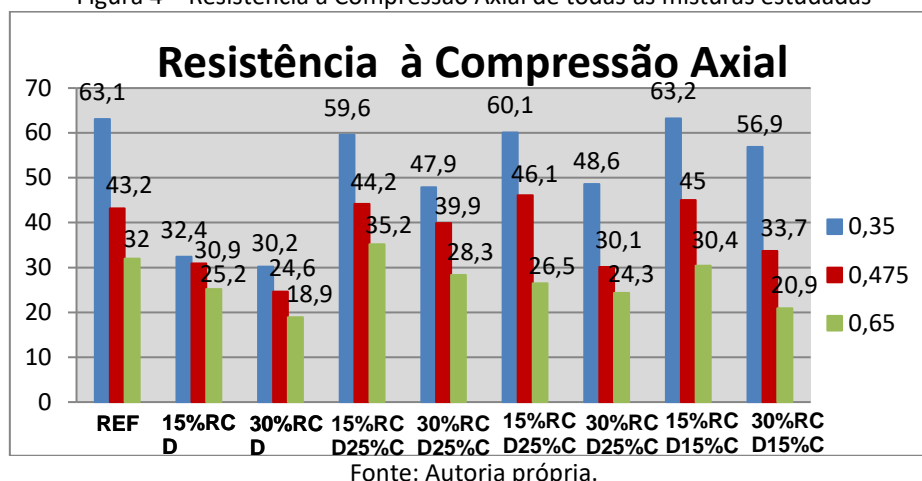
Os resultados para o ensaio de Resistência à Compressão Axial (média) para as diferentes substituições e relações água/materiais cimentícios (a/mc) são apresentados na Figura 04, a qual apresenta o gráfico dos resultados para substituição de 15% e 30% do agregado graúdo natural pelo RCD, bem como, para as misturas binárias e ternárias.

Como esperado, observa-se que todas as misturas apresentam maior resistência à compressão axial para as menores relações água/materiais cimentícios (a/mc), fato que se deve ao aumento da compacidade, do grau de hidratação e refinamento dos poros. Piasta e Zarzycki (2017) estudaram três relações água/cimento (a/c) 0,25, 0,30 e 0,35, e concluíram que aumentando a relação a/c a resistência à compressão do concreto reduziu em 8% e 13,9% para a/c 0,25-0,30 e a/c 0,30-0,35, respectivamente.

No estudo de Girardi (2018), com quatro relações a/c diferentes (0,41, 0,51, 0,68 e 1,02), traço em massa de 1:5 e idade de 28 dias do concreto, obteve reduções de resistências com o aumento das relações a/c em 25,75%, 22,80% e 30,46%, respectivamente. Nunes (2005) obteve em seus resultados, quando analisou a influência da relação a/c na resistência dos concretos para a idade de 28 dias, um decréscimo de resistência de 44% quando aumentou a relação a/c de 0,4 para 0,6.

Também se percebe que os melhores resultados foram obtidos pelas amostras sem substituições de agregado graúdo natural (referência) pelo agregado residual, verificando-se que as maiores diferenças em relação à amostra de referência ocorrem quando se utilizou a relação a/mc de 0,35, e ao passo que se aumentou as relações a/mc, a influência da substituição dos agregados graúdos na resistência a compressão axial passou a ser um fator secundário.

Figura 4 – Resistência à Compressão Axial de todas as misturas estudadas



Quando se substituiu 15% e 30% de agregado graúdo natural por RCD com relação a/mc 0,35 houve diminuição da resistência de 48,7% e 52,1%, respectivamente. Já para a relação a/mc 0,475 a diminuição de resistência foi menor, sendo 28,5% e 43,1% para as substituições de 15% e 30%, respectivamente. E as misturas com relação a/mc 0,65 tiveram queda de resistência à compressão de 21,5% para 15% de substituição de RCD e 41,1% para as substituições de 30% de RCD. Leite (2001) afirma que a maior porosidade e menor resistência mecânica apresentada pelo agregado reciclado quando comparado ao agregado natural propiciam essa diminuição da resistência mecânica do concreto.

Constatando-se desta forma que quanto maior a porcentagem de substituição de agregados graúdos naturais pelos residuais, maiores serão as perdas de resistência, pois, as propriedades físicas do RCD têm uma considerável influência nas propriedades mecânicas do concreto, considerando-se que haja a substituição parcial ou total do agregado graúdo natural pelo agregado artificial. As duas principais características influenciadas por estas substituições são a resistência à compressão axial e o módulo de elasticidade, principalmente, devido à alta porosidade dos agregados, e consequentemente alta absorção de água dos mesmos, portanto, do concreto como um todo, além, de baixas massas unitárias e específicas (Sami e Akmal, 2009). Esses mesmos autores verificaram que a substituição de agregado graúdo natural por agregado graúdo reciclado de maior resistência, origina concretos de resistência mais elevada e a substituição de agregados de menor resistência, geram concretos de pequena resistência, sendo assim, o uso de agregado graúdo, oriundo de concreto reciclado com

resistência igual a 50 MPa, resultará num concreto com resistência a compressão comparável ao confeccionado com agregado graúdo natural. Conclui-se assim, que quando o agregado graúdo natural (matriz) for de maior resistência que o RCD, ocorrerão reduções na resistência do concreto, porém, se a matriz for menos resistente que o RCD, o concreto não sofrerá perdas de resistência e até mesmo poderá obter aumentos significativos na mesma em decorrência da resistência individual do agregado reciclado de concreto, tendo em vista que, o concreto se romperá no constituinte mais fraco, independente dele ser a matriz ou não. Neste estudo não se mediu a resistência à compressão do RCD, somente é de conhecimento a resistência à compressão do agregado graúdo (174,9 MPa), no entanto, pelos resultados sabe-se que a resistência do agregado reciclado fica abaixo deste valor.

Comparando-se as misturas com substituições de RCD e com RCD+CCA, percebe-se que as misturas com cinza de casca de arroz (CCA) resultaram em melhores resistências, tanto com substituições de 15% como de 30% de RCD, em todas as relações a/mc. Verificou-se que quando se substituiu 15% de RCD e 25% de CCA o aumento de resistência em relação às misturas com somente substituição de agregados resultou em 83,9%, 43% e 39,7% para as relações a/mc 0,35, 0,475 e 0,65, respectivamente. Da mesma forma, quando substituiu-se 30% de RCD e 25% de CCA observou-se um aumento da resistência, mas não tanto quanto na substituição com 15%RCD+25%CCA, esse aumento foi de 58,6%, 15,3% e 49,7% para as relações a/mc 0,35, 0,475 e 0,65, respectivamente.

Também se estudaram misturas com substituições de cimento por 25% de cinza volante, notando-se que ocorreu um processo semelhante com as amostras em que utilizou-se substituições do cimento por 25% de cinza de casca de arroz. Atingiram-se resistências à compressão axial semelhantes sem diferenças significativas, independente das relações a/mc, apesar de uma possível menor reatividade da CV em relação à CCA, devido ao grau de amorfismo verificado nas difrações de raios 'X' apresentadas na caracterização dos materiais. Kou e Poon (2013) afirmam que o aumento da resistência em concretos com agregado reciclado e adição pozolânica se dá pela melhora da microestrutura na zona intersticial, aumentando a ligação entre o novo ligante e os agregados. Da mesma forma, Li, Xiao Zhou (2009) apontam que a zona de interface entre o agregado reciclado e a nova pasta de cimento, pode ser melhorada,



aumentando sua densidade com a utilização de materiais pozolânicos no entorno dos agregados reciclados, melhorando também a trabalhabilidade do concreto e aumentando a resistência à compressão e flexão.

Por meio desses resultados percebe-se que a substituição de pozolanas acabou compensando a diminuição de resistência ocasionada pela substituição do agregado gráúdo natural pelo agregado residual, tendo em vista que as resistências chegam bem próximas dos traços de referência. Nesse contexto, a CCA e a CV entram como elementos que promovem modificações na microestrutura do concreto, proporcionando o refinamento dos poros, uma maior compacidade na interface pasta/agregado (devido às partículas finas nessas adições) e pela formação de C-S-H secundário através do consumo de CH pelo efeito pozolânico.

Logo, a finura das pozolanas, apresentadas na Tabela 01 através da Área Específica BET ( $\text{m}^2/\text{g}$ ) e demais dados pertinentes, é a característica física mais importante a ser levada em consideração, pois, para que a mesma desenvolva compostos cimentantes através do efeito pozolânico, deverá apresentar uma finura maior que as partículas de cimento. Por isso, Mehta e Monteiro (2014) relatam que as adições minerais promovem efeitos favoráveis ao concreto, principalmente pelo fato de causar uma redução considerável na porosidade das pastas e refinar os grãos de hidróxido de cálcio. A redução de porosidade proporcionada pela alteração da microestrutura ocasiona um aumento da compacidade e, conseqüentemente, dificulta o ingresso de agentes agressivos ao interior do concreto.

Ainda se estudaram misturas ternárias com substituição do cimento nos teores de 15% por CCA+ 10% por CV, em relação às misturas com substituição do agregado gráúdo natural por agregado residual (15% e 30% de RCD). Evidenciou-se que assim como nas misturas binárias, houve aumento de resistência em comparação com as misturas em que foi substituído somente o agregado. Esse aumento de resistência foi de 95,1%, 45,6% e 20,6% para as misturas com 15% de RCD + pozolanas e relação a/mc de 0,35, 0,475 e 0,65, respectivamente. Já para as misturas com 30% de RCD + pozolanas, as resistências alcançadas não foram tão altas, sendo o aumento de 88,4%, 37% e 10,6% para as relações a/mc de 0,35, 0,475 e 0,65, respectivamente.

De acordo com Isaia (2016), quando se utiliza uma pozolana menos reativa como a cinza volante (ou filer), junto com outra (s) mais reativa (s) como a sílica ativa ou cinza



de casca de arroz, existe uma sinergia entre elas, devida ao efeito pozolânico (reatividade química) e efeito físico (nucleação de novos locais de hidratação ou obstrução de poros), resultando um acréscimo para o desempenho da variável estudada, do que a simples soma aritmética das misturas binárias em relação às ternárias. Zunino e Lopez (2016) apresentam os efeitos físicos e químicos de misturas de CCA com pozolana natural, a partir do uso de fileres calcários inertes, em que os resultados de resistência apresentaram acréscimo de 78% devido ao efeito químico e 22% de efeito físico.

Então, de maneira geral, através da Figura 04 verifica-se que a mistura ternária com 15% de RCD foi a que obteve melhor resultado para todas as relações  $a/mc$  em relação ao traço de referência, podendo ser considerada a melhor alternativa entre as demais quanto à resistência à compressão axial. Pode ser observado também que utilizando 30% de RCD tanto nas misturas binárias como nas ternárias ocorre uma diminuição da resistência comparando-se com as misturas com 15% de RCD, sendo esta queda mais acentuada para a relação água materiais cimentícios ( $a/mc$ ) 0,35.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após analisar os resultados das amostras estudadas, pode-se perceber que as misturas com substituições apenas de agregados graúdos pelos residuais apresentaram diminuição da resistência à compressão para todas as relações água/materiais cimentícios ( $a/mc$ ) em relação à mistura referência. No entanto, quando se substituiu parcialmente o cimento em misturas binárias e ternárias observou-se um aumento considerável da resistência à compressão axial, com alguns valores superiores aos de referência e outros bastante próximos.

Foi possível verificar que as misturas ternárias com 15% de agregados residuais resultaram em melhores resistências em relação à mistura referência. Em que observando-se as mesmas misturas, mas com aumento da porcentagem de substituição de RCD de 15% para 30%, ocorreu uma diminuição dessa resistência, fato que já era evidenciado devido as propriedades deste tipo de agregado influenciarem nas características do concreto.

Portanto, concluiu-se que é viável a utilização de agregados reciclados e pozolanas em misturas de concreto mediante estudos prévios dos materiais a serem

utilizados, bem como dos traços de concreto a serem produzidos, trazendo desta forma benefícios não somente em relação às propriedades do mesmo, mas principalmente pela redução do consumo de cimento Portland através das substituições, que consequentemente contribuem para a redução dos impactos ambientais causados pelo setor da construção civil.

## REFERÊNCIAS

- ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **PANORAMA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL 2021**. Cap. 3. Acesso em 08/07/2022. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2021.pdf>>.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15113 - Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes—Aterros—Diretrizes para projeto, implantação e operação**. ABNT, São Paulo. 2004.
- \_\_\_\_\_. **NBR 12653 - Materiais pozolânicos — Requisitos**. São Paulo; ABNT, 2015.
- \_\_\_\_\_. **NBR 5733 - Cimento Portland de alta resistência inicial**. Rio de Janeiro; ABNT, 1991
- \_\_\_\_\_. **NBR 5738 - Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova**. Rio de Janeiro; ABNT, 2016.
- \_\_\_\_\_. **NBR 5739 - Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.
- \_\_\_\_\_. **NBR 12653 - Materiais pozolânicos – especificação**. Rio de Janeiro, ABNT, 2015.
- AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. **Manual of Concrete Practice**. Use of Fly Ash in Concrete: ACI 232.2R, Farmington Hills, 1996.
- ÂNGULO, S. C. **Caracterização de agregados de resíduos de construção e demolição reciclados e a influência de suas características no comportamento**. De concretos. 167p. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2005.
- ASTM C 618 – Standard Specification for Fly ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for use as a Mineral Admixture in Portland Cement Concrete. Philadelphia, 2012.
- BASF REPORT 2014. **Economic, environmental and social performance**. Disponível em: <[https://www.basf.com/documents/corp/en/aboutus/publications/reports/2015/BASF\\_Report\\_2014.pdf](https://www.basf.com/documents/corp/en/aboutus/publications/reports/2015/BASF_Report_2014.pdf)>. Acesso em: 12 de janeiro de 2017.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA nº 307/2002**. Disponível



em:<[HTTP://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30702.html](http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30702.html)>.  
Acesso em 18 de junho de 2016.

- HELENE, P. R. L.; TERZIAN, P. **Manual de dosagem e controle do concreto**. São Paulo, 1992.
- ISAIA, G. C. **Projeto de pesquisa: Influência da nano/microestrutura de concretos com adições minerais e/ou resíduos no desempenho estrutural sob o enfoque da sustentabilidade por ACV e CCV**. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2016.
- ISAIA, G. C.; FURQUIM, P.; GASTALDINI, A. L. G. **Análise estatística de variáveis influentes na microestrutura e durabilidade de concretos com adições minerais**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 9, n. 1, p. 07-23, jan./mar. 2009.
- LEWIS, M.; CONATY, P. The resilience imperative: cooperative transitions to a steady-state economy. Gabriola Island: New Society, 2012.
- MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: Microestrutura, propriedades e materiais**. 2 ed. São Paulo. Ed. Nicole Pagan Hasparyk, 2014.
- PABLOS, J. M.; SICHIERI, E. P. Study to reuse an industrial solid waste generated by foundry sands. **Journal of Materials Science and Engineering**, v. 4, p. 16-25, 2010. PUCMINAS, Tempo e Clima.
- POLLITT, Hector. Analysis: Going carbon neutral by 2060 'will make China richer'. **Carbon Brief**, v. 24, 2021.
- PIRES, M. **Caracterização do carvão de Candiota e de suas cinzas visando a avaliação do impacto ambiental e a síntese de zeólitas - relatório final**. Barcelona: FAPERGS, 2002. 53 p. QUARTZO.
- ROCHA JUNIOR, C. A. F. 2011. **Caracterização física, química e mineralógica de cinza leve de caldeira e sua utilização na síntese de zeólitas e aplicação do material zeolítico na adsorção de Cu+2 e Cd+2**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Instituto Tecnológico, Universidade Federal do Pará, Belém, 2011.
- SAMI, W. T.; AKMAL, S. A. **Influence of recycled concrete aggregates on strength properties of concrete**. Construction and Building Materials. v. 23, p. 1163–1167, 2009.
- UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. Annual Report. Parkinsonism & Related Disorders, v. 21, n. 5, p. 430, 2015.
- ZHONGMING, Zhu et al. WBCSD recommendations align with new policy guidelines on EV charging in India. 2022.

ZUNINO, F., LOPEZ, M. **Decoupling the physical and chemical effects of supplementary cementitious materials on strength and permeability. A multilevel approach.** Cement Concrete and Composites. v. 65, jan. 2016, p. 19-28.

# CAPÍTULO XVI

## ESTUDO DA VIABILIDADE DO POLÍMERO DERIVADO DA GARRAFA PET PARA FABRICAÇÃO DE TIJOLO ECOLÓGICO

STUDY OF THE FEASIBILITY OF POLYMER DERIVED FROM PET BOTTLE FOR MANUFACTURING ECOLOGICAL BRICKS

DOI: 10.51859/AMPLA.MAS2407-16

Erlan Lourenço de Lira <sup>1</sup>

Igor Santana Augusto da Silva <sup>2</sup>

Tallys Antonio da Silva <sup>3</sup>

Christian Matheus Barbosa de Menezes <sup>4</sup>

Clark Virginio Ramos Galvao <sup>5</sup>

Ranavalo de Araujo Leal <sup>6</sup>

Eliaana Cristina Barreto Monteiro <sup>7</sup>

Angelo Just da Costa e Silva <sup>8</sup>

<sup>1,2,3,4,5,6</sup> Mestrandos do Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento de Processos Ambientais-UNICAP

<sup>7,8</sup> Professores Titular da Escola ICAM-Tech. Universidade Católica de Pernambuco – UNICAP e Universidade de Pernambuco

### RESUMO

A indústria da construção civil desempenha um papel essencial na economia do país. No entanto, é um grande setor responsável pela produção de resíduos e pelo consumo de recursos naturais. Assim como esse ramo, a indústria do plástico também é responsável por impactos ambientais, pois está relacionada à excessiva produção e consumo de plásticos (PET) pela sociedade. Associado a essas duas gigantes em consumo de matéria-prima e de geração de resíduos sólidos, está o despreparo das áreas urbanas e rurais, o que resulta na ocupação irregular de encostas e na poluição de rios, lagos e oceanos. Neste estudo, o objetivo é a análise bibliográfica dos resíduos de Polietileno Tereftalato (PET) e sua aplicação como agregados na fabricação do tijolo ecológico. Será usado como base de análise o atendimento aos parâmetros das normas vigentes referentes, respectivamente, a absorção de água, resistência a compressão, cura dos tijolos. Para isso, serão usados artigos que contemplam a referida temática, publicados em sites de periódicos entre os anos de 2012 a 2022.

**Palavras-chave:** Gerenciamento de resíduos. Sustentabilidade ambiental. Construção sustentável.

### ABSTRACT

The construction industry plays an essential role in the country's economy. However, it is a large sector responsible for the production of waste and the consumption of natural resources. Like this branch, the plastics industry is also responsible for environmental impacts, as it is related to the excessive production and consumption of plastics (PET) by society. Associated with these two giants in raw material consumption and solid waste generation, is the lack of preparation of urban and rural areas, which results in the irregular occupation of slopes and in the pollution of rivers, lakes and oceans. In this study, the objective is the bibliographic analysis of Polyethylene Terephthalate (PET) waste and its application as aggregates in the manufacture of ecological brick. It will be used as a basis of analysis the compliance with the parameters of the current norms referring, respectively, to the water absorption, resistance to compression, curing of the bricks. For this, articles will be used that contemplate the aforementioned theme, published on journal websites between the years 2012 to 2022.

**Keywords:** Waste management. Environmental sustainability. Sustainable construction.



## 1. INTRODUÇÃO

A preservação ambiental é tema recorrente em diversos fóruns nacionais e internacionais, vem sendo discutida na perspectiva do desenvolvimento ambientalmente sustentável. O homem vem explorando a natureza sem se preocupar com a escassez dos recursos natural para as gerações futuras. Assim como a geração de resíduos sólidos causa impactos danosos ao ecossistema, de acordo com Sena (2017), também o aumento da temperatura global, poluição dos mares, rios e lagoas por esgoto e resíduos tóxicos, poluição do ar, através do lançamento na atmosfera de gás carbônico, tem relação direta com o setor da construção civil. Diante desses desafios, a indústria da construção civil deve buscar o desenvolvimento de novos materiais e técnicas voltadas para o conceito de sustentabilidade ambiental.

A criação de recurso voltado para o ramo de reciclagem é de grande importância, dessa forma, tornasse o destino apropriado para o combate a poluição ambiental, diante desse cenário, uma das preocupações é a reciclagem do plástico, pois de acordo com a Associação Brasileira da Indústria do PET (ABIPET, 2011) esse tipo de plástico é 100% reciclável sendo utilizado para vários fins, como na fabricação de fibras têxteis, filmes para adesivos, embalagens de bebidas, produtos como papéis, tapetes, mantas de TNT, cordas, vassouras, resinas alquídicas usadas para produção de tintas, resinas insaturadas usadas para produção de adesivos e resinas poliéster, sofás, pufes, roupas esportivas, calçados, malas, entre outros.

Em sentido amplo, o conceito de desenvolvimento sustentável para a Engenharia Civil envolve o uso e produção de materiais de excelente desempenho a custos acessíveis, com o menor impacto ambiental possível. Conforme as teorias de Aragon e Ghiraldello (2014), na construção civil, em meados do século XX e início do atual século, alguns dos materiais convencionais utilizados foram gradualmente sendo substituídos por materiais descartáveis como por exemplo os plásticos e as borrachas. Diante da sua vasta variedade, o plástico tem se tornado um elemento fundamental na construção civil, propondo uma utilidade nem sempre aparente como no caso de tubulações e também nos pisos e telhas que imitam peças de cerâmica, porém a sua aplicabilidade vem aumentando ao longo dos anos tornando-se uma das peças mais importante na sustentabilidade.

Uma possibilidade para reaproveitamento do plástico é na utilização como tijolo ecológico, que é uma das alternativas de sustentabilidade e conservação do meio ambiente colaborando como práticas contra a degradação ambiental.

Este trabalho tem como objetivo descrever uma análise bibliográfica apresentando possibilidades de sustentabilidade dos resíduos de PET na fabricação de tijolos ecológicos evidenciando um modelo econômico e inteligente.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

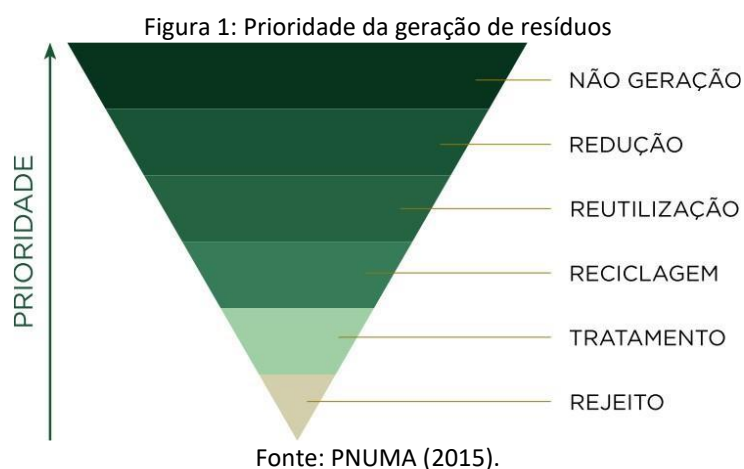
Segundo Granzotto e Pretto (2012), os estudos sobre as questões ambientais nos últimos anos, houve mudanças na sociedade e na área de economia sendo seu foco principal a produção das embalagens plásticas. Por isso, para amenizar o quantitativo de resíduos descartados determinadas empresas em conjunto com a população precisaram ter a conscientização ecológica, envolvendo no desenvolvimento de um mundo melhor. Na prática sustentável, por sua vez, precisa de uma administração íntegra e de responsabilidade para que os diversos setores participem em ações de proteção contra os problemas ambientais e também em suas implicações, sendo uma delas a reutilização de garrafas PET servindo como tijolo ecológico.

A indústria da construção civil apresentasse como uma das mais eficazes alternativas para utilizar materiais reciclados, portanto a atividade da construção civil é realizada em diversas regiões, atribuindo uma expansão cada vez maior da área que será construída, possibilitando a diminuição referente a custos de transporte. Além do que, a maioria dos elementos são indispensáveis para produção e podem ser fabricadas sem grande sofisticação técnica (JOHN, 1996).

Ao longo dos séculos, a mudança nas leis de incentivo ao desenvolvimento sustentável tem se tornado cada vez mais endurecido em relação a capacidade de gerar resíduos nos setores de produção, havendo uma diminuição nos desperdícios causados por essas empresas.

No Brasil, em 2010, foi sancionada a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS) que tem a finalidade a não geração de resíduos ou a diminuição do seu potencial risco ao meio ambiente e a saúde humana pelas perspectivas da reciclagem, a Figura 1 demonstra a ordem de prioridade para a diminuição de resíduos sólidos diante da

sociedade, reutilização e destinação ambientalmente adequada de rejeitos (PNUMA, 2015).



O modelo acima refere-se a pirâmide invertida, mostrado na Figura 1, onde é aplicado à PNRS com duas perspectivas predominantes que são a de responsabilidade compartilhada e logística reversa com o intuito de amenizar a poluição ambiental (PNUMA, 2015).

De acordo com Grande (2003), os tijolos de solo-cimento representam uma alternativa em plena sintonia com as diretrizes do desenvolvimento sustentável, pois requerem baixo consumo de energia na extração da matéria-prima, dispensam o processo de queima e reduzem a necessidade de transporte, uma vez que os tijolos podem ser produzidos com solo do próprio local da obra.

## 2.1. PET

A Lei Federal nº 12.305/10 que se refere a Política Nacional de Resíduos Sólidos, abrangendo todos resíduos oriundos de atividades domiciliares oriundas de residências e limpeza urbana, tal qual, resultantes das coletas públicas e privadas ao qual se acumula resíduos (ABRELPE, 2013).

Um dos problemas ambientais dos grandes centros urbanos é a produção excessiva de resíduos sólidos urbanos, de acordo com Azevedo (2011), as embalagens que envolvem os produtos consumidos diariamente associados os desperdícios, geram toneladas de resíduos sólidos nessas cidades. As garrafas PET se destacam com aplicação em grande escala a partir da década de 1990, diante desse cenário problema ambientais surgem, muitas destas embalagens eram descartadas de forma inapropriadas, desta

forma esse resíduo acaba parando em terrenos, esgotos, rios, mares e matas. Contudo esse material pode levar até 800 anos para se decompor causando impactos ambientais significativos.

Em 1988 chega ao Brasil a embalagem PET, oferecendo diversas vantagens ao consumidor, mais diante de todos os benefícios gerados, surge um grande desafio que é a reciclagem dessas embalagens. Nas últimas décadas, a produção nacional de PET continua crescendo. Atualmente o Brasil está em terceiro lugar como maior consumidor mundial de PET, só na produção de refrigerante é produzido cerca de 3400 marcas diferentes registradas. De acordo com Dias e Teodoro (2006), o crescimento do consumo do PET no Brasil aumenta mais rapidamente do que a sua produção, devido a entrada do plástico em novos segmentos alimentícios.

## 2.2. SOLO-CIMENTO

Tijolo maciço de solo cimento de acordo com a NBR 8491 (1983) este elemento construtivo é especificado como tijolo cujo volume não fica abaixo de 85% do seu volume total aparente, produzido por uma composição homogênea. A produção do tijolo solo cimento prensado, segundo Mazzeo (2003), é dividido nas seguintes etapas: preparação do solo, o preparo da mistura, a moldagem dos tijolos e os processos de cura e armazenamento.

Para essa produção, devem-se ser considerados os métodos que apresentem um menor percentual de cimento, obedecendo, assim, as especificações estabelecidas na norma NBR 8491 (1983) que define os parâmetros referentes à compressão e à absorção de água.

De acordo com o especificado nas normas técnicas, estes tijolos devem evidenciar teores de absorção de água médio e individual inferior a 20% e 22%, e resistência mínima à compressão média e individual entre 2,0MPa e 1,7MPa. A Tabela 1 mostra os principais tipos, dimensões e características dos tijolos solo-cimento.

Tabela 1 – Tipos de tijolos de solo-cimento

Tipo	Dimensões	Características
Maciço comum	5×10×20 cm. 5×10×21 cm.	Assentamento com consumo de argamassa similar dos tijolos maciços comuns.
Tijolo Maciço com encaixes	5×10×21 cm. 5×11×23 cm.	Assentamento com encaixes com baixo consumo de argamassa.
½ Tijolo com encaixes	5×10×10,5 cm. 5×11×11,5 cm.	Elemento produzido para que não haja quebras na formação dos aparelhos com juntas desencontradas.
Tijolos com dois furos e encaixes	5×10×20 cm. 6,25×12, 5×25 cm. 7,5×15×15 cm.	Assentamento a seco, com cola branca ou argamassa bem plástica. Tubulações passam pelos furos verticais.
½ tijolo com furo e encaixe	5×10×10 cm. 6,25×12,5×12,5 cm. 7,5×15×15 cm.	Elemento produzido para acertar os aparelhos, sem a necessidade de quebras.
Caneletas	5×10×20 cm. 6,25×12, 5×25 cm. 7,5×15×30 cm.	Elemento empregado para execução de vergas, reforços estruturais, cintas de amarração e passagens de tubulações horizontais.

Fonte: Adaptado de Filho et al (2016)

### 2.3. SOLO

De acordo com Nascimento (2011), o solo desempenha papel fundamental dentro da construção civil, sendo um material de fácil exploração e de preparação simplificada, em muitos casos pode ser utilizado em sua forma natural ou com acréscimo e combinações manuais de insumos que promova ou não maior rigidez. Segundo Falconi et al. (2019) a exploração do solo na produção de tijolos, telhas e para a construção de bases em pavimentação são exemplos comuns referente a exploração do solo. Definidos por um conjunto de partículas, o solo é resultado da fragmentação de rochas por ações físicas e químicas.

Para se obter um solo-cimento de qualidade de acordo com Grande (2003), se faz necessário conhecer os materiais ao qual se está trabalhando. As misturas de areia, silte e argila quando mantido o equilíbrio é possível alcançar pequenas contrações durante a secagem e elevadas resistências a compressão. De acordo com Pisani (2005), a produção do tijolo de solo cimento é favorecida pela abundância referente a disponibilidade da matéria-prima.

Segundo a NBR 10833 (2012), que normatiza a fabricação de tijolo de solo-cimento com a aplicação de prensa manual ou hidráulica, referência os valores apresentados na Tabela 2, para as principais particularidades que o solo deve possuir (ABNT, 2012).

Tabela 2 - Especificação do solo para produção do tijolo ecológico- NBR 10832 (2013)

Características	Condições
% do solo que passa na peneira ABNT 4,8 mm (nº.4)	100%
% do solo que passa na peneira ABNT 0,075mm (n.º200)	10 a 50%
Limite de liquidez	≤ 45%
Índice de plasticidade	≤ 18%

Fonte: Adaptado da NBR 10832 (2013).

Para produção dos tijolos de solo-cimento, o solo deve repousar em ambiente coberto para uma secagem homogênea, em seguida deve ser fracionado pelo processo de peneiramento, para eliminar as partículas com diâmetros superiores a 4.8 mm. Após o peneiramento o solo deve ser bem misturado (PECORIELLO, 2003).

### 3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com as considerações abordadas neste trabalho, a partir de ensaios relacionados a produção de diferentes tipos de corpos de provas relacionados a matérias plásticas utilizando como substituição do agregado natural para construção de blocos variando suas percentagens de substituição onde foram de 10% e 20%, variando também o tempo de cura de cada amostra que foram de (7, 28 e 180 dias) pode-se afirmar a partir de revisão bibliográfica.

A partir dessa revisão chega-se a uma conclusão que o material plástico tem sim uma viabilidade boa para destinação e reutilização na construção porém destinando sua utilização para fins não estruturais onde não atende as normas de compressibilidade da NBR 8953 (2015), com a substituição do resíduo como agregado tem uma diminuição nos testes de tração, resistência a compressão o concreto com 10% e 20% de agregado plástico é caracterizado pela norma como concreto de classificação leve menor que 20 MPa (mega pascoal) então a utilização desse tipo de agregado residual fica limitada a tijolos ecologicamente feitos e assim trazendo benefícios para natureza pois dá uma destinação a esse tipo de resíduo e podendo reverter poluições e degradações do meio ambiente e até mesmo pode causar o impacto no deft habitacional pois pode proporcionar alvenarias pisos mais baratos assim tornando algumas áreas da construção de uma casa mais barata.



## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem as Bolsas concedidas pela FACEPE

## REFERÊNCIAS

- ABIPET - **ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO PET**. Censo da Reciclagem de PET no Brasil. 2011. Disponível em: < <https://abipet.org.br>>. Acessado em 03/10/2022.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8953**: Concreto para fins estruturais - Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência - Procedimento. Rio de Janeiro, 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10833**: Fabricação de tijolo e bloco de solo-cimento com utilização de prensa manual ou hidráulica - Procedimento. Rio de Janeiro, 2012.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10832**: Fabricação de tijolo maciço de solo-cimento com a utilização de prensa manual. Rio de Janeiro, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8491**: Tijolo de solo-cimento - Requisitos. Rio de Janeiro, 2012.
- ABRELPE (2013). **Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais**, Panorama de resíduos sólidos no Brasil, 11ª ed.
- ARAGON, A. T.; GHIRALDELLO, L. **Produtos a base de polietileno (PET) na construção civil: um estudo diagnóstico no município de Poços de Caldas**. pucpcaldas. Disponível em: <[https://www.pucpcaldas.br/graduacao/administracao/revista/artigos/v2014/Artigo03\\_2014.pdf](https://www.pucpcaldas.br/graduacao/administracao/revista/artigos/v2014/Artigo03_2014.pdf)> acesso em: 26/09/2022
- Azevedo, G. O. D. **Por menos Lixo: a minimização dos resíduos sólidos urbanos na cidade do Salvador/Bahia**. (2011). Dissertação (Mestrado) Universidade Federal da Bahia. Escola Politécnica. 2011
- DIAS, G. F. L. S.; TEODORO, S. S. A. **Reciclagem do PET: desafios e possibilidades**. Abepro. Disponível em: <[https://abepro.org.br/biblioteca/enegep2006\\_TR520346\\_8551.pdf](https://abepro.org.br/biblioteca/enegep2006_TR520346_8551.pdf)> Acessado em 03/10/2022 > asesso em: 26/09/2022
- Grande, F. M. **Fabricação de tijolos modulares de solo-cimento por prensagem manual com e sem adição de sílica ativa**. (2003). Dissertação (Mestrado em Arquitetura). Escola de Engenharia de São Carlos Universidade de São Paulo, 2003

- GRANZOTTO, M. M.; PRETTO, V. **A Cultura da Sustentabilidade: entre Fazeres e Saberes**. XVI Jornada Nacional de Educação do Centro Universitário Franciscano (JNE/UNIFRA). Rio Grande do Sul, 2012.
- Dantas, Rodrigo. **Agregados Reciclados de Resíduos de concreto – um novo material para dosagens estruturais**. (2001). Dissertação de mestrado. Escola de engenharia de são carlos em são paulo .2001
- Mazzeo, G., & Mazzeo, F. **Fabricação de tijolos modulares de solo cimento por prensagem manual com e sem a adição de sílica ativa**. (2003). Dissertação de Mestrado em Arquitetura. EESC – Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos. (2003)
- Nascimento, T. C. N. **A natureza dos materiais lateríticos entre Porto Velho e Morrinhos: Relação morfológica e aplicação**. (2011). Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal de Rondônia. (2011).
- Pecoriello, L. A.. **Recomendações práticas para uso do tijolo furado de solo- cimento na produção de alvenaria**. (2003) Dissertação (Mestrado Profissional em Habitação) .Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo. (2003)
- Falconi, F. et al. (2019). **Propriedades dos solos**. In: Fundações: teoria e prática. Editora Oficina de Textos 3ª Edição São Paulo. Disponível: < [http://ofitexto.arquivos.s3.amazonaws.com/de gustacao/fundacoes-teoria-e-pratica\\_deg.pdf](http://ofitexto.arquivos.s3.amazonaws.com/de gustacao/fundacoes-teoria-e-pratica_deg.pdf)> acessado em: 13/09/2021.
- Pisani, M. J. **Um material de construção de baixo impacto ambiental: o tijolo de solo cimento**. Researchgate. Disponível: < [UM MATERIAL DE CONSTRUÇÃO DE BAIXO IMPACTO AMBIENTAL\\_ O TIJOLO DE SOLO-CIMENTO - PDF Download grátis.pdf](#)> assesado em : 13/09/2021
- PNUMA. GUIA PCS **Tendências e oportunidades para o setor de negócios**. Nacoesunidas. Disponível em < [https://nacoesunidas.org/wp-content/uploads/2015/06/PNUMA\\_Guiade-Produ%C3%A7%C3%A3o-e-Consumo-Sustent%C3%A1veis.pdf](https://nacoesunidas.org/wp-content/uploads/2015/06/PNUMA_Guiade-Produ%C3%A7%C3%A3o-e-Consumo-Sustent%C3%A1veis.pdf) > assesado em: 14/09/2022
- SENA R. J.; LAURSEN A.; SILVA J. S. **Avaliação mecânica de tijolo maciço Solocimento contendo resíduo de pet**. Ano 13, v. 10, n. 1 - Edição Especial VEREDAS MPCT | Disponível:< <http://blog.devrybrasil.edu.br/ojs/index.php/veredas1/article/view/643>> acesso em: 14/09/2022



# CAPÍTULO XVII

## MEIO AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE MODIFICADOS PELA IMPLANTAÇÃO DE OBRAS DE PONTES EM CONCRETO ARMADO

ENVIRONMENT AND SUSTAINABILITY MODIFIED BY INCLUSION OF  
REINFORCED CONCRETE BRIDGES WORKS

DOI: 10.51859/AMPLA.MAS2407-17

Luiz Carlos Mendes <sup>1</sup>

Vancleir Ribeiro Alves <sup>2</sup>

Matheus Rodrigues Marchetti da Silva <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Professor Titular do Programa de Pós-Graduação de Engenharia Civil da Universidade Federal Fluminense – UFF - RJ

<sup>2</sup> Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Civil do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca – CEFET-RJ

<sup>3</sup> Aluno do Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal Fluminense – UFF – RJ

### RESUMO

Muitas pontes e viadutos estão localizados em ambientes considerados de forte agressividade ambiental, como matas, rios, regiões industrializadas, ambientes nativos e de forte variações climáticas. A agressividade destes ambientes proporciona estados de corrosão associados a outras patologias inerentes que atacam o concreto armado e o material metálico em pontes e viadutos, o que pode trazer graves consequências à vida útil e à funcionalidade da estrutura. Este trabalho tem por objetivo fazer uma análise das relações entre a agressividade ambiental e o processo corrosivo em estruturas de pontes de concreto armado e de estruturas metálicas. Na metodologia são feitas várias análises de diversos casos de deterioração de origem ambiental, levando-se em conta a natureza do material empregado, classes de agressividade estabelecidas pelas normas brasileiras e, ao final, são lançadas propostas de procedimentos de inspeção e reabilitação de obras deterioradas, que consideram os danos estruturais causados pela ação do meio ambiente.

**Palavras-chave:** Pontes em concreto armado. Meio ambiente. Pontes metálicas. Corrosão metálica. Durabilidade estrutural.

### ABSTRACT

Many bridges and viaducts are sited in environment subjected to strong aggressivity, like forests, rivers, industrial regions, native sites under variational climate. Aggressivity in these sites induces to corrosion process and other pathologies which attack reinforced concrete and metallic materials in bridges and viaducts. These factors may bring serious structural damages and decrease structures lifetime. This paper aims to analyze the relationship between environmental aggressivity and corrosive processes in steel bridges structures and reinforced concrete beams in bridges structures. Several analyses in environmental deterioration are made in methodology. Many factors are taken in account as material classes, environmental classes in according to Brazilian Codes. Inspection procedures proposals and rehabilitation of deteriorated works are showed at the end. They make clear the importance of structural damages caused by environment actions.

**Keywords:** Reinforced concrete bridges. Environment. Metallic bridges. Metallic corrosion. Structural durability.



## 1. INTRODUÇÃO

Atualmente, os materiais mais utilizados na construção de pontes são os materiais metálicos (aço) e o concreto armado. Esses materiais passam por um processo de produção e beneficiamento industrial que geralmente inclui a adição de substâncias tóxicas e não-biodegradáveis, o que faz deles materiais potencialmente nocivos a um ecossistema fechado.

Pontes e viadutos, conhecidos tecnicamente como obras-de-arte especiais, são freqüentemente afetados por diversas patologias que comprometem as suas estruturas. A pesquisa em Patologia Estrutural tem se desenvolvido como uma especialização da Engenharia de Estruturas e tem buscado o desenvolvimento de metodologias de avaliação e recuperação de estruturas danificadas. Neste trabalho, são apresentados os aspectos que contribuem para o desenvolvimento de técnicas de avaliação e recuperação das estruturas de pontes e viadutos.

Tais estruturas são obras-de-arte especiais que estão sujeitas à ação de diversas patologias da construção, em função do seu uso contínuo e da falta de programas preventivos de manutenção em grande parte dos casos. Essas construções constituem parte essencial de muitos sistemas viários em todo o mundo e, no entanto, apresentam problemas de ordem estrutural que necessitam de solução emergencial.

A detecção precisa e o controle das patologias que afetam estas estruturas demandam de determinados procedimentos de inspeção e avaliação que dependem do tipo e do porte da construção. Além disso, devem ser estabelecidos procedimentos e métodos-padrão, no sentido de sistematizar as avaliações estruturais.

Neste contexto, emergem as linhas de pesquisa em Patologia Estrutural, cuja área de atuação compreende a formulação de bases teóricas na identificação de anomalias e na recuperação estrutural, associadas à elaboração de modelos e metodologias práticas de avaliação estrutural que não comprometam o meio ambiente.

A revisão de parâmetros e suas características é uma etapa indispensável de um processo de inspeção em qualquer estrutura. Dessa forma, a análise destes parâmetros deve ser uma prioridade nas pesquisas em Engenharia Estrutural, de modo a contribuir para a solidez e para a aplicabilidade dos mesmos.

São analisados os parâmetros estruturais, funcionais e de durabilidade em pontes e viadutos, relacionando-os às peças estruturais, de modo a estabelecer níveis de prioridade no que tange à prospecção de anomalias. A partir de então, podem-se elaborar procedimentos de inspeção mais precisos e, conseqüentemente, propor metodologias de recuperação mais eficazes.

## 2. CARACTERIZAÇÃO DOS ECOSISTEMAS AQUÁTICOS E TERRESTRES NATIVOS

Um ecossistema pode ser definido como o conjunto formado por fatores bióticos (seres vivos e processos biológicos) e fatores abióticos (aspectos físicos e químicos que interferem nos seres vivos) que agem em determinada região. A base de um ecossistema é determinada pela relação entre os seres vivos e pela relação desses seres com o ambiente de modo harmônico. Para tal, deve haver uma integração entre ciclos de vida e entre processos metabólicos das espécies que habitam aquele ambiente. Processos bioquímicos, como fotossíntese e quimiossíntese, relações ecológicas, cadeias alimentares e fluxos tróficos são os principais meios de se promover a integração entre as populações de um mesmo ecossistema.

É bastante frequente se observarem ecossistemas que apresentam redes de cooperação com outros vizinhos ou que compartilham espécies de seres vivos, tais como aves migratórias, com ecossistemas diversos. Esses ecossistemas são ditos abertos, pois possuem a capacidade de interagir com ambientes externos, através de diversos mecanismos. No entanto, existem aqueles que não apresentam essa capacidade e são denominados, portanto, ecossistemas fechados.

Pelo fato de tenderem ao isolamento, esses ambientes apresentam características físico-químicas bastante particulares e os organismos nele presentes devem estar bastante adaptados para que possam sobreviver sem dificuldades. O desmatamento ou a abertura de pontos vulneráveis, como a inserção de um pilar, em um ambiente fechado pode acarretar a completa desconstituição do meio, devido a problemas derivados direta ou indiretamente da obra.

Grandes partes dos ecossistemas aquáticos são consideradas fechadas. Isso ocorre não só devido ao grau de integração entre os seres vivos que neles vivem, mas também devido à própria água, que impede que alguns fatores do meio aéreo interfiram no ambiente.

As propriedades físicas da água tornam o ambiente aquático bastante estável, permitindo que os seres que nele vivem direcionem suas adaptações morfofisiológicas principalmente no sentido de obterem benefícios nas relações ecológicas das quais participam, deixando de lado a proteção contra agentes externos ao ambiente. Por esse motivo, os ecossistemas aquáticos são bastante sensíveis a estímulos externos e são os primeiros a responder à degradação ambiental e à poluição.

A maior parte dos ecossistemas terrestres fechados corresponde às florestas nativas. Estas são caracterizadas por apresentar vegetação de grande porte, o que limita a entrada de luz, e relações ecológicas bem definidas e muito específicas. Essas características tornam o ambiente bastante vulnerável, possibilitando que pequenas modificações ambientais gerem um desequilíbrio ecológico (IBAMA,2002).

No Brasil, grande parte das florestas nativas corresponde aos inúmeros ecossistemas pertencentes à Amazônia. Em menor quantidade, estão presentes as reservas de Mata Atlântica, espalhados pelo litoral brasileiro, e ainda áreas de preservação correspondentes a outros tipos de florestas.

A Figura 1 ilustra um exemplo de uma ponte de pilares em concreto armado situada num ambiente nativo dotado de ecossistemas terrestres e aquáticos.

Figura 1 - Ponte sobre o rio Tocantins no Pará, Brasil



Fonte: Autoria própria.

Muitos viadutos têm sido planejados sobre áreas de ecossistemas nativos atualmente no Brasil. As regiões Norte e Sudeste concentram a maioria desses projetos. No Norte, há a necessidade de se integrar várias regiões ao Pólo Industrial de Manaus e



ao Pólo Comercial de Belém, além de melhorar a infra-estrutura de tráfego rodoviário na região amazônica. No Sudeste, a urgência em ampliar a malha rodoviária e em permitir a melhor conexão entre as principais cidades da região é o fator promotor da elaboração de projetos nesse sentido. Alguns desses projetos já se tornaram realidade, tais como os viadutos da Rodovia dos Imigrantes, em São Paulo, que atravessam trechos de Mata Atlântica nativa. Atualmente, encontram-se em fase de análise planos mais ambiciosos, como a construção de uma via ferroviária para trens de alta velocidade entre as cidades do Rio de Janeiro e de São Paulo. Segundo estudos preliminares, essa via demandaria a construção de, no mínimo, 40 pontes e viadutos sobre rios, depressões e ecossistemas nativos.

### **3. ANÁLISE DOS PROBLEMAS AMBIENTAIS CAUSADOS PELA CONSTRUÇÃO DE PONTES SOBRE ECOSSISTEMAS FECHADOS**

Muitas são as interferências no ambiente natural causadas pela inserção de uma construção em uma região fechada e nativa. No caso de pontes e viadutos, estes promovem uma irregularidade da dinâmica de equilíbrio do ecossistema, através de vários fatores que atuam em conjunto no processo de degradação ambiental.

Dois eventos distintos propiciam a ocorrência dos fatores que promovem os problemas ambientais: o momento de execução da obra e o momento pós-inauguração. O período de duração da obra gera fatores cujo tempo de ação é limitado, porém suas conseqüências permanecem por tempo indefinido. Após a conclusão da obra, os fatores ocasionados pela presença da ponte no ambiente apresentam um tempo de ação ilimitado, pois modificam permanentemente o ambiente e obrigam o ecossistema a se adaptar e a atingir novamente o equilíbrio.

Dentre os problemas gerados pela realização da obra, destaca-se a poluição do ambiente em decorrência da liberação ou do vazamento de resíduos químicos da obra. A tecnologia da construção emprega diversos materiais e substâncias tóxicas que, quando despejadas em um ambiente natural, passam a integrar o ciclo trófico do ecossistema e dificilmente são eliminados. Frequentemente ocorre o processo de bioacumulação, que pode levar à extinção de espécies inteiras.

Outro problema associado à execução da construção está na permanente modificação da topologia do ambiente, devido às escavações e aterros necessários à

fundação e montagem da estrutura de pontes e viadutos. Essa alteração topológica tem sérias implicações no habitat dos animais e na fisiologia dos vegetais, pois os componentes inorgânicos fundamentais à fotossíntese e à manutenção do metabolismo das plantas são retirados dos solos. A desregulagem da fisiologia das plantas gera danos aos demais seres vivos daquele ambiente, conforme se observa na Figura 2.

Quando se descrevem as alterações topológicas em ambientes aquáticos, deve-se observar ainda que há prejuízos aos seres bentônicos, que vivem associados ao substrato. Esses seres são importantes membros das cadeias alimentares, pois muitos deles servem como elo trófico, conectando os membros da base com o topo da cadeia.

Percebe-se também a ocorrência de duas situações de impacto negativo para o ecossistema local: a existência de ruídos provocados pela construção e a emissão de gases poluentes na atmosfera. Esses problemas ocorrem tanto no período de execução da obra como após a inauguração, devido ao tráfego de veículos. Os ruídos são extremamente danosos aos seres vivos, pois são capazes de alterar o comportamento de animais e a fisiologia dos vegetais, gerando desvios nas relações ecológicas, o que pode levar ao desequilíbrio do ecossistema. A emissão de gases se mostra um outro fator de desequilíbrio, pois altera as condições locais da atmosfera, o que permite a maior incidência de raios solares e também a maior retenção de calor na superfície, aumentando a ação do efeito estufa (DNIT, 2004).

Figura 2 - Presença de um pilar de ponte em um ecossistema aberto, provocando a desregulagem da fisiologia das plantas, no Pará, Brasil



Fonte: Autoria própria.

Os ecossistemas fechados e outros ambientes preservados apresentam variados mecanismos autoreguladores, que visam garantir a preservação adequada do meio.

Alguns desses processos são bastante conhecidos, tal como a ressurgência ou ação dinâmica das águas. A introdução de uma construção artificial, como uma ponte, em um ambiente nativo pode modificar a ocorrência natural desses mecanismos associados à mudança do fluxo d'água.

As estruturas metálicas, independentes de sua composição, estão sempre sujeitas à corrosão se o meio for propício. A corrosão, enquanto parte de um processo eletroquímico, libera íons no meio ambiente, alterando, dessa maneira, o balanço iônico do meio. Estas já são suficientes para modificar o equilíbrio osmótico dos seres vivos, exigindo deles um maior esforço metabólico a fim de manterem sua sobrevivência. A aplicação de materiais anticorrosivos e o *coating* não são suficientes para inibir essa alteração, uma vez que estes são materiais baseados em compostos orgânicos, que liberam íons em outros metais (GENTIL, 2017).

#### 4. PATOLOGIAS EM PONTES EM AMBIENTES AGRESSIVOS QUE INTERFEREM NA SUSTENTABILIDADE

As patologias verificadas em pontes e viadutos situados em meios de forte agressividade ambiental têm naturezas variadas e, quando não tratadas adequadamente, comprometem a funcionalidade da estrutura. Para o desenvolvimento de patologias em uma estrutura de pontes basta a ocorrência de falhas e incorreções em uma das etapas de construção.

Um fator capaz de gerar manifestações patológicas em uma estrutura de pontes é a ocorrência de catástrofes naturais que, devido ao caráter de solicitações excepcionais, exige da estrutura uma capacidade resistente significativamente alta, a qual não é normalmente atendida pela capacidade resistente das peças estruturais.

Em função do aspecto da singularidade estrutural e da vulnerabilidade das pontes e dos viadutos, percebe-se uma maior ocorrência de patologias características nessas construções. Dada a tendência natural de deterioração das estruturas, a inexistência de um processo eficiente de manutenção acelera o surgimento dos problemas patológicos.

De modo geral a corrosão do material metálico, conforme ilustrada na Figura, 3 e a existência de fissuras de origem mecânica constituem as formas mais comuns de

patologias em estruturas de obras-de-arte especiais, sendo necessários cuidados especiais no sentido da prevenção e reabilitação das mesmas.

Figura 3 - Corrosão em estrutura metálica dos tubulões da Ponte do rio Tocantins, no Pará, Brasil



Fonte: Autoria própria.

## 5. A CORROSÃO EM PONTES COMO ELEMENTO QUE INTERFERE NA SUSTENTABILIDADE E NO MEIO AMBIENTE

A corrosão pode ser definida como um processo espontâneo de deterioração de um material, na maioria das vezes metálico, por ação química ou físico-química do meio, podendo estar associada a esforços mecânicos (CASCUDO, 1999). Os resultados deste processo são prejudiciais ao material, tornando-o inadequado para o uso.

No ambiente, sua a composição física, química e biológica pode constituir um diferencial na existência de patologias em uma estrutura, visto que as propriedades ambientais são conferidas a partir destes componentes.

Dentre os agentes agressivos atuantes nas estruturas das pontes e viadutos têm-se os resultantes de ações ambientais ou atmosféricas, outros por agressões biológicas e outras por agressões oriundas de vícios construtivos ou da má utilização. Em alguns



casos, os agentes agressivos são confundidos com os componentes ambientais. No entanto, é importante observar que nem todos os componentes ambientais contribuem para a agressividade do meio, porém, de certa forma, podem interferir na evolução da patologia.

A capacidade de resistência à corrosão e a outras patologias é função direta do design da obra-de-arte especial e também dos materiais empregados em sua construção. Cada estrutura apresenta uma capacidade de resistência intrínseca, que decai ao longo do tempo, mas que pode ser restabelecida ou aumentada em processos de reabilitação.

O mecanismo de ação da corrosão em pontes depende do tipo e da composição da estrutura. Pontes de concreto armado e protendido estão mais sujeitas à corrosão por ação de cloretos e também por carbonatação. No caso de pontes metálicas, a corrosão tem um caráter eletroquímico, sendo possíveis as reações com ácidos e outras substâncias. Na ação de cloretos, os íons apresentam a capacidade de romper a camada de óxido que protege as armaduras em estruturas de concreto, ao mesmo tempo em que facilitam a dissolução do cimento. Dessa maneira, expõem a armadura a variados mecanismos de deterioração que, em geral, são processos puramente químicos ou eletroquímicos. O ataque por cloretos é um dos problemas mais sérios que podem ocorrer no concreto armado e protendido, embora se saiba que uma concentração basal de cloretos é tolerada pela estrutura.

A carbonatação consiste na diminuição da alcalinidade do cimento, em função da reação do hidróxido de cálcio com compostos do meio, produzindo principalmente sais de cálcio. Esse processo se mostra altamente prejudicial às estruturas de concreto, pois determina uma fragilidade no cimento e também expõe as armaduras ao contato com o meio. A Figura 4 ilustra um exemplo de um pilar cujo concreto está sob o efeito da carbonatação.

Figura 4 - Pilar de concreto armado sob o efeito da carbonatação, da Ponte sobre o córrego do Ouro, em Minas Gerais, Brasil



Fonte: Autoria própria.

A corrosão eletroquímica ocorre a partir de reações de oxirredução, transformando átomos metálicos em íons livres em solução aquosa. Essa forma de corrosão ocorre em pontes metálicas e também em armaduras expostas de pontes de concreto. A existência de determinados íons e ácidos em um ambiente é decisiva na ocorrência desta forma de corrosão. Dependendo da intensidade e da região da estrutura onde ocorre, a corrosão eletroquímica pode gerar deformações de morfologias características, tornando a morfologia uma forma efetiva de classificação dos processos corrosivos em estruturas metálicas.

A corrosão microbiológica é uma importante causa de corrosão em pontes e viadutos. A variabilidade genética e fisiológica existente dentre os microrganismos, principalmente bactérias, permite que determinados grupos se instalem em estruturas de obras-de-arte especiais, podendo lhes causar danos. Os mecanismos são variados, podendo ocorrer desde a liberação de metabólitos corrosivos até a criação de um microambiente com condições físicas diferenciadas, determinando um potencial físico que pode ser o início de um processo de corrosão eletroquímica. A formação de biofilmes e agregados biológicos tende a aumentar os níveis de corrosão, ao mesmo tempo em que dificulta a remoção dos seres ali presentes. A Figura 5 mostra a presença de agregados de briófitas em aparelho de apoio de ponte sobre o Córrego do Ouro no estado de Minas Gerais, Brasil. O registro desses organismos pode ser um indicativo da presença de biofilmes e colônias microbianas na região da ponte em questão.



Figura 5 – Briófitas em aparelho de apoio de ponte sobre o Córrego do Ouro, MG, Brasil



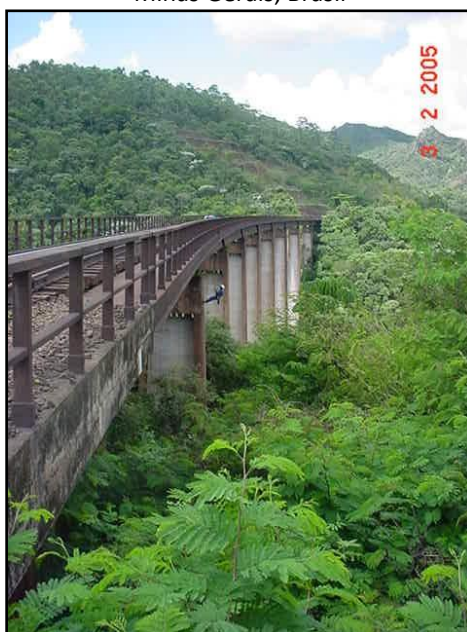
Fonte: Autoria própria.

## 6. INSPEÇÃO DAS PONTES E LEVANTAMENTO DAS ANOMALIAS VISANDO A INTEGRIDADE DO MEIO AMBIENTE

A exposição das pontes e viadutos aos variados mecanismos de deterioração exige que cuidados sejam adotados no sentido de preservar a funcionalidade da estrutura e aumentar sua vida útil. Esses cuidados se refletem na existência de uma proposta de manutenção eficiente, que inclua os procedimentos necessários ao bom estado da ponte. No entanto, em muitos casos, o processo de manutenção não é adequado ou não é suficiente para evitar a ocorrência de problemas patológicos na estrutura das pontes. Nesses casos, uma recuperação emergencial se faz necessária para evitar o colapso da estrutura.

A estratégia de inspeção a ser adotada é dependente de inúmeros fatores, tais como: *design* e condições das estruturas a serem analisadas, programas de manutenção vigentes, ambientes em torno da estrutura, objetivos da inspeção, etc. A Figura 6 mostra um caso de inspeção visual de uma ponte situada em um ambiente nativo, que é o Córrego do Ouro em Minas Gerais, Brasil.

Figura 6 - Inspeção visual de ponte ferroviária situada em ambiente nativo sobre o Córrego do Ouro, em Minas Gerais, Brasil



Fonte: Autoria própria.

A análise visual como na Figura 6 é um método comum a praticamente todos os procedimentos de inspeção em pontes e viadutos. Este procedimento constitui uma etapa importante do processo global, pois permite a observação da sintomatologia apresentada pela construção. A partir de tal, pode-se recomendar a realização de testes, ensaios e verificações específicas em partes da estrutura. A descrição da sintomatologia deve ser baseada nas seguintes verificações:

- fissuras no concreto paralelas à armadura;
- fragmentação e destacamento do concreto de cobrimento;
- desagregação do concreto;
- exposição de armaduras corroídas;
- acúmulo de produtos de corrosão nas armaduras expostas, formando crostas;
- visível perda de seção das armaduras;
- comprometimento da aderência armadura-concreto;
- flambagem das armaduras longitudinais de pilares;
- manchas de ferrugem na superfície do concreto, denotando a migração dos produtos de corrosão;
- deformações estruturais próximas a áreas com manifestações de corrosão.

O resultado desta verificação deve ser elaborado de tal forma a apresentar os melhores procedimentos a serem adotados em seguida. A Figura 7 apresenta uma

análise visual das anomalias encontradas em um bloco de coroamento e tubulões metálicos de uma ponte situada na represa de Peti, ecossistema de ambiente nativo, em Minas Gerais.

Figura 7 - Inspeção visual de infra-estrutura de ponte situada sobre a represa de Peti, ambiente nativo, em Minas Gerais



Fonte: Autoria própria.

Em geral, os ensaios não-destrutivos (ENDs) são recomendados nas investigações de anomalias, pois possibilitam a quantificação dos danos de fissuras observados na estrutura. Várias metodologias não-destrutivas são utilizadas durante processos de inspeção de obras-de-arte especiais em todo o mundo. Estudos recentes realizados nos Estados Unidos constataam a evolução do uso de ensaios não-destrutivos, verificando-se que houve um crescimento da utilização dessas técnicas de ensaio nas pontes da grande maioria dos países do mundo. Esse crescimento se justifica pela preocupação com a manutenção da integridade estrutural das pontes, levando os profissionais da Engenharia a optarem por métodos de análise bem eficientes e que não comprometam a estabilidade da estrutura nem do meio ambiente (LOURENÇO, 2007).

Alguns casos específicos exigem a realização de testes semidestrutivos, como o ensaio do furo cego, para a melhor compreensão da situação estrutural de uma ponte. Cumpridos os procedimentos previstos para a inspeção em uma determinada obra-de-arte especial, a metodologia empregada deve atingir os objetivos do processo de inspeção que são: levantamento das anomalias, avaliação das situações observadas, elaboração de diagnósticos conclusivos e indicações de providências necessárias. Entre as possíveis providências, podem ser citadas: alteração de limite de velocidade de

circulação, controle de tráfego, limitação de sobrecarga, monitoramento permanente ou periódico, interdição, reforço emergencial, reparo ou recuperação (LOURENÇO, 2016).

O relatório final de um processo de inspeção deve considerar todas as avaliações realizadas na estrutura, detalhar seus resultados e propor eventuais intervenções na estrutura.

Todo o levantamento das anomalias encontradas nas obras-de-arte especiais constitui um documento importante para os passos subseqüentes, que são o caminho das prioridades das execuções dos trabalhos e a metodologia pertinente ao processo de recuperação e reforço estrutural. Dessa maneira, a produção de materiais auxiliares, tais como fotografias, vídeos e croquis, auxilia no entendimento da condição estrutural, na formulação de um diagnóstico concreto e na definição de uma metodologia de reabilitação.

## 7. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os processos de inspeção constituem etapa indispensável da manutenção de uma estrutura e devem levar em consideração as particularidades da construção. Nesse aspecto, o conhecimento e a descrição das diferentes regiões da ponte se tornam fundamentais à medida que ocorram diferentes incidências de problemas patológicos ao longo de uma estrutura.

A corrosão e as anomalias de origem mecânicas têm se mostrado como patologias com incidência severa sobre pontes e viadutos, exigindo que seus critérios de detecção sejam cuidadosamente definidos. Além disso, outros danos também podem comprometer o desempenho da estrutura. Logo, faz-se necessário estimular a elaboração de tabelas de prospecção, de modo a catalogar e sistematizar as incidências patológicas em relação a determinados parâmetros de avaliação, como os abordados nesta ocasião. Por fim, espera-se que este trabalho ressalte a importância do planejamento e da abordagem criteriosa em um processo de avaliação de estruturas de obras-de-arte especiais, de modo a contribuir efetivamente para a recuperação e reabilitação das mesmas.

Quanto à preservação do meio ambiente, é importante que se observem os modelos de desenvolvimento de projetos de construção que eventualmente possam

ter impacto sobre ambientes nativos e preservados. As medidas adotadas pelos construtores devem ser suficientes e primordiais para se reduzir as agressões ao meio ambiente. As aplicações de outros procedimentos que levem à manutenção das condições naturais devem ser encorajadas.

Assim, deve ser feita a verificação da compatibilidade entre a evolução tecnológica, que tanto contribui para a melhoria da qualidade de vida do ser humano e a preservação dos ambientes naturais nativos, dos quais a humanidade depende para se perpetuar a vida no planeta. Nos entremeios dessa relação encontra-se a engenharia, que permite o desenvolvimento tecnológico, e propicia meios para que esse desenvolvimento seja sustentável.

## REFERÊNCIAS

- IBAMA. Relatório Perspectivas do Meio Ambiente Mundial Geo-Brasil. Pub. IBAMA. 2002.
- DNIT – Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Trânsito. Inspeção de pontes e viadutos de concreto armado e protendido, Norma 010,/2004.
- GENTIL, V. Corrosão. 7ª Edição. Rio de Janeiro: Editora Livros Técnicos e Científicos, 2017.
- CASCUDO, O. O controle da corrosão de armaduras em concreto – inspeção e técnicas eletroquímicas. São Paulo: Editora Pini, 1999.
- LOURENÇO, L.C. Análise da corrosão em estruturas de pontes metálicas e em concreto armado. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal Fluminense, Niterói, Rio de Janeiro, 2007.
- LOURENÇO, L.C. Análise de patologias em estruturas de pontes metálicas, de concreto armado e protendido em ecossistemas fechados. Tese de Doutorado (Doutorado em Engenharia Civil). Universidade Federal Fluminense, Niterói, Rio de Janeiro, 2016.



# CAPÍTULO XVIII

## SUSTENTABILIDADE DE CONCRETOS COM A UTILIZAÇÃO DE POZOLANAS

SUSTAINABILITY OF CONCRETE WITH THE USE OF POZOLANAS

DOI: 10.51859/AMPLA.MAS2407-18

Cristiane Carine dos Santos <sup>1</sup>

Tássia Fanton <sup>2</sup>

Marina Munaretto Copetti <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Santa Maria, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Avenida Roraima, 1000, Camobi, CEP: 97105-900, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil.

<sup>2</sup> Universidade Federal de Santa Maria, Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil. Avenida Roraima, 1000, Camobi, CEP: 97105-900, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil.

<sup>3</sup> Universidade Federal de Santa Maria, Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil. Avenida Roraima, 1000, Camobi, CEP: 97105-900, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil.

### RESUMO

O presente trabalho buscou analisar e comparar o potencial do uso da cinza de casca de arroz (CCA) e da sílica de casca de arroz (SCA) em misturas separadas, como material de substituição parcial do cimento e também a redução do mesmo em diferentes traços de concreto. Para tanto, produziu-se um traço referência, e a partir dele realizaram-se as substituições e reduções parciais de cimento em diferentes teores. As análises permitiram identificar qual das duas pozolanas estudadas apresentou o melhor desempenho quanto a resistência à compressão axial, absorção de água, índice de vazios, massa específica e abatimento do concreto. O estudo mostrou que quanto maior for o índice de substituição de cimento por alguma das pozolanas maior será a consistência adquirida pelo concreto, perdendo a fluidez. As misturas apresentaram-se com pouca diferença entre si quanto ao índice de vazios, massa específica e absorção de água. A mistura que atingiu a maior resistência à compressão axial foi o S2 (10% de SCA), aos 91 dias de idade, com 25,23% de resistência a mais que o concreto referência. Porém, a mistura S6 (10% de SCA+10% de redução) foi a que mais conseguiu-se substituir e reduzir a quantidade de cimento mantendo assim praticamente as mesmas características que o traço referência. O estudo mostra que os traços com SCA tiveram resultados superiores aos traços com CCA,

também, que é viável a substituição parcial do cimento por qualquer um dos dois tipos de pozolanas estudadas, aumentando a resistência a compressão axial do concreto, conseguindo benefícios técnicos e economia financeira, uma vez que diminui o consumo de cimento e consegue-se dar um fim adequado a esses resíduos.

**Palavras-chave:** Cinza de casca de arroz, Sílica de casca de arroz, Concreto.

### ABSTRACT

The aim of the present work was to analyze and compare the potential of the use of rice husk ash (CCA) and rice husk silica (SCA) in separate mixtures, as a partial replacement material for the cement and also the reduction of the same in different traces of concrete. In order to do so, a reference trait was produced, and from this the substitutions and partial reductions of cement were carried out at different levels. The analyzes allowed to identify which of the two pozzolans studied presented the best performance regarding the axial compressive strength, water absorption, voids index, specific mass and concrete abatement. The study showed that the higher the cement substitution rate for some of the pozzolans, the greater the consistency acquired by the concrete, losing its fluidity. The mixtures presented little difference between them in the voids index, specific mass





and water absorption. The mixture that achieved the highest axial compressive strength was S2 (10% SCA), at 91 days of age, with 25.23% more resistance than the reference concrete. However, the S6 blend (10% SCA + 10% reduction) was most successfully replaced and reduced the amount of cement thus practically maintaining the same characteristics as the reference trace. The study shows that the traces with SCA had superior results to the traces with CCA, also, that it is feasible the partial

replacement of the cement by any of the two types of pozolanas studied, increasing the resistance to axial compression of the concrete, obtaining technical benefits and economy because it reduces the consumption of cement and an adequate end to these wastes is achieved.

**Keywords:** Rice husk ash, Rice husk silica, Concrete.

## 1. INTRODUÇÃO

O setor da construção civil é um dos que mais consome matéria prima, causando degradação ambiental e não gerando o desenvolvimento sustentável do ambiente construído. Em contrapartida, as vendas de cimento no país atingiram 31 milhões de toneladas no ano de 2017, conforme dados do Sindicato Nacional da Indústria do Cimento. (SNIC, 2018). Essa produção excessiva causa muitos impactos ambientais, principalmente pela liberação de grandes quantidades de dióxido de carbono na atmosfera.

Segundo (SNIC, 2018) o cimento é o produto de uma atividade industrial integrada, obtido a partir da lavra e do beneficiamento de calcário e argila: sua industrialização ocorre mediante moagem, homogeneização e produção da farinha (mistura crua) e posterior processamento físico-químico em clínquer (cimento não pulverizado) e respectiva moagem.

A média mundial de produção de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) na produção do cimento é de 800 kg de  $\text{CO}_2$  por tonelada. No Brasil para cada tonelada de cimento produzida é liberado na atmosfera 600 kg de  $\text{CO}_2$ . (SNIC, 2018).

Para garantir a qualidade do meio ambiente, muitas alternativas têm sido criadas, Pádua (2011) enfatiza que as pesquisas voltadas a utilização de resíduos sólidos derivados da agricultura para a produção de argamassas e concretos tornam-se cada vez mais intensas.

Souza (2008) utilizou a cinza da casca do arroz para substituir parte do cimento na confecção de argamassas, esperando que o resultado melhorasse as propriedades físicas e mecânicas. Em seu estudo as argamassas ensaiadas com CCA tiveram o comportamento mecânico superior às argamassas convencionais, ou seja, sem cinza de casca de arroz.

Pensando nesta proposta ambiental, o presente trabalho visa comparar algumas propriedades mecânicas do concreto convencional com as do concreto com substituições parciais de cimento pela cinza de casca de arroz (CCA) e pela sílica de casca de arroz (SCA), e também com a redução parcial do cimento. Observando o comportamento do mesmo quanto às alterações nas propriedades mecânicas como a resistência à compressão axial e o índice de absorção de água de cada traço, para definir qual mistura de concreto terá o melhor desempenho.

## 2. A UTILIZAÇÃO DA CINZA DE CASCA DE ARROZ E SÍLICA DE CASCA DE ARROZ

### 2.1. DESTINO DAS CINZAS DE CASCA DE ARROZ

De acordo com Santos (2006), a cinza de casca de arroz origina-se da queima da casca de arroz pela produção de energia calorífica empregada, na secagem e parboilização dos grãos, nas beneficiadoras do cereal ou no processo de geração de outras formas de energia, como, em usinas termelétricas, energia elétrica, ou ainda, de processos de calcinação para obtenção de sílica com alto teor de pureza. Segundo Pouey (2006), a quantidade de cinza de casca de arroz gerada com a queima corresponde a 20% do volume da casca de arroz. A destinação desse resíduo são os aterros sanitários.

Para a diminuição e redução de resíduos destinados a aterros sanitários a Lei Federal 12.305/2010 criou uma política nacional de resíduos onde deve ser seguida uma ordem no que diz respeito à produção dos mesmos, com a finalidade de evitar ao máximo a geração de resíduo, assim, somente será destinado a aterros sanitários o produto que não tem viabilidade econômica, seguindo a ordem hierárquica de não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento e então disposição final.

Visando a diminuição do resíduo a ser destinado a aterros sanitários surgiram estudos para a utilização da CCA na substituição parcial do cimento na composição de concretos e argamassas, devido a mesma conter um elevado teor de sílica. A sílica é uma combinação de silício e oxigênio na forma  $\text{SiO}_2$ . A cinza da casca de arroz pode conter até 15% em peso de carbono. Se o aquecimento for promovido com a finalidade de eliminar este carbono residual, pode-se obter aproximadamente 95% de sílica pura com uma área superficial específica de  $10 \text{ m}^2/\text{g}$  e partículas com um tamanho em torno de  $20 \text{ }\mu\text{m}$  gerando, assim, um produto com maior valor agregado. (FOLETTTO, 2005).

Segundo o Sindicato Nacional da Indústria do Cimento (2018), em média, a produção do cimento mundial gera cerca de 800 Kg de CO<sub>2</sub> por tonelada de cimento produzido, logo a pequena parcela de cimento que possa ser substituída por CCA vem ao encontro com as razões ecológicas diminuindo a degradação do meio.

## 2.2. A CCA E A SCA COMO SUBSTITUIÇÃO PARCIAL AO CIMENTO

Segundo Mehta e Monteiro (2008), o concreto tem três motivos que o tornam fundamental na engenharia. O primeiro é o fato de conseguir moldar o concreto em diversas formas. O concreto fresco possui plasticidade e é possível moldá-lo em diferentes moldes. Em poucas horas o concreto cura, tornando uma massa rígida e podendo retirar as fôrmas. O segundo é a resistência do concreto à água, pois ao contrário de madeiras e aço, por exemplo, o concreto não deteriora em contato com a mesma. O terceiro motivo para o uso de concreto é a facilidade com que é disponível na obra.

Materiais pozolânicos são materiais silicosos ou silico aluminosos que, sozinhos, possuem pouca ou nenhuma atividade aglomerante, mas, quando moídos e na presença da água, reagem com o hidróxido de cálcio para formar compostos com propriedades aglomerantes. As pozolanas podem ser naturais ou artificiais, como, cinzas volantes e argilas calcinadas. Esses materiais têm três classificações: Classe N, pozolanas naturais e artificiais, como certos materiais vulcânicos de caráter petrográfico ácido, terras diatomáceas e argilas calcinadas; Classe C, Cinza volante produzida pela queima de carvão mineral em usinas termoeletricas; Classe E, pozolanas que não se enquadram nas classes anteriores, como a CCA. A norma que rege essas classes é a NBR 12653: 2015 – Materiais pozolânicos – Requisitos.

As adições minerais no concreto são de muita importância e trazem efeitos benéficos devido à redução da porosidade das pastas, isto é, tamponam os poros capilares, distribuem de forma mais homogênea os produtos de hidratação do cimento em relação ao concreto convencional. (MEHTA e MONTEIRO, 2008). A redução da porosidade proporciona uma característica fundamental ao concreto, uma vez que o mesmo adquire característica de menor permeabilidade a fluidos, isto está relacionado com as alterações físicas (fíler) e químicas (pozolanas) do processo de hidratação dos aglomerantes.

Com o elevado consumo de cimento para a produção do concreto, vem sendo estudado o aproveitamento de cinzas de casca de arroz como adições minerais. Essas cinzas possuem propriedades pozolânicas, quando moídas e em presença de umidade, reagem quimicamente com o hidróxido de cálcio gerando compostos mais densos e menos solúveis. (FOLETTTO, 2005).

A CCA é uma pozolana que melhora tanto pelo efeito filer quanto pelo efeito pozolânico algumas propriedades de argamassas e concretos. As principais reações químicas são com o hidróxido de cálcio (CH), onde reage quimicamente e precipita na forma de Silicato de Cálcio Hidratado (C-S-H), ou seja, modifica-se de material pouco resistente para um material muito resistente e aderente. Com esta reação, é possível produzir um concreto mais econômico, com baixo calor de hidratação, mais resistentes com baixa porosidade e com resistividade elétrica maior, mais durável frente a vários meios agressivos. (SILVA, 2006).

Através da queima da casca de arroz com temperatura controlada origina-se a sílica de casca de arroz, que possui propriedades físicas e químicas diferentes da CCA. A temperatura de queima é o que determina a reatividade da CCA, pois, através dela será definido o teor de sílica amorfa. Quanto maior a temperatura e o tempo de exposição a ela, menos reativa será a cinza obtida. (WEBER 2001). Para a obtenção da sílica, com a CA, além da simples combustão, a sílica pode ser obtida através do processo de tratamentos físico-químicos da casca de arroz. (POUEY, 2006).

A introdução de CCA para a produção de concretos e argamassas não prejudica propriedades importantes de funcionalidades como: tempos de início e fim de pega, expansibilidade e retração por secagem. (AKASAKI et al., 2005).

No estudo de Dalcin (2016), pode-se concluir que no que tange à reologia no estado fresco foi possível observar que com o aumento da substituição de cimento por cinza de casca de arroz houve piora das características de fluidez e habilidade passante do concreto, porém, conseguiu-se manter as características de concreto auto adensável, isso se deu pelo fato de aumentar a coesão e a viscosidade do concreto no estado fresco quando comparado ao concreto de referência.

Já Tiboni (2007) estudou a confecção de concretos com adição parcial de cinzas de casca de arroz oriundas das termelétricas da indústria de beneficiamento do arroz como adição mineral em concretos duráveis. O resultado obtido com o uso da cinza de



casca de arroz para substituir parte do cimento mostrou-se viável, além de ser ecologicamente correto.

Segundo Silva (2004) o uso de CCA em concretos e argamassas mostram aumentos significativos na resistência à compressão axial, para dosagens de 5 e 10% de CCA. Onde se conseguiu um ganho de resistência de 24% para concreto e de 28% para argamassas.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

O presente trabalho foi desenvolvido através de pesquisas bibliográficas e ensaios laboratoriais. Nas pesquisas bibliográficas foram buscados materiais publicados sobre assuntos que tratavam da sustentabilidade e viabilidade de concretos com substituição do cimento por algum tipo de material pozolânico. Com as atividades em laboratório averiguou-se a melhor dosagem do concreto para as propriedades analisadas quando se utiliza CCA e/ou SCA como substituintes parciais do cimento.

A pesquisa ocorreu no Laboratório de Materiais e Construção Civil da URI – Universidade Regional Integrada, Campus de Frederico Westphalen.

#### **3.1. CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS UTILIZADOS**

##### **3.1.1. CARACTERIZAÇÃO DOS AGREGADOS**

O agregado gráúdo empregado na pesquisa foi a brita basáltica, onde segundo a NBR NM 248:2003 Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro 2003, é classificada como brita 1 (um). E o agregado miúdo, uma areia quartzosa bem graduada, encontrando-se na zona utilizável – limite inferior.

##### **3.1.2. DETERMINAÇÃO DA MASSA ESPECÍFICA APARENTE E MASSA UNITÁRIA DOS AGREGADOS**

A massa específica é a densidade do agregado sem nenhum vazio, ou seja, não inclui poros permeáveis e não possui espaços entre os grãos. A massa específica se dá pela divisão da massa pelo volume. Já a massa específica aparente é a relação entre a massa do agregado seco e seu volume, incluindo os poros permeáveis à água (NBR NM 53,2009).

A ABNT NBR NM 53:2009 – Agregado gráúdo - Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água, recomenda o ensaio para os

agregados graúdos e a ABNT NBR NM 52:2009 – Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente para agregados miúdos.

A determinação da massa unitária de agregado se dá pela razão entre a massa de um agregado lançado em um recipiente e o volume deste recipiente. A massa unitária tem grande importância, pois é por meio dela, que se podem transformar as composições das argamassas e concretos dadas em peso para o volume e vice-versa. A NBR NM 45:2006 – Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios é quem rege esse ensaio. A Tabela 1 a seguir mostra o resultado da caracterização física dos agregados.

Tabela 1- Características físicas dos agregados

Características Físicas	Agregados	
	Miúdo	Graúdo
Massa específica	2.59 g/cm <sup>3</sup>	2.90 g/cm <sup>3</sup>
Absorção de água	--	0.47%
Massa Unitária	1.68 g/cm <sup>3</sup>	1.76 g/cm <sup>3</sup>

Fonte: autores.

### 3.2. MATERIAIS CIMENTÍCIOS

O cimento utilizado foi o CP V-ARI da empresa ITAMBÉ, esse cimento Portland tem um grau de moagem elevado que proporciona uma reatividade em baixas idades e uma alta resistência inicial. Escolheu-se este tipo de cimento devido à ausência de adições minerais em sua composição, permitindo uma melhor análise da influência das pozolanas estudadas nas misturas de concreto. As características químicas do material estão disponíveis na página virtual da empresa, e foram adaptadas na Tabela 02.

A CCA que foi utilizada é um resíduo originado da Usina Termelétrica da CAAL (Cooperativa Agroindustrial Alegrete LTDA) onde está projetada para gerar até 3,8 MWh através do consumo médio de 81t/dia de casca de arroz. São geradas diariamente cerca de 10 toneladas de cinzas. As cinzas que resultam da combustão da casca de arroz apresentam uma composição baseada em 96% de sílica, podendo esta apresentar diferentes formas cristalinas ou amorfas.

A caracterização química da pozolana foi realizada no laboratório ECONSULTING (Laboratório de Gestão Ambiental e Higiene Ocupacional) no ano de 2015. Os dados são apresentados na Tabela 3.



Tabela 2- Composição química do cimento Porthand CPV-ARI

COMPOSIÇÃO	MÉDIA
AL <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,3%
SiO <sub>2</sub>	18,96%
FeO <sub>3</sub>	2,95%
CaO	60,76%
MgO	3,26%
SO <sub>3</sub>	3,18%
Perda ao fogo	3,45%
CaO Livre	0.75%
Resíduos insolúveis	0.72%
Equiv. Alcal.	0.68%

Fonte: autores.

Tabela 3- Propriedades químicas da cinza de casca de arroz

PARÂMETROS	RESULTADOS
Matéria orgânica	9.90%
Cinzas	89.60%
Umidade	0.50%
pH	8.89

Fonte: autores.

Conforme a classificação do resíduo pela NBR 10004: 2004 - Resíduos sólidos – Classificação, a amostra foi definida como sendo resíduo não inerte Classe IIA.

A Sílica utilizada é proveniente da queima controlada da casca de arroz em sistema de combustão via leito fluidizado pela SILCCA NOBRE, sílica da casca de arroz da cidade de Alegrete RS. A Tabela 4 apresenta os dados obtidos em relação às propriedades físico-química deste material.

Tabela 4 - propriedades físico-química da sílica de casca de arroz

PARÂMETROS	RESULTADOS
Diâmetro Médio	<8,0 µm
pH	≤ 10.0
Perda ao Fogo	≤ 3.5%
Densidade aparente	550-600Kg/m <sup>3</sup>
Área específica B.E.T.	20.000 m <sup>2</sup> /Kg
Umidade	< 3%
Teor de sílica Amorfa	> 95%
Massa específica	2,16 g/cm <sup>3</sup>
Coloração	Cinza Claro

Fonte: autores.

A SCA apresenta um elevado teor de sílica onde é classificado como sendo uma pozolana classe E, possui um teor de sílica amorfa maior que 95%, superior ao mínimo de 50% exigido para ser uma pozolana. Apresenta uma perda ao fogo menor de 3,5%, inferior ao limite máximo exigido pela norma ABNT NBR 12653: 2015 - Materiais pozolânicos - Requisitos.

### 3.3. DOSAGEM DO CONCRETO E MISTURAS

Foi elaborado um traço de concreto referência e tomado como base a sua resistência à compressão axial e absorção de água, para ser comparado com as demais misturas estudadas. Os traços com substituição e redução de cimento por CCA e SCA seguiram as dosagens como demonstra a Tabela 5.

Tabela 5- Percentuais de substituição de CCA e SCA

TR/ Traço Referência	Redução de cimento	Substituição CCA		Substituição SCA	
		5%	10%	5%	10%
	0%	C1	C2	S1	S2
	5%	C3	C4	S3	S4
	10%	C5	C6	S5	S6

Fonte: autores.

Para a produção das diferentes misturas de concreto manteve-se a mesma relação água/materiais cimentícios do concreto referência, essa relação foi definida através do ensaio de abatimento quando o mesmo atingiu 87 mm. Considerando que o tempo de mistura influencia diretamente no abatimento do concreto com substituição parcial de CCA ou SCA, registrou-se o tempo de mistura em betoneira do traço referência e manteve-se o mesmo tempo de mistura para os demais traços em análise.

A dosagem do concreto referência foi de modo empírico na relação 1:5, onde para cada uma unidade em massa de cimento utilizou-se 5 unidades de agregados.

Para que o concreto tenha uma boa trabalhabilidade e consiga ser lançado e adensado adequadamente sem a segregação do agregado graúdo é preciso um teor ideal de argamassa. O teor de argamassa utilizado foi de 55%, ou seja, 55% da massa total da mistura (cimento, agregado miúdo e graúdo).

Assim, definiu-se o traço referência, em massa de 1: 2,3: 2,7; 0,49 (cimento: agregado miúdo: agregado graúdo: relação água/materiais cimentícios). A composição dos demais traços está representada na Tabela 6.

Tabela 6- Composição dos traços a serem analisados

Nomenclatura de cada traço		Traço unitário Cimento: Pozolana: Areia: Brita: Água
<b>T.R</b>		1: 0: 2,3: 2,7: 0,49
<b>CCA</b>	<b>C1</b>	0,95: 0,05: 2,3: 2,7: 0,49
	<b>C2</b>	0,90: 0,10: 2,3: 2,7: 0,49
	<b>C3</b>	0,90: 0,05: 2,3: 2,7: 0,49
	<b>C4</b>	0,85: 0,10: 2,3: 2,7: 0,49
	<b>C5</b>	0,85: 0,05: 2,3: 2,7: 0,49
	<b>C6</b>	0,80: 0,10: 2,3: 2,7: 0,49
<b>SCA</b>	<b>S1</b>	0,95: 0,05: 2,3: 2,7: 0,49
	<b>S2</b>	0,90: 0,10: 2,3: 2,7: 0,49
	<b>S3</b>	0,90: 0,05: 2,3: 2,7: 0,49
	<b>S4</b>	0,85: 0,10: 2,3: 2,7: 0,49
	<b>S5</b>	0,85: 0,05: 2,3: 2,7: 0,49
	<b>S6</b>	0,80: 0,10: 2,3: 2,7: 0,49

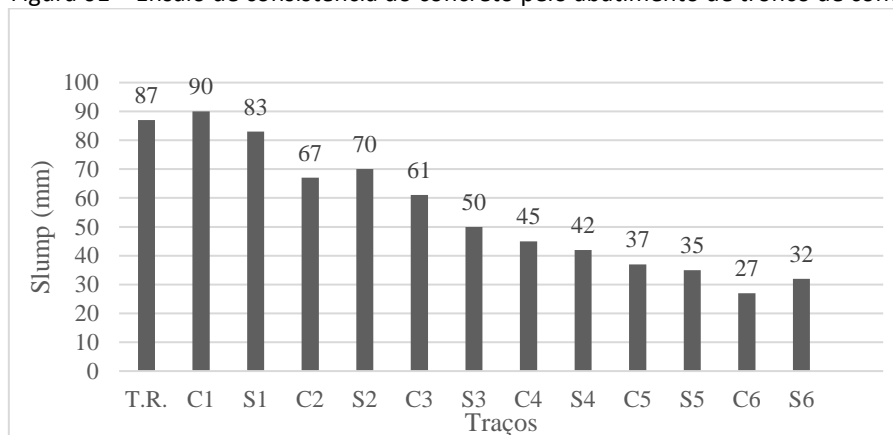
Fonte: autores.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1. ENSAIO DE CONSISTÊNCIA DO CONCRETO PELO ABATIMENTO DO TRONCO DE CONE

A Figura 01 a seguir mostra o resultado do ensaio de consistência pelo abatimento de tronco de cone realizados em todos os traços.

Figura 01 – Ensaio de consistência do concreto pelo abatimento de tronco de cone



Fonte: autores.

A partir dos ensaios de abatimento do tronco de cone verifica-se que tanto com a substituição das pozolanas quanto com a redução do cimento nos traços em análise fez com que o concreto perdesse fluidez e ganhasse viscosidade, os traços apresentaram-se com aumento da consistência, assim diminuindo os valores de ensaio. O traço C1 foi o que teve o maior abatimento, com um ganho de 3,45% no abatimento quando comparado com o T.R. Já o traço C6 foi o que apresentou menos abatimento quando comparado com o T.R. teve uma perda de 68,96 % em seu abatimento. Dalcin (2016), já tinha previsto em estudo que quanto maior a substituição de cimento por alguma das pozolanas os traços tornam-se mais denso, devido as pozolanas absorverem mais água que o cimento e também pela redução da porção do mesmo.

No estudo de Cordeiro et al (2009) onde analisou a influência da CCA em diferentes proporções em concretos convencionais e em concretos de alta resistência obteve uma redução dos valores de ensaio de abatimento em todos os traços em análise. Cordeiro et al (2009) atribui essa redução do abatimento devido a CCA ter elevada área superficial, necessitando assim de mais água para envolver a partícula.

As Figuras 02 e 03 mostram a diferença de abatimento de tronco de cone entre o T.R. e o C6, traço que obteve-se o menor valor de ensaio.

Figura 02- Ensaio de consistência pelo abatimento do tronco de cone do T.R.



Fonte: autores.

Figura 03- Ensaio de consistência pelo abatimento do tronco de cone do C6

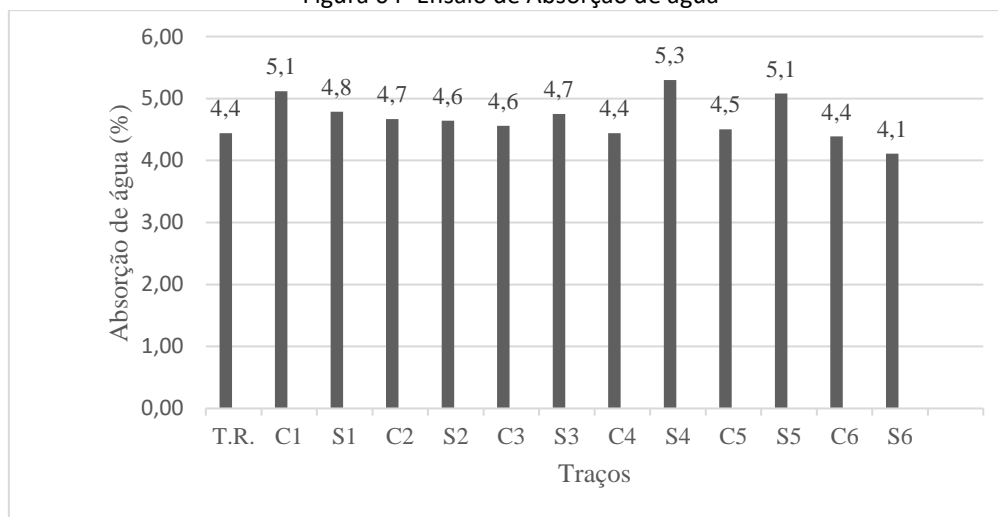


Fonte: autores.

#### 4.2. ENSAIO DE ABSORÇÃO DE ÁGUA, ÍNDICE DE VAZIOS E MASSA ESPECÍFICA

Foram feitos os ensaios de absorção de água, índice de vazios e massa específica como recomenda a NBR 9778:2009 Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água por imersão - Índice de vazios e massa específica. A Figura 04 mostra os valores obtidos com o ensaio de absorção de água.

Figura 04- Ensaio de Absorção de água



Fonte: autores.

A partir do ensaio de absorção de água conseguiu-se analisar que com exceção dos traços C4 e S6, os demais traços tiveram um aumento no teor de absorção de água. O traço C4 manteve-se no mesmo teor de absorção de água do T.R. e o S6 mostrou-se

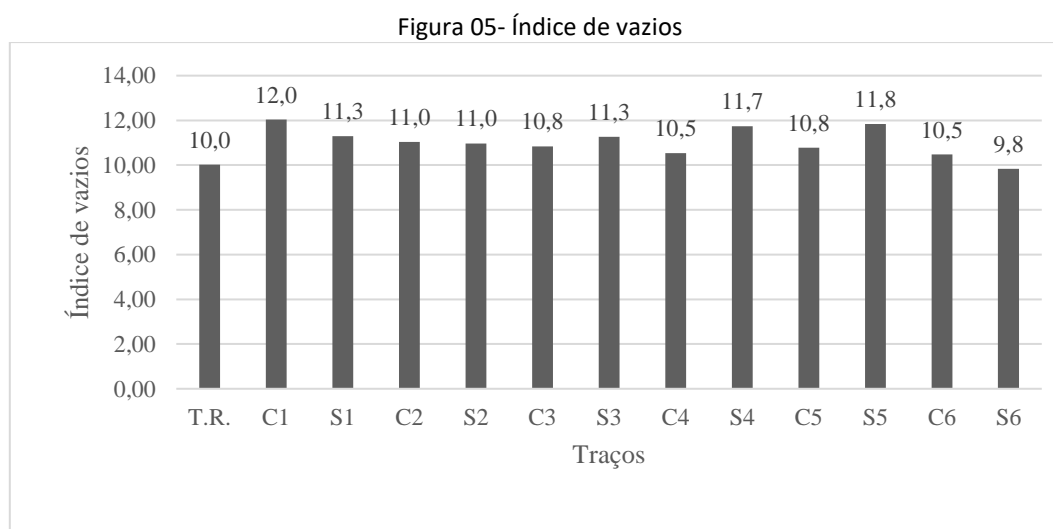
com uma redução na absorção de água. O traço S4 foi o que mais absorveu água comparado com o T.R. teve um aumento de 19,37 % na absorção de água. O traço S6 foi o que menos absorveu água comparado com o T.R. teve absorção de água 7,43 % a menos que o T.R. Na média geral os traços tiveram um aumento de absorção de água de 5,74 %.

O fato de ocorrer um aumento na absorção de água segundo Bezerra et al (2011), provavelmente, se deve a grande quantidade de agregado miúdo na constituição dos traços, favorecendo um índice maior de vazios, já que também teve redução na porção de cimento.

Nascimento (2002), analisando concretos com substituição de 5 % e 10 % de CCA, curados em câmara úmida por 91 dias, constatou que, os valores de absorção são ligeiramente superiores aos valores dos concretos de referência.

No estudo de Oldra (2015), onde estudou traços com 3, 5 e 10 % de substituição de cimento por CCA e avaliou o índice de vazios, massa específica e absorção de água dos traços aos 28, 56 e 90 dias de idade, pode concluir que aos 28 dias de idade a absorção de água do traço com 10% de substituição de cimento por CCA era maior que ao seu traço referência. Já aos 90 dias de idade todas as suas amostras encontravam-se com absorção de água menor ao seu traço referência. Segundo Oldra (2015) isso se justifica pelo fato da pozolana levar mais tempo para reagir quimicamente e ao final de 90 dias adquirir uma mistura mais densa tornando-a menos porosa.

Os ensaios de índice de vazios estão representados na Figura 05.



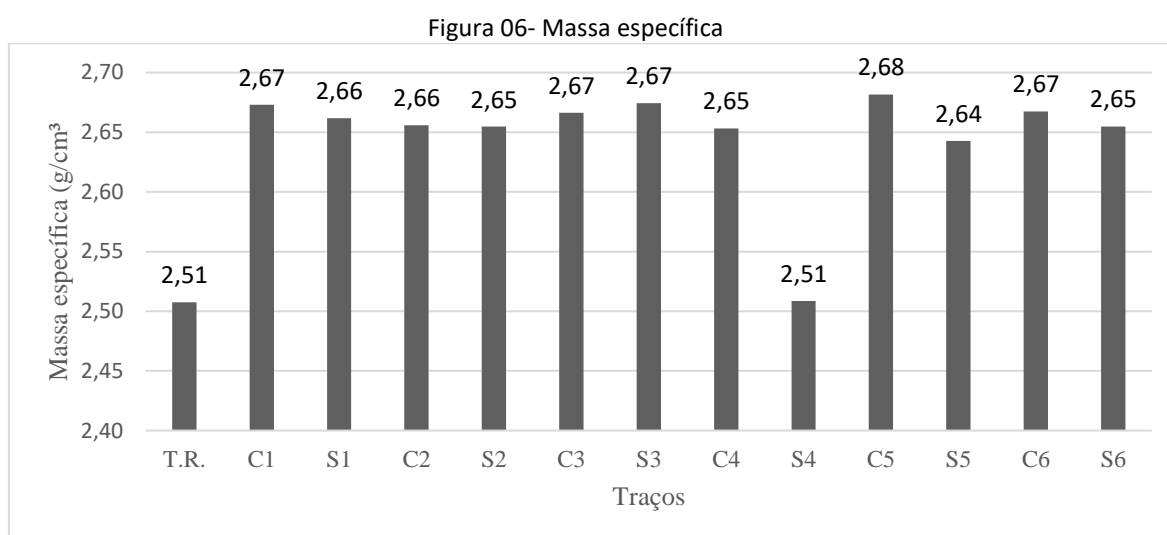
Fonte: autores.



Analisando os ensaios de índice de vazios de cada traço pode-se observar que o traço S6 teve uma redução de vazios comparado com o T.R., porém, os demais traços mostram-se com um teor maior de vazios que o T.R. O S6 teve uma redução de 1,80% de vazios quando comparado com o T.R., O traço C1 foi o que mais apresentou vazios, teve um aumento de 20,16% de vazios quando comparado com o T.R. Em média obteve-se um aumento nos vazios de 10,32% comparado com o T.R.

Como citado anteriormente, para Bezerra et al (2011) a redução na porção de cimento e consequentemente a maior quantidade de agregado miúdo na constituição dos traços favorecem um maior índice de vazios. Oldra (2015), em estudo de concretos com substituição parcial de cimento por CCA mostra que aos 28 dias de idade a sua mistura com 10 % de substituição de cimento por CCA apresentou índices de vazios maiores que o traço referência, já aos 90 dias todos os seus traços com substituição tiveram menor índices de vazios que o traço referência, devido a CCA ter reação química diferente a do cimento. O autor ainda afirma que o tempo de cura do concreto influencia no índice de vazios e na absorção de água do mesmo, quanto maior o tempo de cura, menor o índice de vazios e menor a absorção de água.

Os resultados dos ensaios de massa específicas estão representados na Figura 06 a seguir.



Fonte: autores.

Comparando os ensaios de massa específica de cada traço pode-se observar que apenas o traço S4 manteve-se com a mesma característica que o T.R., ou seja, 2,51 g/cm³, os demais tiveram um aumento médio de 5,97% nas suas massas específicas

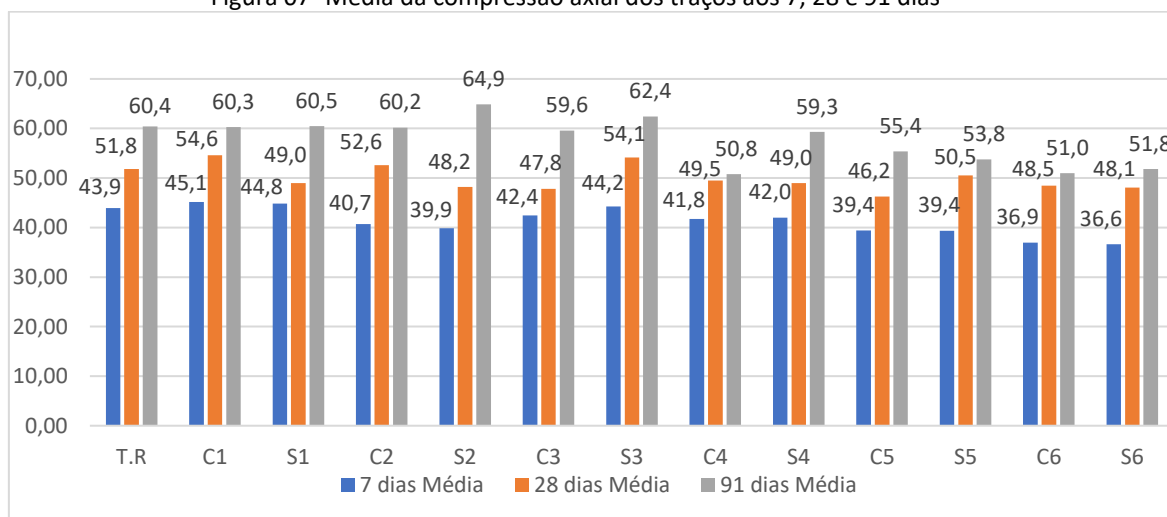
quando comparadas com o T.R. Os valores obtidos podem ser justificados pelo fato das adições minerais agirem na mistura tornando-a mais densa. (BEZERRA et al., 2011).

Entre os dois primeiros ensaios índice de vazios e massa específica pode-se perceber que não houve uma variação significativa entre as duas pozolanas estudadas.

#### 4.3. RESISTENCIA A COMPRESSÃO AXIAL

Serão apresentados na Figura 07 a evolução da resistência a compressão axial do concreto obtida com a média de três corpos-de-prova para as idades de 7, 28 e 91 dias, que foram ensaiados segundo recomendações da NBR 5739: 2007 Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova

Figura 07- Média da compressão axial dos traços aos 7, 28 e 91 dias



Fonte: autores.

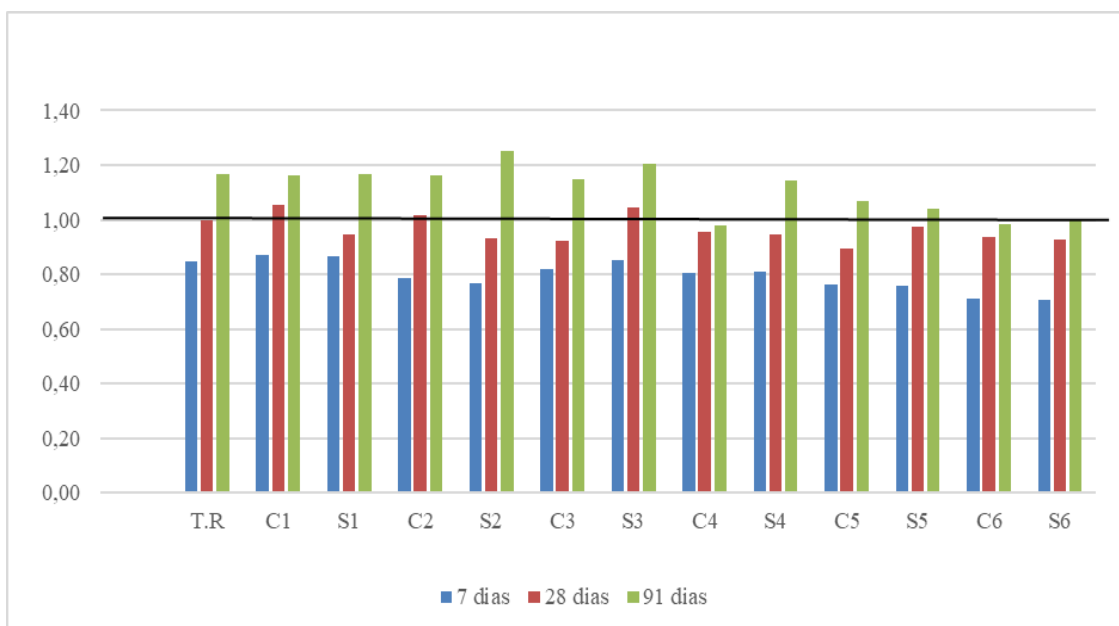
Tomando como base a resistência à compressão axial aos 28 dias de idade do T.R. pode-se definir que:

Os traços C4 e C6 nas idades de 91 dias não atingiram a resistência do T.R. aos 28 dias.

Os demais traços aos 91 dias de idade apresentaram resistência maior ou igual a do T.R. aos 28 dias de idade.

Na Figura 08 estão apresentados os resultados de resistência à compressão axial de todas as misturas estudadas em porcentagem tomando como base a resistência do T.R.

Figura 08- Porcentagem da resistência à compressão axial tomando como referência a resistência aos 28 dias do T.R.



Fonte: autores

Ao analisar-se todas as resistências à compressão axial dos traços percebemos que a resistência não é proporcional ao teor de substituição de pozolanas, o que vem de encontro com o estudo de Ludwig (2014) que em seu estudo substituiu cimento por CCA em teores de 3, 5 e 7%, e comparou com um traço referência. Constatou que os traços de 3 e 7% têm maior resistência à compressão axial que o traço de 5% de substituição de cimento por CCA.

Para Bezerra et al (2011), o aumento da resistência em idades mais avançadas pode ser atribuído, à reação da CCA com o hidróxido de cálcio formando o C-S-H, material resistente e estável, que favorece o aumento da resistência (reação pozolânica). Para Malhotra e Metha (1996), o bom desempenho de traços com CCA é explicado pelo fato de haver preenchimento dos vazios da argamassa, denominado efeito filler, aumentando o empacotamento das partículas e diminuindo, assim, os vazios, favorecendo positivamente a resistência a compressão simples.

Aos 91 dias de idade os traços S2 e S3 mostraram-se com as maiores resistências, logo nesses traços apresentou-se a reação pozolânica devido conter a sílica de casca de arroz. Essa reação tende a se desenvolver em idades superiores de 28 dias. (SILVA et al., 2009).

## 5. CONCLUSÃO

O objetivo do devido trabalho foi encontrar uma alternativa para o uso do resíduo proveniente da queima de casca de arroz pelas usinas de beneficiamento do grão. O estudo mostrou que quanto maior for o índice de substituição e redução de cimento por alguma das pozolanas maior será a consistência do concreto, perdendo a fluidez e a habilidade passante do concreto, devido as pozolanas absorverem mais água. Sugere-se que utilize aditivo plastificante junto ao concreto para que diminua a viscosidade das misturas.

O ensaio de massa específica realizado em cada traço mostrou que o S4 (substituição de 10% de cimento e redução de 5%) manteve-se com a mesma característica que o T.R., ou seja,  $2,51 \text{ g/cm}^3$ , os demais tiveram um aumento médio de 5,97% nas suas massas específicas quando comparadas com o T.R. Entre os ensaios de índice de vazios e massa específica percebe-se que não obteve-se variação significativa entre os traços.

Quanto aos ensaios de resistência à compressão axial os traços com sílica de casca de arroz mostraram-se com resultados ligeiramente superiores aos traços com cinza de casca de arroz. Com exceção dos traços C4 e C6 os demais mostraram-se viáveis por adquirirem maior resistência que o traço referência aos 28 dias de idade. O traço S2 (10% de substituição de cimento por sílica de casca de arroz) teve o maior ganho de resistência chegando a 64,87 MPa aos 91 dias. O que corresponde a 25,23% de resistência a mais do T.R. aos 28 dias, porém, com o traço S6 (aos 91 dias) pôde-se substituir um teor de pozolana de 10% e reduzir 10% de cimento, tendo a mesma resistência do T.R. aos 28 dias de idade, possibilitando assim, substituir uma maior porcentagem de pozolana e consequentemente reduzir uma proporção maior de cimento.

Logo, as substituições de CCA e de SCA trazem benefícios ambientais, técnicos e financeiros, sendo que substituindo CCA ou SCA parcialmente na composição do concreto consegue-se dar um destino adequado ao resíduo, o concreto tem um ganho em algumas propriedades mecânicas e torna-se uma alternativa econômica por possibilitar a redução do consumo de cimento.

## REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738: Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova**. Rio de Janeiro 2016.
- \_\_\_\_\_. **NBR 10004: Resíduos sólidos – Classificação**. Rio de Janeiro. 2004.
- \_\_\_\_\_. **NBR 5739: Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova**. Rio de Janeiro. 2007.
- \_\_\_\_\_. **NBR 12653: Materiais pozolânicos - Requisitos**. Rio de Janeiro 2015.
- \_\_\_\_\_. **NBR 9778: Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água por imersão**. Rio de Janeiro 2009.
- \_\_\_\_\_. **NBR NM 45: Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios**. Rio de Janeiro 2006.
- \_\_\_\_\_. **NBR NM 52:2009 – Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente**. Rio de Janeiro 2009.
- \_\_\_\_\_. **NBR NM 53: Agregado graúdo - Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água**. Rio de Janeiro 2009.
- \_\_\_\_\_. **NBR NM 67: 1996. Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone**. Rio de Janeiro 1996.
- \_\_\_\_\_. **NBR NM 248: Agregados - Determinação da composição granulométrica**. Rio de Janeiro 2003.
- AKASAKI, J. L.; SILVA, E. J.; TASHIMA, M. M.; BARBOSA, M. B. **Influência da adição de cinza de casca de arroz nos tempos de pega e retração por secagem**. In: Simpósio Ibero-Americano, 2005, Coimbra – Portugal. Anais... Portugal: SIABE 05, 2005.
- BEZERRA, I. M. T.; SOUZA, J.; CARVALHO, J. B. Q.; NEVES, G. A. **Aplicação da cinza da casca do arroz em argamassas de assentamento**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental v.15, n.6, p.639–645, 2011, Campina Grande, PB, UAEA/UFCG 03,2011.
- BRASIL. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. 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) > Acesso em 15 de maio de 2018.

- CORDEIRO, G. C.; FILHO, R. D. T.; FAIRBAIRN, M.R. **Influência da substituição parcial de cimento por cinza ultrafina da casca de arroz com elevado teor de carbono nas propriedades do concreto.** Monografia (Programa de pós-graduação em Engenharia Civil). Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Rio de Janeiro. 2009.
- DALCIN, Jarbas Bressa. **Avaliação do uso da sílica de casca de arroz obtida através da queima controlada como substituição parcial ao Cimento Portland na produção de concretos autoadensáveis.** Dissertação (mestrado). Alegrete, 2016. Universidade Federal do Pampa- UNIPAMPA, Programa de pós-Graduação em Engenharia. 2016.
- FOLETTTO, HOFFMANN, SCOPEL, LIMA, JAHN; **Aplicabilidade das cinzas da casca de arroz. Departamento de Engenharia Química, UFSM – RS.** Quim. Nova, V 28 Nº 6, 2005.
- ITAMBÉ. **Cimento para toda a obra.** Disponível em <<http://www.cimentoitambe.com.br/relatorios-de-ensaio/?pro=371>>. Acesso em 01 de maio de 2018.
- LUDWING, Douglas Giongo. **Concreto com adição de cinza de casca de arroz.** Monografia (Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas) - Centro Universitário Univates, Lajeado, 2014.
- MALHOTRA, V. M.; MEHTA, P. K. **Pozzolanic and cementitious materials.** 1.ed. Amsterdam: Advances in Concrete Technology, 1996. 191p.
- MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais.** São Paulo: PINI, 2008.
- NASCIMENTO, W. N.; et al. **Adição de cinza de casca de arroz CCA no concreto, sob o aspecto da durabilidade.** In: 44º CONGRESSO BRASILEIRO DE CONCRETO. Anais. São Paulo: IBRACON, 2002.
- OLDRA, Gean. **Avaliação da durabilidade de concretos fabricados com baixos teores de sílica de casca de arroz imersos em solução de sulfato de magnésio.** Monografia (graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Pampa, Alegrete. 2015.
- PÁDUA, P. G. L. **Argamassas para concretos estruturais confeccionados com cinza de bagaço de cana-de-açúcar in Natura.** In: Congresso Brasileiro do Concreto, 53, 2011, Florianópolis: IBRACON, 2011.
- POUEY, M. T. F. **Beneficiamento da cinza de casca de arroz residual com vistas à produção de cimento composto e/ou pozolânico.** Tese (Doutorado). Porto Alegre, 2006. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. 2006.





- SANTOS, S. **Produção e Avaliação do uso de pozolana com baixo teor de carbono obtida da cinza de casca de arroz residual para concreto de alto desempenho.** Tese (Doutorado). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.
- SILVA, C. A. R. **Aplicação do Conceito de Maturidade em concretos com adição da cinza de casca de arroz.** 2004. 115p. Dissertação (Mestrado em engenharia Civil) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Ilha solteira, 2004.
- SILVA, E. J.; AKASAKI, J. L.; DASNOY, J. **Influência das variáveis envolvidas no plantio de arroz nas características da cinza de casca de arroz.** Ambiente Construído, v.9, p.67-82, 2009.
- SILVA, E.J, RICCI E.C, AKASAKI J.L, TASHIMA.MT. **Análise da variação da retração por secagem em argamassas com a adição da cinza de casca de arroz.** Anais do VI Simpósio EPUSP sobre Estruturas de Concreto, Abril / 2006.
- SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DO CIMENTO (Org.). **Produção Regional 2017.** Disponível em: <<http://snic.org.br/assets/pdf/numeros/1520358608.pdf>>. Acesso em: 15 mar. de 2018.
- SOUZA, J. **Estudo da durabilidade de argamassas utilizando cinzas e casca de arroz no traço.** Tese de doutorado. Universidade Federal de Campina Grande – UFCG. Campina Grande – PB, 2008.
- TIBONI, R. A **Utilização da Cinza da Casca de Arroz de Termoelétrica como Componente do Aglomerante de Compósitos à Base de Cimento Portland.** Dissertação de mestrado. Universidade de Sao Paulo. Sao Carlos – SP, 2007.
- WEBER, Silvana Leonita. **Metodologia para Obtenção de Sílica de Elevada Reatividade para Uso em concreto de Alto Desempenho a Partir do Processamento de Cinza de Casca de Arroz.** Florianópolis, 2001. 98p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina. 2001.

# CAPÍTULO XIX

## UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS NO CONCRETO: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### USE OF WASTE IN CONCRETE: A BIBLIOGRAPHIC REVIEW

DOI: 10.51859/AMPLA.MAS2407-19

Christian Matheus Barbosa de Menezes <sup>1</sup>

Clark Virginio Ramos Galvao <sup>2</sup>

Erlan Lourenço de Lira <sup>3</sup>

Igor Santana Augusto da Silva <sup>4</sup>

Ranavalo de Araujo Leal <sup>5</sup>

Tallys Antonio da Silva <sup>6</sup>

Eliana Cristina Barreto Monteiro <sup>7</sup>

Angelo Just da Costa e Silva <sup>8</sup>

<sup>1, 2, 3, 4, 5, 6</sup> Mestrandos do Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento de Processos Ambientais-UNICAP

<sup>7, 8</sup> Professores Titular da Escola ICAM-Tech. Universidade Católica de Pernambuco – UNICAP e Universidade de Pernambuco

#### RESUMO

Atualmente muito se discute sobre sustentabilidade e métodos de contornar problemas ambientais provenientes do crescimento global. Crescimento este, que gera grandes impactos ambientais, desde a extração de recursos naturais para a produção de insumos, até a produção de resíduos, que são dispostos no meio ambiente sem nenhum controle. Outros resíduos produzidos como casca de marisco, cinza do bagaço da cana-de-açúcar e cinza da casca de arroz podem ser reaproveitados como materiais na confecção de concreto, contribuindo com a destinação desses resíduos. O objetivo desse trabalho é analisar pesquisas que estão sendo utilizadas atualmente com esses resíduos e demonstrar as principais características encontradas pelos autores quanto a eficácia dos resíduos e sua resistência como agregado na construção civil.

**Palavras-chave:** Sustentabilidade, Resíduos, Inovação, Meio Ambiente, Concreto.

#### ABSTRACT

Currently, much is discussed about sustainability and methods of circumventing environmental problems arising from global growth. This growth, which generates major environmental impacts, from the extraction of natural resources for the production of inputs, to the production of waste, which is disposed of in the environment without any control. Other waste produced such as shellfish husk, sugarcane bagasse ash and rice husk ash can be reused as materials in the manufacture of concrete, contributing to the destination of these wastes. The objective of this work is to analyze researches that are currently being used with these residues and to demonstrate the main characteristics found by the authors regarding the effectiveness of the residues and its resistance as an aggregate in civil construction.

**Keywords:** Sustainability, Waste, Innovation, Environment, Concrete.



## 1. INTRODUÇÃO

A palavra “sustentabilidade” é uma das mais faladas e comentadas neste novo milênio e, não por acaso, esse conceito tem invadido as mais diversas áreas do conhecimento e setores da economia, devido ao despertar da sociedade para a causa da preservação do meio ambiente através de técnicas e uso de produtos e outros métodos que não agriam o mesmo.

Os impactos ambientais da indústria do concreto gerados por exemplo, principalmente, durante a produção de cimento podem ser locais, regionais ou globais. Nas jazidas de extração de agregado miúdo são deixadas crateras abertas obrigando ao ecossistema local arcar com altos custos de regeneração. Para que a jazida seja explorada é necessário que se realize antes a supressão vegetal em 100% da área a ser explorada e parcialmente das áreas de apoio e ou escoamento (LIOTTO, 2019).

O concreto é um dos materiais de construção mais utilizados no mundo, sendo fundamental em quase todas as estruturas e na maior parte das etapas de uma obra, seja ela de infraestrutura, edifícios, rodovias, e em construções não estruturais (SUN et al, 2018). Essa ampla aplicação ocorre por causas das propriedades do concreto como alta resistência, durabilidade e facilidade de projeto, terem superioridade em relação a outros materiais e baixo custo (YEONG et al, 2018).

No quesito reaproveitamento de rejeitos oriundo do processo de fabricação de outros materiais, podemos destacar o vidro, a concha do marisco, o pó de arroz e o bagaço da cana-de-açúcar que podem ser utilizados como resíduos para uma produção ecológica e sustentável na fabricação do concreto tendo em vista que sua utilização pode reduzir recursos naturais que são amplamente explorados assim como utilizar matérias que não teriam uma destinação adequada na sociedade.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. VIDRO COMO RESÍDUO NO CONCRETO

O vidro é composto basicamente de sílica (areia), barrilha (carbonato de sódio), calcário, feldspato e aditivos. Apesar de o vidro ser um material 100% reciclável, não é biodegradável e se acumula por vários anos em aterros e lixões se não for reciclado. Uma solução a este impacto é a incorporação deste resíduo no concreto, uma vez que esse material possui composição química similar. Esta substituição parcial dos

elementos constituintes do concreto não apenas proporciona redução dos impactos ambientais provocados pela extração de matéria-prima e acúmulo de vidro em aterros, como também, melhora as propriedades de resistência e durabilidade e tem potencial para redução de custos na produção de argamassas e concretos (LIOTTO, 2019).

A literatura reporta que o vidro pode ser usado como agregado miúdo em concretos de cimento Portland. De modo geral, diferentes aspectos de utilização de agregados de vidro em misturas de concreto, seja como substitutos finos em cimentos, agregados miúdos ou agregados graúdos vem sendo estudado, principalmente sobre questões como redução da trabalhabilidade e propriedades mecânicas (LIU et al., 2018; RASHIDIAN-DEZFOULI et al., 2018).

### 2.1.1. PÓ DE VIDRO

O pó de vidro se configura como um resíduo que pode ser utilizado em concretos, em substituição ao cimento Portland, sendo uma alternativa já estudada por alguns pesquisadores, dentre eles, Patil e Sangle (2013) e Rodier e Savastano Jr. (2018).

O uso de vidro já foi estudado e atualmente existem países utilizando este material como agregado fino no concreto. A Austrália, por exemplo, já utiliza o vidro moído proveniente do lixo em concretos para construção (CRENTSIL, K. S. et al., 2001).

Foram apresentadas recomendações para o uso deste material em concretos no estado de Nova York (MEYER et al., 1999). No Brasil, esta forma de valorização desse recurso é pouco utilizada, uma vez que o aterro é uma opção muito barata e a disponibilidade de matéria-prima para materiais de construção é abundante.

Na pesquisa de López et al. (2005) foi realizada uma comparação por meio do estudo das propriedades mecânicas de concretos produzidos primeiramente com a substituição da areia por vidro moído e, numa segunda parte, pela adição do vidro moído sobre a massa de areia. Como conclusão foi possível verificar que a substituição de 5% em massa do agregado fino do concreto (areia) por vidro moído (com diferentes faixas granulométricas) acarretou um aumento da resistência à compressão dos corpos de prova. Este aumento da tensão de ruptura mostrou-se dependente da granulometria do vidro, sendo que a faixa granulométrica de 0,15mm - 0,30mm apresentou os melhores valores. A utilização da faixa granulométrica 0,30mm - 0,60mm acarretou uma diminuição da tensão de ruptura dos corpos de prova. A tensão de ruptura atingida pelo

corpo de prova confeccionado com vidro moído na granulometria 0,15mm - 0,30mm atingiu um valor 21% superior àquele do corpo de prova de referência (LÓPEZ et al 2005).

Já na pesquisa de Barbosa et al. (2021), o pó de vidro utilizado foi feito de vidro laminado moído no moinho de esferas e passado em sua totalidade na peneira 150 mm a fim de que se obtivesse apenas material fino para verificação do efeito filler e comportamento na coesão do concreto.

Para que fosse possível determinar a viabilidade da substituição do agregado miúdo por pó de vidro, foi dosado um traço base pelo método de Tutikian e Dal Molin (2021) de fck 40 MPa e confeccionado corpos de prova a partir deste traço. Em seguida concretos com teores de substituição de 10%, 20% e 40% de areia por pó de vidro foram produzidos e seus comportamentos no estado fresco e endurecido foram avaliados. A Figura 1 mostra a produção do pó de vidro que foi utilizado na pesquisa em questão.

Figura 1. Vidro triturado



Fonte: BARBOSA; RIBEIRO; COUTINHO, 2021

Foram moldados corpos de prova cilíndricos 100x200mm para os ensaios de determinação da resistência à compressão. As idades para os ensaios de compressão foram 3, 7, 14 e 28 dias. A cada ensaio foram rompidos 3 corpos de prova a fim de que se obtivesse um resultado fidedigno após tratamento estatístico. A Tabela 1 apresenta os traços unitarios para os teores de substituição.

Tabela 1. Traços unitários para teores de substituição

	Cimento	Areia	Pó de vidro	Brita	a/c	Sílica	Aditivo
T0%	1	2,71	0	3,04	0,52	12%	0,08%
T10%	1	2,439	0,271	3,04	0,52		
T20%	1	2,168	0,542	3,04	0,52		
T40%	1	1,626	1,084	3,04	0,52		

Fonte: Editado de NOLETO, et al., 2021

Feita a substituição parcial do agregado miúdo pelo pó de vidro, foi possível notar que no que se refere a desempenho mecânico todos os teores de substituição apresentaram resultados idênticos, alcançando, em média os 40 MPa da dosagem. Em relação ao desempenho do concreto auto adensável no estado fresco, todos os teores de substituição também mostraram resultados satisfatórios.

No trabalho ainda aponta que as análises visuais propostas pela ABNT NBR 15823-1 (2017) mostraram que não houve evidência de exsudação, ou ainda segregação. Porém, o traço com teor de substituição de 40% de areia por pó de vidro resultou em um grande aumento na coesão e viscosidade do concreto, fazendo com que sua aplicação possa ser comprometida, mesmo estando dentro do limite de 550 mm, portanto o teor ótimo de substituição é 20%, pois este teor apresentou desempenho mecânico regular, fluidez, coesão e viscosidade satisfatórias, sendo possível a utilização em concretos de diferentes classes de resistência (NOLETO et al., 2021).

## 2.2. CINZA DA CASCA DE ARROZ COMO RESÍDUO NO CONCRETO

O Brasil, país onde detém-se muito às culturas agrônômicas, tem a plantação de arroz uma vertente forte no ramo dos cereais, diante que, por exemplo, em 2018 houve uma safra de aproximadamente 11,7 milhões de toneladas deste material (IBGE, 2018). A expectativa para a estimativa da produção agrícola em 2022 é de atingir valores recordes comparado com anos anteriores. E mesmo com um declínio de 2,6% na produção do arroz em relação a 2021, o arroz é um dos três principais produtos da estimativa de alta produção representando 91,5%, sendo 87,1% da área a ser colhida (IBGE, 2022).

Segundo as considerações dos estudos de Silva et al. (2019), esta atividade gera um grande volume de resíduos, que são as cascas do arroz, onde mesmo com a queima destas para beneficiamento energético de indústrias, tornando-se combustível, ainda se resta grandes quantidades de cinzas. Cerca de 20% da casca queimada é convertida em



cinzas. Concebendo-se como um resíduo agroindustrial, a cinza da casca de arroz não tem um direcionamento certo, é comumente descartada em aterros não preparados, gerando poluição ambiental.

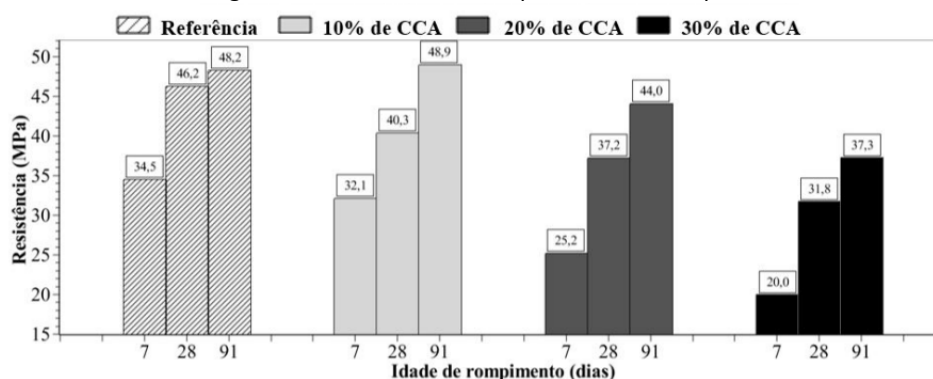
Este resíduo disposto em grandes áreas de acúmulos, detém-se a dispersão natural das cinzas provocando de maneira direta a poluição do meio ambiente, pela questão da sua biodegradação ser lenta e então durar longos anos para decompor-se (DELLA et al, 2005).

Visto toda a problemática ambiental e em estudos sobre a utilização deste resíduo, Schimanowski et al. (2019) entende que diante do conceito de sustentabilidade, a cinza da casca de arroz pode ser utilizada na fabricação de concreto pela questão de ter propriedades pozolânicas e apresentar-se como um *filler* já que suas partículas são pequenas e com isso a área superficial do material aumenta. E isto poderia contribuir amplamente ao concreto já que ambas as características aumentam a performance do material, com aumento de compacidade, maior empacotamento, maior impermeabilidade, resistência elevada à fissuração, uma maior durabilidade do material (LONDERO, 2017).

Em revisão bibliográfica realizada por Cecconello (2013), ele considera que como o resíduo apresenta grandes teores de sílica ativa, a substituição parcial do cimento pelas cinzas da casca de arroz dispõe de concretos mais resistentes devido à diminuição de porosidade e melhorias em suas propriedades de resistências nas idades iniciais e ao decorrer do tempo.

Schimanowski et al. (2019) em pesquisas com foco o comportamento de concretos com substituições parciais de cimento pela cinza da casca do arroz, em 10%, 20% e 30%, junto a ensaios de abatimento de cone e resistência à compressão axial em 7, 28 e 91 dias, obteve-se resultados também claramente positivos deste material alternativo como retrata a Figura 2. Houve um aumento de resistência, com a substituição em 10%, tamanho que superou a média da amostra de referência. De forma que pelo ponto de vista técnico e ambiental é totalmente viável a substituição parcial pelo cimento na realização de um concreto de alta performance. No entanto, quanto maior a porcentagem de substituição residual em massa pelo cimento, os traços precisam da adição de água proporcionalmente, influenciando de forma direta a redução da resistência à compressão.

Figura 2. Resultados de compressão axial simples



Fonte: SCHIMANOWSKI et al., 2019

### 2.3. CINZA DO BAGAÇO DA CANA-DE-AÇÚCAR NO CONCRETO

A cultura agrônômica da cana-de-açúcar é um traço muito marcante na agronomia brasileira já que desde a época da colonização já era praticada. De acordo com Maciel (2020), a cana-de-açúcar é um material muito abundante, muito pelo reflexo do Brasil ser produtor de 60% do álcool etílico do planeta que é consumido também pelo fato de ser o maior produtor mundial deste material e do açúcar que provém dele.

O maior produtor de cana-de-açúcar no Brasil é o estado de São Paulo, com ressalvas para os estados de Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso do Sul, Paraná, Mato Grosso, Bahia, Alagoas, Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte que também são grandes produtores deste. Em 2021, obteve-se uma safra de mais de 715 toneladas de cana-de-açúcar no Brasil para uma área colhida de quase 10 hec. (IBGE, 2022).

Diante deste contexto, a cada final deste processo de colheita e o devido tratamento, seja para produção de álcool ou açúcar, resta-se muito resíduos no final do processo, que é o bagaço da cana-de-açúcar, Figura 3, que nem sempre detém de uma correta destinação nos moldes da sustentabilidade ambiental, por muitas é um resíduo descartado de forma inadequada (MACIEL, 2020). 26% do bagaço gerado pelo processo de moagem provém de 1 tonelada do material (NASCIMENTO, 2016).

Figura 3. Montanha de bagaço de cana-de-açúcar



Fonte: SAMPAIO, 2013

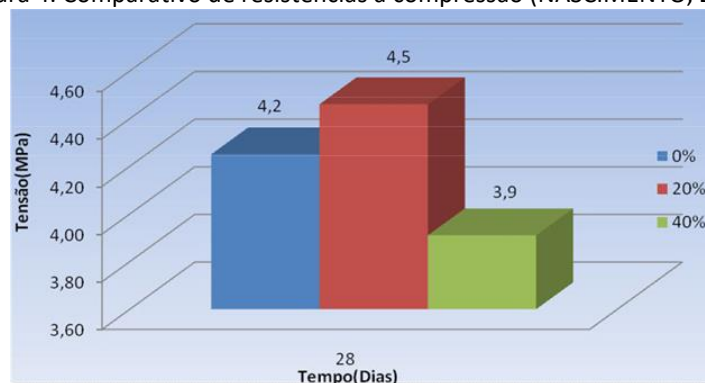
E de acordo com Sampaio (2013), diante o processo dos subprodutos da cana-de-açúcar, a moagem gera cerca de 30% de bagaço ao qual atualmente tem sido amplamente aproveitada para beneficiamento energético nas caldeiras das próprias indústrias de álcool e açúcar, onde cerca de 95% do material é queimado para geração de vapor impulsionando a produção. No entanto ainda resta as cinzas do bagaço de cana-de-açúcar que se apresentam com um material que também propõe danos potenciais irreversíveis ao meio ambiente.

Batista (2021) reforça que a reutilização de resíduos está ganhando cada vez mais espaço na construção civil como novas tecnologias para mitigar a exploração progressiva de recursos naturais e diminuição nas emissões de CO<sup>2</sup>, tanto na produção de agregados ou produtos cimentícios.

Segundo Maciel (2020), em sua revisão bibliográfica, a cinza da cana-de-açúcar apresenta-se com predominância de sílica, sendo este um componente químico que traz características pozolânicas, ou seja, apresenta enorme potencial para utilização no concreto. Já que neste contexto pode transformar o concreto em um material menos permeável, mais empacotado, mais denso, com uma compacidade maior, características que são satisfatórias para a empregabilidade do concreto. E logo, pode ser utilizada como substituto parcial do cimento Portland ou até mesmo de agregados miúdos.

Nascimento (2016), em estudo sobre a utilização das cinzas do bagaço da cana substituindo parcialmente o agregado miúdo na execução do concreto com traço padrão e  $a/c=0,5$  para 3 famílias, com 21 amostras cada, com teores de substituição de 0%, 20% e 40% de areia pela cinza e rompidos com 7 e 28 dias, obteve que tal substituição destes materiais proporciona um aumento de resistência à compressão do concreto, como retrata a Figura 4.

Figura 4. Comparativo de resistências à compressão (NASCIMENTO, 2016)

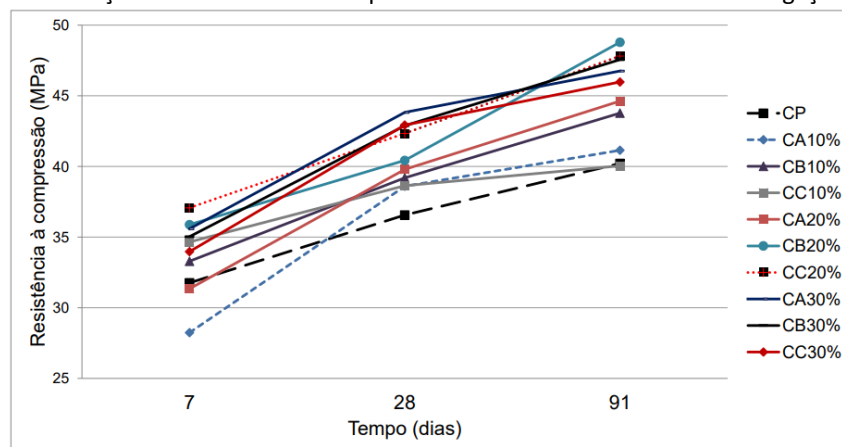


Fonte: NASCIMENTO, 2016

Logo, concebendo-se uma alternativa sustentável e vistosa para substituição de agregados miúdos do concreto, já que com a cinza apresentou-se resistências satisfatórias.

Já Sampaio (2013) teve sua base de estudos de uma maneira diferente, no qual o autor determinou que a substituição parcial seria pelo cimento Portland em base de 3 famílias com amostras de 0%, 10%, 20% e 30% de teor de substituição do cimento com a cinza do bagaço da cana-de-açúcar, com teores de água-cimento alternando proporcionalmente de acordo com o aumento do teor substituído. Logo pode-se obter resultados que apontaram a diminuição de permeabilidade, porosidade de forma que potencializou o aumento da compacidade com o efeito do empacotamento, e com isso o aumento da resistência do concreto tendo a cinza do bagaço da cana em sua composição, como pode-se observar na Figura 5. A maioria das amostras se apresentaram com capacidades de resistência maior do que as amostras de referência nas idades de rompimento, dispondo que a substituição parcial do cimento pela cinza do bagaço da cana-de-açúcar é uma grande oportunidade de sustentabilidade na engenharia civil com o direcionamento de um resíduo sem funcionalidade e a propondo a diminuição de emissão de  $\text{CO}_2$  por parte das indústrias cimenteiras.

Figura 5. Variação de resistência à compressão das amostras com cinza do bagaço da cana



Fonte: SAMPAIO, 2013

## 2.4. CONCHAS DE MARISCOS NO CONCRETO

A malacocultura é disposta como o cultivo de moluscos e esta atividade é concebida como uma enorme contribuição financeira produzindo renda direta e indiretamente para comunidades ribeirinhas de forma que garante ao mínimo a subsistência das pessoas que a compõe (BATISTA, 2021).

Segundo o IBGE (2019), a cultura de produção de moluscos como ostras e mexilhões chegaram a serem superiores que 15 toneladas no Brasil. País este que vem desenvolvendo-se no campo da malacocultura, tendo o estado de Santa Catarina o maior produtor, com ressalva para o vasto litoral norte e a vasta área de manguezais do estado de Pernambuco. Diante disto o Brasil é o segundo maior produtor da América Latina (MOTA, 2021).

No entanto, como toda atividade de produção, a malacocultura também é uma grande geradora de resíduos, que são principalmente provenientes das cascas dos moluscos (FERREIRA, 2021). O processo de extrativismo e tratamento deste material proporciona grandes montantes de conchas de mariscos e não fazem parte da gama de materiais nas atividades de coletas de resíduos dos municípios (SOUSA, 2021).

Em estudos sobre o material, Batista (2021) afirma que em média 70% do peso dos moluscos é direcionado as conchas, sendo esta a parcela habitualmente descartada pelos marisqueiros das comunidades que praticam a atividade.

As conchas dos mariscos sem a destinação correta causam grandes impactos ambientais começando pela inexistência de local de descarte adequado, sendo o resíduo depositado principalmente em leitos de rios, área de manguezais, vias públicas e até em

terrenos baldios. E isto implica em diversas adversidades como, mal cheiro, poluição visual a atração de ratos e insetos proporcionando falta de controle sanitário e manifestação de enfermidades nas comunidades. Além de que se estes resíduos depositados em rios e mares ou manguezais pode provocar assoreamento a longo prazo, redução da profundidade dos ambientes impedindo a passagem d'água prejudicando o equilíbrio biológico e com ressalva nas alterações negativas na qualidade da água (SOUSA, 2021; BATISTA, 2021).

Mota (2021) afirma que em tempos que há uma certa urgência do conceito de sustentabilidade ser empregado de forma incisiva no nosso cotidiano, a construção civil segue visando a conscientização sobre a produção elevada de resíduos e de novas tecnologias de utilização de materiais sustentáveis em substituição de materiais convencionais para mitigação das emissões de CO<sup>2</sup> e da escassez de recursos naturais. Neste contexto, Sousa (2021) dispõe que a investigação de que as conchas de mariscos possam ser uma boa alternativa para substituição de agregados em concretos e argamassas na construção civil, visando a questão da sustentabilidade junto ao desenvolvimento econômico de comunidades ribeirinhas em envolvidas com o processo de extração de mariscos. Este material é basicamente composto pelo carbonato de cálcio (CaCO<sup>3</sup>), logo com este alto potencial químico, eleva-se a utilização deste em diversas áreas de indústrias da construção civil.

Em experimentação, Ferreira (2021) realizou um estudo do reaproveitamento de cascas de marisco utilizando-as no concreto, de forma que o material fora triturado e tenha sido incorporado em forma de pó e em substituição parcial de 5%, 10 e 15% pela areia média. Diante da composição química muito atrativa e ao tamanho e formato dos grãos artificiais produzidos, fora conferido uma melhor compacidade no concreto, menor tendência à fissuração e até uma melhor trabalhabilidade do concreto. E as resistências à compressão médias em 14 dias, Tabela 2, o pesquisador obteve resultados aceitáveis dentro da funcionalidade de um concreto não estrutural.



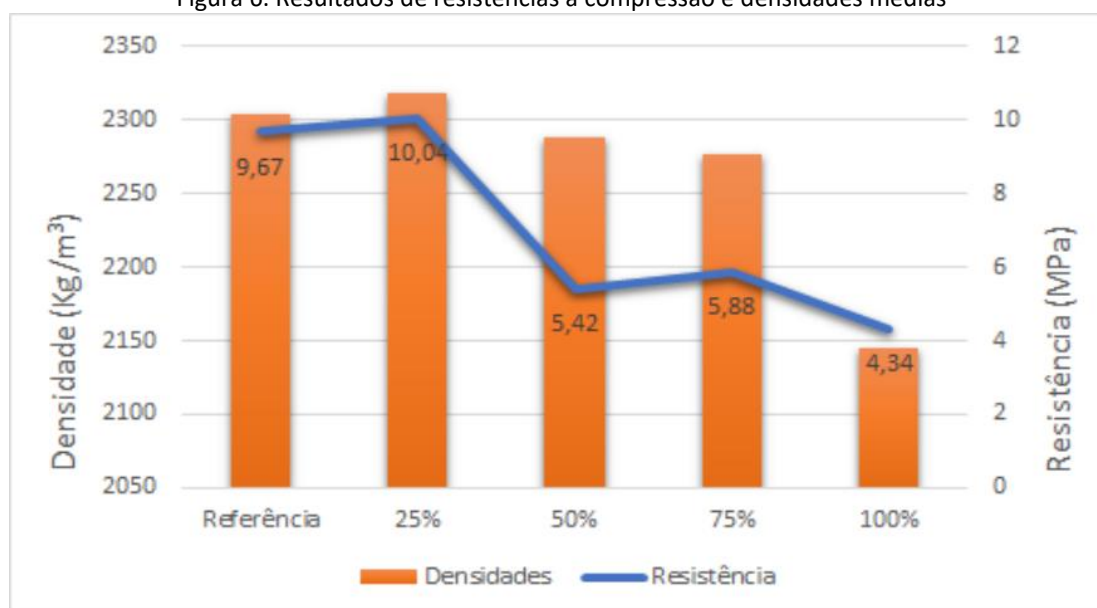
Tabela 2. Valores adquiridos no ensaio de resistência à compressão em 14 dias

Corpo de prova	Tensão 1 (MPa)	Tensão 2 (MPa)	Tensão 3 (MPa)	Média (MPa)
Convencional	31,03	29,70	28,57	<b>29,77</b>
5% de pó de concha de mariscos	31,97	26,74	14,85	<b>24,52</b>
10% de pó de concha de mariscos	30,28	31,49	32,00	<b>31,25</b>
15% de pó de concha de mariscos	29,90	33,32	25,25	<b>29,49</b>

Fonte: FERREIRA, 2019

Já a pesquisa de Barral (2018) foi direcionada para a utilização da casca de marisco como agregado graúdo na execução de concreto não estrutural, aquele que não se apresenta um grande valor de resistência, tendo como diferencial o não processamento do material para uma obtenção de granulometria mais fina, ou seja, em forma natural da concha. A pesquisa deteve 5 famílias com 6 amostras cada sendo uma de referência e as restantes com substituição do agregado graúdo em 25%, 50%, 75% e 100%. Com os ensaios de resistência à compressão notou-se que a viabilidade se dá apenas para as amostras de 25%, Figura 6, já que as conchas atuam sem interferir negativamente na sua densidade. As demais famílias obtiveram quedas de resistências muito justificadas com o aumento de vazios pelo formato das conchas e pela ausência de aditivo.

Figura 6. Resultados de resistências à compressão e densidades médias



Fonte: BARRAL, 2018

Logo é possível conceber que há um elevado potencial para a utilização deste resíduo para a confecção de concreto não estrutural, blocos para pavimentação, para elevação de alvenaria, pisos e realça a questão de poder diminuir em faixas de 30% a 40% o valor total da obra em questão (MOTA, 2021; SOUSA, 2021).

### 3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Existe uma vasta variedade de resíduos que podem ser utilizados para substituir parcialmente ou até mesmo totalmente a utilização de recursos não renováveis. A pesquisa em questão demonstra que ao analisar os resultados obtidos pelos autores dos artigos estudados é possível constatar que os resíduos apresentados são confiáveis para a utilização no concreto, de acordo com a percentagem de substituição proposta para utilização em concretos não estruturais ou até mesmo de alta performance como no caso da cinza do bagaço da cana-de-açúcar. Reduzindo assim o acúmulo de lixo irregular e favorecendo o reaproveitamento desse material como matéria-prima na construção civil. Com isso se faz necessário novas pesquisas com o objetivo de analisar outros resíduos que podem ser utilizados para o mesmo fim e até mesmo verificar a possibilidade de utilização em elementos estruturais no futuro.

### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a bolsas da CAPES, FACEPE e CNPQ.

### REFERÊNCIAS

- ABNT NBR. Concreto autoadensável, Parte 1: Classificação, controle, e recebimento no estado fresco. 15823-1. 14 páginas. Segunda. 25/08/2017. Concreto Autoadensável.
- BARBOSA, J. P.; RIBEIRO, F. H. D. M.; COUTINHO, R. S. AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA UTILIZAÇÃO DO PÓ DE VIDRO COMO SUBSTITUIÇÃO PARCIAL AO AGREGADO MIÚDO NAS PROPRIEDADES DO CONCRETO AUTOADENSÁVEL. **Singular. Engenharia, Tecnologia e Gestão**, v. 1, n. 3, p. 6–11, 16 dez. 2021.
- BARRAL, Lis. A influência das conchas de mariscos como agregado graúdo para o concreto não estrutural. 2018. 33 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – UNIJORGE, Salvador, 2018.
- BATISTA, H. A. P. M. Análise bibliográfica da viabilidade de aplicação de resíduos sólidos na confecção de compósitos cimentícios. Projeto final de curso para obtenção do



título de bacharel em Engenheiro Civil – Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco, 2021. Recife/PE.

C. MEYER, Y. Xi, J. Mater. in Civil Eng. ASCE 11, 2 (1999) 89.

CECCONELLO, V. Avaliação de concretos produzidos com agregados graúdos reciclados de concreto e cinza de casca de arroz, com ênfase na retração. (2013). Dissertação (mestrado) – Universidade Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, 2013. São Leopoldo, Rio Grande do Sul/RS, 2013.

DELLA, V. P., KÜHN, I. & HOTZA, D. (2005) Reciclagem de Resíduos Agro-Industriais: Cinza de Casca de Arroz como Fonte Alternativa de Sílica. Revista Cerâmica Industrial, 10 (03).

FERREIRA, B. C.; DA SILVA, R. J. M. Reaproveitamento de cascas de mariscos na produção de concreto. XVII Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação das Construções. Fortaleza, Brasil, 2021. Fortaleza/CE, 2021.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). (2019) – Pesquisa da Pecuária Municipal. Acesso em: 03 out. 2022. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/ppm/quadros/brasil/2019>.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). (2018). IBGE prevê safra de grãos 6,8% menor em 2018. Acesso em: 30 set. 2022. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/19474-ibge-preve-safra-de-graos-6-8-menor-em-2018>

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). (2022). Acesso em: 30 set. 2022. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/34845-estimativa-de-agosto-aponta-safra-recorde-de-261-7-milhoes-de-toneladas-em-2022>

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). (2022). Acesso em: 01 out. 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/cana-de-acucar/br>

ISAIA, G. C.; GASTALDINI, A. L. G.; MEIRA, L.; DUART, M. & ZERBINO, R. (2010). Viabilidade do emprego de cinza de casca de arroz natura em concreto estrutural. Parte I: propriedades mecânicas e microestrutura. Ambiente Construído, 10 (1), 121-137.

**IV Simpósio Nacional de Gerenciamento de Cidades.** [s.l: s.n.]. Disponível em: <<https://www.eventoanap.org.br/data/inscricoes/911/form5483350.pdf>>. Acesso em: 3 out. 2022.

CRENTSIL K. S., T. Brown, A. Taylor, Recycled glass as sand replacement in premix concrete, Ed. Eco-Recycled Australia and CSIRO (2001) 44.

- LIOTTO, P. F. (2019). Concreto com a substituição parcial de agregado miúdo por vidro reciclado. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Amazonas. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2019. Manaus/AM.
- LIU, Q.F.; FENG, G.L.; XIA, J.; YANG, J.; LI, L.Y. (2018). Ionic transport features in concrete composites containing various shaped aggregates: a numerical study. *Compos Structures*, v. 183, Pages 371-380, 2018.
- LONDERO, C. (2017). Valorização da cinza da casca de arroz com aplicação no concreto. Trabalho de Conclusão da Curso, Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, Brasil.
- LÓPEZ, D. A. R.; AZEVEDO, C. A. P. DE; BARBOSA NETO, E. Avaliação das propriedades físicas e mecânicas de concretos produzidos com vidro cominuído como agregado fino. *Cerâmica*, v. 51, n. 320, p. 318–324, dez. 2005.
- MACIEL, D. L. O.; CAVALCANTE, J. R. D.; OMENA, J. C. R.; SILVA, J. S. Reutilização da cinza do bagaço da cana-de-açúcar na confecção de concreto: Uma revisão narrativa. *Cadernos da Graduação – Ciências exatas e tecnológicas*, V.6, n.2, p. 113-122, outubro 2020. Alagoas/AL, 2020.
- MOTA, J. M. F. Uso de conchas de mariscos como agregados na construção civil: Relato de experiência com pescadores do Litoral norte de Pernambuco. (2021). Trabalho de conclusão de curso apresentado como artigo. Instituto Federal de Pernambuco. Recife/PE.
- NASCIMENTO, M. C. A. Utilização da cinza do bagaço da cana-de-açúcar (CBC) em substituição parcial ao agregado miúdo em concreto não estrutural. (2016). Dissertação (mestrado) – Universidade Católica de Pernambuco, Programa de Pós-graduação em Engenharia civil, 2016. Recife/PE.
- RASHIDIAN-DEZFOULI, H.; AFSHINNIA, K.; RANGARAJU, P. R. (2018). Efficiency of Ground Glass Fiber as a cementitious material, in mitigation of alkali-silica reaction of glass aggregates in mortars and concrete. *Journal of Building Engineering*, v.15, Pages 171-180, 2018.
- RODIER, L.; SAVASTANO JR., H. (2018). Use of glass powder residue for the elaboration of eco-efficient cementitious materials. *Journal of Cleaner Production*, Volume 184, 20 May 2018, Pages 333-341.
- SAMPAIO, Z. L. M. Análise de comportamento mecânico de concretos produzidos com incorporação de cinza do bagaço da cana-de-açúcar de variedades SP911049, RB92579 e SP816949. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, 2013. Natal/RN.
- SANGLE, K. K.; PATIL, S. P. (2013). Flexural Strength Evaluation of Prestressed Concrete Beams with Partial Replacement of Cement by Metakaolin and Flyash. *American*



International Journal of Research in Science, Technology, Engineering & Mathematics, 3(2), June-August, 2013, pp. 187-194. USA, 2013.

SILVA, R. S.; GAMA, K. N. C.; SALLES P. V. & BRAGA, F. C. S. (2019) Concreto com cinza de casca de arroz (CCA) e resíduos de construção e demolição (RCD). Res., Soc. Dev. 2019; 8(4):e2684861. Revista Research, Society and Development.

SHIMANOWSKI, E. R. Z.; PEREIRA, F. C.; BINELO M. O.; LOPES D. C.; MORAES G. A. Concreto com substituição de cimento por cinza de casca de arroz. XXVII Seminário da Iniciação Científica – Bolsistas da Graduação de UNIJUÍ/RS, 2019. Unijuí/RS, 2019.

SOUSA, O. S.; SOUSA, L. B. CONCRETO COM CONCHAS DE MARISCOS: ETNOMATEMÁTICA E CONSTRUÇÃO CIVIL, SUSTENTABILIDADE E DESENVOLVIMENTO SOCIOECONÔMICO. Revista Diálogos e Perspectivas em Educação, Marabá-PA, v.3, n. Especial, p. 123-141, nov. 2021. Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará. Marabá/PA, 2021.

SUN, W.; SHE, W.; LIU, C.; LIU, G.; JI, Y.; ZHANG, Y.; WU M. (2018). Reducing environmental impacts and carbon emissions: Study of effects of superfine cement particles on blended cement containing high volume mineral admixtures. Journal of Cleaner Production, v. 196, p. 358-369, 2018.

TUTIKIAN, B.F.; DAL MOLIN, D.C. Concreto Auto adensável. 1 ed. São Paulo: PINI, 2008.

YEONG, K.; KIM, S.; OH, Y.K.; LIM, J.; SON, S.. (2018). Erection Simulation of Steel Connected Precast Concrete Components for Logistics Buildings. Proceedings of the 3rd World Congress on Civil, Structural, and Environmental Engineering (CSEE'18). Budapest, Hungary – April 8 - 10, 2018.



## O USO DO REJEITO DE MINÉRIO DE BAUXITA: UMA BREVE REVISÃO

THE USE OF BAUXITE ORE TAILINGS: A BRIEF REVIEW

DOI: 10.51859/AMPLA.MAS2407-20

Carla Fernanda de Lima Pereira <sup>1</sup>

Ronaldo Souza dos Santos <sup>2</sup>

Wesley Farias Teixeira <sup>2</sup>

Adriano Olímpio da Silva <sup>3</sup>

Aline Alves dos Santos Naujorks <sup>4</sup>

Rosangela da Silva Lopes <sup>5</sup>

<sup>1</sup> Graduanda do curso de Engenharia de Minas. Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA

<sup>2</sup> Graduando do curso de Engenharia de Minas. Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA

<sup>3</sup> Professor Adjunto do Campus Universitário de Juruti-PA. Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA

<sup>4</sup> Doutora em Química. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS

<sup>5</sup> Doutora em Química e Professora do Campus de Naviraí. Instituto Federal de Mato Grosso do Sul – IFMS

### RESUMO

O rejeito gerado a partir do beneficiamento do minério de bauxita ainda é uma questão que está em constante estudo na procura de uma solução efetiva para o seu uso. O presente trabalho apresenta uma breve revisão da literatura acerca de publicações relacionadas ao uso do rejeito de minério de bauxita com o objetivo de verificar quais alternativas estão sendo trabalhadas para a sua reutilização, ou seja, quais pesquisas vêm sendo implementadas objetivando a aplicação e viabilidade do uso do rejeito do minério de bauxita. Na busca realizada a partir das palavras-chave “rejeito”, “resíduo” e “lama vermelha” seguida por uma triagem sistêmica, revelou que 18 trabalhos de pesquisas tratam do uso do rejeito de minério de bauxita para diversos fins. Nessa perspectiva, os resultados permitem uma reflexão sobre o aproveitamento do rejeito de bauxita buscando alternativas viáveis na produção de novos materiais.

**Palavras-chave:** Rejeito de bauxita. Lama Vermelha. Mineração. Sustentabilidade.

### ABSTRACT

The tailings generated from the processing of bauxite ore is still an issue that is under constant study in the search for an effective solution for its use. The present work presents a brief literature review about publications related to the use of bauxite ore tailings with the objective of verifying which alternatives are being worked on for its reuse, that is, which researches have been implemented aiming at the application and feasibility of the use of bauxite ore tailings. In the search carried out using the keywords “tailings”, “waste” and “red mud” followed by a systemic screening, it was revealed that 18 research papers deal with the use of bauxite ore tailings for various purposes. From this perspective, the results allow a reflection on the use of bauxite tailings, seeking viable alternatives in the production of new materials.

**Keywords:** Bauxite waste. Red Mud. Mining. Sustainability.



## 1. INTRODUÇÃO

O alumínio é um metal que está presente em nosso cotidiano, pois o mesmo é utilizado em formas variadas na sociedade, como nos transportes, transmissão de energia elétrica, equipamentos médicos, aparelhos eletrônicos, em eletrodomésticos, entre outros. Este metal representa aproximadamente 8% da crosta terrestre, e sua principal fonte é a bauxita (ABAL, 2019a). Para que ocorra a transformação da bauxita em alumínio são necessários dois processos industriais, sendo eles: o Processamento Bayer, transição da bauxita para óxido de alumínio ou alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) e o Processamento Hall-Héroult, responsável pela conversão da alumina em alumínio metálico. O Processo Bayer é constituído de quatro etapas que ao final gera um grande volume de rejeito de bauxita (RB) ou lama vermelha (LV).

Em conformidade com a NBR 10.004/2004 esse subproduto da mineração é classificado como um resíduo sólido dado que “resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição” (ABNT, 2004). Apesar da definição dada por essa norma brasileira, denominamos especificamente de rejeito, visto que, não há até o presente momento, a possibilidade de recuperação ou reutilização total ou parcial do volume produzido durante o beneficiamento mineral da bauxita, tendo como única alternativa a disposição final via métodos úmidos ou secos. O rejeito de bauxita ou lama vermelha tem como características notáveis a granulometria fina e alta alcalinidade, fatores estes que impedem a sua comercialização e resultam no acúmulo de grandes volumes desse rejeito.

Na busca em proporcionar um reaproveitamento do rejeito de bauxita, muitos estudos têm sido realizados visando a sua aplicação como um agregado ou até como matéria-prima alternativa na produção de tijolos, cimentos, argamassas, telhas e outros produtos de emprego na construção civil. Um dos maiores problemas associados à utilização do resíduo da bauxita do processo Bayer reside na dificuldade de acesso a trabalhos científicos realizados com este material, uma vez que a maioria é propriedade de empresas privadas produtoras de alumínio (GALDINO, 2008). A utilização de rejeitos de mineração como constituinte de substratos para emergência e produção de várias

espécies na agricultura, também pode ser uma alternativa promissora para diminuição dos impactos ambientais destes rejeitos (LEITE, 2022).

Considerando esses pressupostos, o objetivo deste trabalho foi realizar uma breve revisão bibliográfica sobre o uso do rejeito de minério de bauxita, no que se refere à sua reutilização como fonte de matéria-prima para outra aplicação distinta.

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1. A BAUXITA

A bauxita é uma rocha de origem sedimentar, cuja descoberta aconteceu em 1821 por Berthier e seu nome deriva do distrito francês onde foi encontrada, a cidade de Le Baux (BARDOSSY, 1997). Essa rocha apresenta inúmeras colorações, a depender dos minerais de ferro presentes, sendo mais comum a Bauxita de coloração avermelhada, que em sua composição pode apresentar até 25% de óxido de ferro (GANCEV, 2009). A partir das caracterizações mineralógicas realizadas ao longo dos anos, sabe-se que essa rocha é uma associação de minerais, sendo encontrados em maior quantidade: a Gibbsita, Bohemita e Diáspora como fases minerais de alumínio e a Goethita como mineral de ferro.

### 2.2. A CADEIA PRODUTIVA DO ALUMÍNIO

O alumínio é um metal utilizado amplamente nos mais diversos segmentos da sociedade, estando presente na construção civil, indústria automobilística, equipamentos médicos, produtos eletrônicos, eletrodomésticos, entre outros. No entanto, esse metal “não é encontrado diretamente em estado metálico na crosta terrestre” (ABAL, 2019b), sendo necessário então que haja a extração e beneficiamento da sua fonte disponível na superfície, a Bauxita. De acordo com a Associação Brasileira do Alumínio - ABAL (2019b), define-se como econômica e tecnologicamente viável a lavra, refinaria e redução da bauxita quando esta apresenta um teor aproveitável de no mínimo 30% de óxido de alumínio ( $Al_2O_3$ ).

### 2.3. A PRODUÇÃO DO REJEITO DE BAUXITA

A transformação da bauxita para alumina gera um rejeito, sendo este denominado de rejeito de bauxita (RB) ou lama vermelha (LV). Para Silva Filho, Alves e Motta (2007, p. 322), “a lama vermelha, resíduo da indústria de beneficiamento do

alumínio, é gerada a partir do refino da bauxita para a produção de alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) através do processo Bayer”. Esse processo é dividido em quatro etapas, sendo elas: Digestão, Clarificação, Precipitação e Calcinação. No Processo Bayer, o estágio inicial, denominado digestão, envolve num primeiro momento a moagem da bauxita, seguida pela digestão propriamente dita com uma solução caustica de hidróxido de sódio ( $\text{NaOH}$ ) sob temperatura e pressão. (SILVA FILHO; ALVES; MOTTA, 2007, p. 323).

Para Escobar (2004), como resultado dessa fase tem-se a produção de uma solução supersaturada de aluminato de sódio, também chamada de licor verde. Posteriormente, inicia-se a Clarificação, que de acordo com Silva Filho, Alves e Motta (2007) é uma das etapas mais importantes do processo, pois nela ocorre a separação entre as fases sólida (resíduo insolúvel) e líquida (licor). É especialmente na clarificação que ocorre a produção da lama vermelha. Em seguida, ocorre a etapa de precipitação, quando se dá o esfriamento do licor verde. Após a precipitação, com a alumina cristalizada ocorre a lavagem da mesma para que seja eliminado qualquer resquício da solução de soda cáustica, e para finalizar o Processo Bayer ocorre a fase de Calcinação, onde a alumina em cristais é decomposta termicamente à  $1000^\circ\text{C}$ .

Usualmente, “a lama vermelha é composta por óxidos insolúveis de ferro, quartzo, aluminossilicatos de sódio, carbonatos e aluminatos de cálcio e dióxido de titânio” (SILVA FILHO; ALVES; MOTTA, 2007, p. 324). Entre 1 e 1,5 toneladas de lama vermelha são geradas por tonelada de alumina produzida (KOCSEKHA *et al.*, 2018 apud SANTOS, 2021). Além disso, para Silva Filho, Alves e Motta (2007, p. 328), “a lama vermelha faz parte de um grupo de rejeitos conhecidos como “tailings”, resultantes do processamento de minérios pela indústria extrativista mineral. A lama vermelha possui granulometria muito fina e considerável alcalinidade, parâmetros esses que impedem que esse “tailing” seja comercializado diretamente mesmo apresentando em sua composição óxidos de alumínio, ferro, titânio e ainda silício. Por apresentar tais características, esse rejeito encontra-se fora das especificações do mercado. Dessa forma, por não apresentar utilidade direta, é realizada a disposição da lama vermelha por métodos úmidos, com a construção de grandes barragens, e métodos secos.

## 2.4. MINERAÇÃO E SUSTENTABILIDADE

A mineração consiste na atividade de exploração e a correlativa apropriação dos recursos minerais que engloba as etapas de pesquisa, lavra e beneficiamento dos minérios, em atendimento da função socioambiental e de utilidade pública em prol das presentes e futuras gerações (REMÉDIO JÚNIOR, 2012, p. 16).

Nos últimos anos é crescente a busca por coexistência entre mineração e preservação ambiental, de forma a promover um desenvolvimento sustentável. De acordo com Gancev (2009):

A sustentabilidade e o conceito de preservação dos recursos minerais já fazem parte do planejamento estratégico das empresas mineradoras, visto que a legislação ambiental se torna cada vez mais rígida nos países industrializados. A política de conservação impõe um ritmo de utilização subordinado aos interesses sociais, que é o uso prudente e inteligente. Requer que todos os recursos sejam controlados por métodos eficazes e que todo desperdício seja evitado, dando a cada material o emprego mais adequado à sua natureza (GANCEV, 2009, p. 17).

Segundo o Direito Minerário, a Mineração é uma atividade de interesse nacional, sendo importante para o desenvolvimento econômico e soberania do país. De forma a permitir que as atividades do setor mineral ocorram de maneira eficaz e resguardando a fauna, flora e às pessoas, há uma combinação do direito minerário e ambiental que em seus princípios e ditames legais dispõem dos procedimentos a serem realizados para que seja alcançado o equilíbrio entre as esferas do desenvolvimento sustentável, preservação e conservação ambiental e desenvolvimento econômico. No Direito ambiental há os princípios do meio ambiente ecologicamente equilibrado e solidariedade intergeracional, sendo estes embasados pelo Art. 225º da Constituição Federal de 1988 onde:

Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações (BRASIL, 1988).

Diante dessa caminhada rumo ao desenvolvimento sustentável dentro do setor mineral, o licenciamento ambiental é um importante aliado. Essa ferramenta para o controle ambiental está prevista na Política Nacional de Meio Ambiente, dada pela resolução CONAMA n.º 237 de 1997, e é definida como:

Licenciamento ambiental: procedimento administrativo pelo qual o órgão ambiental competente licencia a localização, instalação, ampliação e a operação de empreendimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais, consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras ou daquelas que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental [...] (BRASIL, 1997).

Como as operações realizadas dentro da mineração são ações com potencial de degradação ambiental e o bem mineral é caracterizado também como recurso ambiental, os empreendimentos deste setor seguem o licenciamento ambiental. Outra forma de aplicação da sustentabilidade na mineração é o gerenciamento dos rejeitos gerados pelo beneficiamento mineral. Após os rompimentos das barragens de rejeito em Mariana e Brumadinho, abriu-se um alerta acerca da forma de disposição desse subproduto da mineração, que ocupa grandes áreas territoriais, oferece risco de contaminação e rompimentos, e da necessidade de dar um novo destino ao rejeito. Diante disso, ultimamente muitos estudos de processos e potenciais produtos para aplicação do rejeito têm sido desenvolvidos, como a utilização na produção de materiais cerâmicos, tijolos, telhas, argamassas, cimentos, blocos para pavimentação, entre outros.

### 3. METODOLOGIA

Para a revisão bibliográfica foram considerados artigos, dissertações e teses relacionados ao uso do rejeito de minério de bauxita. Para a busca das publicações, foram utilizadas as seguintes bases de dados: Web of Science, Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD), Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES, Scopus e Google Acadêmico. A busca foi realizada por palavras-chave: “rejeito de bauxita”, “lama vermelha”, “resíduo de bauxita”. Optou-se por trabalhos escritos em português, visando dimensionar a produção científica e tecnológica no Brasil sobre a temática em questão. A escolha dos trabalhos publicados deu-se pela análise e seleção, considerando alguns critérios: a) leitura dinâmica dos resumos; b) trabalhos que apresentam relação direta com o uso do resíduo/rejeito de minério de bauxita. Após a triagem, os trabalhos selecionados foram agrupados conforme o número de publicações que estão apresentados na tabela 1.

Tabela 1: Número total de publicações com o uso do rejeito de minério de bauxita.

Publicações	Número de trabalhos
Artigo	03
Dissertação	11
Tese	04

Fonte: Autoria própria (2022).

A partir dos trabalhos selecionados, uma leitura mais detalhada foi realizada em cada publicação para verificar os resultados obtidos da pesquisa dos autores, tendo como princípio a reutilização do rejeito/resíduo do minério de bauxita.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta pesquisa foram encontrados 18 trabalhos publicados sobre o uso do rejeito/resíduo de minério de bauxita de acordo com a Tabela 2. Na análise dos trabalhos, mapeou-se os estudos realizados de acordo com a região do país (Figura 1), sendo a região sudeste a que concentra o maior número de pesquisas voltadas para o uso do rejeito.

Tabela 2: Pesquisas realizadas objetivando o uso do rejeito de bauxita.

Trabalho	Uso do rejeito de bauxita (RB)
Montini (2009)	Aditivo pozolânico na fabricação de cimento e clínquer Portland
Manfroi (2009)	Material pozolânico
Bitencourt et al. (2012)	Cerâmica convencional por geopolimerização
Balbino (2012)	Argamassa e pastas de cimento do tipo Portland com Clínquer
Botelho et al. (2013)	Absorção de CO <sub>2</sub>
Fortes (2013)	Cimento sulfobelítico
Lourenço (2013)	Clínquer de cimento Portland
Rosário (2013)	Agregado graúdo sintético
Oliveira (2013)	Compósitos de poliéster
Costa (2014)	Blocos cerâmicos
Lima (2015)	Mistura asfáltica
Vieira (2015)	Obtenção de vidro
Romano et al. (2016)	Hidratação de cimento Portland
Guidolin (2016)	Cerâmica
Nicolite (2017)	Alumina eletrofundida em cerâmica vermelha
Torres (2020)	Ladrilhos hidráulicos
Silveira (2020)	Geopolímero
Souza (2020)	Agregados sintéticos

Fonte: Autoria própria (2022).



**Figura 1:** Mapeamento de estudos sobre reaproveitamento do rejeito de bauxita por região.

Fonte: Autoria própria (2022).

Partindo dos trabalhos encontrados, Montini (2009), avaliou a possibilidade de utilizar o rejeito de bauxita (RB) e cinza pesada (CP) como aditivos pozolânicos na fabricação de cimento Portland, e adicionalmente, investigou o uso do rejeito de bauxita como potencial matéria-prima na formulação de clínquer Portland. Em seu estudo, verificou-se uma baixa atividade pozolânica pelo uso de rejeito de bauxita, não favorecendo a sua aplicação na produção de Cimento Portland, por outro lado, constatou-se a viabilidade técnica da adição de RB na formulação de clínquer. No mesmo ano, Manfroi (2009), analisou a propriedade pozolânica da lama vermelha, cujo resultados da avaliação da atividade pozolânica, formação de compostos hidratados e calor de hidratação em pastas, mostraram que o rejeito de bauxita apresenta certa atividade e poderá substituir parcialmente o cimento para produção de argamassas. Pode-se dizer que é possível a substituição do cimento por 5% de lama vermelha seca e calcinadas à 600, 700, 800 e 900 °C.

Bitencourt et al. (2012), verificaram a possibilidade de aproveitamento do rejeito de bauxita (RB) na produção de materiais semelhantes às cerâmicas convencionais através da técnica de geopolimerização. Através de seus estudos, constataram que é

possível a aplicação de 40% ou mais de rejeito de bauxita na formulação de geopolímeros com qualidade similar àqueles produtos utilizados na construção civil. Com o objeto de avaliar a durabilidade de pastas e argamassa de um cimento Portland sintetizado com resíduo de bauxita, Balbino (2012) realizou ensaios com um cimento do tipo Portland denominado All, e um clínquer contendo 13% de massa de rejeito de bauxita. As argamassas e pastas preparadas com o cimento All apresentaram deficiências na estrutura hidratada que, de um modo geral, pioraram sua durabilidade, dificultando a comparação com a referência, porém, a utilização de rejeito de bauxita como matéria-prima para cimentos do tipo Portland se mostra como uma alternativa possível, promissora e sustentável.

Botelho et al. (2013), realizaram a análise do processo de absorção de dióxido de carbono pelo rejeito de bauxita (lama vermelha), visando a redução da reatividade da lama vermelha e seu reaproveitamento. A partir de seus resultados, constataram que a suspensão do resíduo de bauxita absorveu quantidade significativa de CO<sub>2</sub>. Oliveira (2013), analisou os efeitos da adição de lama vermelha em compósitos de poliéster reforçados com fibras naturais de curauá (*Ananas erectifolius*). É observado que a lama vermelha aumenta a densidade do compósito de maneira proporcional a sua porcentagem volumétrica. Portanto, os resultados mostraram que a utilização da lama vermelha como carga em proporções volumétricas maiores ou iguais a 20% e fibra de curauá em fração volumétrica de 5% provocou um efeito de reforço significativo.

Fortes (2013), a partir da formulação de clínquer sulfobelítico com o rejeito de bauxita e outras matérias-primas, verificou a aplicação deste produto na síntese de cimento sulfobelítico. Dentre as formulações produzidas, o cimento sulfobelítico com 11,2% em peso de RB, foi a que apresentou resistência mecânica satisfatória para 56 dias de cura, constatando que há exequibilidade na produção de cimento sulfobelítico utilizando o rejeito como matéria-prima do clínquer. Na mesma vertente, Lourenço (2013) descreve a preparação de clínqueres de cimento Portland a partir da adição de rejeito de bauxita, sendo esta, uma fonte substituta de óxido de alumínio e óxido férrico. Ao final da preparação dos clínqueres, a autora verificou que o máximo de teor de RB adicionado, sem que tivesse mudanças significativas no teor dos óxidos, foi de 13,8%. No ensaio de compressão uniaxial, todos os materiais apresentaram valores de resistência mecânica acima dos limites mínimos estabelecidos pela norma técnica, tanto



após cura de 7 dias, quanto de 28 dias. Assim, o emprego do rejeito de bauxita na produção de clínques de cimento Portland é uma alternativa tecnicamente realizável.

Rosário (2013), aborda a viabilidade de produção de um concreto que apresente características que o torne próprio ao uso como insumo na indústria da construção civil, por meio da utilização de um agregado sintético obtido a partir da lama vermelha. Em seus resultados, os concretos produzidos com 50% de agregado de LV apresentaram um decréscimo de 26,08% em relação ao concreto de referência. Já o concreto com 100% de agregado de lama vermelha apresentou um decréscimo de 28,25%. Considerando a questão de resistência, os resultados foram considerados satisfatórios.

Em 2014, Costa realizou um estudo com a utilização da mistura do rejeito de bauxita e argila, para a confecção de blocos cerâmicos, onde nesse experimento foram analisadas as questões de resistência e compressão. Os resultados obtidos dos ensaios à compressão, demonstraram que os blocos com a mistura de LV e argila atenderam aos parâmetros normativos e apresentaram resultados satisfatórios. Lima (2015), avaliou a introdução de lama vermelha em misturas asfálticas usinadas à quente, estabelecendo um teor de 7% de fíler na mistura. As misturas de 0%, 3%, 5%, e 7% de lama vermelha foram complementadas por 7%, 4%, 2% e 0% de fíler de pó de pedra. As misturas asfálticas constituídas por LV apresentaram resultados satisfatórios, demonstrando bons indicativos de aplicação do resíduo. Na obtenção e caracterização de vidros a base de lama vermelha visando a imobilização de rejeitos nucleares, Vieira (2015) em sua pesquisa, utilizou uma quantidade mínima de 60% em massa do rejeito e constatou em seus resultados por difração de raios X, é possível produzir materiais a partir da lama vermelha com fases amorfas consideráveis, porém, a adição de sílica aumenta a temperatura de fusão dos materiais.

No estudo de Romano *et al.* (2016), a investigação dos efeitos decorrentes da substituição parcial do cimento Portland simples (CPI) por rejeito de bauxita (RB) durante o processo de hidratação, possibilitou preparar e analisar duas formulações: uma contendo cimento Portland simples e outra com substituição parcial de 10% do ligante por resíduo de bauxita. Os resultados obtidos nesta análise foram positivos, dado que além de ser possível a hidratação do cimento com RB, até 20% do ligante pode ser substituído pelo rejeito de bauxita sem que haja comprometimento das propriedades mecânicas do produto final. Guidolin (2016), avaliou a hipótese de que é possível



produzir um material cerâmico para utilização na construção civil a partir de lodo de indústria de placa de circuito impresso (LPCI), lama vermelha (LV) do processamento de bauxita e escória siderúrgica (ES). O LPCI, a LV e a ES foram misturados em proporções entre 20 e 60% a fim de obter doze composições cerâmicas. Os resultados demonstraram que houve fusão dos elementos que compõem as matérias-primas, porém, em comparação com as normas brasileiras, há a necessidade de ajustes para que se alcance um material cerâmico inerte.

Nicolite (2017), verificou a viabilidade de aplicação do rejeito proveniente da eletrofusão da alumina na formulação de cerâmica vermelha, a fim de confeccionar telhas e tijolos, e para isso, formulou-se composições com teores de 0%, 2,5%, 5%, 7,5% e 10% do rejeito de bauxita. Após a fabricação das peças e ensaios de resistência mecânica (RM), retração linear de queima (RLq) e de absorção de água (AA), averiguou-se que: para a temperatura de 750 °C, a composição de 5% atende às normas de AA, RM E RLq para a confecção de tijolos de vedação. Em 850 °C, a composição de 7,5% atende às normas de AA, RM E RLq para a confecção de tijolos de vedação. Na temperatura de 950 °C, a composição de 2,5% atende às normas de AA, RM E RLq para a confecção de telhas. Até 7,5% de resíduo poderá ser usado para confecção de tijolos de vedação. E por fim, com até 10% de rejeito, as peças atendem as exigências de AA e RM para a confecção de telhas, no entanto, apresentam parâmetros inferiores para o índice de RLq.

Em 2020, Torres em seu trabalho de pesquisa, demonstrou a viabilidade da aplicação do resíduo de bauxita para substituição parcial da areia na composição de cimento, destinado à fabricação de ladrilhos hidráulicos. Para isso, preparou quatro amostras onde a areia foi substituída em 20%, 40% e 60%, permitindo então uma adição de 10%, 20% e 30% de resíduo de bauxita. Em seus resultados, somente a amostra de 40% de areia substituída apresentou uma resistência mecânica superior aos valores de referência. Assim, a confecção de ladrilhos hidráulicos é viável com a adição de um teor máximo de até 20% de resíduo de bauxita à mistura total. Em outra perspectiva, Silveira (2020) buscou desenvolver um novo geopolímero a partir da lama vermelha e pó de vidro, que seja capaz de substituir o cimento em algumas aplicações. No processo de ativação álcali-térmica no experimento, se mostrou ineficiente em termos de modificação na resistência à compressão. Porém, concluiu-se que os geopolímeros



desenvolvidos podem ser usados na engenharia civil como material cimentício, para substituir o cimento em certas aplicações, tais como na pavimentação ou até mesmo na fabricação de blocos com menor solicitação mecânica. Na busca da reciclagem do rejeito de bauxita, Souza (2020) realizou estudos na produção de agregado sintético, visando à construção civil. Os ensaios mostraram que, o uso na construção civil para o agregado sintético com faixa de densidade de 1,2 kg/m<sup>3</sup> até 2,7 kg/m<sup>3</sup> tem uma importante aplicação e grande demanda, o que pode reduzir os estoques hoje de lama vermelha, que é armazenado em lagoas e sistemas de contenção.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A breve revisão da literatura permitiu verificar que, embora haja muitas aplicações para o uso do rejeito de bauxita, não há no momento, dentre as opções apresentadas, uma utilização significativa de grande quantidade do rejeito. As pesquisas mostram que o uso do rejeito de bauxita na produção de novos materiais de construção, como por exemplo, cimento, concreto, telhas e tijolos é uma das alternativas com boa viabilidade. Porém, a busca por outras alternativas que utilize grandes volumes de rejeito de bauxita ainda é uma necessidade.

## AGRADECIMENTOS

A Pró-Reitoria de Pesquisa, Pós-graduação e Inovação Tecnológica (PROPPIT) - Ufopa pelo apoio e bolsa de iniciação científica.

## REFERÊNCIAS

- ABAL - Associação Brasileira do Alumínio. **Alumínio e saúde**. 2019a. Disponível em: <https://abal.org.br/sustentabilidade/aluminio-e-saude/>. Acesso em: 26 out. 2022.
- ABAL - Associação Brasileira do Alumínio. **Cadeia primária**. 2019b. Disponível em: <http://abal.org.br/aluminio/cadeia-primaria/>. Acesso em: 20 out. 2022.
- ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Resíduos Sólidos - Classificação: NBR 10004**. Rio de Janeiro, 2004. Disponível em: <https://analiticaqmresiduos.paginas.ufsc.br/files/2014/07/Nbr-10004-2004-Classificacao-De-Residuos-Solidos.pdf>. Acesso em: 26 out. 2022.
- BALBINO, T. G. F. **Avaliação da durabilidade de argamassas e pastas de cimento do tipo Portland preparados com um clínquer contendo resíduos de bauxita como matéria prima**. 2012. 118 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-

graduação em Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2012. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/878>. Acesso em: 30 set. 2022.

BÁRDOSSY, G. B. Les Baux et l'histoire de la bauxite. **Académie des sciences**, v. 324, p. 1031-1040, 1997.

BITENCOURT, C. S. *et al.* A geopolimerização como técnica para a aplicação do resíduo de bauxite. **Revista Cerâmica**, v. 58, n. 345, p. 20-28, 2012.

BOTELHO, F. A. *et al.* **Absorção de dióxido de carbono por resíduo de bauxite em torres de absorção.** In: Congresso Brasileiro de Cerâmica, 57. Congresso Iberoamericano de Cerâmica, 5. 2013, Natal. Disponível em: [https://abceram.org.br/wp-content/uploads/area\\_associado/57/PDF/13-071.pdf](https://abceram.org.br/wp-content/uploads/area_associado/57/PDF/13-071.pdf). Acesso em: 28 set. 2022.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente -CONAMA. **Resolução nº 237, de 19 de dezembro de 1997.** Diário Oficial da União. Poder executivo, de 22 de dezembro de 1997. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/licenciamentoambiental/legislacao-federal/resolucoes-federal/>. Acesso em: 24 out. 2022.

BRASIL. Presidência da República. **Constituição (1988).** Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm). Acesso em: 24 out.2022.

COSTA, D. H. P. **Desempenho estrutural de blocos, primas, mini paredes e paredes de alvenaria estrutural confeccionadas com blocos cerâmicos produzidos a partir da mistura de lama vermelha com argila.** 2014. 162 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Pará, Belém, 2014. Disponível em: <http://repositorio.ufpa.br:8080/jspui/handle/2011/6253>. Acesso em:10 out. 2022.

ESCOBAR, E. M. **Determinação simultânea, em linha, da concentração de soda cáustica e de alumina em solução de aluminato de sódio do processo Bayer de produção de óxido de alumínio,** 2004. 90 f. Dissertação (Mestrado) – Pós-Graduação em Físico Química, Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Química, Campinas, 2004. Disponível em: [file:///C:/Users/ufopa-n.BRJ805N256/Downloads/Escobar\\_EduardoMarchioni\\_M.pdf](file:///C:/Users/ufopa-n.BRJ805N256/Downloads/Escobar_EduardoMarchioni_M.pdf). Acesso em: 21 out.2022.

FORTES, G. M. **Obtenção e caracterização de cimentos sulfobelíticos sintetizados a partir do resíduo de bauxite.** 2013. 190 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2013. Disponível em:



[https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/SCAR\\_0af494af1026fc1d4826b2cace7d6b8](https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/SCAR_0af494af1026fc1d4826b2cace7d6b8)  
1.Acesso em: 2 out. 2022.

GALDINO, L. G. **Aproveitamento da Lama Vermelha, um resíduo da indústria de alumínio, na obtenção de materiais cerâmicos estruturais por extrusão.** 2008. 124 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Engenharia de Materiais, Centro Federal de Educação Tecnológica do Maranhão, São Luís, 2008. Disponível em: <http://livros01.livrosgratis.com.br/cp101986.pdf>. Acesso em: 13 out. 2022.

GANCEV, R. K. **Concentração de bauxita por flotação reversa.** 2009. 92 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009. Disponível em: [https://teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3134/tde-04092009-160059/publico/RENATA\\_KURUSU\\_GANCEV.pdf](https://teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3134/tde-04092009-160059/publico/RENATA_KURUSU_GANCEV.pdf) . Acesso em: 24 out. 2022

GUIDOLIN, M. A. **Cerâmica com lodo de indústria de placas de circuito impresso, lama vermelha de tratamento de bauxita e escoria siderúrgica.** 2016. 71 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2016. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/2762>. Acesso em: 13 out. 2022.

LEITE, M. J. H. **Gesso e rejeitos de mineração na correção de um solo salino-sódico e no crescimento inicial do maracujazeiro amarelo.** Campina Grande: Editora Amplla, 2022.

LIMA, M. S. S. **Avaliação do emprego de lama vermelha no desempenho à deformação permanente de misturas asfálticas a quente.** 2015. 158 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/158875>. Acesso em: 28 set. 2022.

LOURENÇO, R. R. **Aplicação do resíduo de bauxita como fonte de  $Al_2O_3$  e  $Fe_2O_3$  na preparação de clínqueres de cimentos Portland.** 2013. 194 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Ciências e Engenharia de Materiais, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2013. Disponível em: [http://bdtd.ibict.br/vufind/Record/SCAR\\_a14af1afd2f224309a9cafd31601eca3](http://bdtd.ibict.br/vufind/Record/SCAR_a14af1afd2f224309a9cafd31601eca3). Acesso em: 6 out. 2022.

MANFROI, E. P. **Avaliação da lama vermelha como material pozolânico em substituição ao cimento para produção de argamassas.** 2009. 152 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/92863>. Acesso em: 28 set. 2022.

- MONTINI, M. **Aplicações de resíduo de bauxita e cinza pesada da indústria do alumínio na fabricação de cimento Portland**. 2009. 156 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR), São Carlos, 2009. Disponível em: [https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/SCAR\\_84d3925a6bc4255185b2c4acfffe687](https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/SCAR_84d3925a6bc4255185b2c4acfffe687) 2. Acesso em: 07 out. 2022.
- NICOLITE, M. **Aproveitamento de resíduo da produção de alumina eletrofundida em cerâmica vermelha**. 2017. 119 f. Tese (Doutorado) - Curso de Doutorado em Engenharia e Ciência de Materiais, Centro de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, 2017. Disponível em: <https://uenf.br/posgraduacao/engenharia-de-materiais/wp-content/uploads/sites/2/2018/03/Tese-Doutorado-Micaela-Nicolite-LAMAV-UENF.pdf>. Acesso em: 29 set. 2022.
- OLIVEIRA, M. J. A. **Efeito da adição de lama vermelha como carga nas propriedades mecânicas de cosméticos de poliéster insaturado reforçado com fibra natural de curauá (*Ananas erectifolius*)**. 2013. 67 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal do Pará, Belém, 2013. Disponível em: <http://repositorio.ufpa.br:8080/jspui/handle/2011/4646>. Acesso em: 13 out. 2022.
- REMÉDIO JÚNIOR, J. A. **Mineração juridicamente sustentável**. 2012. 247 F. Dissertação (Mestrado em Direito) - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2012. Disponível em: <https://tede2.pucsp.br/bitstream/handle/5972/1/Jose%20Angelo%20Remedio%20Junior.pdf> . Acesso em: 24 out. 2022.
- ROMANO, R. C. O *et al.* Acompanhamento da hidratação de cimento Portland simples com resíduo de bauxita. **Revista Cerâmica**, v. 62, n. 363, p. 215-223, 2016.
- ROSÁRIO, K. A. **Concreto com utilização de agregado graúdo sintético produzido a partir da lama vermelha: estudos de dosagem, propriedades e microestrutura**. 2013. 113 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal Pará, Belém, 2013. Disponível em: <http://repositorio.ufpa.br/jspui/handle/2011/6266>. Acesso em: 07 out. 2022.
- SANTOS, R. M. *et al.* Incorporação de lama vermelha na indústria cerâmica: uma revisão. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 10, p. 1-8, 2021.
- SILVA FILHO, E. B.; ALVES, M. C. M.; MOTTA, M. Lama vermelha da indústria de beneficiamento de alumina: produção, características, disposição e aplicações alternativas. **Revista Matéria**, v. 12, n. 2, p. 322-338, 2007.

- SILVEIRA, N. C. G. **Desenvolvimento e caracterização de materiais geopolimétricos de uma fase à base de lama vermelha e vidro moído**. 2020. 108 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de materiais da REDEMAT. Universidade Federal de Ouro Preto, Minas Gerais, 2020. Disponível: <http://www.repositorio.ufop.br/jspui/handle/123456789/13784>. Acesso em: 10 out. 2022.
- SOUZA, J. A. S. **Estudo e avaliação do uso de resíduos do processo bayer como matéria-prima na produção de agregados sintéticos para a construção civil**. 2010. 166 f. Tese (Doutorado) Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia, Universidade Federal do Pará, Belém, 2010. Disponível em: <http://repositorio.ufpa.br:8080/jspui/handle/2011/4050>. Acesso em: 19 out. 2022.
- TORRES, R. A. M. **Reciclagem de resíduos da bauxita em ladrilhos hidráulicos**. 2020. 94 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Design, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2020. Disponível em: [https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UFMA\\_560a358aa2a1b10d5a3a3104d5fe3f80](https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UFMA_560a358aa2a1b10d5a3a3104d5fe3f80). Acesso em: 2 out. 2022
- VIEIRA, H. **Obtenção e caracterização de vidros a base de lama vermelha visando a imobilização de rejeitos nucleares**. 2015. 105 f. Tese (Doutorado) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – Autarquia associada à Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/85/85134/tde-17032015-145549/pt-br.php>. Acesso em: 28 out. 2022.



# CAPÍTULO XXI

## MÉTODO DE PRECIPITAÇÃO DE CALCITA INDUZIDA MICROBIANAMENTE EM ARGAMASSA DE REPARO

### MICROBially INDUCED CALCITE PRECIPITATION METHOD IN REPAIR MORTAR

DOI: 10.51859/AMPLA.MAS2407-21

Marcella Maria Gomes Damasceno <sup>1</sup>

Heloina Nogueira da Costa <sup>2</sup>

Raimunda Moreira da Franca <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Graduanda do curso de Engenharia Civil. Universidade Federal do Ceará – UFC – Crateús-CE

<sup>2</sup> Professora Adjunto -Engenharia Civil. Universidade Federal do Ceará – UFC – Crateús-CE

<sup>3</sup> Professora Adjunto- Engenharia Ambiental e Sanitária. Universidade Federal do Ceará – UFC – Crateús-CE

#### RESUMO

Os processos biotecnológicos ganham espaço no cenário da construção civil, que tem buscado alternativas sustentáveis diante da demanda por infraestrutura e de um acelerado crescimento urbano. Nessa linha, destaca-se a biocimentação, que é um processo microbiológico de precipitação do carbonato de cálcio, também chamado de Método de Precipitação de Calcita Induzida Microbianamente (MICP), que favorece melhorias nas propriedades dos materiais cimentícios, principalmente nas argamassas de reparo. Esse método é considerado uma solução verde por garantir um produto alternativo e otimizado de suma importância na construção civil. Dessa forma, o foco desse capítulo é apresentar os principais conceitos, perspectivas e desafios da biocimentação obtida pelo método MICP em argamassas de reparo. Essas argamassas são desenvolvidas com adição de bactérias que realizam a cicatrização de fissuras e a melhoria das propriedades físico-mecânicas, influenciando propriedades como resistência à compressão e permeabilidade a água.

**Palavras-chave:** Biocimentação. MICP. Argamassa de reparo. Construção civil.

#### ABSTRACT

Biotechnological processes gain space in the civil construction scenario, which has sought sustainable alternatives in the face of demand for infrastructure and accelerated urban growth. In this line, biocementation stands out, which is a microbiological process of calcium carbonate precipitation, also called Microbially Induced Calcite Precipitation Method (MICP), which favors improvements in the properties of cementitious materials, especially in repair mortars. This method is considered a green solution for ensuring an alternative and optimized product of paramount importance in civil construction. Thus, the focus of this chapter is to present the main concepts, perspectives and challenges of biocementing obtained by the MICP method in repair mortars. These mortars are developed with the addition of bacteria that heal cracks and improve physical-mechanical properties, influencing properties such as compressive strength and water permeability.

**Keywords:** Biocementation. MICP Repair mortar. Construction.



## 1. INTRODUÇÃO

As matérias-primas no setor da construção civil sofrem riscos de esgotamento, visto que, seu rápido desenvolvimento gera uma maior demanda por insumos. A procura por novas tecnologias é um caminho necessário para que se consiga desenvolver técnicas para amenizar os efeitos adversos causados pela futura escassez de matérias-primas, aumentar a eficiência na aplicação, além de reduzir os prejuízos ocasionados à natureza.

A construção civil busca por materiais e/ou técnicas sustentáveis e alternativas, visando suprir a necessidade por infraestrutura urbana de forma mais ecológica e eficiente. Dessa forma, a engenharia juntamente com a ciência está avançando cada vez mais com a descoberta, a análise e o desenvolvimento dos processos biotecnológicos produzindo materiais construtivos por vias biológicas (IVANOV *et al.*, 2015).

Nessa perspectiva, a biocimentação consiste na utilização do metabolismo microbiano para catalisar reações químicas sendo considerada uma solução verde para se obter um produto final alternativo e com características melhoradas. Essa tecnologia é ecologicamente correta e capaz de reduzir as emissões de carbono na produção de pastas cimentícias, colaborando com diminuição dos efeitos do aquecimento global. Devido a este fato, o avanço e a aplicação de biotecnologias são imprescindíveis para viabilizar esse processo. O termo biotecnologia é definido na área de geotecnia como o estudo de métodos microbiológicos em geomateriais (KHALEGUI; ROWSHANZAMIR, 2019), destaca-se entre esses métodos a biomineralização, conceituada como o meio de formação de minerais por organismos vivos.

A biocimentação é um tipo comum de biomineralização, ou também conhecida como Precipitação de Calcita Induzida Microbianamente (MICP) que se refere a formação de carbonato de cálcio na presença de células microbianas e suas atividades metabólicas (STOCKS-FISHER *et al.*, 1999). A MICP é um método biogeoquímico comum que ocorre de diferentes formas: ureólise, desnitrificação, amonificação, redução de sulfato, oxidação de metano e por meio da fotossíntese (MOUNTASSIR *et al.*, 2018). Segundo Dejong *et al.* (2010), o método mais usado e mais energeticamente eficaz dos processos conhecidos para a precipitação de carbonato de cálcio por bactérias é por meio da hidrólise da uréia (urease).

Nesse sentido, a biocimentação é uma opção considerada ecológica em comparação a outras técnicas, uma vez que, é realizada por microrganismos encontrados em abundância no meio ambiente.

A forte atividade enzimática (urease) de um tipo especial de bactéria, *Sporosarcina pasteurii*, é a base do cimento ecológico. Esta linhagem bacteriana é eficiente na quebra da ureia ( $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ ) em amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) e carbonato ( $\text{CO}_3$ ) resultando no produto final calcita ( $\text{CaCO}_3$ ) em meio rico em cálcio. Conforme Torgal *et al.* (2015), a energia necessária para a obtenção de calcita por bactérias corresponde apenas a 10% da energia total necessária para se obter a mesma quantidade do cimento habitual.

A obtenção de argamassas de reparo com o uso do método MICP é uma das principais apostas na linha de desenvolvimento de novos materiais para a construção civil. De forma resumida, define-se argamassa como uma mistura homogênea de um ou mais aglomerantes (cimento, cal), agregado miúdo (areias naturais e artificiais) e água (ABNT NBR 7200, 1998).

Os revestimentos de argamassa são capazes de desenvolver diferentes manifestações patológicas, entre elas, destaca-se a formação de trincas ou fissuras, os descolamentos e a desagregação da argamassa, que são acentuados por invasores externos como a água. Isso pode levar o revestimento ao seu estado-limite de serviço ou último, e, portando, o revestimento não mais apresentará funcionalidade para o qual foi projetado, tornando-se um risco à segurança do usuário. Nesse sentido, a utilização do método MICP para a obtenção das argamassas de reparo é uma alternativa considerável, uma vez que, é possível obter um material com características cicatrizantes, e com isso, alcançar o aumento da vida útil da argamassa.

Essa técnica é inovadora e vem sendo estudada há pouco mais de 20 anos. Contudo, no Brasil, esta tecnologia é pouco discutida, sendo essencial a realização de estudos sobre essa temática. Nesse capítulo, busca-se agrupar, organizar e disponibilizar informações sobre essa tecnologia com base nas informações disponibilizadas na literatura nacional e internacional.

## 2. BIOCIMENTO

A produção de cimento, que é um dos componentes básicos do concreto, causa extensos impactos ambientais. Segundo afirma Achal *et al.* (2015) e Reis *et al.* (2017),



em escala global, a produção de cimento consome aproximadamente 10-15% da energia industrial total e é responsável pela emissão de 5-8% de CO<sub>2</sub> antropogênico, ou seja, a produção de cimento é intensiva em energia e ambientalmente hostil. Em concordância com Choi *et al.* (2017), os materiais à base de cimento (argamassa e concreto) têm sido amplamente utilizados na construção e reparação de infraestruturas. Nesse contexto, surge a técnica de MICP, que por precipitação de carbonato de cálcio produz o biocimento, como uma alternativa ecologicamente amigável, capaz de aumentar a durabilidade e resistência das estruturas de concreto, inclusive, proporcionando a restauração das mesmas (DHAMI; REDDY; MUKHERJEE, 2012; ANBU *et al.*, 2016).

O biocimento é um material considerado sustentável e renovável obtido através de reações bioquímicas com atividade microbiana, resultando em uma mistura com características cimentícias e de propriedades modificadas pelo processo da biocimentação. Assim, a cimentação microbiana, ou a biocimentação, consiste na formação de um material aglutinante de partículas, devido a introdução de microrganismos e aditivos específicos (GARBIN, 2016). De acordo com Ivanov e Chu (2008), que usam como exemplo o solo, esse mecanismo aumenta a força e a propriedade de rigidez do mesmo pela ação dos microrganismos, de forma a melhorar suas propriedades e suas condições para uso e aplicação.

O biocimento pode ser usado na construção em concreto e/ou argamassa de reparo. Segundo CHOI *et al.* (2017), o biocimento pode ser usado de maneira semelhante à do cimento comum para reduzir a condutividade hidráulica, bem como reparar fissuras no concreto.

Destaca-se que as estruturas de concreto são continuamente expostas às condições que comprometem sua integridade, uma delas é o intemperismo, que pode causar a formação de fissuras. Esses defeitos estruturais podem agravar o processo de deterioração da armadura de aço, pois permite que ocorra a entrada de substâncias potencialmente agressivas (como água, gases, líquidos não-aquosos e/ou íons), que em contato com o metal podem provocar reações físicas e/ou químicas que resultam em danos irreversíveis (DHAMI; REDDY; MUKHERJEE, 2012; OMOREGIE; GINJOM; NISSOM, 2018). Nesse sentido, o uso de argamassas de reparo em estruturas de concreto é observado frequentemente para a manutenção da durabilidade das estruturas. Posto



isto, o biocimento pode ser utilizado para produzir argamassas mais ou menos da mesma forma que a argamassa de cimento Portland (CHOI *et al.*, 2017).

Apesar do biocimento apresentar vantagens, ele ainda não substitui completamente o cimento Portland, no entanto, possui um papel fundamental e de grande potencial na geração de materiais de construção sustentáveis, e seu estudo e desempenho nas pesquisas é promissor para que em futuras gerações se tenha opções de materiais menos agressivos ao meio ambiente.

## 2.1. PRECIPITAÇÃO DE CALCITA INDUZIDA MICROBIANAMENTE – MICP

As biotecnologias empregadas na construção civil apresentam muitas vantagens quando comparado com processos de construção convencionais. Assim, sua implementação pode ocasionar benefícios econômicos e ambientais importantes (IVANOV; STABNIKOV, 2016). Nesse sentido, a biocimentação é uma inovação positiva que possui inúmeros privilégios ao se obter um material que têm características aprimoradas e produzido de forma ecológica, favorecendo a utilização de insumos em abundância na natureza.

Segundo Achal *et al.* (2015), o processo de biocimentação, também conhecido como *Microbial Induced Calcite Precipitation* (MICP), consiste na precipitação de carbonato de cálcio em uma superfície por meio de processos biológicos. O método mais usado na biocimentação é o viabilizado a partir da enzima urease produzida através de bactérias que catalisam a hidrólise da ureia em amônio e carbonato (MAHAWISH *et al.*, 2017). Os microrganismos podem ser encontrados de maneira natural e em grandes quantidades na natureza.

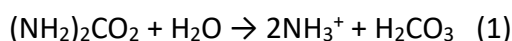
A triagem e a identificação dos microrganismos são um dos principais aspectos que afetam a utilização de microrganismos na engenharia, visto que, devem ser adequados para diferentes aplicações e ambientes, assim como, a biossegurança da aplicação, a otimização da atividade microbiana *in situ*, a estabilidade das propriedades após a biomodificação, e pôr fim, a relação custo-benefício. O último fator é considerado o mais importante para sua proliferação em larga escala (IVANOV; CHU, 2008).

A MICP é uma alternativa acessível e viável para a execução do processo de biocimentação. Muynck *et al.* (2010) ressaltam que existem uma ampla gama de bactérias qualificadas para realizar a síntese do carbonato de cálcio em diversos

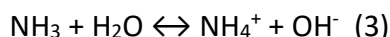
ambientes e condições. Da mesma forma, apresentam-se quatro mecanismos para promover a precipitação: via hidrólise da ureia, redução férrica, redução de sulfato e por desnitrificação (WANG *et al.*, 2017).

O método mais empregado na MICP é por meio da hidrólise da ureia normalmente desempenhado por bactérias produtoras da urease, que realizam a síntese da ureia na presença de gás carbônico e íons cálcio originando carbonato de cálcio, ou também conhecido como, biocimento (DE MUYNCK *et al.*, 2010). Na execução do processo, início e fim, ocorrem cerca de cinco reações químicas (KRAJEWSKA, 2018), como são descritas a seguir.

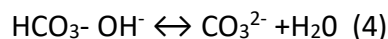
Primeiramente, na presença da água, a ureia é sintetizada pela enzima e modificada para ácido carbônico e amônia (Equação 1).



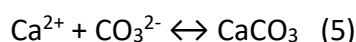
Os produtos da reação se dissociam em água e formam íons bicarbonato, amônio e hidróxido (Equação 2 e Equação 3).



A presença dos íons hidróxidos causa um aumento no pH do meio e favorece a formação de íons carbonato (Equação 4).

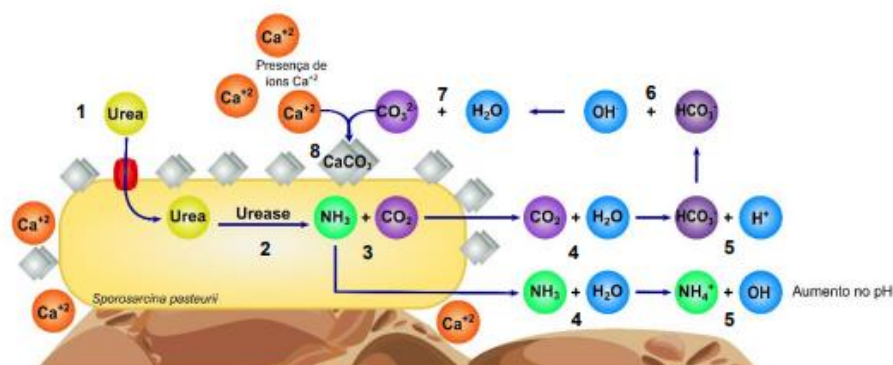


Com isso, a combinação de íons e a precipitação de carbonato de cálcio se dá na presença de  $Ca^{2+}$  (Equação 5).



É preciso salientar que uma boa disponibilidade de íons de Ca e  $CO_3$  num ambiente calcinogênico é o fator mais importante para favorecer a precipitação de  $CaCO_3$  (LEE, 2003). Na Figura 1 é possível visualizar as etapas das reações químicas de precipitação de  $CaCO_3$  realizadas pela *Sporosarsina pasteurii*, uma das bactérias mais utilizadas no método MICP.

Figura 1 - Reações de precipitação de  $\text{CaCO}_3$  realizadas por *Sporosarcina pasteurii*.

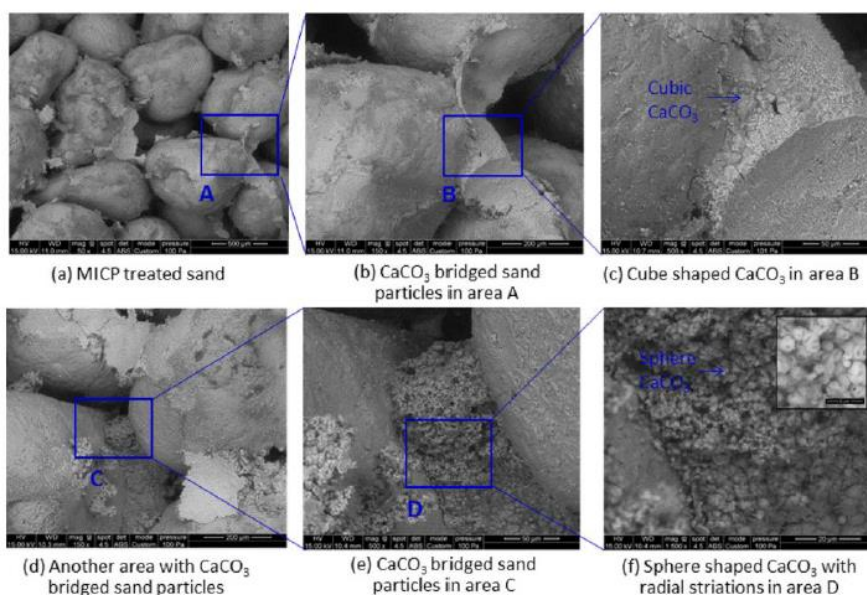


A ureia entra na célula a favor do gradiente de concentração (2); a urease hidrolisa a ureia em (3) amônia ( $\text{NH}_3$ ) e dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ); (4) a  $\text{NH}_3$ , em contato com a água, produz (5) amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) e íons hidróxido ( $\text{OH}^-$ ); (5) o  $\text{CO}_2$ , em contato com a água, forma íons bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ); (6) com a elevação do pH, o equilíbrio da reação é modificado, (7) levando à formação de íons carbonato ( $\text{CO}_3^{2-}$ ); (8) a superfície da célula fica mais eletronegativa, atraindo íons de cálcio ( $\text{Ca}^{+2}$ ) e resultando na precipitação de  $\text{CaCO}_3$ .

Fonte: Moreno, (2020).

Para Muynck *et al.* (2010), a MICP pode ocorrer de maneira induzida ou controlada. A produção de carbonato de cálcio, por bactérias é classificada como induzida devido ao mineral produzido depender largamente das condições ambientais. Os fatores que afetam diretamente a MICP são: a temperatura, o pH e a concentração de células bacterianas (KEYKHA *et al.*, 2017). De forma complementar, a Figura 2 mostra grãos de areia cimentados pelo processo MICP.

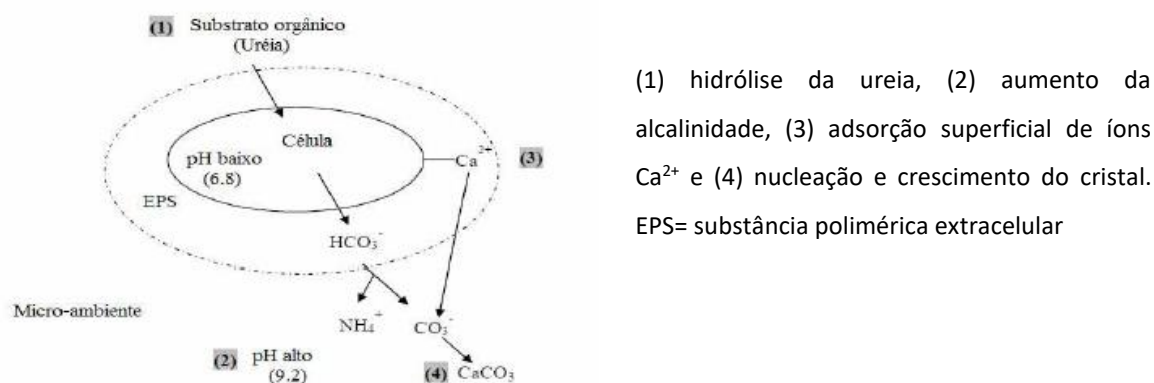
Figura 2 - Colunas de areia cimentadas pelo método MICP.



Fonte: CHOI *et al.* (2017).

As bactérias ureolíticas possuem os melhores resultados dentre os organismos capazes de sintetizar a urease, em razão do curto período de tempo necessário para precipitar o  $\text{CaCO}_3$ , assim como, em razão das grandes massas precipitadas de  $\text{CaCO}_3$  (MOUNTASSIR *et al.*, 2018). Em conformidade com Achal *et al.* (2015), as bactérias usam o nutriente para gerar células, a ureia como substrato para hidrolisar e o cálcio como fonte de energia para formar o biomaterial. Na Figura 3 é possível observar o modelo esquemático resumindo o papel da urease na precipitação  $\text{CaCO}_3$  mediada por microrganismos.

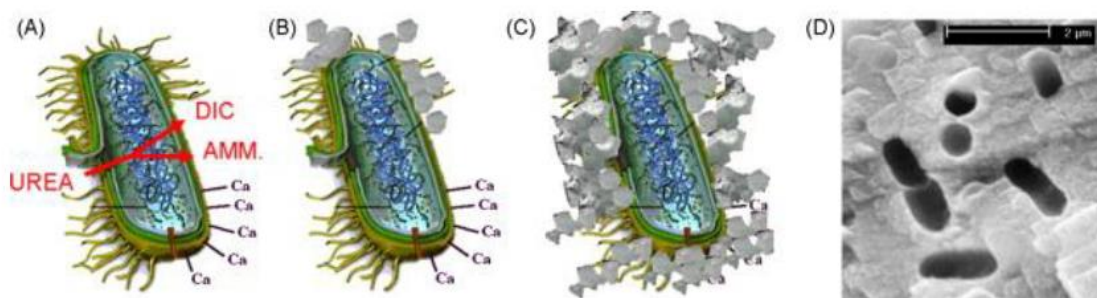
Figura 3 - Modelo esquemático resumindo o papel da urease na precipitação  $\text{CaCO}_3$  mediada por microrganismos.



Fonte: adaptado de AL-THAWADI, (2008).

As bactérias da espécie *Sporosarsina pasteurii* (*S. pasteurii*) são as mais aplicadas nas técnicas de biocimentação (ACHAL *et al.*, 2015). Atribui-se isso ao fato que esse gênero não é reprimido por altas concentrações de amônio, sendo aconselhável para processos biomediados, visto que, altas concentrações de ureia são hidrolisadas no procedimento. De forma ilustrativa, a biocimentação é representada na Figura 4.

Figura 4 - Processo de precipitação de carbonato de cálcio pelas células bacterianas.



Fonte: MUYNCK *et al.*, (2010).



Na Figura 4 é possível observar uma representação simplificada dos eventos que ocorrem durante a precipitação de carbonato induzida por ureolítica. Os íons de cálcio na solução são atraídos para a parede celular bacteriana devido à carga negativa desta última. Com a adição de ureia às bactérias, carbono inorgânico dissolvido (DIC) e amônio (AMM) são liberados no microambiente da bactéria (A).

Na presença de íons de cálcio, isso pode resultar em uma supersaturação local e, portanto, precipitação heterogênea de carbonato de cálcio na parede celular bacteriana (B). Ao passar de um tempo, toda a célula fica encapsulada (C), limitando a transferência de nutrientes, resultando em morte celular. A imagem (D) apresenta as impressões de células bacterianas envolvidas na precipitação de carbonato. Para maiores detalhes recomenda-se consulta ao estudo de Hammes e Verstraete (2002).

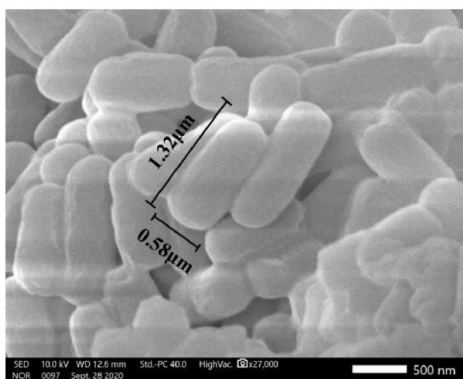
## 2.2. PRINCIPAIS AGENTES BIOLÓGICOS UTILIZADOS PARA PRODUIR BIOCIMENTO PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL

A bactéria *Sporosarcina pasteurii* (anteriormente classificada como *Bacillus pasteurii*), pertence a ordem das Bacillales, e gênero das *Sporosarcina*. É uma bactéria Gram-positiva anaeróbia, alcalofílica, possui a forma de bastonete, capacidade de formar endósporos esféricos ou moderadamente ovóides. Crescem em ambientes básicos de pH 9-10, e a temperatura de 30°C, o crescimento é reduzido em temperaturas mais elevadas (GIBSON, 1935; DE VOS *et al.*, 2011; KAWASAKI, 2012; RAJASEKAR; MOY; WILKINSON, 2017).

As células de *S. pasteurii* possuem dimensões que variam de 0,5 a 1,2 µm de diâmetro por 1,3 a 4,0 µm de comprimento e geralmente apresentam motilidade, ou seja, facilidade de se mover (BUCHANAN; GIBBONS, 1974). De acordo com Ferris *et al.* (1996), a *Sporosarcina pasteurii* trata-se de uma bactéria alcaloide com alta atividade enzimática de urease. A *S. pasteurii* usa ureia como fonte de energia e produz amônia, a qual aumenta o pH no ambiente, causando a precipitação de  $Ca^{2+}$  e  $CO_3^{2-}$  em  $CaCO_3$  (KROLL, 1990). Na Figura 5 apresenta-se a morfologia de *S. pasteurii* sob microscopia eletrônica de varredura.



Figura 5 - Morfologia de *S. pasteurii* sob microscopia eletrônica de varredura.



Fonte: Chen *et al.* (2022).

A *Sporosarcina pasteurii* é o organismo mais utilizado para a precipitação de  $\text{CaCO}_3$ , pois não é patogênico, produz elevada quantidade de precipitado em curtos períodos, apresenta alta atividade ureolítica, é resistente à altas concentrações de amônio, além disso é naturalmente encontrada no solo, mais precisamente na subsuperfície (HAMED *et al.*, 2017; MUJAH; SHAHIN; CHENG *et al.*, 2016a).

Por ser uma espécie caracterizada por apresentar células que não se agregam e que, portanto, possuem alta relação entre superfície e volume da célula, proporciona condições ideais para o início eficiente da precipitação de  $\text{CaCO}_3$  (WHIFFIN, 2004; DEJONG; FRITZGES; NÜSSLEIN, 2006).

O processo de biocimentação está atrelado diretamente com a atividade microbiológica e sua capacidade ureolítica, ou seja, a atividade ureolítica bacteriana é essencial na precipitação de carbonato de cálcio. Logo, diferentes pesquisadores têm estudado diversos tipos de bactérias e seu comportamento no método da biocimentação.

Estudos desenvolvidos por DeJong *et al.* (2009); Ivanov e Chu (2008) e Montoya (2012) apontaram o potencial de cimentação biológica das espécies de bactérias: *Bacillus*, *Sporosarcina*, *Sporolactobacillus*, *Clostridium* e *Desulfotomaculum*. No entanto, para Hammes (2002), a *Sporosarcina pasteurii* é a espécie que tem se mostrado com a melhor capacidade de servir as finalidades da engenharia civil, portanto, é a bactéria mais presente nos estudos sobre biocimentação.

Na Tabela 1 são apresentados outros tipos de microrganismos, mostrando diferentes tipos de aplicações. O uso de cada tipo de bactéria foi avaliado por diferentes autores e seus melhores desempenhos variam de acordo com seu emprego.

Tabela 1 - Agentes biológicos e suas principais aplicações.

Aplicação	Agente Biológico	Referência
Argamassa de cimento e concreto	<i>Bacillus cereus</i>	Metayer – Leverel <i>et al.</i> (1999)
	<i>Bacillus</i> sp. CT-5	Achal <i>et al.</i> (2011)
	<i>Sporosarcina pasteurii</i>	Achal <i>et al.</i> (2011)
	<i>Bacillus pasteurii</i>	Ramachandran <i>et al.</i> (2001)
	<i>Shewanella</i> sp	Glosh <i>et al.</i> (2005)
Remediação de fissuras em concreto	<i>Sporosarcina pasteurii</i>	Bang <i>et al.</i> (2001)
	<i>Bacillus pasteurii</i>	Ramakrishnan (2007)
	<i>Bacillus pasteurii</i>	Ramachandran <i>et al.</i> (2001)
	<i>Bacillus sphaericus</i>	Muynck <i>et al.</i> (20028)
	<i>Bacillus sphaericus</i>	Belie <i>et al.</i> (2008)
Autocicatrização	<i>Bacillus cohnii</i>	Jonkers <i>et al.</i> (2007)
	<i>Bacillus pseudofirmus</i>	Jonkers <i>et al.</i> (2007)

Fonte: Autor (2022).

Como visto na Tabela 1, a aplicação do método de precipitação de calcita induzida (MICP) é investigado com uso de diferentes tipos de bactérias em busca das condições mais adequadas para o desenvolvimento em larga escala de materiais cimentícios.

### 2.3. TÉCNICAS DE RECUPERAÇÃO DE FISSURAS COM O USO DE MICP.

As estruturas de concreto apresentam problemas que podem ocasionar o aparecimento de fissuras. Essas manifestações patológicas podem ser causadas por cargas excessivas, práticas construtivas inadequadas, exposição a ambientes agressivos, retração no concreto, entre outros (BAUER, 2005). A existência de fissuras acaba reduzindo a vida útil da estrutura de concreto, e isso se deve ao fato da permeabilidade do material, que permite que a água e/ou a solução agressiva adentrem com facilidade na estrutura por meio das fissuras, acarretando uma degradação a longo prazo da mesma.

Na busca de soluções para reverter esse problema, os materiais de reparo como selantes à base de epóxi e argamassas à base de cimento não retrátil ou expansivo foram amplamente utilizados para reparar as fissuras no concreto. Apesar desses materiais, encontradas comercialmente, possuírem boas propriedades mecânicas e resistência de aderência, existem implicações ambientais negativas, devido ao seu processo produtivo, assim como, seu grau de toxicidade.

Em vista disso, o emprego do tratamento de fissuras pelo método da MICP é uma das possibilidades para reparação alternativa e ambientalmente amigável. Nesse



sentido, para as aplicações do biocimento para reparação no concreto, dois métodos de reparo são sugeridos: o método de autocura, onde os materiais são incorporados ao concreto antes do aparecimento de fissuras, e o método de fechamento de fissuras, onde argamassas de reparo são aplicados nas fissuras presentes no concreto.

Além disso, o processo de MICP é uma técnica efetiva e ecologicamente correta que pode ser aplicada em diversas formas, incluindo a remediação de íons cálcio, radionucleotídeos e metais pesados, sequestro de CO<sub>2</sub>, restauração de calcário em prédios históricos, bioestabilização de solos e taludes, biocimentação, proteção da superfície de argamassas e concreto, remediação de fissuras, dentre outras aplicações (METAYER-LEVREL *et al.* 1999; AL-THAWADI, 2008; DE MUYNCK *et al.* 2010; PENG *et al.* 2010; ACHAL *et al.* 2012; PHILLIPS *et al.* 2012; ABO-EL-ENEIN *et al.* 2013).

A partir de um experimento de Choi *et al.* (2017), em amostras de argamassa embebidas em determinada solução bacteriana e solução de ureia, detectou-se após 21 dias de tratamento, que a técnica de fechamento de fissuras pode reduzir a largura da fissura em aproximadamente 80%. Complementarmente, Achal *et al.* (2013) e Ramachandran *et al.* (2001) concluíram que a técnica MICP pode melhorar tanto à resistência mecânica quanto à durabilidade da argamassa, uma vez que, os cristais de calcita gerados pelas bactérias agem como cimento, apresentando boa propriedade de ligação à areia.

Nessa perspectiva, o emprego do método de biocimentação nas argamassas de reparo pode gerar um produto capaz de melhorar tanto a fissuração, como suas propriedades inerentes e fundamentais, como resistência à compressão e permeabilidade, obtendo estruturas com bons desempenhos e mais sustentáveis.

### 3. DIFICULDADES E PERSPECTIVAS FUTURAS

O método MICP é um processo mais complexo e mais lento que os métodos químicos, visto que a atividade microbiana depende de muitos fatores ambientais, incluindo temperatura, pH, concentrações de doadores e aceptores de elétrons, concentrações e taxas de difusão de nutrientes e metabólitos (DHAMI *et al.*, 2013).

A biocimentação promovida pela MICP, também demonstra desafios a serem superados, dado que, o processo MICP comumente carece de grandes quantidades de cloreto de cálcio como fonte de cálcio, que é caro e desfavorável ambientalmente. No

entanto, esforços têm sido feitos para desenvolver fontes alternativas de cálcio, por exemplo, uma precipitação de calcita induzida por plantas (PICP), que utiliza feijão-deporco reativo à urease e hidróxido de cálcio e/ou nitrato de cálcio para cimentação da areia (CHOI *et al.*, 2017).

O campo da biomineralização tem potencial em vários setores, porém, é necessário somar esforços, envolvendo especialistas de diversas áreas, para abordar as principais questões de pesquisa e desenvolvimento necessárias para aplicações em escala comercial (DHAMI *et al.*, 2013).

Segundo Jonkers *et al.* (2010), outro fator importante é a escolha do microrganismo a ser utilizado no processo de biomineralização, visto que a bactéria deve ser resistente a ambientes alcalinos (alcalinofílicos) como o concreto, possuindo capacidade de formar esporos e assim ser capaz de sobreviver às condições ambientais adversas. Além disso, não pertencer ao grupo de microrganismos patogênicos que causem riscos à saúde das pessoas e do meio ambiente.

Avulta-se que a bactéria tem vida útil curta quando embutida no concreto/argamassa. Isso indica que a eficácia a longo prazo do mecanismo de autocura ainda deve ser investigada com maior aprofundamento (WANG *et al.*, 2017). Muynck *et al.* (2010) também alertam para outro aspecto importante, que é a otimização da quantidade necessária de ureia para evitar excesso na emissão de amônio, uma vez que, produção de íons amônio através da atividade ureolítica resulta na emissão de óxidos de nitrogênio na atmosfera.

De modo geral, é possível observar que biocimentação pelo método MICP ainda é incipiente, necessitando de estudos mais aprofundados, considerando o maior número de fatores e variáveis interferentes no processo de produção e de aplicação, principalmente, das argamassas de reparo. Contudo, as pesquisas já realizadas apresentam resultados significativos, apontando grandes chances de se obter materiais sustentáveis capazes de substituir parcialmente os cimentos convencionais.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Grupo de Pesquisa em Reaproveitamento de subprodutos e resíduos para produção de cimentos ambientalmente amigáveis

(ReActive) da Universidade Federal do Ceará -Campus de Crateús. Também agradecem à CAPES.

## REFERÊNCIAS

- ABO-EL-ENEIN S. A., ALI A. H., FATMA N., TALKHAN H. A., ABDEL-GAWWAD Application of microbial biocementation to improve the physico-mechanical properties of cement mortar. HBRC Journal 9:36-40, 2013.
- ACHAL V., A. MUKERJEE, M.S. REDDY, Biogenic treatment improves the durability and remediates the cracks of concrete structures, Constr. Build. Mater. 48 ,1–5. 2013.
- ACHAL V., PAN X., ZHANG D. Bioremediation of Strontium (Sr) contaminated aquifer quartz sand based on carbonate precipitation induced by Sr resistant Halomonas sp. Chemosphere 89:764-768, 2012.
- ACHAL, V.; MUKHERJEE, A.; KUMARI, D.; ZHANG, Q. Biomineralization for sustainable construction – A review of processes and applications. Earth-Science Reviews, v. 148, p. 1- 17, 2015.
- AL-THAWADI S. M., High strength in-situ biocementation of soil by calcite precipitating locally isolated ureolytic bacteria. Dissertation, Murdoch University, 2008.
- ANBU, P.; KANG, C. H.; SHIN, Y. J.; SO, J. S. Formations of calcium carbonate minerals by bacteria and its multiple applications. Springerplus, v. 5, p. 250, 2016.
- ARNOLD, D. Concreto auto-regenerativo. Tecnologia Emergente, 39-43. 2011.
- BAUER, E. (Ed.). Revestimentos de argamassa: características e peculiaridades. Brasília: IEM-Unb/Sinduscon-dF, 2005.
- BUCHANAN, R. E.; GIBBONS, N. E. Bergey's Manual of Determinative Bacteriology: Williams & Wilkins, Baltimore, Maryland, , v.8. 1974.
- Chen, B., Du, L., Yuan, J., Sun, X., Pathirage, M., Sun, W., & Feng, J. (2022). A Experimental Study on Engineered Cementitious Composites (ECC) Incorporated with Sporosarcina pasteurii. Buildings, 12(5). <https://doi.org/10.3390/buildings12050691>
- CHOI, S. G. et al. Sustainable Biocement Production via Microbially Induced Calcium Carbonate Precipitation: Use of Limestone and Acetic Acid Derived from Pyrolysis of Lignocellulosic Biomass. ACS Sustainable Chemistry and Engineering, v. 5, n. 6, p. 5183–5190, 5 jun. 2017.
- DE MUYNCK, W.; DE BELIE, N.; VERSTRAETE, W. Microbial carbonate precipitation in construction materials: A review. Ecological Engineering, v. 36, p. 118-136, 2010.

- DE VOS, P.; GARRITY, G.; JONES, D.; KRIEG, N. R.; LUDWIG, W.; RAINEY, F. A.; SCHLEIFER, K.-H.; WHITMAN, W. B. *Bergey's manual of systematic bacteriology: Volume 3: The Firmicutes*: Springer Science & Business Media, 2011, v.3.
- DEJONG, J. T.; FRITZGES, M. B.; NÜSSLEIN, K. Microbially Induced Cementation to Control Sand Response to Undrained Shear. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, v. 132, n. 11, p. 1381-1392, 2006.
- DEJONG, J. T.; MORTENSEN, B. M.; MARTINEZ, B. C.; NELSON, D. C. Bio-mediated soil improvement. *Ecological Engineering*, v. 36, p. 197-210, 2010.
- DEJONG, JT et al. "Upscaling de biomediate melhoria do solo." *Proceedings of the 17th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering*, Alexandria, Egito, 2009.
- DHAMI, N. K.; REDDY, S. M.; MUKHERJEE, A. Biofilm and microbial applications in biomineralized concrete. In: (Ed.). *Advanced topics in Biomineralization: InTech*, 2012.
- FERRIS, F.G. et al. Bacteriogenic mineral plugging. *Can J Petrol Technol*, v. 35, p. 56-61, 1996. KROLL, R. G. *Microbiology of extreme environments*, McGraw- Hill, New York, 1990.
- GARBIN, G. R. Estudo de biocimentação em solo arenoso. 2016. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia e Arquitetura, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2016.
- GIBSON, T. An Investigation of the *Bacillus pasteurii* Group: III. Systematic Relationships of the Group. *Journal of Bacteriology*, v. 29, n. 5, p. 491- 502, 1935.
- HAMED KHODADADI, T.; KAVAZANJIAN, E.; VAN PAASSEN, L.; DEJONG, J. Bio-Grout Materials: A Review. In: *Grouting 2017*, 2017, p.1- 12.
- HAMMES, F. E.; VERSTRAETE, W. Key roles and calcium metabolism in microbial carbonate precipitation. *Environmental Science & Bio/Technology*, v.1, p. 3-7, 2002.
- IVANOV, V.; CHU, J. Applications of microorganisms to geotechnical engineering for bioclogging and biocementation of soil in situ. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, v. 7, n. 2, p. 139-153, 2008.
- IVANOV, V.; CHU, J.; STABNIKOV, V. Basics of construction microbial biotechnology. In: *Biotechnologies and Biomimetics for Civil Engineering*, p. 21-56. 2015.
- IVANOV, V.; STABNIKOV, V. Basic concepts on biopolymers and biotechnological admixtures for eco-efficient construction materials. In: *Biopolymers and Biotech Admixtures for Eco-Efficient Construction Materials*, 2016, p. 13-35.
- KAWASAKI, K. H. A. Electro-Biogrouting and Its Challenges. *International Journal of Electrochemical Science*, v. 7, p. 1196-1204, 2012.





- KEYKHA, H. A.; ASADI, A.; ZAREIAN, M. Environmental factors affecting the compressive strength of microbiologically induced calcite precipitation treated soil. *Geomicrobiology Journal*, v. 34, n. 10, p. 889-894, 2017.
- KHALEGHI, M.; ROWSHANZAMIR, M. A. Biologic improvement of a Sandy soil using single and mixed cultures: A comparison study. *Soil and Tillage Research*, v. 186, p. 112-119, 2019.
- KRAJEWSKA, B. Urease-aided calcium carbonate mineralization for engineering applications: A review. *Journal of Advanced Research*, v. 13, p. 59-67, 2018.
- LEE, Y. N. Calcite Production by *Bacillus amyloliquefacies* CMB01. *Journal of Microbiology*, v. 41, n. 4, p. 345-348, 2003.
- LE-METAYER-LEVREL G., CASTANIER S., ORIAL G., LOUBIÈRE J. F., PERTHUISOT J. P. Applications of bacterial carbonatogenesis to the protection and regeneration of limestones in buildings and historic patrimony. *Sediment Geol*, 1999. 126:25-34.
- MAHAWISH, A.; BOUAZZA, A.; GATES, W. P. Improvement of Soft Soils Using Bio-Cemented Sand Columns. In: Wu W., Yu HS. *Proceedings of China-Europe Conference on Geotechnical Engineering*, Springer Series in Geomechanics and Geoengineering, , p. 822-825. 2018.
- MONTOYA, B. M. Bio-mediated soil improvement and the effect of cementation on the behavior, improvement, and performance of sand. California, Tese. 252 p. Programa de pós graduação em Engenharia Civil e Ambiental. University of California. 2012.
- Moreno, Ariane Maria Rizzoli, 1993-M843p2020 Produção de urease por *Sporosarcina pasteurii* ATCC 11859 em resposta a condições de crescimento e seu potencial para estabilização de solos / Ariane Maria Rizzoli Moreno. – Viçosa, MG, 2020. ARIANE MARIA RIZZOLI MORENO PRODUÇÃO DE UREASE POR *Sporosarcina pasteurii* ATCC 11859 EM RESPOSTA A CONDIÇÕES DE CRESCIMENTO E SEU POTENCIAL PARA A ESTABILIZAÇÃO DE SOLOS. [s.l: s.n.], 2020.
- MOUNTASSIR, G. El.; MINTO, J. M.; VAN PAASSEN, L. A.; SALIFU, E.; LUNN, R. J. Applications of Microbial Processes in Geotechnical Engineering. *Advances in Applied Microbiology*, v. 104, p. 39-91, 2018.
- MUJAH, D.; SHAHIN, M. A.; CHENG, L. State-of-the-Art Review of Biocementation by Microbially Induced Calcite Precipitation (MICP) for Soil Stabilization. *Geomicrobiology Journal*, v. 34, n. 6, p. 524-537, 2016.
- NBR 13281: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – requisitos. Rio de Janeiro, 2005.



- OMOREGIE, A. I.; GINJOM, I.; NISSOM, P. Microbially Induced Carbonate Precipitation Via Ureolysis Process: A Mini-Review. *Transactions on Science and Technology*, v.5, n. 4, p. 245-256, 2018.
- PENG Y. L., ZHAO H. Z., YANG Q. Z., ZONG Z. Progress in microbial and enzyme immobilization of carbon dioxide. *Cheme Bioeng* 27:10–13, 2010.
- PHILLIPS A. J., LAUNCHNOR E., ELDRING J., ESPOSITO R., MITCHELL A. C. Potential CO<sub>2</sub> leakage reduction through biofilm-induced calcium carbonate precipitation. *Environ Sci Tech* 47:142–149, 2012.
- RAJASEKAR, A.; K.S. MOY, C.; WILKINSON, S. MICP and Advances towards Eco-Friendly and Economical Applications, v.78, p. 012016, 2017.
- RAMACHANDRAN, S.K. V. RAMAKRISHNAN, S.S. Bang, Remediation of concrete using micro-organisms, *ACI Mater. J.* 98, 3–9. 2001.
- REIS, L.; RODRIGUES, A.; SOARES, R.; ARAÚJO, R.; VIEIRA, J. Bioprecipitação de carbonato de cálcio por bactérias ureolíticas e suas aplicações, v.14, p. 860-881, 2017.
- STOCKS-FISHER, S.; GALINAT, J. K.; BANG, S. S. “Microbiological precipitation of CaCO<sub>3</sub>.” *Soil Biol. Biochem.*, v. 31, n. 11, p. 1563-1571, 1999.
- TORGAL FP, LABRINCHA JA, DIAMANTI MV, Yu CP, Lee HK. *Biotechnologies and biomimetics for civil engineering*. Springer. 2015.
- WANG, Z.; ZHANG, N.; CAI, G.; JIN, Y.; DING, N.; SHEN, D. Review os ground improvement using microbial induced carbonate precipitation (MICP). *Marine Georesources & Geotechnology*, v. 35, n. 8, p. 1135-1146, 2017.
- WHIFFIN, V. S. Microbial CaCO<sub>3</sub> precipitation for the production of biocement. Tese de Doutorado - Murdoch University, Perth, Australia, 2004.



# CAPÍTULO XXII

## DIAGNÓSTICO DOS SISTEMAS DE GUARDA TEMPORÁRIA DE LIXO EM EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS NA CIDADE DO RECIFE/PE

DIAGNOSIS OF TEMPORARY GARBAGE STORAGE SYSTEMS IN RESIDENTIAL BUILDINGS IN THE CITY OF RECIFE/PE

DOI: 10.51859/AMPLA.MAS2407-22

Emanoel Silva de Amorim <sup>1</sup>  
Girândia de Moraes Sampaio <sup>2</sup>  
Hugo Leonardo França Silva <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Mestrando em Engenharia Civil. Universidade de Pernambuco – UPE, Escola Politécnica de Pernambuco – POLI; Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil – PEC.

<sup>2</sup> Mestrando em Engenharia Civil. Universidade de Pernambuco – UPE, Escola Politécnica de Pernambuco – POLI; Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil – PEC.

<sup>3</sup> Arquiteto e Urbanista. Faculdade de Ciências Humanas – ESUDA; Programa de Pós-graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho.

### RESUMO

Este documento apresenta uma análise comparativa sobre a situação projetual dos sistemas de guarda temporária de lixo em 40 (quarenta) edificações residenciais localizadas na cidade do Recife, no estado de Pernambuco. Através de uma metodologia de pesquisa específica este trabalho conseguiu determinar pontos relevantes ligados a concepção do acondicionamento dos resíduos sólidos e das normas municipais vigentes. No momento da visita foi realizado registro fotográfico dos dispositivos encontrados e preenchimento de um *checklist*. Com a análise dos resultados possível observar diversos problemas relacionados aos parâmetros normativos ligados a este sistema. Por fim, o artigo propõe uma planilha eletrônica de cálculos e determinação de parâmetros para facilitar a fase projetual deste sistema, evitando assim, possíveis erros futuros.

**Palavras-chave:** Resíduos Sólidos. Guarda temporária de lixo. Lei nº 16.292/97.

### ABSTRACT

This document presents a comparative analysis of the design situation of temporary garbage storage systems in 40 (forty) residential buildings located in the city of Recife, in the state of Pernambuco. Through a specific research methodology, this work was able to determine relevant points related to the design of solid waste packaging and current municipal regulations. At the time of the visit, a photographic record of the devices found was carried out and a checklist was filled out. With the analysis of the results, it is possible to observe several problems related to the normative parameters linked to this system. Finally, the article proposes an electronic spreadsheet for calculations and parameters determination to facilitate the design phase of this system, thus avoiding possible future errors.

**Keywords:** Solid Waste. Temporary garbage disposal. Law No. 16,292/97.

## 1. INTRODUÇÃO

Segundo o manual de gerenciamento integrado de resíduos sólidos, no Brasil, o serviço sistemático de limpeza urbana foi iniciado oficialmente em 25 de novembro de 1880, na cidade de São Sebastião do Rio de Janeiro, então capital do Império. Nesse dia, o imperador D. Pedro II assinou o Decreto nº 3024, aprovando o contrato de "limpeza e irrigação" da cidade, que foi executado por Aleixo Gary e, mais tarde, por Luciano Francisco Gary, de cujo sobrenome origina-se a palavra gari, que hoje denomina-se os trabalhadores da limpeza urbana em muitas cidades brasileiras. Dos tempos imperiais aos dias atuais, os serviços de limpeza urbana vivenciaram grandes modificações e avanços, contando com diversas normas e leis de âmbito municipal, estadual e federal.

Antes do lixo ser destinado para uma estação de tratamentos ele deve ser acondicionado em locais específicos e dimensionados para tais usos, segundo leis e normais de âmbito municipal, estadual e federal, as quais regem os procedimentos para a segregação, acondicionamento, estocagem do lixo nas edificações de usos diversos (Residencial, Comercial, Industrial, Hospitalares...).

Mesmo com informações e diretrizes no que diz respeito a boa gestão dos resíduos sólidos, hoje, a situação está bem distante do ideal. Todo o processo de gestão passa por grandes dificuldades, desde o acondicionamento no local de origem do resíduo até o local de destinação final. O desperdício e sobra de materiais provenientes da vida urbana tem significativa mudança na vida do cidadão. Grandes áreas urbanas do torno, como casas, prédios, ruas e becos passam a serem elementos construtivos da paisagem urbana onde os acondicionamentos inadequados do descarte populacional causam grandes conseqüências ao homem e ao meio ambiente.

As conseqüências mais evidentes e freqüente vão desde o manejo do lixo inadequado causando contaminação direta ao homem ou através de vetores com infestações de insetos e roedores. Como também a contaminação direta do solo e lençóis freáticos, trazendo sérios riscos à saúde da população. O descaso no que diz respeito às questões que normatiza e regula o projeto para construção de edículas vêm de encontro às necessidades no aprofundamento dos estudos as unidades habitacionais e suas edículas como indicadores das condições de insalubridade urbana.

A presente pesquisa justifica-se pela necessidade de avaliar a qualidade das edículas construídas e a relação de compatibilização delas com as normas municipais vigentes. Delimita-se a analisar o setor de resíduos sólidos, que mesmo sendo um participante de vários outros ligados aos sistemas prediais necessita de grande atenção. Tendo com objetivo de analisar a situação projetual dos sistemas de guarda temporária de lixo de edifícios residenciais construídos na cidade do Recife, no estado de Pernambuco.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1. RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

Segundo a NBR 1004/2004, os resíduos sólidos urbanos (RSU's), vulgarmente denominados por lixo urbano, são resultantes da atividade doméstica e comercial das povoações. A sua composição varia de população para população, dependendo da situação socioeconômica e das condições e hábitos de vida de cada um. Esses resíduos podem ser classificados das seguintes maneiras:

Tabela 1 – Lista de Classificação dos Resíduos Sólidos

<b>Matéria orgânica:</b> Restos de comida, da sua preparação e limpeza
<b>Papel e papelão:</b> Jornais, revistas, caixas e embalagens
<b>Plásticos:</b> Garrafas, garrafões, frascos, boiões e outras embalagens
<b>Vidro:</b> Garrafas, frascos, copos
<b>Metais:</b> Latas
<b>Outros:</b> Roupas, óleos de cozinha e óleos de motor, resíduos informáticos.

Fonte: Adaptado da NBR 1004/2004 pelo Autor, 2022.

Existem também alguns tipos de resíduos diferentes dos comumente encontrados e que são denominados tóxicos. Estes necessitam de um destino especial para que não contaminem o ambiente e os seres que nele habitam, como aerossóis vazios, pilhas, baterias, lâmpadas fluorescentes, restos de medicamentos e outros.

Estima-se que cada pessoa produza, em média, 1,3 kg de resíduo sólido por dia. Desta forma, uma pequena cidade de apenas 10 000 habitantes produziria mais de 10 toneladas de lixo diariamente.

### 2.2. CRITÉRIOS DE CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

Segundo a Ecolnews (2022) o critério de origem e produção, o lixo pode ser classificado da seguinte maneira:

Tabela 2 – Lista de origem e produção do lixo

<b>Doméstico:</b> gerado basicamente em residências;
<b>Comercial:</b> gerado pelo setor comercial e de serviços;
<b>Industrial:</b> gerado por indústrias (classe I, II e III);
<b>Hospitais:</b> gerado por hospitais, farmácias, clínicas, etc.;
<b>Especial:</b> podas de jardins, entulhos de construções e animais mortos.

Fonte: Adaptado da Ecolnews pelo Autor, 2022.

De acordo com a composição química, o lixo pode ser classificado em duas categorias: Orgânico e Inorgânico.

## 2.3. DESTINAÇÃO FINAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais - ABRELPE (2022), define que a coleta dos resíduos urbanos pode ser indiferenciada ou seletiva. É indiferenciada quando não ocorre nenhum tipo de seleção na sua coleta e acabam rotulados como lixo comum. E é seletiva quando os resíduos são recolhidos já com os seus componentes separados de acordo com o tipo de resíduo e destino para o qual são enviados. Após a coleta, o lixo comumente pode ser encaminhado para três lugares: um aterro sanitário, uma unidade de incineração ou uma unidade de valorização e tratamento de resíduos. Existem outros destinos para os resíduos descritos nos métodos seguintes:

Tabela 3 – Lista de Destinos dos resíduos sólidos

Aterros sanitários (disposição no solo de resíduos domiciliares);
Reciclagem energética (incineração ou queima de resíduos perigosos, com reaproveitamento e transformação da energia gerada);
Reciclagem orgânica (compostagem da matéria orgânica);
Reciclagem industrial (reaproveitamento e transformação dos materiais recicláveis);
Esterilização a vapor e desinfecção por microondas (tratamento dos resíduos patogênicos, sépticos, hospitalares).

Fonte: Adaptado da Ecolnews pelo Autor, 2022.

## 2.4. O LIXO EM EDIFÍCIOS

É muito importante ter uma edícula ou casa do lixo bem estruturada em um edifício, pois essas preenchem as necessidades específicas, tais como: salubridade ambiental, estética, funcionalidade, durabilidade, usabilidade, compatibilidade com partido arquitetônico e compatibilidade com programa arquitetônico.

Para obter edículas bem dimensionadas devem-se observar diversos fatores que determinam o bom funcionamento do sistema. Fatores como: limpeza, manutenção,



custos com pessoal e material facilidade de uso, modelo de coleta, impacto visual causado, qualidade ambiental e higiene do edifício.

A adequação da qualidade nos sistemas de guarda temporária de lixo está relacionada com o conhecimento de algumas condicionantes, que são: acessos ao edifício, iluminação e ventilação (do entorno da edícula), materiais e técnicas construtivas empregadas (especificações), desenvolvimento espacial e dimensionamento, sistemas utilizados (diferença padrões dos materiais e intercâmbio), interação com outros sistemas do edifício (elétrica/água/combustíveis), interação com outros espaços do edifício (acessos /lazer/garagens).

Os tipos mais usuais de acondicionadores, contentores ou recipientes para guarda temporária de lixo são:

- Tonéis- geralmente feitos em ligas metálicas e são amplamente usados em edificações onde o volume de resíduos gerado é pequeno.
- Container- utilizados em locais onde a quantidade de lixo pede reservatórios de guarda que compor tem maiores volumes e que sejam práticos, higiênicos e duráveis no seu manuseio. Geralmente construídos em ligas metálicas estão sendo substituídos por reservatórios feitos em plástico injetado. No sul do Brasil são chamados de contentores.
- Caçambas- são dispositivos de grande porte e necessitam de apoio mecânico para retirada

## 2.5. LEI Nº 16.292/97

Os parâmetros e diretrizes para o bom dimensionamento dos acondicionamentos são determinados por leis de âmbitos municipais.

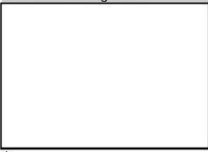

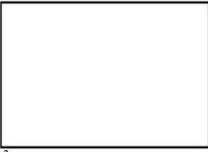
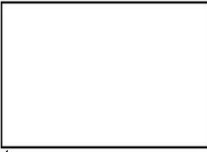
Em Recife existe o “Código de Obras da cidade do Recife Lei nº 16.292/97”, que define os parâmetros importantes para a construção de edifícios, desde informativos relativos ao dimensionamento das edículas, classificação de dados dos usos das edificações, parâmetros para acondicionamentos dos resíduos sólidos entre outros.

## 3. METODOLOGIA APLICADA

Através da elaboração de um formulário (Figura 1), foi realizada uma análise comparativa visando estabelecer parâmetros e diretrizes conclusivas, no intuito de buscar entender melhor os problemas relacionados aos sistemas de guarda temporária

de lixo. O formulário de análise foi desenvolvido com base na Lei nº 16.292/97, que regulamenta as atividades de edificações e instalações no Recife, obedecendo às disposições e fundamentações dela, que considera aspectos como conforto, durabilidade, segurança e acessibilidade.

Figura 1: Checklist de Análise das Edificações

Análise do Acondicionamento dos Resíduos Sólidos em Edifícios Residenciais		Análise do Acondicionamento dos Resíduos Sólidos em Edifícios Residenciais	
<b>1.0 Identificação do Edifício</b> 1.1 Gerais Nome: _____ Zona: _____ Cidade: _____ Bairro: _____ 1.2 Perfil do Edifício Quantidade de Dormitórios: _____ Quantidade de Apt./Andar: _____ Média de População Existente: _____ 0 Pessoas		<b>4.5.1 Forma de Acondicionamento</b> ( ) Container ( ) Toneis ( ) Saco ( ) SIM Quantidade: _____ Capacidade: _____ Quantidade: _____ Capacidade: _____ 4.5.2 O Dimensionamento está correto? ( ) SIM ( ) Não	
<b>2.0 Dimensionamento Ideal</b> 2.1 Cálculos: 0 pessoas x Lixo ( 4,6 ) = _____ 0 Litros/Dia		4.6 Existe Revestimento? ( ) SIM ( ) Não * revestimentos internamente com material liso, impermeável e resistente a lavagens 4.7 No compartimento existe ponto de Água? ( ) SIM ( ) Não 4.8 No compartimento existe Drenagem ligada ao esgoto? ( ) SIM ( ) Não 4.9 O Compartimento está coberto em laje? ( ) SIM ( ) Não 4.10 Qual o pé direito do Compartimento? _____ metros 4.11 Das Portas: 4.11.1 Existe Portas? ( ) SIM ( ) Não 4.11.2 Em Caso de acondicionamento em toneis ou sacos as portas são de Chapas (resistente e sem furos)? ( ) SIM ( ) Não 4.11.3 Em Caso de acondicionamento em Container as portas são de Teladas? ( ) SIM ( ) Não 4.11.4 As portas se projetam para rua ou calçada? ( ) SIM ( ) Não 4.11.5 Quantidade de Folhas? ( ) 1 ( ) 2 ( ) Mais de 2 4.11.6 Afastamento? _____ metros 4.12 Do Posicionamento: 4.12.1 Encontra-se distante de Central de Gás? ( ) SIM ( ) Não 4.12.2 Permite boa acessibilidade ao uso? ( ) SIM ( ) Não 4.12.3 Permite a entrada de ar e sol? ( ) SIM ( ) Não 4.12.4 A solução construtiva da edícula se integra a estética/composição do edifício? ( ) SIM ( ) Não 4.12.5 Encontra-se perto de Áreas de convivência? ( ) SIM ( ) Não	
<b>3.0 Relatório Fotográfico</b> 1.  2.  3.  4. 			
<b>4.0 Análise</b> 4.1 Existe Edícula? ( ) SIM ( ) Não 4.2 Pelo perfil do edifício deveria existir edícula? ( ) SIM ( ) Não 4.3 O Sistema Construtivo do Compartimento é resistente ao manuseio e a lavagens com produtos sanitários? ( ) SIM ( ) Não 4.4 No compartimento existe ponto de Luz? ( ) SIM ( ) Não			
01 / 02		02 / 02	

Fonte: Autor, 2022.

## 4. ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS NA PESQUISA

Com base nos resultados obtidos após a visita técnica nas 40 edificações, consegue-se obter dados que mostram quais são as principais deficiências do sistema de guarda temporária de lixo e em que situação de funcionamento se encontram.

Tabela 5 – Zoneamento das Edificações Visitadas

Zoneamento	Número	Percentual (%)
Norte	22	55,0
Sul	18	45,0
Total	40	100,0%

Fonte: Autor, 2022

Referente ao item salubridade ambiental, que pode ser conceituado por condição (notoriamente ambiental) que não afeta, ao menos de forma potencial, a saúde das pessoas ali presentes, observou-se precariedade na existência de elementos mínimos, como ponto de luz, água e drenagem ligada ao esgoto, conforme observa-se no Gráfico 1. A exemplo no bairro dos Aflitos (ver Figura 2).

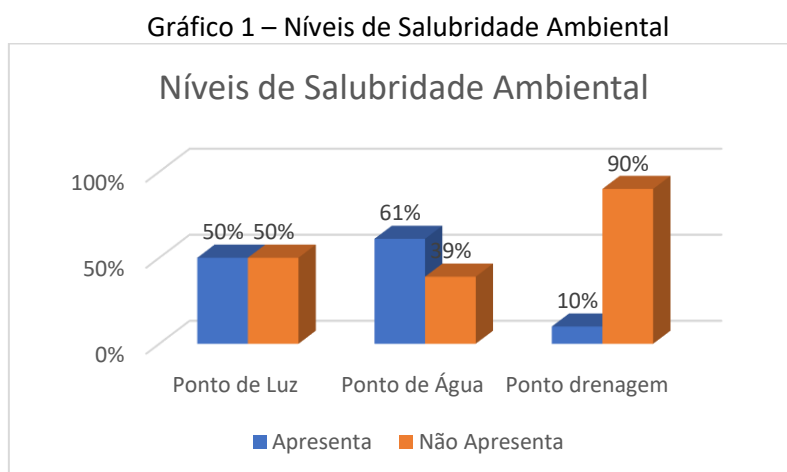
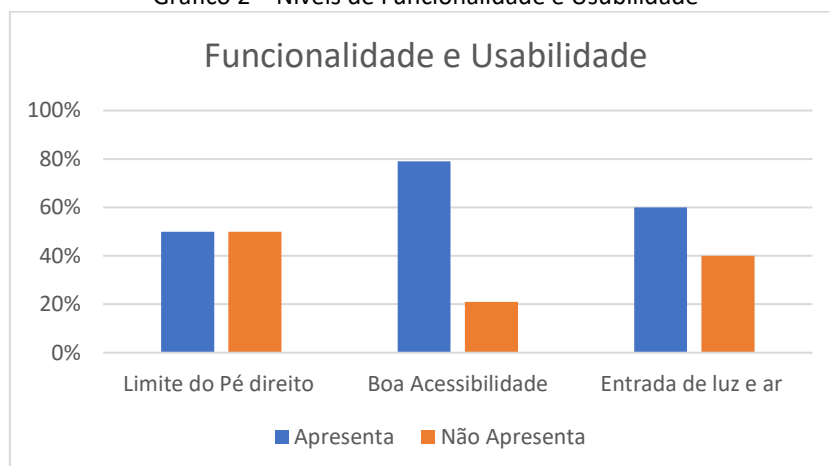


Figura 2 – Edif. Bairro do Aflitos



Fonte: Autor, 2022

Gráfico 2 – Níveis de Funcionalidade e Usabilidade



Fonte: Autor, 2022

Diferentemente o item “funcionalidade e usabilidade” a grande maioria das edificações apresentaram-se com dados mais otimistas. Conforme Gráfico 2, quando avaliados pela forma que os equipamentos interagem com as demandas dos usuários, à exemplo limite aceitável no pé direito, boa acessibilidade e entrada de iluminação e ventilação natural. A exemplo o Edf. no bairro do Arruda (ver Figura 3) onde a edícula permite a entrada de ar e luz natural.

Figura 3 – Edf. no bairro do Arruda

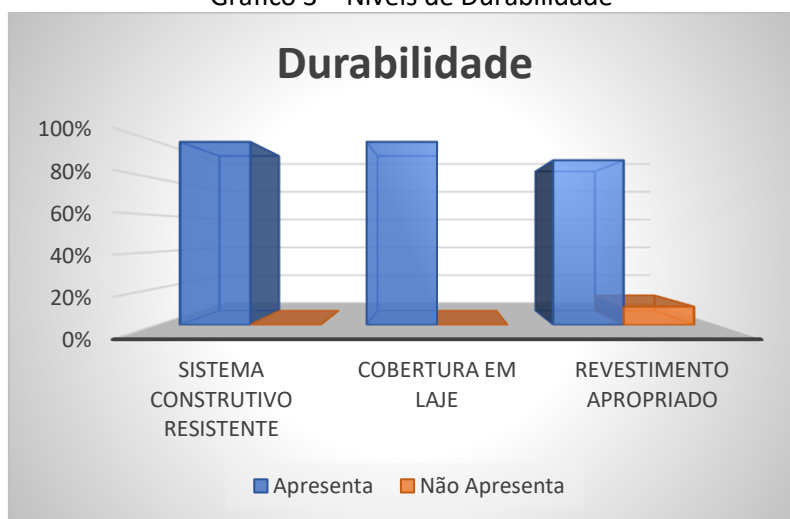


Fonte: Autor, 2022

O Gráfico 3 avalia-se o item “Durabilidade”, e demonstra que os sistemas de guarda temporária de lixo dos edifícios apresentaram sistema construtivo resistente ao manuseio e a lavagens com produtos sanitários e continham cobertura em laje, assim

como, revestimento em conformidade com a Lei nº 16.292/97. A exemplo o Edf. no bairro do Parnamirim (ver Figura 4) contruido em alvenaria e revestido em cerâmica.

Gráfico 3 – Níveis de Durabilidade



Fonte: Autor, 2022

Figura 4 – Edf. no bairro do Parnamirim



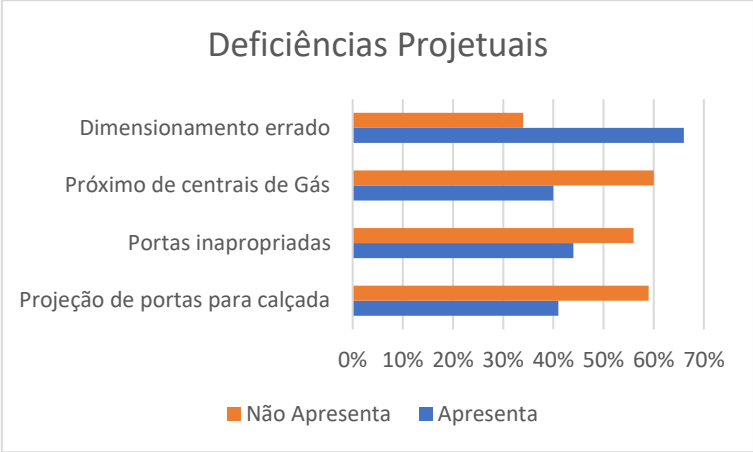
Fonte: Autor, 2022

Entretanto, um item alarmante diz respeito as “deficiências projetuais” apresentadas nos sistemas de guarda temporária de lixo dos edifícios. Em relação a compatibilidade com programa arquitetônico e sua adequação com as normas vigentes, verifica-se erros diversos como: portas com projeção/aberturas para a calçada e em não conformidade com a Lei nº 16.292/97, próximas de centrais de gás e com dimensionamento da capacidade ou escolha do acondicionamento errado. Todos os edifícios analisados possuíam deficiências projetuais, conforme Gráfico 4, atestado pela



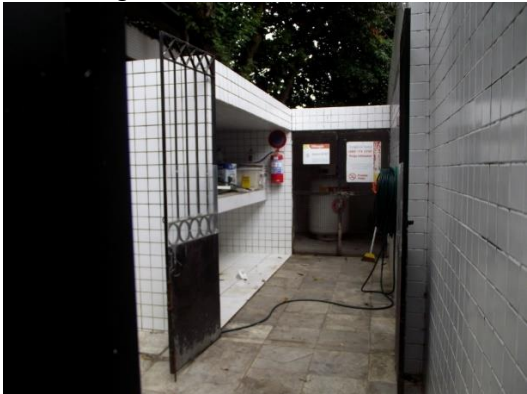
Figura 5 - Edf. no bairro de Casa Forte onde a edícula foi projetada junto a central de gás ou Figura 6 – Edf. no bairro de Casa Forte projetado com as portas com aberturas para a calçada.

Gráfico 4 – Deficiências Projetuais



Fonte: Autor, 2022

Figura 5 – Edf. no bairro de Casa Forte



Fonte: Autor, 2022

Figura 6 – Edf. no bairro de Casa Forte



Fonte: Autor, 2022

Contudo, referente a compatibilidade das composições das edificações, em sua maioria, verifica-se que as edículas estão integradas com as soluções de estéticas e apresentam-se distantes das áreas de lazer e convivência. Como pode-se observar na Tabela 6, atestado pela Figura 7 - Edf. no bairro de Parnimirin, que apresenta-se integrado com a estética e composição do edifício, e possui bom acesso.

Tabela 6 – Compatibilidade das composições das edificações

Item analisado	Número	Percentual (%)
Edículas integradas com estética	31	76%
Edículas distantes de áreas de convivência	29	74%

Fonte: Autor, 2017



Figura 7 – Edf. no bairro de Parnimirin



Fonte: Autor, 2017

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a análise de todos os resultados, podemos observar que ainda temos muito a avançar no tocante do sistema de guarda temporária de lixo. Percebe-se diversos problemas relacionados ao dimensionamento das edículas, a escolha do acondicionamento do lixo e incompatibilidade deste com o pé direito. Para tentar reduzir esse problema foi desenvolvido, nesse trabalho, uma planilha eletrônica de cálculos e determinação de parâmetros para facilitar a fase projetual deste sistema. Onde são lançados dados preliminares, e a própria planilha acusa o dimensionamento correto e a ideal escolha do acondicionamento.

Por fim, verifica-se a necessidade urgente de uma política pública mais rígida relacionada à supervisão e aprovação dos projetos de arquitetura, tendo em vista que a maioria dos edifícios analisados foram construídos depois de 1997, ano em que passou a vigorar a Lei nº 16.292/97.

Figura 8: Planilha eletrônica

Planilha de Dimensionamento de Guardas Temporárias de Lixo Em Edifícios Residenciais no RECIFE	
<b>1.0 Dados Preliminares</b>	
Número de Pavimentos	30
Quantidade de Apt/Andar	6
Número de Dormitórios/Apt	2
<b>2.0 Dimensionamento</b>	
3312 Litros de Lixo Diário	
<b>3.0 Escolha do Acondicionamento</b>	
<input type="checkbox"/>	Até 1000L Em sacos plásticos e recipientes com capacidade de 100L Pé Direito 1,6m
<input checked="" type="checkbox"/>	Acima 1000L Em sacos plásticos e containers com capacidade de 1.200L Pé Direito 2,2m
<input type="checkbox"/>	Acima 3.600 Obrigatório manter contrato de prestação de serviços de remoção de resíduos com o órgão municipal de limpeza urbana. Pé Direito 2,2m

Fonte: Autor, 2022

## REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA, MANUAL TÉCNICO DE ALVENARIA – ABCI. **ABNT NBR 10004**: resíduos sólidos- classificação. São Paulo: ABNT, 1993.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 9191**: sacos plásticos para acondicionamento de lixo – requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.
- RECIFE. Lei 16.292/1997. **Edificações e Instalações no Município do Recife, Leis municipais**. Recife, Pernambuco. 1997.
- MANUAL DE GERENCIAMENTO INTEGRADO DE RESÍDUOS SÓLIDOS**. 15 ed. Rio de Janeiro: IBAM, 2001. 200 p. Disponível em: <http://www.resol.com.br>. Acesso em: abril de 2022.
- ECOLNEWS. Disponível em: <http://www.ecolnews.com.br>. Acesso em: abril de 2022.

# CAPÍTULO XXIII

## AUXINA COMO AGENTE AMENIZADOR DO ESTRESSE SALINO EM DUAS ESPÉCIES DE GRAMÍNEAS FORRAGEIRAS

AUXIN AS MITIGATING AGENT OF SALT STRESS IN TWO SPECIES OF FORAGE GRASSES

DOI: 10.51859/AMPLA.MAS2407-23

Gilmara Matias de Sousa <sup>1</sup>  
Roberta Dávila Pereira Lima <sup>2</sup>  
Antonio Viana Lopes Neto <sup>3</sup>  
Juan Carlos Alvarez Pizarro <sup>4</sup>  
Estelita Lima Cândido <sup>5</sup>

<sup>1</sup> Doutoranda no PMBqBM da Universidade Federal do Cariri – UFCA

<sup>2</sup> Mestranda no PMBqBM da Universidade Federal do Cariri - UFCA

<sup>3</sup> Doutorando no PMBqBM da Universidade Federal do Cariri - UFCA

<sup>4</sup> Professor da Universidade Federal do Cariri - UFCA

<sup>5</sup> Professora da Universidade Federal do Cariri - UFCA

### RESUMO

As gramíneas *Urochloa brizantha* e *Megathyrsus maximus* são espécies pouco tolerantes à salinidade e como os hormônios vegetais são fundamentais para a adaptação das plantas à salinidade, pois medeiam várias respostas adaptativas; o presente estudo tem como objetivo realizar uma revisão bibliográfica sobre o efeito da auxina, o ácido indolacético (AIA), nos mecanismos de adaptação ao estresse salino.

**Palavras-chave:** Auxina. Estresse salino. Tolerância à salinidade.

### ABSTRACT

The grasses *Urochloa brizantha* and *Megathyrsus maximus* have little tolerance to salinity. Plant hormones are fundamental to the adaptation to salinity by mediating several adaptive responses. The aim of the proposed study is to do a review on the effect of auxin (indole-3-acetic acid) on salt stress adaptation methods in *Urochloa brizantha* and *Megathyrsus maximus* submitted to salinity.

**Keywords:** Auxin. Saline stress. Tolerance to salinity.

## 1. INTRODUÇÃO

Dentre os fatores abióticos, a salinidade elevada do solo, atribuída principalmente a um desequilíbrio nutricional, causa grande prejuízo ao crescimento e desenvolvimento das plantas. Culturas de grande importância como gramíneas forrageiras (ou capins) têm mostrado grande variabilidade ao estresse salino, sendo que aquelas com maior produção de massa verde mostram maior sensibilidade.

Tendo em vista que as pastagens representam a base alimentar para a produção de carne bovina no Brasil e que a maior demanda por capins exige o uso de solos inapropriados e de águas com problemas de salinização, o estudo sobre a tolerância à salinidade das gramíneas é de grande importância para o crescimento da pecuária. Segundo Souza (2018) a água de boa qualidade para consumo e para agricultura vem a cada dia diminuindo, principalmente em regiões áridas e semiáridas do Brasil. Isso pode ser prejudicial para estados brasileiros como o Ceará, cuja atividade pecuária vem crescendo como descrito pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2019).

Algumas pesquisas apontam o uso de substâncias orgânicas ou sintéticas, denominadas de fitohormônios, para promoverem respostas de adaptação ao meio salino nas plantas. Essas substâncias auxiliam na recuperação mais rápida de efeitos nocivos provocados pelo estresse salino, por agirem como sinalizadores de respostas que envolvem a ativação gênica ou alterações no metabolismo da planta.

A auxina é um hormônio vegetal que tem sido pouco estudado com relação ao seu papel na tolerância ao estresse salino. Entretanto, algumas pesquisas mostraram que as auxinas são capazes de ativarem mecanismos envolvidos no controle da homeostasia do  $\text{Na}^+$  e  $\text{K}^+$ . A regulação dos teores de ambos os íons nos tecidos da planta é um mecanismo primário de tolerância que determina o melhor desempenho do vegetal em condições de estresse salino. Portanto, acredita-se que a abordagem proposta represente uma forma interessante de manejo das plantas quando exposta à salinidade em campo, logo, o objetivo desse estudo é realizar uma revisão bibliográfica sobre o efeito da auxina, o ácido indolacético (AIA), nos mecanismos de adaptação ao estresse salino em duas espécies de gramíneas forrageiras.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. AS ESPÉCIES DE FORRAGEIRA *UROCHLOA BRIZANTHA* (CULTIVAR PIATÃ) *MEGATHYRSUS MAXIMUS* (CULTIVAR TANZÂNIA)

*Urochloa brizantha* e *Megathyrsus maximus* são espécies perenes originárias da savana africana, são angiospermas monocotiledôneas pertencentes ao reino vegetal, ordem Poales, e família das Poaceae (HERLING e PEREIRA, 2016).

A espécie *U. brizantha* possui raízes fasciculadas, caule do tipo rizoma, folhas lanceoladas sendo ventralmente pilosas e dorsalmente glabras, e pode atingir de 1 m a 2,5 m de altura. O fruto é do tipo cariopse e as sementes podem apresentar dormência quando recém colhidas (SILVA, 2019).

O capim *U. brizantha* se destaca como forrageira, com impacto importante no setor agrônomo e econômico com uma boa representatividade nas pastagens do Brasil, sendo muito utilizada pelos pecuaristas brasileiros, a espécie também se destaca como forrageira no cenário mundial (KARIA *et al.* 2006).

O sucesso de *U. brizantha* como forrageira é atribuído ao considerável potencial nutritivo, à elevada taxa de crescimento, grande capacidade de forragem com alta capacidade de cobertura do solo, grande potencial de produção de sementes, resistência a cigarrinhas das pastagens, entre outros. Dentre os cultivares da espécie, o cultivar Piatã se destaca por possuir alta taxa de produtividade (SILVA, 2019).

O cultivar Piatã foi desenvolvido pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) no ano de 2006 e recebeu esse nome devido a suas características de produtividade, nome esse, de origem *tupi-guarani*, significa fortaleza. E, Possui alta produtividade de folhas, com bainhas foliares apresentando pouca pilosidade, e perfilhamento aéreo, podendo chegar até 1,10 m de crescimento, apresenta resistência às cigarrinhas típicas de pastagens, se adapta em solos de média a alta fertilidade, pode ser usado em consócio com plantações de milho e sorgo, podendo ser indicado para o sistema de integração lavoura pecuária e floresta, porém o cultivar não sobrevive em solos encharcados e é sensível a cigarrinhas do gênero *Mahanarvas* (ANDRADE e ASSIS, 2010).

O capim *Megathyrsus maximus* é uma espécie perene que forma touceira, possui raízes fibrosas, caule em forma de rizoma, as folhas são longas e finas envolvendo o

colmo, a planta pode atingir de 1 m a 2 m de altura, com frutos cariopse e em formato elíptico (IABIN, 2021). Possui um potencial considerável como forrageira, podendo alcançar até 13% de proteínas em plantas novas, se destacando também na produção de matéria seca por unidade de área, além de ter uma ampla adaptabilidade.

No ano de 1990, a EMBRAPA lançou o cultivar Tanzânia, uma forma melhorada da espécie *M. maximus* que possui resistência às cigarrinhas de pastagens. É uma espécie que pode chegar até 1,30 m de altura, forma touceira, o colmo é levemente roxo, com folhas sem pilosidade e pode ter bom desenvolvimento em áreas que possuem forrageiras em degradação. Porém, o cultivar exige solos com maior fertilidade em relação aos nutrientes potássio, fósforo e nitrogênio (PRAXEDES *et al.* 2019).

O cultivar Piatã é classificado como não tolerante à salinidade, por não conseguir sobreviver em substratos com elevada taxa de sal, e o cultivar Tanzânia é classificado como moderadamente tolerante à salinidade, por conseguir se adaptar a baixas concentrações de salinidade (FERREIRA, 2019; PRAXEDES, *et al.* 2019; ALVES e COSTA, 2018; GUIMARÃES *et al.* 2020; ALVAREZ-PIZARRO *et al.* 2019).

## 2.2. A SALINIDADE

A salinidade é um problema mundial de natureza ambiental, dado que 98% dos organismos vegetais são glicófitos, ou seja, são organismos que não conseguiram desenvolver mecanismos fisiológicos para sobreviver em meios com excesso de sal, morrendo em consequência dos danos celulares, e desses organismos as espécies monocotiledôneas, da família Poaceae, são as mais sensíveis (GAMALERO *et al.* 2020).

A salinidade do meio é quantificada pela condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes) e diz respeito à quantidade excessiva de sais solúveis, como o sódio, cálcio, magnésio, sulfatos e carbonatos, sendo um fator considerado para analisar a degradação dos solos (LEITE *et al.* 2019).

Os sais em excesso no solo podem alterar as propriedades físico-químicas e provocar a redução da fertilidade em decorrência do aumento do potencial osmótico, interferindo na capacidade de absorção de água pelas plantas e, a longo prazo, pode até causar desertificação do solo (LEITE *et al.* 2019).

O fator primário ou natural responsável pela salinidade é o intemperismo das rochas, que libera diversos tipos de sais e promove o acúmulo dos sais solúveis no solo.





A salinidade natural também pode ser causada por deposição de sal oceânico em decorrência de ventos e chuvas (PERÉZ, 2018). Por outro lado, ela pode ser gerada por interferências antrópicas, por exemplo, quando o homem usa fertilizantes de modo inadequado ou utiliza água salgada na irrigação de culturas (SOUZA, 2018).

As áreas mais afetadas pela salinidade estão localizadas, principalmente, nas regiões áridas ou semiáridas, devido à baixa taxa de chuvas, elevada evaporação e por fatores climáticos, geológicos e hidrológicos locais que coadunam para o acúmulo de sódio tocável no solo (PEREIRA, 1988; GHEYI *et al.* 2016).

No Brasil, as regiões Nordeste e Centro-Oeste, compreendem, principalmente, o bioma da Caatinga, sofrem mais com a salinidade e abrangem 89,5% da área semiárida do Brasil (PAULA *et al.* 2020).

### 2.3. EFEITO DA SALINIDADE NA PRODUTIVIDADE DOS CULTIVARES PIATÃ E TANZÂNIA

A salinidade do solo representa um dos fatores de estresse ambiental mais prejudiciais para as plantas, pois interfere na produtividade vegetal (FERREIRA, 2008), podendo levar à diminuição na produtividade e/ou à morte da planta (ESTEVES e SUZUKI, 2008), comprometendo as funções fisiológicas e bioquímicas do organismo vegetal.

Na germinação da semente, a salinidade restringe a captação de água e provoca um atraso ou a redução da taxa de germinação, promovendo também a redução de crescimento das plântulas, pois impulsiona o fechamento de estômatos e reduz a captura de CO<sub>2</sub> (SOUZA, 2018).

Na nutrição das plantas, a salinidade interfere promovendo o efeito osmótico e o efeito iônico. O efeito osmótico afeta a absorção de água pelas raízes, provocando um estresse hídrico, por diminuir a disponibilidade de água e nutrientes às plantas. A alta concentração de sal forma uma zona de baixo potencial hídrico, provocando a restrita absorção de água pelas raízes, afetando a planta com a perda de turgor e, consequentemente, destruição de proteínas de membranas (JIANG *et al.* 2010).

O efeito iônico se caracteriza pela toxicidade fisiológica e metabólica causada pelos íons de Na<sup>+</sup> e Cl<sup>-</sup>, e a promoção da deficiência de íons importantes para o metabolismo celular, como o potássio, o zinco, cobre, manganês, ferro e bário (BASSIL *et al.* 2012).



O  $\text{Na}^+$ , em excesso no solo, entra na raiz por transportadores de íons, como os transportadores de alta afinidade do potássio (HKT1 ou LCT1), ou por canais de cátions não seletivos (KHAN, 2011).

O excesso de  $\text{Na}^+$ , nas células vegetais, causa distúrbios iônicos, sendo o principal deles a competição com os sistemas de transporte do  $\text{K}^+$ , diminuindo a entrada do  $\text{K}^+$  nas células. Com isso, a razão  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  alta no citosol inibe a síntese de proteínas e a atividade enzimática (BASSIL *et al.* 2012).

Todavia o  $\text{K}^+$  é um nutriente primário essencial para o metabolismo vegetal, atuando como o principal cátion inorgânico e chegando à concentração de 200 mM no citosol. No interior celular o  $\text{K}^+$  participa de processos fisiológicos diversos, como a ativação e a regulação da atividade enzimática, o transporte através da membrana, atua na dinâmica fotossintética e no equilíbrio de pH no citoplasma celular. Porém, quando a concentração de  $\text{K}^+$  é reduzida, pode promover a inibição de muitas enzimas e proteínas e afetar a tradução na síntese de proteínas (KETEHOULI *et al.* 2019).

Segundo Alves e Costa (2018) o cultivar Piatã não tolera o estresse salino. Em estudos conduzidos por Alvarez-Pizarro *et al.* (2020), que compararam os parâmetros de crescimento, analisaram a taxa de crescimento relativo e o acúmulo de íons nas espécies de *U. brizantha* e *M. maximus* submetidas à salinidade, na concentração de 25 a 100 mmol/L de NaCl, constataram que, a partir da concentração de 50 mmol/L, percebe-se os efeitos nocivos promovidos pelo estresse salino, como por exemplo, a redução da taxa de crescimento.

Os supracitados autores notaram a redução de crescimento, exclusivamente, na espécie de *U. brizantha*, o qual faz parte o cultivar Piatã, mensurando dados que revelam maior concentração de  $\text{Na}^+$  nas folhas e alto acúmulo de prolina nessa espécie. A prolina funciona como um osmoprotetor para evitar a redução do potencial osmótico e danos oxidativos. Porém, o estudo menciona que a espécie de *M. maximus* conseguiu regular a concentração dos íons de  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  nas folhas. Assim, os autores propõem que das duas espécies analisadas, cada uma desempenha mecanismos opostos para regular os danos do estresse salino e que a espécie de *M. maximus* apresenta melhor desempenho quando semeada em condições de salinidade.

Nota-se que a espécie de *U. brizantha* apresentou-se mais sensível à salinidade, fato evidenciado nos estudos de Ferreira *et al.* (2019) que descreveram o efeito da



salinidade em detrimento do acúmulo de íons no cultivar Piatã, verificando que o cultivar acumula mais  $\text{Na}^+$  na raiz do que na parte aérea, quando exposto a 75mM de NaCl.

O acúmulo de  $\text{Na}^+$  é uma consequência negativa do estresse salino, pois o  $\text{Na}^+$  em excesso é tóxico às plantas, alterando os mecanismos fisiológicos. Estudo similar foi conduzido por Pinheiro *et al.* (2017), que analisaram a massa fresca e seca de três cultivares do capim *U. brizanta* (Marandu, Xaraés e Piatã), submetidos a 100 mM de NaCl e verificaram que o cultivar Piatã, em comparação com os outros cultivares do estudo, produziu mais massa fresca e seca, parte aérea e raiz, que os outros cultivares avaliados. Assim, classificam o cultivar Piatã, como tendo uma baixa tolerância ao estresse salino, porém evidenciaram a necessidade de mais estudos para investigar as características bioquímicas do capim.

Entretanto, Guimarães *et al.* (2021), ao estudar o cultivar Piatã em condições de estresse salino, concluiu que mesmo em concentrações baixas de NaCl, o cultivar não consegue se adaptar à salinidade, pois os efeitos negativos do acúmulo de  $\text{Na}^+$  em suas células, em detrimento da diminuição dos teores de  $\text{K}^+$  promovem a redução do crescimento das partes aéreas e raízes. E quanto maior a concentração de NaCl, maiores serão os danos no organismo vegetal. Ferreira *et al.* (2019), também descreveram a retenção aumentada de sódio pelo cultivar Piatã quando submetido a salinidade, com destaque para o acúmulo de  $\text{Na}^+$  pelas raízes, que foi significativamente maior o acúmulo que nas partes aéreas.

Os estudos desenvolvidos por Sousa e Alvarez-Pizarro (2022) analisaram o cultivar Piatã, submetido a cinco níveis de NaCl por Kg de solo (0; 0,6; 1,2; 1,8; 2,4) e evidenciaram que o mesmo não sobreviveu nos níveis de sal mais elevado (1,8 e 2,4), além de ter uma baixa produção de biomassa vegetal nas partes aéreas e raízes, ter o crescimento vegetal prejudicado e a taxa de germinação reduzida a mais de 50%, mesmo nos níveis mais baixos de NaCl (0,6 e 1,2). Nesse mesmo estudo o cultivar Piatã acumulou uma quantidade excessiva de  $\text{Na}^+$  nas folhas no nível de sal de 1,2 se mostrando não tolerante à salinidade, mesmo em baixas concentrações de NaCl.

Praxedes *et al.* (2019) avaliaram a produtividade do capim Tanzânia submetido à salinidade sobre as formas de irrigação por aspersão e gotejamento. Nesse estudo foi verificado que a depender da Condutividade Elétrica (CE) do solo e a variável a ser



analisada, as formas de irrigação não demonstram diferenças significativas. Além disso, ambos os métodos promovem os danos tóxicos à planta advindos da salinidade, mas o método de irrigação por gotejamento provoca menos acúmulo de sal nas folhas do cultivar.

O referente estudo classifica o cultivar Tanzânia como moderadamente sensível à salinidade, e estipula uma viável produção da referida forrageira a uma condutividade elétrica máxima de  $2,8 \text{ dS m}^{-1}$ . Ainda foi verificado que o cultivar submetido à salinidade reduz o crescimento da parte aérea, diminuindo a produção de Fitomassa fresca e seca.

Segundo Maia *et al.* (2015) a redução do crescimento do cultivar Tanzânia quando submetido à salinidade é devido à falta de absorção de nitrogênio pelo capim, ação que promove a diminuição do crescimento vegetal, em parâmetros como a área foliar e a massa seca das plantas. Assim, quanto mais elevado o nível de salinidade, menor é a absorção de nitrogênio pelo cultivar Tanzânia, e maior os efeitos inibitórios no crescimento promovidos pelo estresse salino.

Os estudos desenvolvidos por Sousa e Alvarez-Pizarro (2022) com o cultivar Tanzânia, submetido a cinco níveis de NaCl por Kg de solo (0; 0,6; 1,2; 1,8; 2,4) permitiram evidenciar que o cultivar conseguiu sobreviver em todos os níveis de sal avaliados, porém no nível de NaCl mais elevado (1,8 e 2,4) ele apresentou redução acentuada de biomassa vegetal nas partes aéreas e raízes, bem como maior acúmulo de  $\text{Na}^+$  nas folhas.

### 2.3.1. MECANISMOS DE TOLERÂNCIA E O PAPEL DA AUXINA.

As plantas halófitas são capazes de tolerar uma rizosfera com quantidade elevada de sais solúveis, pois desenvolveram mecanismos de adaptação à salinidade, evitando os danos do estresse salino.

Dentre os mecanismos adaptativos das halófitas, há as glândulas secretoras para eliminar o sal das folhas; os pelos vesiculares para acumular os sais em excesso; a abscisão de folhas velhas; a extrusão de  $\text{Na}^+$  da raiz e a compartimentalização de  $\text{Na}^+$  nos vacúolos (GHEYI *et al.* 2016).

Os mecanismos de tolerância à salinidade, desenvolvidos pelas plantas halófitas, poderão servir de base teórica para desenvolver estudos que visem estimular os



organismos vegetais glicófitos a desenvolver mecanismos adaptativos para conseguir viver em ambientes salinos.

A exclusão de sódio mediada pelo sistema radicular da planta, resulta na redução da concentração de  $\text{Na}^+$  nas partes aéreas da planta, e é um mecanismo importante para a tolerância ao estresse salino. Tal mecanismo depende do controle no transporte de íons, através da diminuição de sódio no xilema; recuperação de sódio no broto e recirculação de volta às raízes; controle da entrada de sódio pela raiz através de uma menor absorção de sódio; e/ou da extrusão aprimorada de sódio pelas raízes (WU *et al.* 2019)

A compartimentalização dos íons de  $\text{Na}^+$  em vacúolos de células de raízes é outro mecanismo primordial para evitar desequilíbrio iônico no citosol, favorecendo concomitantemente o ajuste da pressão osmótica da célula (JIANG *et al.* 2010).

A eficiência da extrusão e na compartimentalização dos íons de  $\text{Na}^+$  depende de proteínas de membrana, denominadas bombas de prótons  $\text{H}^+$ -ATPase e  $\text{H}^+$ -PPase, para promover uma força motriz e expulsar os íons através da membrana plasmática ou acumular dentro dos vacúolos.

A  $\text{H}^+$ -ATPase está presente na membrana celular e na membrana vacuolar, nesta última, representa a maior bomba de prótons do tonoplasto. A atividade da  $\text{H}^+$ -ATPase é modulada pelas mudanças ambientais e metabólicas, como desequilíbrio na relação  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  citosólica. Sua atividade é importante para o funcionamento do antiporter  $\text{Na}^+/\text{H}^+$ , pois este transportador usa o gradiente de prótons para expulsar os íons de  $\text{Na}^+$  da célula para o meio externo, ou acumulá-lo nos vacúolos (FUKUDA *et al.* 2006).

A V-PPase está localizada na membrana vacuolar e gera um gradiente de prótons proveniente do antiporter  $\text{Na}^+/\text{H}^+$ , sendo regulada por condições de estresse salino, pois sua atividade aumenta em plantas com desequilíbrio iônico (KIM *et al.* 2020). Logo, antiporter  $\text{Na}^+/\text{H}^+$ , mantém o nível de sódio no citosol apropriado, promovendo a homeostase iônica, a regulação do pH interno e o equilíbrio do volume celular.

O antiporter  $\text{Na}^+/\text{H}^+$  é codificado pelos genes SOS1 e NHX1. A expressão do gene SOS1 na membrana plasmática é fundamental na extrusão de sódio e a expressão do gene NHX1 é correlacionada com o sequestro de sódio vacuolar nas raízes e o bombeamento de sódio para os vacúolos (PERÉZ, 2018; KHAN, 2011; BASSIL *et al.* 2012).



A superexpressão do gene NHX1 melhora a tolerância das plantas à salinidade, devido ao importante papel na compartimentalização do  $\text{Na}^+$  nos vacúolos, bem como, a expressão dos genes SOS1 e NHX1, em plantas expostas ao sal, ativa os antiportes  $\text{Na}^+/\text{H}^+$  e  $\text{K}^+/\text{H}^+$  (ROY e CHAKRABOTY, 2017). Assim, a superexpressão dos antiportes  $\text{Na}^+/\text{H}^+$  e bombas de  $\text{H}^+$  vacuolar é uma excelente estratégia para aumentar a tolerância das plantas ao sal.

Outro mecanismo de tolerância à salinidade é a síntese e o acúmulo de solutos orgânicos, denominados de osmoprotetores, que são solutos sintetizados para impulsionar o ajuste osmótico e desempenhar funções protetoras, como a captura de espécies reativas de oxigênio. Exemplo de osmoprotetores são: o glicerol, açúcares não redutores, ácidos orgânicos, prolina e glicina betaína (PERÉZ, 2018).

A prolina subsidia a célula como estabilizador de membranas, removedor de radicais livres ou como fornecedor de carbono e nitrogênio. A glicina-betaína auxilia na retenção de água no citoplasma e no sequestro vacuolar de  $\text{Na}^+$ , além de proteger as membranas formando pontes de hidrogênio (PERÉZ, 2018). Já os açúcares como a glicose, sacarose e frutose representam uma fonte de carbono e funcionam como osmoprotetores no ajuste osmótico (ESTEVES e SUZUKI, 2008).

O estresse salino também promove a produção de espécies reativas de oxigênio (ROS) que em quantidades significativas causam danos oxidativos às proteínas, aos lipídeos de membranas e aos ácidos nucleicos (PERÉZ, 2018), para suportar o efeito das espécies reativas de oxigênio a planta usa substâncias antioxidantes como carotenoides e enzimas antioxidantes como catalases, superóxido dismutases, peroxidases, glutatona redutase e outras (LIMA, 2008).

Muitas pesquisas têm sido voltadas para amenizar o efeito negativo do sal na produção de diversas culturas. Taiz *et al.* (2017) relatam que os hormônios vegetais são fundamentais para a adaptação das plantas ao estresse abiótico, pois impulsionam várias respostas adaptativas.

Entre os hormônios vegetais, as auxinas têm sido uma boa estratégia, pois promovem o desenvolvimento de tecidos vasculares, e o alongamento da planta. A auxina foi o primeiro hormônio vegetal do crescimento a ser estudado em plantas, a palavra auxina origina do grego, *auxein*, e significa aumentar ou crescer. O ácido -3-





indolacético (AIA) foi identificado com auxina primária, sendo a mais abundante e fisiologicamente mais importante (TAIZ *et al.* 2017).

Figueiredo *et al.* (2014) usou auxina para quebrar a dormência da semente de *U. brizantha*, além de analisar os efeitos dos hormônios nos estágios iniciais da planta. Os autores também observaram que, até certa dosagem (125 ppm), a auxina promove o estímulo da germinação da semente e desenvolvimento da planta. Porém, acima dessa dosagem o número de folhas, a matéria seca de raiz e o desenvolvimento da espessura do mesófilo da folha podem ser influenciados negativamente.

Filho *et al.* (2017) em experimento para o enraizamento *in vitro* da aroeira-do-sertão (*Myracrodruon urundeuva*) usaram três tipos de auxina: ácido indolbutírico (AIB), ácido indolacético (AIA), e ácido  $\alpha$ -naftalenoacético (ANA), apontando o efeito dos hormônios para uma maior eficiência no enraizamento das plantas. E, como resultado observou-se que o ácido indolbutírico apresentou maior eficiência e menor efeito fitotoxidez no enraizamento das plantas, em relação aos outros tipos de auxina.

Meneguzzi *et al.* (2015), fizeram uso do AIA para enraizamento de estacas caulinares de pistóporo-japonês (*Pittosporum tobira*) e notaram 60% de enraizamento, com alta taxa de emissão de folhas. O referido estudo retrata que para eficiência no tratamento com auxina no enraizamento é necessário um equilíbrio dos promotores e inibidores envolvidos no processo de desenvolvimento radicular. Porém, Al-Khateeb *et al.* (2014) objetivaram estimular a enraizamento na cultura de morango com uso de três diferentes tipos de auxinas (AIB, AIA, ANA) e notaram que elas exercem pouco efeito sobre o enraizamento da planta, pois o melhor desenvolvimento das raízes foi observado nas plantas controles. Os autores ressaltam que o uso de auxina em concentração de 0,9 ppm promovem a inibição da formação de raízes.

Oliveira *et al.* (2017) realizaram experimento para verificar o crescimento do feijão caupi submetido à irrigação com água salina e uso um bioestimulante comercial, denominado *Stimulate*, composto por 0,009% citocinina, 0,005% giberelina e 0,005% de auxina. Eles perceberam que o efeito benéfico do bioestimulador na área foliar só ocorreu nas menores doses de salinidade. Com o aumento da salinidade o efeito benéfico foi inibido, concluindo-se que o efeito benéfico dos hormônios é afetado pelas condições ambientais impostas à planta, como as condições de estresse salino.



Para desvendar o papel dos hormônios na indução de mecanismos de tolerância ao estresse salino Fukuda e Tanaka (2006) mostraram a interferência da auxina na expressão dos genes; HVP1 responsável por codificar a subunidade catalítica da V-ATPase vacuolar e HvNHX1, que codifica o antiporter  $\text{Na}^+/\text{H}^+$ . Eles perceberam que alguns hormônios, como a auxina, desempenham papéis fundamentais na indução da expressão desses genes, contribuindo para amenizar os efeitos adversos do estresse salino em plantas.

A aplicação de AIA, em plantas de arroz, promoveu um aumento de sacarose nos grãos submetidos ao estresse salino. O aumento de sacarose e seu acúmulo pode representar um mecanismo de tolerância à salinidade, pois a glicose e a frutose desempenham um papel importante no estresse salino, melhorando a adaptação da planta ao sal, e desempenhando o papel direto na osmoproteção, ajuste osmótico e eliminação de radicais em grão de arroz (JAVID *et al.* 2011).

Sá *et al.* (2020) testaram três fitohormônios para mitigar os efeitos nocivos do estresse salino na produção de *Carica papaya*, e perceberam que a elevada salinidade ocasiona a morte vegetal independente da aplicação dos fitohormônios. Porém, com a aplicação exógena de AIA (37,5  $\mu\text{M}$ ) promoveu as melhores respostas adaptativas no mamão, quando submetido à baixa concentração de salinidade. Os autores ainda mencionam que a aplicação exógena de auxina poderá promover melhores resultados em gramíneas, fato esse confirmado por Akbari *et al.* (2007) que usaram fitohormônio para impulsionar a germinação da semente de trigo exposta à salinidade e conseguiram promover uma maior taxa de germinação, aumento do peso (fresco e seco) e maior comprimento de hipocótilos no trigo.

O estudo de Latef *et al.* (2021), testou dois hormônios vegetais, auxina e a citocinina, para atenuar os efeitos do estresse salino em espécie de fava e ambos os hormônios conseguiram promover um melhor equilíbrio iônico, diminuição da peroxidação lipídica e aumento na produção de osmólitos e enzimas antioxidantes. Porém, o tratamento com auxina foi mais eficiente e demonstrou ser melhor para mitigar os efeitos do estresse salino por estimular a maior redução do teor de  $\text{Na}^+$  nos órgãos da fava e reduzir o acúmulo da peroxidação lipídica e aumentou a atividade da catalase.



Outro estudo promovido pelo mesmo grupo de pesquisa (LATEF *et al.* 2021) fizeram uso da aplicação foliar de AIA em fava submetida a 150 mM de NaCl, e conseguiram reprimir a inibição do crescimento, com melhoria do peso fresco e seco da raiz, aumento de osmoprotetores como prolina e açúcares solúveis totais, bem como, a aplicação exógena de AIA promoveu um ajuste iônico, dado que a fava conseguiu reduzir a concentração de íons de Na<sup>+</sup> na raiz e aumento dos íons de magnésio, cálcio e potássio permitindo a nutrição vegetal, além de reduzir a peroxidação lipídica e aumento de enzimas antioxidantes.

### 3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A auxina pode ser uma substância promissora para agir ao nível bioquímico e molecular e estimular as gramíneas forrageiras, como *U. brizantha* (cultivar Piatã) e *M. maximus* (cultivar Tanzânia) para a adaptação à salinidade, ao ponto que, encontrada a concentração de AIA ideal poderá ser usada para mitigar os danos da salinidade nas outras espécies não tolerantes ao estresse salino.

### REFERÊNCIAS

- ALVAREZ-PIZARRO, J. C. et al. Osmolyte accumulation in leaves and Na<sup>+</sup> exclusion by roots in two salt-treated forage grasses. **Grassland Science**, 2020.
- ALVAREZ-PIZARRO, J. C. et al. Osmolyte accumulation in leaves and Na<sup>+</sup> exclusion by roots in two salt-treated forage grasses. **Grassland Science**, p. 1-7, 2019.
- ALVES, A. B.; COSTA, CLÁUDIO. Efeito do estresse salino em sementes de brachiaria, variedades brizantha, piatã, decumbens, marandú e ruziziensis. **Funcamp Agro**, 2018.
- ANDRADE, C. M. S. D.; ASSIS, G. M. L. Brachiaria brizantha cv. Piatã: Gramínea Recomendada para Solos Bem-drenados do Acre. **Circular Técnica** - EMBRAPA, Rio Branco, jun. 2010.
- AKBARI, G. et al. Effect of Auxin and Salt Stress (NaCl) on Seed Germination of Wheat Cultivars (*Triticum aestivum* L.). **Pakistan Journal of Biological Sciences**, 2007.
- BASSIL, E.; COKU, A.; BLUMWALD, E. cellular ion homeostasis: emerging roles of intracellular NHX Na<sup>+</sup> /H<sup>+</sup> antiporters in plant growth and development. **Journal of Experimental Botany**, v. 63, n. 16, p. 5727-5740, 2012.
- ESTEVEZ, B. D. S.; SUZUKI, M. S. Efeito da Salinidade sobre as Plantas. **O ecol. Bras.**, v. 12, n. 4, p. 662-659, 2008.



- FERREIRA, B. D. S. **Expressão diferencial de genes envolvidos na resposta ao estresse salino em cana-de-açúcar (*saccharum sp.*) e arroz (*oryza sativa*)**. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF. Campos dos Goytacazes – RJ, p. 149. 2008.
- FERREIRA, I. G. et al. Mecanismo de regulação da homeostase iônica em espécie de capim braquiária submetidas a salinidade. **PDVAgro**, 2019.
- FIGUEIREDO, P. A. M. D. et al. Superação da dormência em sementes de brachiaria brizantha cv. xaraés com a utilização de auxina sintética e seu efeito no desenvolvimento inicial da planta. **Revista Mirante**, Anápolis (GO), v. 7, n. 2, dez. 2014. ISSN 1981-4089.
- FILHO, R. S. L. C. et al. efeito das auxinas ácido indolbutírico (aib), ácido indolacético (aia) e ácido naftalenoacético (ana) no enraizamento in vitro de Myracrodruon urundeuva. **Anais Seminário de Iniciação Científica**, 2017.
- FUKUDA, A.; TANAKA, Y. Effects of ABA, auxin, and gibberellin on the expression of genes for vacuolar H<sup>+</sup>-inorganic pyrophosphatase H<sup>+</sup>-ATPase subunit A, and Na<sup>+</sup>/H<sup>+</sup> antiporter in barley. **Plant Physiology and Biochemistry**, 2006.
- GAMALERO, E. et al. Saline and Arid Soils: Impact on Bacteria, Plants, and Their Interaction. **Biology**, v. 9, n. 6, Jun 2020.
- GHEYI, H. R. et al. **Manejo da salinidade na agricultura**: Estudo básico e aplicados. 2ª. ed. Fortaleza: INCTSal, 2016.
- GUIMARÃES, P. B. R. et al. Urochloa brizantha cv. Marandu presents a better response to in vitro salt stress than other commercial cultivars. **Colloquium Agrariae**, v. 17, n. 4, p. 74-82, 2021.
- IABIN. **Base de Dados Nacional de Espécies Exóticas Invasoras**, 2021. Disponível em: <<https://bd.institutohorus.org.br/base-dados-nacional>>. Acesso em: 25 set. 2022.
- IBGE, I. D. G. E. E. Produção da Pecuária Municipal 2018. IBGE. [S.l.], p. 8. 2019.
- HERLING, V. R.; PEREIRA, L. E. T. **Morfologia de Plantas Forrageiras**. Pirassununga: USP, 2016.
- JAVID, M. G. et al. Effects of the exogenous application of auxin and cytokinin on carbohydrate accumulation in grains of rice under salt stress. **Plant Growth Regul**, p. 305- 313, 2011.
- JIANG, X.; LEIDI, E. O.; PARDO, J. M. How do vacuolar NHX exchangers function in plant salt tolerance? **Plant Signaling & Behavior**, v. 5, p. 792-795, 2010.
- KARIA, C. T.; DUARTE, J. B.; ARAUJO, A. C. G. D. **Desenvolvimento do Gênero de Brachiaria (trin.) Griseb no Brasil**. EMBRAPA. Planaltina, p. 56. 2006.



- KETEHOU, T. et al. Adaptation of Plants to Salt Stress: Characterization of Na<sup>+</sup> and K<sup>+</sup> Transporters and Role of CBL Gene Family in Regulating Salt Stress Response. **Agronomy**, v. 9, n. 11, 2019.
- KHAN, M. S. Role of sodium and hydrogen (Na<sup>+</sup>/H<sup>+</sup>) antiporters in salt tolerance of plants: Present and future challenges. **African Journal of Biotechnology**, v. 10, n. 63, p. 13693-13704, October 2011.
- KIM, J.-J. et al. Overexpression of a proton pumping gene OVP1 enhances salt stress tolerance, root growth and biomass yield by regulating ion balance in rice (*Oryza sativa* L.). **Environmental and Experimental Botany**, p. 1-12, 2020.
- LAFET, A. A. H.; AKTER, A.; ARIF, M. T. Foliar application of auxin or cytokinin may confer tolerance to salinity stress in *Vicia faba*. **agronomy**, 2021.
- LAFET, A. A. H.; AKTER, A.; ARIF, T. Alivio of saline stress mediated by exogenous auxin in *Faba beans* (*Vicia faba*). **Agronomy**, 2021.
- LEITE, R. D. S. et al. Effect of salinity on the growth of *Brachiaria*. Tordesillas, **revista de investigación multidisciplinar**, 2019.
- LIMA, A. B. D. **Respostas fisiológicas e bioquímicas de cultivares de coentro (*Coriandrum sativum* L.) submetidas ao estresse salino**. Universidade Federal de Pernambuco. RECIFE, p. 59. 2008.
- MAIA, P. D. M. E. et al. Interação salinidade e nitrogênio sobre os componentes de produção do capim tanzânia. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 9, n. 4, p. 259-268, 2015.
- MENEGUZZI, A. et al. Ácido indolacético influencia no enraizamento de estacas de *Pittosporum tobira*. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 14, n. 1, p. 24-28, 2015.
- OLIVEIRA, F. D. A. D. et al. Estresse salino e biorregulador vegetal em feijão caupi. **Irriga**, Botucatu, v. 22, n. 2, p. 314-329, abril-junho 2017.
- PAULA, T. A. D.; FERREIRA, M. D. A.; VÉRAS, A. S. Utilização de pastagens em regiões semiáridas: aspectos agronômicos e valor nutricional – artigo de revisão. **Arquivos do Mundi**, 2020. 140-163.
- PEREIRA, J. R. **Solos Afetados por sais**. In: CAVALCANTI, F. J. D. A. Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco: Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária, 1988.
- PÉREZ, N. J. **Homeostasis de Na<sup>+</sup> y K<sup>+</sup> mediante transportadores de Na<sup>+</sup> de tipo HKT1 y su papel en la tolerancia del tomate a la salinidad**. Universidad de Granada. Granada, p. 311. 2018.

- PINHEIRO, J. C.; FERREIRA, R. D. C. A. D. B.; ALVAREZ-PIZARRO, J. C. **Análise do desempenho de gramíneas forrageiras generp Braquiaria sob condições de estresse salino**. Conferência UFCA, 2017.
- PRAXEDES, S. S. C. et al. Desempenho do Capim Tanzânia Irrigado com água salobra aplicada via aspersão e gotejamento. **IRRIGA**, v. 24, n. 2, p. 236-253, 2019.
- ROY, S.; CHAKRABORTY, Role of sodium ion transporters and osmotic adjustments in stress alleviation of *Cynodon dactylon* under NaCl treatment: a parallel investigation with rice. **Protoplasma**, Austria, p. 175-191, 2018.
- SÁ, F. V. D. S. et al. Exogenous application of phytohormones mitigates the effect of salt stress on *Carica papaya* plants. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 24, n. 3, p. 170-175, 2020.
- SILVA, D. A. S. **Agronomia: elo da cadeia produtiva**. Ponta Grossa: Atena Editora, 2019., v. 5, 2019.
- SOUZA, M. W. D. L. **Bioestimulante como atenuador de estresse salino na cultura da abobrinha italiana (cucurbita pepo l.)**. Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Mossoró-RN, p. 98. 2018.
- TAIZ, L. et al. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.
- WU, H. et al. Linking salinity stress tolerance with tissue-specific Na<sup>+</sup> sequestration in wheat roots. **The Plant Journal**, v. 16, p. 55-67, february 2015.
- WU, H. et al. Root vacuolar Na<sup>+</sup> sequestration but not exclusion from uptake correlates with barley salt tolerance. **The Plant Journal**, v. 100, p. 55-67, 2019.





# CAPÍTULO XXIV

## GERMINAÇÃO, CRESCIMENTO E EQUILÍBRIO IÔNICO EM DUAS ESPÉCIES DE GRAMÍNEAS FORRAGEIRAS SUBMETIDAS A DIFERENTES NÍVEIS DE SALINIDADE DO SOLO

GERMINATION, GROWTH AND IONIC BALANCE IN TWO SPECIES OF GRASS VARIETIES AND DIFFERENT LEVELS OF SOIL SALINITY

DOI: 10.51859/AMPLA.MAS2407-24

Gilmara Matias de Sousa <sup>1</sup>  
Roberta Dávila Pereira Lima <sup>2</sup>  
Antonio Viana Lopes Neto <sup>3</sup>  
Estelita Lima Cândido <sup>4</sup>  
Juan Carlos Alvarez Pizarro <sup>5</sup>

<sup>1</sup> Doutoranda no PMBqBM da Universidade Federal do Cariri – UFCA

<sup>2</sup> Mestranda no PMBqBM da Universidade Federal do Cariri - UFCA

<sup>3</sup> Doutorando no PMBqBM da Universidade Federal do Cariri - UFCA

<sup>4</sup> Professora da Universidade Federal do Cariri - UFCA

<sup>5</sup> Professor da Universidade Federal do Cariri - UFCA

### RESUMO

As espécies de gramíneas forrageiras se destacam como o principal alimento para os ruminantes no semiárido nordestino. *Urochloa brizantha* e *Megathyrsus maximus* são classificadas como não tolerantes á salinidade. O referente estudo teve o objetivo de comparar o desempenho dos cultivares Tanzânia, proveniente da espécie de *M. maximus* e Piatã da espécie de *U. brizantha*, submetidos a cinco níveis de sal no solo. As germinações das sementes foram feitas em vasos de 500g de areia em quatro repetições. Decorridos 30 dias do início do experimento, foi realizada a coleta. As plantas foram divididas em parte aérea e raízes, mensuradas seu crescimento através da altura e massa secas. A quantificação dos íons de Na<sup>+</sup> e K<sup>+</sup> foi feita através de fotometria de chamas, e de Cl<sup>-</sup> através de titulometria do nitrato de prata. O cultivar de *M. maximus* teve um melhor desempenho na germinação, no crescimento e equilíbrio iônico.

**Palavras-chave:** Estresse salino. Piatã. Tanzânia.

### ABSTRACT

Forage grass species stand out as the main food for ruminants in the Brazilian northeastern semi-arid region. *Urochloa brizantha* and *Megathyrsus maximus* are classified as not salinity tolerant. This study aimed to compare the performance of cultivars Tanzânia, from the species of *M. maximus* and Piatã from the species of *U. brizantha*, submitted to five levels of salt in the soil. Seed germination was carried out in 500g sand pots in four replications. After 30 days of the beginning of the experiment, the plants were harvested. The plant materials were divided into shoots and roots, and their growth was measured by height and dry mass. The quantification of Na<sup>+</sup> and K<sup>+</sup> ions was performed by flame photometry, and of Cl<sup>-</sup> by silver nitrate titration. The cultivar from Tanzania had a better performance in germination, growth and ionic balance than Piatã.

**Keywords:** Saline stress. Piatã. Tanzânia.



## 1. INTRODUÇÃO

As espécies de *Urochloa brizantha* e *Megathyrsus maximus* pertencem a classe das monocotiledôneas e família das Poaceae (HERLING e PEREIRA, 2016). Elas se destacam como forrageiras, alimento animal e auxiliam no fortalecimento da pecuária (SANTOS *et al.* 2011).

No ano de 1990, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) lançou o cultivar Tanzânia da espécie de *M. maximus*. Esse capim não apresenta pilosidade nas folhas, pode chegar até 1,30 m de altura, o colmo é arroxeadado e é resistente as cigarrinhas das pastagens (EMBRAPA, 2014).

O cultivar Piatã foi lançado pela EMBRAPA no ano de 2007, é um capim não resistente a cigarrinhas da cana do gênero *Mahanarva*, se adapta em solos de média a alta fertilidade, as folhas não têm pelos, apresenta perfilhamento aéreo e forma touceiras (ANDRADE e ASSIS, 2010).

Os cultivares Tanzânia e Piatã são espécies glicófitas que não conseguem se adaptar em ambientes com excesso de sais, portanto, são classificados como não tolerantes á salinidade e acumulam em seus organismos grandes teores de  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  em detrimento as baixas concentrações de  $\text{K}^+$  (ALVAREZ-PIZARRO *et al.* 2019; ALVES e COSTA, 2018; GUIMARÃES *et al.* 2021; PRAXEDES *et al.* 2019; FERREIRA, 2019).

O acúmulo dos íons de  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  promovem um desequilíbrio iônico e nutricional nas plantas, e expressam uma toxidez de acordo com a capacidade do vegetal em tolerar o estresse, o tempo de exposição e a concentração de sal do meio (KETEHOULI *et al.* 2019).

Diante do exposto, o referente estudo teve o objetivo de comparar o desempenho de germinação, crescimento e equilíbrio iônico dos cultivares Tanzânia e Piatã submetidos a cinco níveis de sal no solo.

## 2. METODOLOGIA

O experimento foi realizado no Laboratório de Bioquímica e Fisiologia de Plantas do Centro de Ciências Agrárias e da Biodiversidade (CCAB) da Universidade Federal do Cariri (UFCA). De cada cultivar foram selecionadas 160 sementes, que foram desinfetadas com  $\text{NaClO}$  a 3% por 5 min., e enxaguadas com água corrente.



Para semeadura os vasos com 500 g de areia grossa foram umedecidos com 56 ml de água destilada, semeados oito sementes por vaso e posteriormente adicionado 10 ml de uma solução de  $\text{CaCl}_2$  0,5 mM.

A aplicação do NaCl foi feita em duas parcelas, a primeira no dia do semeio e a segunda no dia seguinte. Foram aplicados os seguintes tratamentos: 0; 0,6; 1,2; 1,8 e 2,4 g de NaCl por kg de solo, em quatro repetições.

As plantas por vasos foram contabilizadas diariamente, com finalidade de determinar a porcentagem de germinação das sementes. E, transcorridos doze dias do semeio foram aplicados por vaso 15ml de solução nutritiva de Hoagland com pH mantido em 5,8.

A coleta ocorreu depois de 30 dias do início do experimento. No referido dia foram separados de cada planta a folha, colmo e raiz. Os tecidos vegetais foram medidos, pesados, embalados, identificados por tratamento e secos em estufa a 60 °C por 72 horas, para quantificar a massa seca das amostras.

Os teores dos íons de  $\text{Na}^+$  e  $\text{K}^+$  nos tecidos vegetais foram determinadas por fotômetro de chama, e expressos em  $\mu\text{mol. g}^{-1}$  de Massa Seca. O teor de  $\text{Cl}^-$  foi medido por titulometria do nitrato de prata. E, os resultados foram expressos como a média e desvio Padrão.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para ocorrer a germinação uma série de eventos se manifestam até resultar no surgimento da radícula. A água é fundamental para ocorrência desses eventos, pois com a embebição o embrião absorve água e ativa enzimas para iniciar o metabolismo (CASTRO *et al.* 2005).

A salinidade atrapalha o processo de germinação porque promove uma diminuição da disponibilidade de água para a semente ao formar uma zona de baixo potencial hídrico e causando atraso na germinação (SOUZA, 2018; JIANG *et al.* 2010).

Nos cultivares analisados nesse estudo observa-se que a taxa de germinação diminui à medida que aumenta o nível de sal no solo (figura 1). Efeito similar foi descrito no estudo de Paula (2014), que constatou atraso na germinação do gergelim quando plantado sob a concentração de 100 mM de NaCl, evidenciando que a taxa de



germinação nessa espécie é proporcional à salinidade do meio, sofrendo uma redução de aproximadamente 50% da taxa germinativa.

Na germinação dos tratamentos controles (figura 1 - A), o Piatã mostrou melhor desempenho, tendo uma taxa de germinação de 75% em comparativo com as sementes do Tanzânia, com 47%. A baixa taxa na germinação das sementes do Tanzânia é evidenciado no trabalho desenvolvido por Praxedes *et al.* (2019), e demonstra ser um comportamento normal desse cultivar. Alves e Costa (2018) relataram que a taxa de germinação do cultivar Piatã pode chegar em até 86%, na ausência de estresses abióticos.

Nos tratamentos salinos, as sementes do cultivar Piatã apresentaram atraso significativo na germinação em decorrência do aumento do nível de sal. No nível 0,6 g/kg (figura 1- B), as sementes germinaram após três dias da germinação do controle, e no nível mais alto de sal (2,4 g/kg, figura 1- E), a germinação ocorreu após dez dias do controle. Nos tratamentos salinos 1,8 e 2,4 g/kg (figura 1 – D, E) as plantas germinadas do cultivar Piatã morreram após o vigésimo dia de início do experimento.

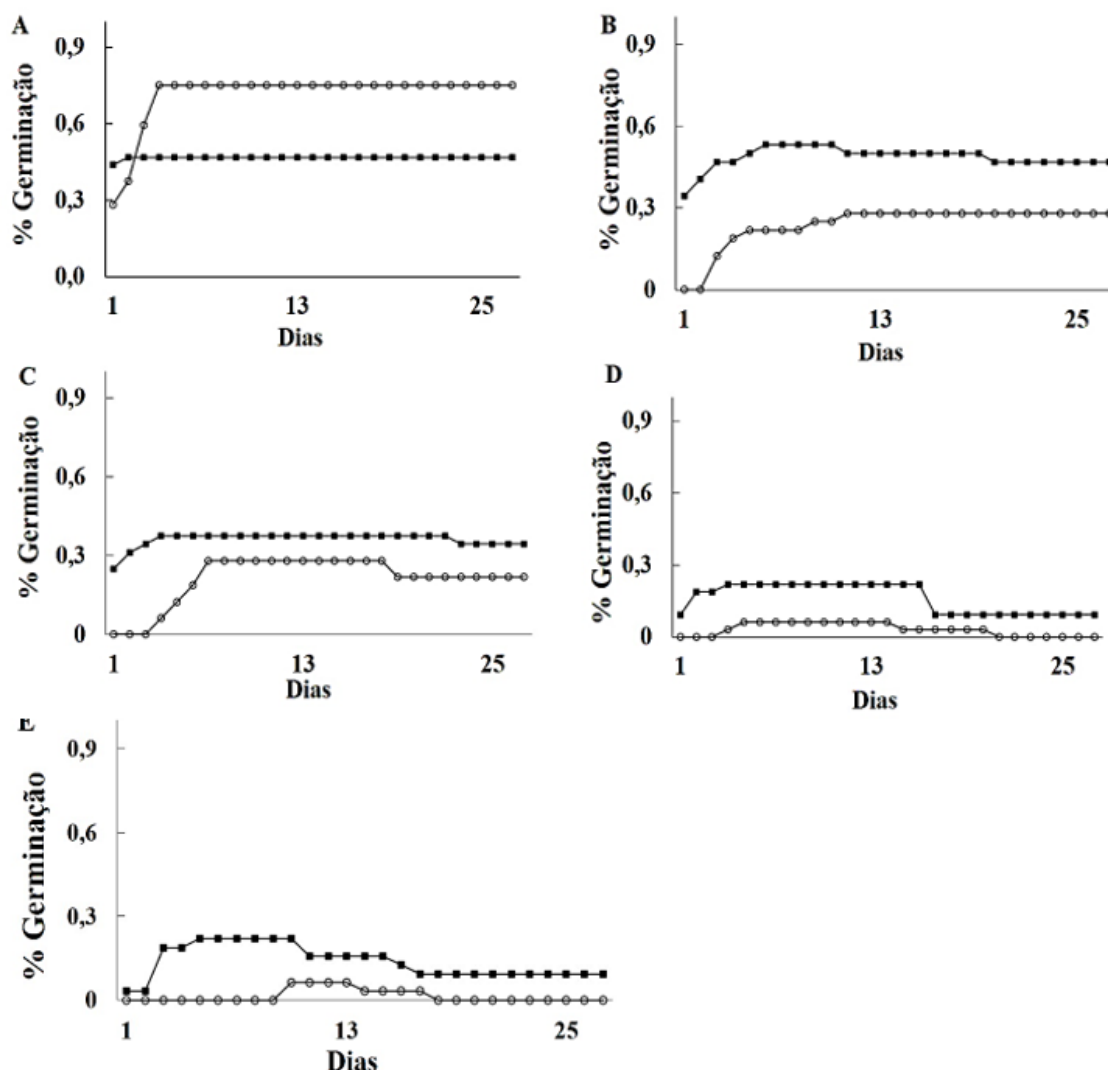
Em comparativo, o cultivar Tanzânia não apresentou atraso na germinação em nenhum dos níveis de sal avaliado no estudo, porém obteve uma baixa taxa de germinação nos tratamentos 1,8 g/kg (figura 1- D) e 2,4 g/kg (figura 1- E), mantendo a taxa de germinação desses níveis em 9% no final do experimento.

O estresse salino promove danos morfológicos nas folhas e raízes por diminuir sua extensão. A raiz é a parte mais afetada, dado que as raízes são órgãos que entram em contato rapidamente com o excesso de sal, levando à diminuição da absorção de água. Esse fato foi evidenciado nesse estudo, visto que as folhas e colmos do cultivar Tanzânia e do Piatã tiveram redução de 5 cm em relação ao controle (figura 2 - A) como decorrência do aumento da salinidade.

O estudo de Lima *et al.* (2015) descreveu um declínio na altura do mamoeiro e redução do número de folhas quando submetido a salinidade. Guimarães *et al.* (2021) constataram que a redução dos parâmetros de crescimento é proporcional ao aumento da concentração de NaCl no meio.

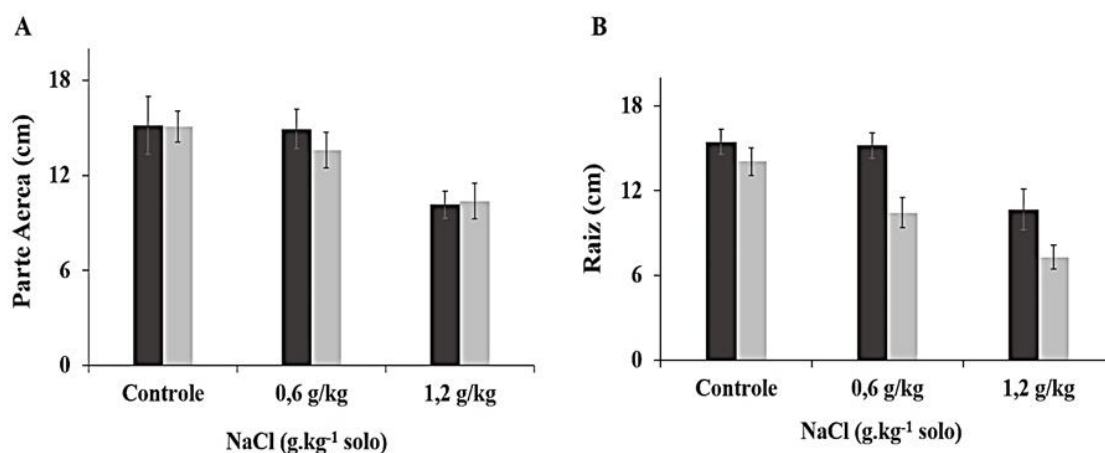


Figura 1. Germinação do cultivar Tanzânia e Piatã sob diferentes níveis de salinidade do solo: (A) controle, (B) 0,6 g de NaCl/kg de solo; (C) 1,2 g de NaCl/kg de solo; (D) 1,8 g de NaCl/kg de solo; (E) 2,4 g de NaCl/kg de solo. O marcador preenchido representa o cultivar Tanzânia e o não preenchido o Piatã.



Fonte: Autoria própria.

Figura 2. Comprimento da Parte Aérea (A) e Raiz (B) dos Cultivares Tanzânia e Piatã submetidos a diferentes níveis de sal. O gráfico preto representa o cultivar Tanzânia e o cinza o Piatã.



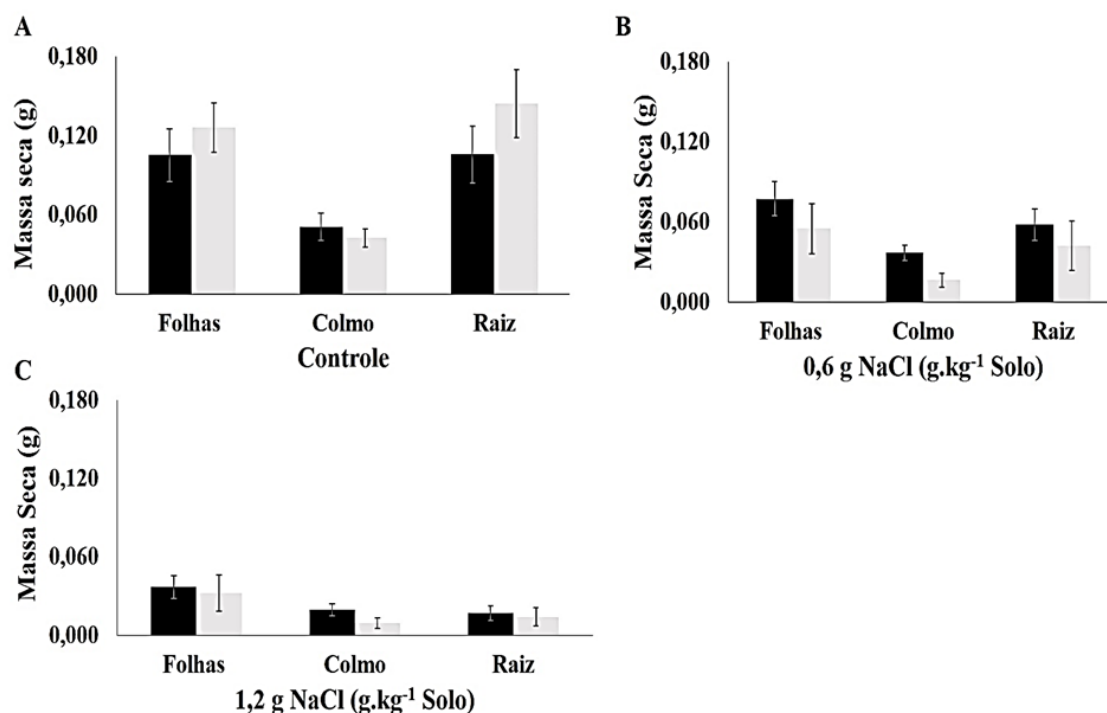
Fonte: Autoria própria.

O cultivar Tanzânia quando analisado nos estudos de Praxedes *et al.* (2019), mostrou uma redução da altura da planta relativo ao aumentava a salinidade, nesse estudo se nota uma redução na altura do Tanzânia apenas no nível mais elevado de sal (figura 2 - B). O Piatã sofreu uma redução mais acentuada no comprimento das raízes (figura 2 - B) mostrando sua menor tolerância quando comparada com o Tanzânia.

O excesso de sal no meio representa um dos fatores de estresse ambiental que mais interfere na produtividade vegetal, atrapalhando a absorção de nitrogênio pelo cultivar Tanzânia, o que resulta em diminuição da área foliar e massa seca (Maia *et al.* 2015).

Logo, quanto mais elevada o nível de salinidade menor é a absorção de nitrogênio pelo cultivar Tanzânia, sendo maior os efeitos inibitórios no crescimento promovidos pelo estresse salino. Fato similar foi observado no presente estudo (Figura 3. A - C), em que a massa seca diminui significativamente de acordo com o aumento da salinidade, o qual ocorreu em ambos os cultivares do estudo, porém se nota uma maior redução no Piatã.

Figura. 3- Massa Seca dos tecidos vegetais dos cultivares Tanzânia e Piatã submetidos a diferentes níveis de sal. O gráfico preto representa o cultivar Tanzânia e o cinza o Piatã.



Fonte: Autoria própria.



A redução da biomassa vegetal é reflexo da toxicidade dos íons de  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$ , pois de acordo com Paula (2014), o estresse salino irá promover o efeito iônico, caracterizado pelas elevadas taxas de íons não essenciais para o organismo vegetal e deficiência de íons importantes para o metabolismo, como o  $\text{K}^+$ .

A falta de  $\text{K}^+$ , no organismo vegetal, resulta num desequilíbrio nutricional nas plantas. O declínio do  $\text{K}^+$  pode ser resultado de uma competição com os íons de  $\text{Na}^+$ , que resulta num acúmulo de  $\text{Na}^+$  e diminuição na concentração de  $\text{K}^+$  (GAMALERO *et al.* 2020).

Todavia, o  $\text{K}^+$  é um nutriente essencial por participar de processos que envolvem ativação e regulação enzimática, transporte de membrana, potencial osmótico, fotossíntese, e equilíbrio de pH no citoplasma celular (KETEHOULI *et al.* 2019).

O excesso de íons de  $\text{Na}^+$  no organismo vegetal em detrimento dos de  $\text{K}^+$  desencadeará a inibição de muitas enzimas e proteínas importantes, e afetará a tradução proteica que necessita de altos níveis de  $\text{K}^+$  para ligação do RNA transportador aos ribossomos (KETEHOULI *et al.* 2019).

A concentração do íon de  $\text{Na}^+$  nos cultivares Tanzânia e Piatã aumentou consideravelmente nos tecidos vegetais analisados (Figura 4 - B, D). Entretanto o Piatã revelou um acúmulo mais acentuado, fato que evidencia ser sensível ao estresse.

O cultivar Piatã retém muito  $\text{Na}^+$  nas raízes quando é submetido ao estresse salino (Ferreira, 2019). Guimarães *et al.* (2021), descrevem que o Piatã reduz os teores de  $\text{K}^+$  e aumenta os de  $\text{Na}^+$  em decorrência da salinidade, fato comum em espécies não tolerantes a salinidade.

Para KETEHOULI *et al.* (2019), as plantas podem ser classificadas em inclusivas e exclusivas de sódio. As inclusivas conseguem acumular  $\text{Na}^+$  nos vacúolos de folhas e raízes evitando os efeitos tóxicos do  $\text{Na}^+$  nos órgãos vegetais, portanto são vegetais mais resistentes a salinidade. As exclusivas são mais sensíveis a salinidade por acumularem muito  $\text{Na}^+$  nos órgãos vegetais, principalmente nas raízes.

Os cultivares Piatã e Tanzânia podem ser classificadas como plantas exclusivas de sódio por possuírem uma alta concentração de  $\text{Na}^+$ , sendo mais sensíveis ao excesso de sal no solo (Figura- 4).

Nota-se que o teor do íon de  $\text{K}^+$  reduziu com o aumento da salinidade, principalmente nas raízes, fato observado em ambos os cultivares do estudo (figura 4 –

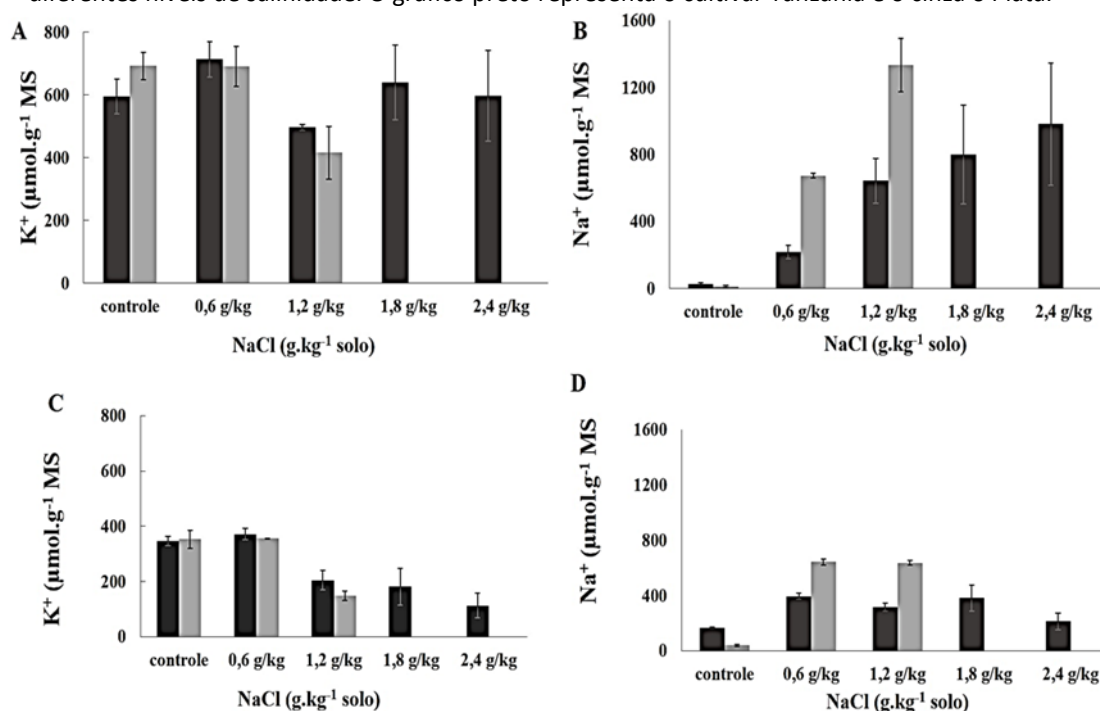


C, D). Esse acontecimento pode estar associado a clorose e necrose da célula vegetal, levando a morte celular em níveis mais altos de salinidade, dado a ocorrência com o cultivar Piatã que não sobreviveu em níveis de sal superior a 1,2 g de NaCl/ kg de solo.

Patel *et al.* (2010) estudando dois cultivares de feijão-caupi identificou que espécies não tolerantes à salinidade possuem alto acúmulo de  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  e baixas taxas de  $\text{K}^+$ .

O  $\text{Cl}^-$  é um mineral necessário para o metabolismo vegetal em concentrações baixas, caso contrário ele se torna tóxico para a plantas, causando danos metabólicos e inibição do crescimento (Paula *et al.* 2011). Marques *et al.* (2011) relata que os teores de  $\text{Cl}^-$  são proporcionais o aumento da salinidade do meio, fato similar ocorreu no presente estudo (Figura 5).

Figura 4. Teores de  $\text{Na}^+$  e  $\text{K}^+$  nas folhas (A, B) e raízes (C, D) dos cultivares Tanzânia e Piatã, submetidas a diferentes níveis de salinidade. O gráfico preto representa o cultivar Tanzânia e o cinza o Piatã.



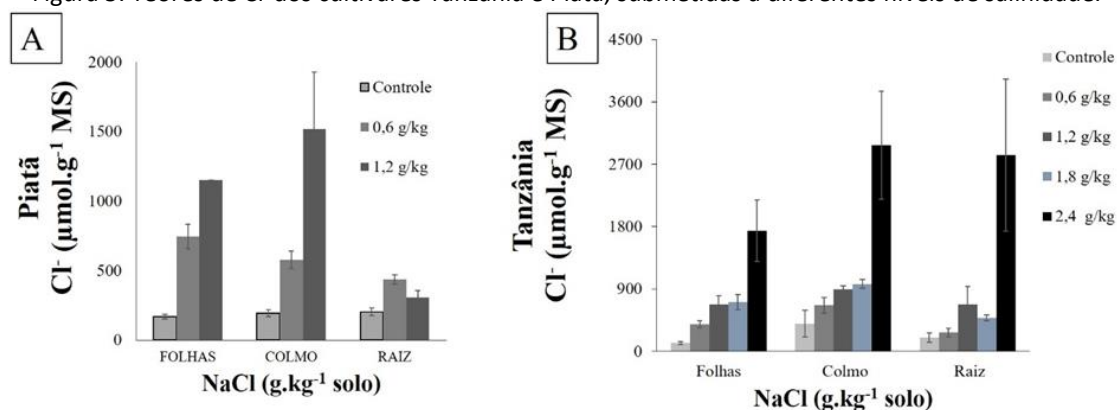
Fonte: Autoria própria.

A concentração de  $\text{Cl}^-$  nos cultivares estudados aumentou em decorrência da elevada concentração de NaCl do meio. Traçando um perfil comparativo entre os cultivares, o Piatã acumulou mais  $\text{Cl}^-$  em todos os órgãos vegetais. Segundo Silva *et al.* (2018), o aumento nos teores de  $\text{Cl}^-$  em *Urochloa brizantha* causa déficit de crescimento e reduz a massa seca. O excesso desse íon leva a um acúmulo nos cloroplastos e reduz

a absorção de água, e na tentativa de a planta sobreviver ao estresse reduzem o ritmo de crescimento, sendo inibido pela toxicidade do  $\text{Cl}^-$ .

Ambos os cultivares do estudo tiveram um acúmulo de  $\text{Cl}^-$  (Figura 5) proporcionais ao aumento da salinidade do meio, resultando em danos metabólicos e inibição do crescimento. Fato similar ocorreu com o amaranto no estudo de Costa *et al.* (2008) que constataram que o teor de cloreto aumentou significativamente com relação ao aumento da salinidade. No pinhão-manso a concentração de  $\text{Cl}^-$  também aumentou significativamente com o aumento da salinidade em detrimento da diminuição dos teores de  $\text{K}^+$  (Cunha *et al.* 2013).

Figura 5. Teores de  $\text{Cl}^-$  dos cultivares Tanzânia e Piatã, submetidas a diferentes níveis de salinidade.



Fonte: Autoria própria.

## 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os cultivares Tanzânia e Piatã não apresentaram mecanismos de extrusão de  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  dado a elevada concentração desses íons no vegetal, porém o Tanzânia se mostrou mais tolerante ao estresse salino, pois conseguiu sobreviver no tratamento com mais elevado nível de sal (2,4 g de  $\text{NaCl}$ /kg de solo), com menos inibição de crescimento.

## REFERÊNCIAS

- ANDRADE, C. M. S. D.; ASSIS, G. M. L. Brachiaria brizantha cv. Piatã: Gramínea Recomendada para Solos Bem-drenados do Acre. **Circular Técnica** - EMBRAPA, Rio Branco, jun. 2010. ISSN 0100-9915.
- ALVAREZ-PIZARRO, J. C. et al. Osmolyte accumulation in leaves and  $\text{Na}^+$  exclusion by roots in two salt-treated forage grasses. **Grassland Science**, p. 1-7, 2019.

- ALVES, A. B.; COSTA, CLÁUDIO. Efeito do estresse salino em sementes de brachiaria, variedades brizantha, piatã, decumbens, marandú e ruziziensis. **Funcamp Agro**, 2018.
- CASTRO, P. R. C.; KLUGE, R. A.; PERES, L. E. P. Manual de Fisiologia Vegetal: Teoria e Prática. 79. ed. São Paulo: **Agronômica Ceres Ltda**, 2005.
- COSTA, D. M. A. D. et al. Conteúdo de N, P, K<sup>+</sup> no amaranto (*Amaranthus spp*) sob estresse salino e cobertura morta. **Rev. Ciên. Agron.**, Fortaleza, 2008. 209-216.
- CUNHA, P. C. D. et al. Crescimento, síntese de solutos orgânicos e equilíbrio iônico de plântulas de pinhão-manso sob estresse salino. **Revista Caatinga**, Mossoró, 2013. 46 – 52.
- EMBRAPA, E. B. Piatã- Braquiaria brizantha. UNIPASTO, Campo Grande, abril 2014.
- FERREIRA, I. G. et al. Mecanismo de regulação da homeostase ionica em espécie de capim braquiaria submetidas a salinidade. **PDVAgro**, 2019.
- GAMALERO, E. et al. Saline and Arid Soils: Impact on Bacteria, Plants, and Their Interaction. **Biology**, v. 9, n. 6, Jun 2020.
- GUIMARÃES, P. B. R. et al. Urochloa brizantha cv. Marandu presents a better response to in vitro salt stress than other commercial cultivars. **Colloquium Agrariae**, v. 17, n. 4, p. 74-82, 2021.
- HERLING, V. R.; PEREIRA, L. E. T. **Morfologia de Plantas Forrageiras**. Pirassununga: USP, 2016.
- JIANG, X.; LEIDI, E. O.; PARDO, J. M. How do vacuolar NHX exchangers function in plant salt tolerance? **Plant Signaling & Behavior**, v. 5, p. 792-795, July 2010.
- KHAN, M. S. Role of sodium and hydrogen (Na<sup>+</sup>/H<sup>+</sup>) antiporters in salt tolerance of plants: Present and future challenges. **African Journal of Biotechnology**, v. 10, n. 63, p. 13693-13704, October 2011.
- KETEHOU, T. et al. Adaptation of Plants to Salt Stress: Characterization of Na<sup>+</sup> and K<sup>+</sup> Transporters and Role of CBL Gene Family in Regulating Salt Stress Response. **Agronomy**, v. 9, n. 11, 2019.
- LIMA, G. S. D. et al. Crescimento, teor de sódio, cloro e relação iônica na mamoneira sob estresse salino e adubação nitrogenada. **Comunicata Scientiae**, p. 212-223, 2015.
- MAIA, P. D. M. E. et al. Interação salinidade e nitrogênio sobre os componentes de produção do capim tanzânia. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 9, n. 4, p. 259-268, 2015.
- PAULA, E. D. O. **Aspectos citoquímicos e bioquímicos da germinação de plantulas de gergelim sob estresse salino**. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza. 2014.

- PAULA, L. D. et al. Crescimento e nutrição mineral de milho forrageiro em cultivo hidropônico com soro de leite bovino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, 2011. 931–939.
- PRAXEDES, S. S. C. et al. Desempenho do Capim Tanzânia Irrigado com água salobra aplicada via aspersão e gotejamento. **IRRIGA**, v. 24, n. 2, p. 236-253, 2019.
- SANTOS, P. M. et al. Mudanças Climáticas Globais e a Pecuária: Cenários Futuros para o Semiárido Brasileiro. **Revista Brasileira de Geografia Física**, p. 1176-1196, 2011.
- SOUZA, M. W. D. L. **Bioestimulante como atenuador de estresse salino na cultura da abobrinha italiana (cucurbita pepo L.)**. Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Mossoró-RN, p. 98. 2018.
- SILVA, M. I. L. D. et al. Silício como atenuante do estresse salino em *Brachiaria brizantha* cv. MG5. **Rev. Ciênc. Agron.**, 2018.

# CAPÍTULO XXV

## SAÚDE DO MEIO AMBIENTE, EDUCAÇÃO AMBIENTAL E SUSTENTABILIDADE: DO INTERESSE DIGITAL AO ENSINO SUPERIOR NO BRASIL

ENVIRONMENTAL HEALTH, ENVIRONMENTAL EDUCATION AND SUSTAINABILITY: FROM DIGITAL INTEREST TO HIGHER EDUCATION IN BRAZIL

DOI: 10.51859/AMPLA.MAS2407-25

Ricardo Barbosa Lima<sup>1</sup>

Davi Moreira Santana<sup>2</sup>

Matheus Sanjuan Netis Teles Cardoso<sup>2</sup>

Silas Zambaldi Garcia<sup>3</sup>

Matheus Fontes da Silva Dantas<sup>4</sup>

Eduardo Felix dos Santos<sup>4</sup>

Talita Silva Sobral<sup>4</sup>

Gabriel José de Oliveira Batalha<sup>4</sup>

Luis Claudio Bettamio de Sousa<sup>2</sup>

André Vinícius Batista Andrade Ferreira<sup>2</sup>

Perpétua do Socorro Almeida Oliveira<sup>5</sup>

Glebson Moura Silva<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Graduado em Odontologia. Universidade Federal de Sergipe - UFS

<sup>2</sup> Graduando em Medicina. Universidade Federal de Sergipe - UFS

<sup>3</sup> Graduado em Medicina. Universidade Federal de Sergipe - UFS

<sup>4</sup> Graduando em Odontologia. Universidade Federal de Sergipe - UFS

<sup>5</sup> Graduada em Enfermagem. Fundação Educacional Jayme de Altavila - FEJAL

<sup>6</sup> Doutor em Educação. Universidade Federal de Sergipe - UFS

### RESUMO

O desenvolvimento de uma consciência coletiva acerca da saúde do meio ambiente e sustentabilidade é um desafio para a educação ambiental contemporânea. Instituições de Ensino Superior e seus docentes constituem espaços em potencial para tal desenvolvimento. O objetivo desta investigação foi avaliar o interesse digital dos brasileiros acerca das temáticas de saúde do meio ambiente, educação ambiental e sustentabilidade, discutindo a interface com o ensino superior no Brasil. Foi realizado um estudo de infodemiologia aplicada com abordagem analítica e quantitativa. Por meio da ferramenta Google Trends, usando três estratégias de buscas com descritores e termos-chave para as temáticas saúde ambiental (#1), educação ambiental (#2) e sustentabilidade (#3), foi recuperado o volume relativo de buscas (medida *proxy* de interesse digital). Foram consideradas as pesquisas na *web* feitas nos

últimos dez anos completos (2012 a 2021) no Brasil. Os dados foram analisados em nível de significância (*P*) de 5%. Foi observado que houve uma tendência crescente do interesse digital para a temática saúde ambiental (#1; *P*-valor = 0.037, MPM = 0.39% [IC<sub>95%</sub> = 0.01, 0.78]). Por outro lado, houve uma tendência decrescente do interesse coletivo para as temáticas educação ambiental (#2; *P*-valor = <.001, MPM = -0.55% [IC<sub>95%</sub> = -0.06, -1.04]) e sustentabilidade (#3; *P*-valor = <.001, MPM = -0.67% [IC<sub>95%</sub> = -0.03, -1.30]). Sendo assim, foi possível concluir que há interesse dos brasileiros pelas temáticas investigadas. Entretanto, nos últimos dez anos, a tendência foi crescente apenas para o tema saúde do meio ambiente.

**Palavras-chave:** Educação em saúde ambiental. Infodemiologia. Internet. Desenvolvimento sustentável. Instituições de ensino superior.





## ABSTRACT

The development of a collective conscience about environmental health and sustainability is a challenge for contemporary environmental education. Higher Education Institutions and their professors are potential spaces for this development. The objective of this investigation was to evaluate the digital interest of Brazilians regarding the themes of environmental health, environmental education and sustainability, discussing the interface with higher education in Brazil. An applied infodemiology study was carried out with an analytical and quantitative approach. Using the Google Trends tool and three search strategies with descriptors and key terms for the themes environmental health (#1), environmental education (#2) and sustainability (#3), the relative search volume (as a *proxy* measure for digital interest)

was retrieved. Web searches carried out in the last ten years (2012 to 2021) in Brazil were considered. Data were analyzed at a significance level (*P*) of 5%. It was observed that there was an increasing tendency for environmental health (#1; *P*-value = 0.037, MPM = 0.39% [IC<sub>95%</sub> = 0.01, 0.78]). However, there was a decreasing tendency for environmental education (#2; *P*-value = <.001, MPM = -0.55% [IC<sub>95%</sub> = -0.06, -1.04]) and sustainability (#3; *P*-value = <.001, MPM = -0.67% [IC<sub>95%</sub> = -0.03, -1.30]). Therefore, it was possible to conclude that there is digital interest from Brazilians in the investigated themes. However, in the last ten years, the tendency has been increasing only for environmental health.

**Keywords:** Environmental health education. Infodemiology. Internet. Sustainable development. Higher education institutions.

## 1. INTRODUÇÃO

Há uma preocupação emergente acerca da difusão da educação em saúde ambiental entre as Instituições de Ensino Superior (IES) no Brasil, como faculdades e universidades, inserindo-a na formação discente e docente. Considerando os desafios ainda não superados acerca da saúde do meio ambiente no Brasil, mesmo com políticas públicas e diretrizes no campo da educação e do meio ambiente, tornou-se importante investigar de modo interdisciplinar esta temática, explorando e superando barreiras curriculares e pedagógicas para consolidar estratégias educacionais consistentes e capazes de promover melhores desfechos entre saúde, meio ambiente e sustentabilidade no mundo (BRANCO; ROYER; BRANCO, 2018; ALMEIDA, *et al.*, 2019; SILVA; SANTOS-JÚNIOR, 2019; LAYRARGUES, 2020).

Para o ensino superior, a interface entre saúde, meio ambiente e sustentabilidade se reflete na conscientização da relação entre o profissional que está sendo preparado para atuar no mercado de trabalho, sua produção e o impacto provocado na saúde ambiental. É uma temática que abrange a saúde humana e o repertório social, econômico, cultural e político no qual os indivíduos estão inseridos, de ampla relevância para a promoção de interações saudáveis e sustentáveis entre o homem e o meio ambiente, caracterizando um campo interdisciplinar do conhecimento que demanda de ações intersetoriais para propor e alcançar metas e parâmetros desejáveis (BRANCO; ROYER; BRANCO, 2018; ALMEIDA, *et al.*, 2019; SILVA; SANTOS-JÚNIOR, 2019; LAYRARGUES, 2020).

A atuação interdisciplinar, entretanto, está associada à abordagem das temáticas de educação ambiental e sustentabilidade durante a formação dos indivíduos, implementando e desenvolvendo a consciência coletiva em relação ao cuidado e preservação do meio ambiente. É razoável dizer que se tais conteúdos não são oportunamente desenvolvidos, não há como esperar desfechos distintos dos atuais para o cenário ambiental. Tal perspectiva reforça a importância do professor-docente como ferramenta ativa na abordagem da educação em saúde ambiental nos espaços educacionais nos quais a consciência coletiva é formada e reformulada, buscando continuamente o desenvolvimento de ações pedagógicas que motivem os educandos de modo ativo, dinâmico e articulado com o cenário vivenciado. Por outro lado, é possível questionar se tais abordagens educativas têm sido desenvolvidas de modo concreto e assertivo, bem como se os docentes se interessam por esta temática e estão aptos a desenvolvê-las nos espaços de ensino-aprendizagem no qual se inserem (SILVA *et al.*, 2019; SOUZA, 2020).

No ensino superior no Brasil existem barreiras para promover a educação ambiental de modo sistemático nas IES, como o desconhecimento do tema (*e.g.* entre a área de formação ou atuação docente e a educação ambiental), falta de debate/diálogo/política, inflexibilidade dos componentes acadêmicos e questões de ordem metodológica e teórico-prática. É possível compreender que a discussão da temática ambiental ainda pode ser considerada incipiente em algumas comunidades acadêmicas, o que sugere a necessidade de integrar o componente ambiental de modo consistente em sua gestão, ensino, extensão e pesquisa. Em consonância, há necessidade de formação continuada de educadores nessa interface, tornando-os agentes capazes de intervir e superar as barreiras existentes em suas rotinas pedagógicas (VIESBA-GARCIA; VIESBA; ROSALEN, 2019; ARANA; BERTOLI, 2021).

Diante deste cenário, percebeu-se a necessidade de avaliar qual é o interesse digital dos brasileiros acerca da temática discutida, como uma medida *proxy* da consciência coletiva desenvolvida em um nível macro (nacional). Sendo assim, o objetivo desta investigação foi avaliar o interesse digital acerca das temáticas saúde do meio ambiente, educação ambiental e sustentabilidade no Brasil, discutindo a interface com o ensino superior.



## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Trata-se de um estudo de infodemiologia aplicada, com abordagem analítica e quantitativa. O interesse digital foi mensurado pelo volume relativo de buscas (VRB) de cada temática na plataforma Google, utilizando a ferramenta Google Trends (<https://trends.google.com.br/trends/>) para recuperá-lo. Como se tratam de dados secundários e de acesso aberto, não foi necessário obter aprovação ética, levando em consideração a resolução 510 de 2016 do Conselho Nacional de Saúde (BRASIL, 2016). O *checklist* de Nuti e colaboradores (2014) foi utilizado para guiar o relato do estudo.

O procedimento de coleta e análise de dados foi baseado em recomendações e diretrizes anteriores. O Google Trends fornece uma estimativa da quantidade de buscas por um termo ou expressão na internet (realizadas no motor de busca Google; <https://www.google.com.br/>) ao longo do tempo em uma região pré-definida, permitindo comparações temporais e espaço-temporais. O VRB é uma variável quantitativa discreta na qual 100 representa a maior pontuação (maior interesse pelo termo ou expressão). Quando diferentes períodos ou regiões são comparados, o algoritmo realiza a normalização dos valores pelo referencial geográfico e quantidade total de buscas, permitindo inferências analíticas e estatísticas acerca do VRB nestes contextos (MAVRAGANI; OCHOA; TSAGARAKIS, 2018; MAVRAGANI; OCHOA, 2019).

A coleta de dados foi realizada em setembro de 2022 pelo pesquisador-principal. As estratégias de busca utilizadas para recuperar o VRB foram apresentadas no Quadro 1, baseadas em descritores extraídos do DeCS (Descritores em Ciências da Saúde; <https://decs.bvsalud.org/>) e termos-chaves inseridos pelos pesquisadores. Após a inserção da estratégia, o local foi ajustado para “Brasil”, o período ajustado para “01/01/2011 até 31/12/2021”, a categoria de busca foi ajustada para “todas as categorias” e o tipo de busca foi ajustado para “pesquisas na web”. Os dados foram recuperados e armazenados no formato de planilhas para análise estatística. É importante evidenciar que foram realizadas três buscas distintas, uma para cada estratégia, sendo os valores do VRB normalizados apenas entre os anos e não entre as temáticas.



Quadro 1 - Estratégias de busca aplicadas na ferramenta Google Trends (Brasil, 2022).

Base	Estratégia de busca aplicada (pesquisas na web)	Período	Local	Data
Google Trends	#1 (saúde ambiental + saúde e meio ambiente + saúde do meio ambiente)	2011-2021	Brasil	19/09/22
	#2 (educação ambiental + educação meio ambiente + educação em saúde ambiental + educação saúde ambiental)			
	#3 (sustentabilidade + sustentabilidade ambiental + sustentabilidade meio ambiente)			

Fonte: Google Trends, elaborado pelos autores.

A análise estatística foi realizada utilizando *the jamovi software* (versão 2.3.15, Sydney, Austrália) e *PAST software* (versão 4.3, Oslo, Noruega). O nível de significância ( $P$ ) em todas as comparações foi estabelecido em 5% (valor de  $\alpha = 0.05$ ). O teste de Shapiro-Wilk foi utilizado para examinar a normalidade, enquanto o teste de Durbin-Watson (DW) de primeira ordem foi utilizado para examinar a presença de autocorrelação na série temporal. Como desfecho, observou-se que a estatística de DW apontou pela presença da correlação serial positiva ao longo do tempo para as estratégias de busca #1 ( $P$ -valor  $<.001$ , estatística DW = 0.804), #2 ( $P$ -valor  $<.001$ , estatística DW = 1.164) e #3 ( $P$ -valor  $<.001$ , estatística DW = 1.037). Sendo assim, os valores do coeficiente  $\beta_1$  foram estimados pela regressão de Prais-Winsten. A mudança percentual mensal (MPM; %) ao longo dos últimos dez anos foi estimada pela expressão  $= [(-1+10^{\beta_1}) \cdot 100]$ . O intervalo de confiança de 95% (IC<sub>95%</sub>) da MPM foi estimado pelas expressões  $= [(-1+10^{\beta_1(\text{mínimo})}) \cdot 100]$  e  $[(-1+10^{\beta_1(\text{máximo})}) \cdot 100]$ . O valor mínimo e máximo de  $\beta_1$  foi estimado pela expressão  $= [(\beta_1) \pm (t\text{-valor crítico} \cdot \text{erro padrão de } \beta_1)]$ . A análise descritiva foi baseada na média e o desvio-padrão, além do IC<sub>95%</sub> gerado pela técnica do *bootstrap* e do valor mínimo.

### 3. RESULTADOS

A Tabela 1 apresenta uma análise descritiva e inferencial do volume relativo de buscas para as estratégias aplicadas na ferramenta Google Trends. É possível observar que houve uma tendência crescente da MPM ao longo dos últimos dez anos para a



estratégia #1 (saúde ambiental), enquanto uma tendência decrescente para as estratégias #2 (educação ambiental) e #3 (sustentabilidade). A Figura 1 representa visualmente as variações médias do VRB ao longo do tempo.

Tabela 1 - Análise descritiva e inferencial do volume relativo de buscas para as estratégias aplicadas na ferramenta Google Trends nos últimos dez anos (Brasil, 2022).

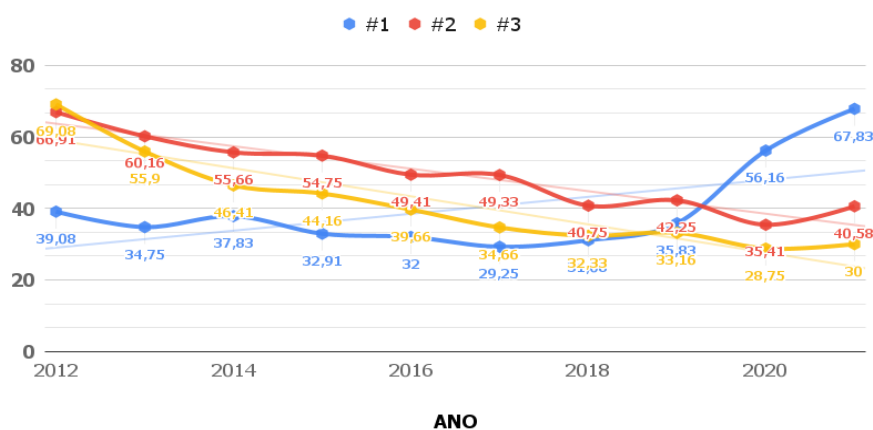
VRB	#1	#2	#3
<b>Análise descritiva</b>			
Média [IC95%]	39.6 [36.5, 42.6]	49.5 [45.8, 53.0]	41.1 [37.8, 44.4]
DP (±)	17.3	20.2	18.3
Mínimo	15	14	11
<b>Análise inferencial</b>			
P-valor	0.037*	<.001*	<.001*
MPM (%) [IC95%]	0.39 0.01, 0.78	-0.55 -0.06, -1.04	-0.67 -0.03, -1.30
Tendência	Crescente	Decrescente	Decrescente

VRB: volume relativo de buscas. DP: desvio-padrão. MPM: mudança percentual mensal. N/A: não aplicável (P-valor não-significante). \*: P-valor <0.05.

Fonte: Google Trends, elaborado pelos autores.

Figura 1 - Volume relativo de buscas (média) para as estratégias de busca aplicadas na ferramenta Google Trends nos últimos dez anos (Brasil, 2022).

**Volume relativo de buscas (média) para as estratégias de busca aplicadas na ferramenta Google Trends nos últimos dez anos**



Fonte: Google Trends, elaborado pelos autores.

## 4. DISCUSSÃO

Os resultados apresentados, considerando as limitações inerentes ao método proposto, refletem o interesse digital coletivo acerca das temáticas saúde, educação e meio ambiente no Brasil nos últimos dez anos. Enquanto o tema saúde ambiental obteve o melhor desempenho e apresentou uma tendência crescente, o interesse por educação ambiental e sustentabilidade não acompanhou tal desfecho, indicando que estes temas devem ser melhor explorados em contextos educacionais. Daqui em diante, se discute o papel do Ensino Superior neste contexto.

Em primeira análise, é importante reconhecer, questionar e investigar quais metodologias de ensino têm sido empregadas para desenvolver processos de ensino-aprendizagem acerca da educação ambiental em IES. A construção do conhecimento em suas diferentes dimensões é um passo fundamental no desenvolvimento da consciência coletiva para o meio ambiente, visto que a interdisciplinaridade da temática requer uma base sólida de diferentes ciências naturais, humanas, exatas e da saúde para compreendê-la de modo satisfatório, abrangendo valores, habilidades e atitudes. Tal contexto é articulado com o uso de metodologias ativas de ensino-aprendizagem, permitindo que a construção do conhecimento seja centrada no aluno e na sua iniciativa, tornando-se protagonista do processo de tornar-se um sujeito consciente acerca da saúde do meio ambiente e do desenvolvimento humano sustentável (ANDRADE; FIGUEIREDO, 2021; RIBEIRO; MALVESTIO, 2021).

É válido salientar que a educação para o meio ambiente deve ser, de acordo com a Política Nacional do Meio Ambiente, ministrada em todos os níveis de ensino, nos termos da lei 6.938 de 31 de agosto de 1981, o que torna razoável investigar a sua abordagem no ensino superior como um componente essencial dos processos de ensino-aprendizagem e formação de recursos humanos de alto nível. É importante elucidar se a temática é institucionalizada ou abordada de forma pontual, bem como quais abordagens teórico-práticas e correntes de pensamento guiam a formação da consciência ambiental nestes espaços. Ainda sim, embora se estudem diferentes metodologias para ensinar educação ambiental, a inserção do meio ambiente nos componentes curriculares é incerta ou inexistente no Brasil, especialmente nos cursos de graduação que não se relacionam diretamente com a temática do meio ambiente





(BRASIL, 1981; ANDRADE; FIGUEIREDO, 2021; RIBEIRO; MALVESTIO, 2021). Sendo assim, os resultados deste estudo se alinham com tal perspectiva, demonstrando a redução no interesse coletivo pela temática nos últimos dez anos no Brasil, como um possível reflexo da educação ambiental insatisfatória pelos desafios e barreiras já discutidos.

A educação ambiental no ensino superior é reforçada pela a lei 9.795 de 27 de abril de 1999 que regulamenta a Política Nacional de Educação Ambiental e estabelece as diretrizes curriculares nacionais. Embora haja regulamentação e incentivo do aparato legal, não é incomum a abordagem da educação ambiental de forma isolada e desarticulada do contexto curricular principal em IES, resultando na fragmentação da compreensão da relação entre o profissional e o meio ambiente, sem o desenvolvimento do senso coletivo e da interdisciplinaridade. Em paralelo, se reforça a necessidade de instituir ações de diagnóstico e planejamento nas IES acerca da educação ambiental, gerando informações que forneçam subsídios para o desenvolvimento de atividades curriculares efetivas no ensino superior, ambientalizando o currículo (BRASIL, 1999; LEAL E SILVA; BALDIN, 2019; FÁVARO *et al.*, 2020).

Não obstante, a formação de uma consciência coletiva para o meio ambiente nas IES contribui significativamente para o desenvolvimento de profissionais atentos ao desenvolvimento sustentável, baseado na educação ambiental. A incorporação dos princípios da sustentabilidade nos modos de produção humana e o estímulo ao desenvolvimento humano sustentável é uma perspectiva importante para assegurar relações saudáveis com o meio ambiente, buscando desde a preservação de recursos naturais até a melhora na qualidade de vida dos indivíduos (CORRÊA; ASHLEY, 2018; ROHRICH; TAKAHASHI, 2019). Entretanto, como demonstrado aqui, o interesse pela temática da sustentabilidade ambiental e desenvolvimento sustentável apresentou uma tendência decrescente no Brasil nos últimos dez anos, indicando a necessidade de explorar tais temáticas nas IES, entre outros espaços.

Por fim, é relevante apontar a importância da formação docente para educação ambiental. A ambientalização do ensino superior depende da presença de professores competentes para desenvolver o pensamento crítico acerca da questão ambiental, propondo ações educativas e investigativas que viabilizem tanto a formação da consciência coletiva quanto a produção de conhecimento pertinente na área dentro das



IES. Em consonância, é importante considerar as mudanças socioambientais e culturais vivenciadas pelos indivíduos ao longo do tempo, evidenciando a necessidade de constantemente rever valores, princípios e referências na promoção da educação ambiental, refletindo acerca das transformações humanas e como elas impactam no pensamento contemporâneo da relação homem e meio ambiente. O professor, como agente ativo deste processo, deve desenvolver e aprimorar a sua capacidade de práxis, assumindo uma postura contínua de reflexão e ação diante do meio ambiente (MARTINS; SCHNETZLER, 2018; DOS SANTOS, 2019; LEITE; SILVA, 2020).

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

É possível concluir que o interesse digital acerca da temática saúde do meio ambiente, educação ambiental e sustentabilidade no Brasil foi expressiva ao longo do tempo, mas apresentou tendências crescentes apenas para o tema saúde ambiental, sendo decrescente para educação ambiental e sustentabilidade, considerando dados dos últimos dez anos. As IES são espaços para debater, incorporar e difundir a interface saúde, ensino e meio ambiente, buscando o desenvolvimento de uma consciência coletiva e atitudes transformadoras das práticas pedagógicas e dos componentes curriculares, inserindo o meio ambiente como parte indissociável de qualquer área do conhecimento humano.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, J. R. *et al.* Multifatorialidade em saúde ambiental. **Environmental Scientiae**, v. 1, n. 2, p. 26-47, 2019.
- ANDRADE, D. F.; FIGUEIREDO, T. F. Metodologias ativas e participativas em uma disciplina de Educação Ambiental no ensino superior. **Revista Brasileira de Educação Ambiental**, v. 16, n. 2, p. 123-142, 2021.
- ARANA, A. R. A.; BERTOLI, S. C. Educação ambiental no currículo de uma instituição de ensino superior: o processo de ambientalização curricular. **Revista de Educação Pública**, v. 30, n. 1, p. 1-22, 2021.
- BRANCO, E. P.; ROYER, M. R.; BRANCO, A. B. G. A abordagem da educação ambiental nos PCNs, nas DCNs e na BNCC. **Nuances: Estudos sobre Educação**, v. 29, n. 1, p. 185-203, 2018.



- BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 2 set. 1981.
- BRASIL. Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: seção 1, n. 78, p. 41-43, Brasília, DF, 28 abr. 1999.
- BRASIL. Ministério da Saúde - Conselho Nacional de Saúde. Resolução nº 510, de 7 de abril de 2016. Dispõe sobre as normas aplicáveis a pesquisas em ciências humanas e sociais. **Diário Oficial da União**: seção 1, n. 98, p. 44-46, Brasília, DF, 24 mai. 2016.
- CORRÊA, M. M.; ASHLEY, P. A. Desenvolvimento Sustentável, Sustentabilidade, educação ambiental e educação para o desenvolvimento sustentável: reflexões para ensino de graduação. **Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental**, v. 35, n. 1, p. 92-111, 2018.
- DOS SANTOS, R. S. S. Caminhos formativos para inserção da Educação Ambiental no currículo de formação de professores. **Revista Observatório**, v. 5, n. 1, p. 134-157, 2019.
- FÁVARO, L. C. *et al.* Processo diagnóstico para a efetivação de práticas de educação ambiental no ensino superior com foco nos recursos hídricos. **Educação Ambiental em Ação**, v. 19, n. 72, 2020.
- LAYRARGUES, P. P. Manifesto por uma educação ambiental indisciplinada. **Ensino, Saúde e Ambiente**, número especial (educação ambiental: insurgências, re-existências e esperanças), p. 44-88, 2020.
- LEAL E SILVA, A. C.; BALDIN, N. Ambientalização curricular do Ensino Superior na Universidade da Região de Joinville–Univille: os cursos de Licenciatura e Direito. **Revista Contexto & Educação**, v. 34, n. 107, p. 52-71, 2019.
- LEITE, D. A. R; SILVA, L. F. A. Temática ambiental nos cursos de licenciatura em física de instituições de ensino superior públicas situadas no estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 20, p. 41–69, 2020.
- MARTINS, J. P. A.; SCHNETZLER, R. P. Formação de professores em educação ambiental crítica centrada na investigação-ação e na parceria colaborativa. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 24, p. 581-598, 2018.
- MAVRAGANI, A.; OCHOA, G. Google trends in infodemiology and infoveillance: methodology framework. **JMIR Public Health and Surveillance**, v. 5, n. 2, p. e13439, 2019.



- MAVRAGANI, A.; OCHOA, G.; TSAGARAKIS, K. P. Assessing the methods, tools, and statistical approaches in google trends research: systematic review. **Journal of Medical Internet Research**, v. 20, n. 11, p. e9366, 2018.
- NUTI, S. V. *et al.* The use of google trends in health care research: a systematic review. **PLoS One**, v. 9, n. 10, p. e109583, 2014.
- RIBEIRO, M. T.; MALVESTIO, A. C. O ensino da temática ambiental nas Instituições de Ensino Superior no Brasil. **Revista Brasileira de Educação Ambiental**, v. 16, n. 3, p. 347-361, 2021.
- ROHRICH, S. S.; TAKAHASHI, A. R. W. Sustentabilidade ambiental em Instituições de Ensino Superior, um estudo bibliométrico sobre as publicações nacionais. **Gestão & Produção**, v. 26, n. 2, e2861, 2019.
- SILVA, A. P.; SANTOS-JÚNIOR, R. P. Educação ambiental e sustentabilidade: é possível uma integração interdisciplinar entre o ensino básico e as universidades? **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 25, n. 3, p. 803-814, 2019.
- SILVA, K. P. M. *et al.* Educação Ambiental e sustentabilidade: uma preocupação necessária e contínua na escola. **Revista Brasileira de Educação Ambiental**, v. 14, n. 1, p. 69-80, 2019.
- SOUZA, F. R. S. Educação Ambiental e sustentabilidade: uma intervenção emergente na escola. **Revista Brasileira de Educação Ambiental**, v. 15, n. 3, p. 115-121, 2020.
- VIESBA-GARCIA, E.; VIESBA, L. M.; ROSALEN, M. S. Educação ambiental para a sustentabilidade: formação continuada em foco. **Humanidades e Tecnologia**, v. 16, n. 1, p. 10-24, 2019.



# CAPÍTULO XXVI

## LEVANTAMENTO DE CASOS DE DENGUE NO MUNICÍPIO DE PARANAÍTA-MT

SURVEY OF DENGUE CASES IN THE CITY OF PARANAÍTA-MT

DOI: 10.51859/AMPLA.MAS2407-26

Antonio Cordeiro Campos <sup>1</sup>

Altacis Junior de Oliveira <sup>2</sup>

Andressa Alves Cabreira dos Santos <sup>3</sup>

Isane Vera Karsburg <sup>4</sup>

Daniela Soares Alves Caldeira <sup>5</sup>

Marcella Karoline Cardoso Vilarinho <sup>6</sup>

<sup>1</sup> Graduando do curso de Licenciatura Plena e Bacharelado em Ciências Biológicas – Alta Floresta. Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT.

<sup>2</sup> Mestre em Genética e Melhoramento de Plantas. Programa de Pós-graduação em Genética e Melhoramento de Plantas – PGMP.

<sup>3</sup> Mestranda em Genética e Melhoramento de Plantas. Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT.

<sup>4</sup> Professora Adjunta da Faculdade de Ciências Agrárias e Biológicas – Alta Floresta. Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT.

<sup>5</sup> Professora Adjunta da Faculdade de Ciências Agrárias e Biológicas – Cáceres. Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT.

<sup>6</sup> Professora Adjunta da Faculdade de Ciências Agrárias e Biológica – Cáceres. Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT.

### RESUMO

A precipitação é uma das variáveis meteorológicas que contribui para as manifestações de diversos grupos de doenças transmitidas por vetores como dengue. O mosquito *A. aegypti* adaptou-se as condições urbanas, onde tanto a proliferação quanto a incidência dessas doenças estão relacionadas as condições socioambientais. Por serem de circulação urbana, atribui-se a sua ocorrência não só os fatores biológicos: vírus, vetor e hospedeiro, mas também as condições econômicas, políticas e culturais que compõe a população atingida. A dengue se tornou um dos principais problemas de saúde pública no mundo tropical, especialmente, nos países com precariedade socioeconômica. Desse modo, o objetivo geral desta pesquisa analisar medidas estratégicas no controle da dengue em Paranaíta-MT. Assim, a problemática consiste em quais as medidas para conter os casos de dengue no município de Paranaíta? Nesse sentido, diversos estudos têm sido desenvolvidos, correlacionando fatores sociais e ambientais com a manifestação dessas arboviroses.

**Palavras-chave:** Dengue. Zika. Vírus.

### ABSTRACT

Precipitation is one of the meteorological variables that contribute to the manifestations of several groups of vector-borne diseases such as dengue. The mosquito *A. aegypti* has adapted to urban conditions, where both the proliferation and incidence of these diseases are related to socio-environmental conditions. Because they are of urban circulation, their occurrence is attributed not only to biological factors: virus, vector and host, but also to the economic, political and cultural conditions that make up the affected population. Dengue has become one of the major public health problems in the tropical world, especially in countries with socioeconomic precariousness. Thus, the general objective of this research is to analyze strategic measures to control dengue fever in Paranaíta-MT. Thus, the problem is what are the measures to contain the cases of dengue in the municipality of Paranaíta? In this sense, several studies have been developed, correlating social and environmental factors with the manifestation of these arboviroses.

**Keywords:** Dengue. Zika. Virus.

## 1. INTRODUÇÃO

A Dengue é uma doença infecciosa causada por um arbovírus, do gênero *Flavivirus* e pertencente à família *Flaviviridae*, que ocorre principalmente em áreas tropicais e subtropicais. O vírus é transmitido pela picada da fêmea do *Aedes aegypti*, um mosquito diurno que se multiplica em depósitos de água parada acumulada nos quintais e dentro das casas. O vírus apresenta quatro sorotipos diferentes que são a DEN-1, DEN-2, DEN-3 e DEN-4. Uma pessoa no decorrer dos anos pode contrair a dengue de quatro maneiras possíveis, pois cada sorotipo produz imunidade específica (PEGO; SANTOS; LIMA, 2014; BRUNA, 2018).

A dengue clássica é a forma mais leve da doença, sendo muitas vezes confundida com a gripe. Tem início súbito e os sintomas podem durar de cinco a sete dias, apresentando sinais como febre alta (39 °C a 40 °C), dores de cabeça, cansaço, dor muscular e nas articulações, indisposição, enjoos, vômitos, entre outros, os quais surgem cerca de três dias após a picada do mosquito *Aedes Aegypti* (BRÍGIDO, 2018; FRAZÃO, 2019).

A dengue hemorrágica é o tipo mais grave da doença e se caracteriza por alterações na coagulação do sangue. Os sintomas da Dengue hemorrágica podem aparecer até três dias após os sintomas da dengue clássica e incluem: confusão mental, sangramento pelo nariz e gengiva, olhos vermelhos, vômitos persistente, agitação e sonolência e urina com sangue, além destes sintomas, em alguns casos, também é possível o surgimento de outros sinais como pele úmida, pálida e fria, assim como diminuição da pressão arterial (FRAZÃO, 2019).

No Brasil, a doença apresenta um padrão sazonal com maior aparecimento de casos nos primeiros cinco meses do ano, período mais quente e úmido, típico em regiões tropicais e subtropicais. No período chuvoso o cuidado deve ser redobrado, pois aumenta o número de possíveis criadouros, e representa um grave problema de saúde pública no país e no mundo, dessa forma quase todos os estados brasileiros registram casos desde a clássica até a hemorrágica (COSTA et al., 2011).

Os registros de casos de Dengue no Brasil remontam desde o ano de 1846 até 1853, aconteceu uma epidemia nas cidades de São Paulo e Rio de Janeiro. Após esse



período foi realizado um trabalho envolvendo cerca de 2.500 guardas sanitários, mas não obteve sucesso na erradicação do mosquito (BARRETO et al., 2008).

Nos anos 2000 a dengue se alastrou pelo Brasil causando surto em várias regiões do país. O ano de 2008 registrou o maior número de casos de dengue, ultrapassando 1998, além de casos mais graves com elevados números de óbitos, e desde então, essa doença continua a preocupar tanto a população quanto às autoridades de saúde pública (PEGO; SANTOS; LIMA, 2014).

Os casos de dengue, notificados entre 2009 e 2010 no Brasil, atingiram valores recordes, e a dengue continua entre as doenças que ocasiona grande impacto na saúde pública, não apenas no Brasil, mas também em outros países tropical. Os objetivos da pesquisa consistem em verificar a epidemiologia da dengue, classificar os tipos de dengue, analisar quais os ciclos de transmissão da dengue e analisar medidas estratégicas no controle da dengue em Paranaíta-MT.

Portanto, é imprescindível que ocorra a redução da circulação do vírus, importante para evitar novas infecções dessa epidemia no Brasil, além da promoção ao conhecimento da epidemiologia, bem como a incidência desta doença, e como os trabalhos educativos direcionados à população quanto aos cuidados e prevenção da dengue contribuem para a erradicação da doença.

Assim, questiona-se a seguinte problemática: Quais as medidas para conter os casos de dengue no município de Paranaíta? Tendo em vista o crescente surto de dengue no Brasil e a relevância deste problema de saúde pública, esta pesquisa analisa o perfil epidemiológico dos casos confirmados de dengue em Paranaíta-MT.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. ÁREA DE ESTUDO

O estado do Mato Grosso, é o terceiro maior estado do Brasil, ficando atrás somente do Amazonas e do Pará. A área urbana de Mato Grosso é de 519,7 km<sup>2</sup>, colocando o estado em 11º lugar nos rankings de estados com maior mancha urbana (GOVERNO DE MATO GROSSO, 2021). Sua população estimada é de 3.567.234 pessoas, possui uma Área da unidade territorial de 903.207,050 km<sup>2</sup> (IBGE, 2022).

O estado de Mato Grosso apresenta sensível variedade de climas. Prevalece o tropical super-úmido de monção, com elevada temperatura média, anual, superior a 24

°C e alta pluviosidade (2.000 mm anuais); e o tropical, com chuvas de verão e inverno seco, caracterizado por médias de 23 °C no planalto. A pluviosidade é alta também nesse clima: excede a média anual de 1.500 mm (GOVERNO DE MATO GROSSO, 2021).

Paranaíta é um município brasileiro do estado de Mato Grosso da Mesorregião norte mato-grossense. Localiza-se a uma latitude, 09° 39' 53" sul, a uma longitude, 56° 28' 36" oeste e uma altitude de 249 metros; possui uma área de 4.830,143 km<sup>2</sup>, a população estimada em 2021 era de 11.291 pessoas, com densidade demográfica em 2010 de 2,23 hab/km<sup>2</sup> (IBGE, 2022) (figura 1).

Figura 1 - Localização do município de Paranaíta, localizado em Mato-grosso, Brasil.



Fonte: Open Editions Jornauls, 2022.

O município caracteriza-se pelo clima equatorial quente e úmido, com estações de seca e chuva bem definida. Precipitação média, anual de 300 mm, com intensidade máxima nos meses de janeiro, fevereiro e março. Temperatura média, anual de 24 °C, com maior máxima de 37 °C, e mínima de 22 °C (clima tempo), além de pertencer a Grande Bacia Amazônica (IBGE, 2022).

## 2.2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A pesquisa foi feita através de uma revisão de literatura com ênfase no levantamento bibliográfico de caráter descritivo exploratório, que teve por finalidade permitir a síntese do conhecimento e a incorporação das evidências científicas decorrentes dos estudos efetivos do material publicado (SILVEIRA, 2005).

O estudo analisou os dados de notificação da dengue, nos anos de 2019, 2020, 2021 até junho de 2022 na área do município de Paranaíta no estado de Mato Grosso. A pesquisa foi realizada com base nas informações estatísticas epidemiológicas junto a Vigilância Epidemiológica da Secretaria Municipal de Saúde de Paranaíta, a partir das Fichas de notificação do Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN), em que foram coletados: os casos confirmados, sexo (masculino ou feminino) e a idade (faixa etária).

As investigações para a análise proposta nesse trabalho foram feitas a partir de estudo bibliográfico e estudo de campo. As medidas mitigadoras e compensatórias foram coletadas dos estudos epidemiológicos analisados e de outras bibliografias referentes ao tema. A pesquisa baseia-se, sobretudo, na coleta de dados primários, com referência bibliográfica.

Para a análise dos dados coletados para o presente estudo, foi realizada de maneira qualitativa, quantitativo em que foi utilizado o programa Excel para elaboração dos gráficos em que foram demonstrados os números de possíveis casos de dengue registrados no município por faixa etária e comparados ano a ano, pois se trata de uma pesquisa descritiva, o que para Gil (2017), visa a caracterização de uma população ou fenômeno, por meio da padronização na coleta de dados.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a extração e um pré-processamento dos dados, iniciou-se a fase de análise e mineração nos mesmos. Os resultados dessas análises serão apresentados a seguir.

Primeiramente, foi realizado um levantamento temporal dos casos de dengue em Paranaíta entre os anos de 2019 a junho de 2022. A tabela 1 exibe o ano e o quantitativo de casos de dengue registrados naquele ano.

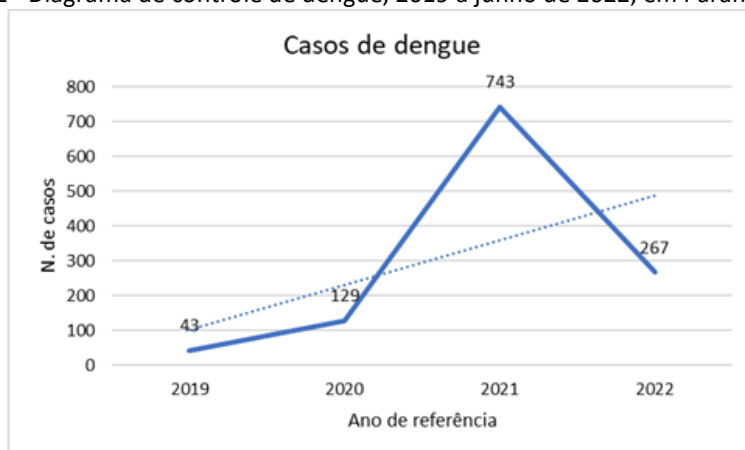
Tabela 1 - Dados temporais da dengue em Paranaíta de 2019 a 2022.

Ano	2019	2020	2021	2022
Casos de dengue	43	129	743	267

Fonte: Autoria própria, 2022.

Os dados acima podem ser mais bem visualizados na figura 2 a seguir.

Figura 2 - Diagrama de controle de dengue, 2019 a junho de 2022, em Paranaíba/MT.

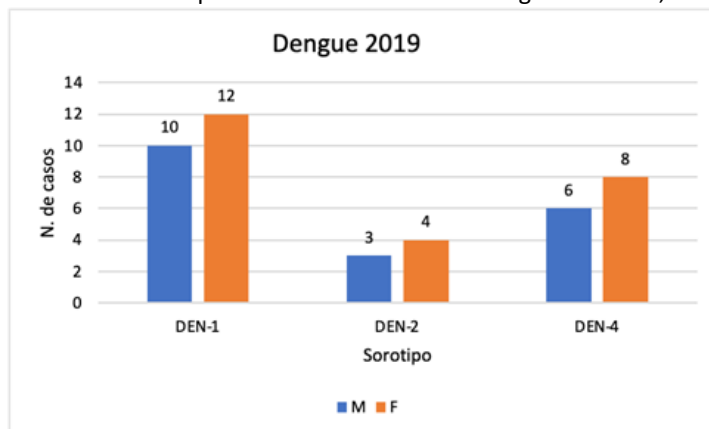


Fonte: Autoria própria, 2022.

Compreende-se na figura acima que o número de casos teve um pico no ano de 2021 e a tendência de casos é diminuir no ano de 2022, haja visto que até metade do ano já foram registradas 267 ocorrências de dengue. As análises realizadas foram com relação à classificação de ano, masculino ou feminino, e o sorotipo identificado.

É possível observar na figura 3 que a incidência foi maior sobre as mulheres do que os homens, sendo 10 M, 12 F para a DEN-1; 3 M, 4 F para a DEN-2 e 6 M, 8 F para DEN-4.

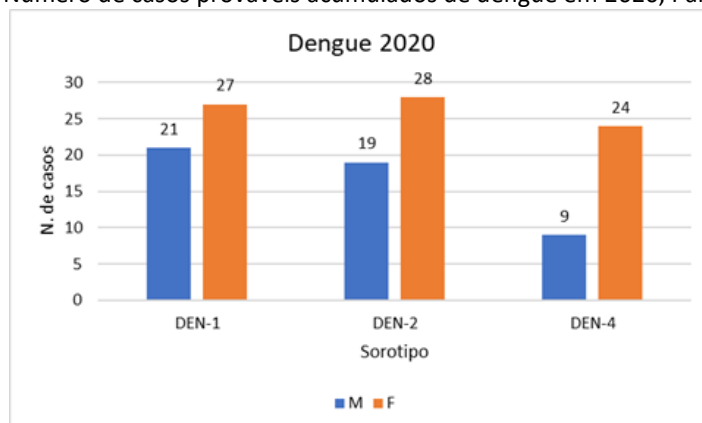
Figura 3 - Número de casos prováveis acumulados de dengue em 2019, Paranaíba/MT.



Fonte: Autoria própria, 2022.

Nota-se na figura 4 que a incidência continua maior sobre as mulheres do que os homens, cujo 21 M, 27 F para a DEN-1; 19 M, 28 F para a DEN-2 e 9 M, 24 F para DEN-4.

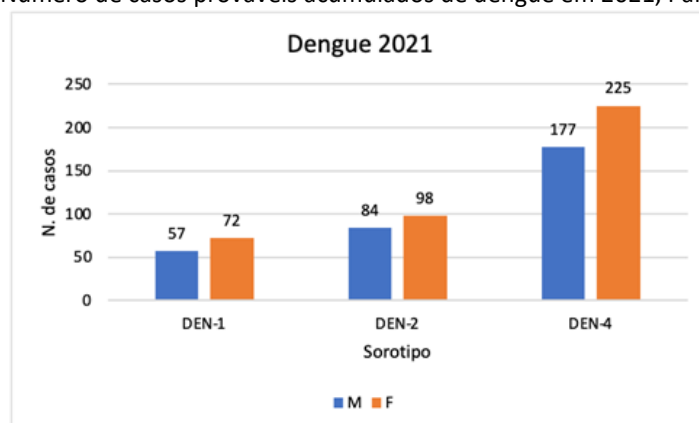
Figura 4 - Número de casos prováveis acumulados de dengue em 2020, Paranaíta/MT.



Fonte: Autoria própria, 2022.

Na figura 5, os casos identificados aumentaram conforme o sorotipo foi subindo de nível, ou seja, a tendência da DEN-1 em sentindo a DEN-4, de homens para às mulheres. Assim, 57 M, 72 F para a DEN-1; 84 M, 98 F para a DEN-2 e 177 M, 225 F para a DEN-4.

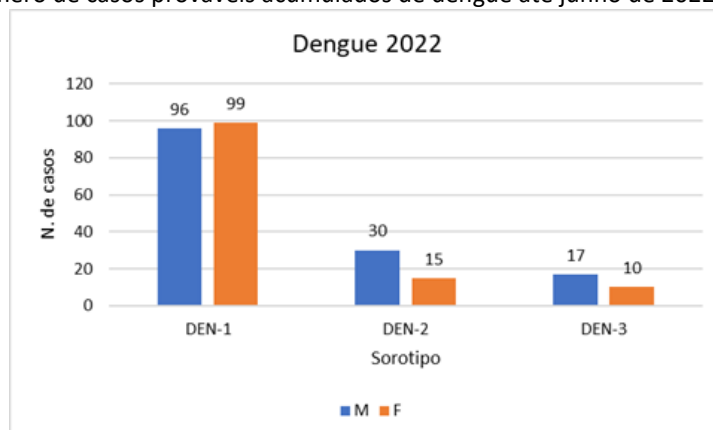
Figura 5 - Número de casos prováveis acumulados de dengue em 2021, Paranaíta/MT.



Fonte: Autoria própria, 2022.

Nota-se que até junho de 2022 (figura 6), não foi registrado casos de DEN-4, e que a diferença de homens para mulheres na DEN-1 foi de 3. 30 M, 15 F para a DEN-2; 17 M, 10 F para DEN-3. Houve um acréscimo para M e diminuição para F.

Figura 6 - Número de casos prováveis acumulados de dengue até junho de 2022, Paranaíta/MT.



Fonte: Autoria própria, 2022.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se, portanto, que a dengue é uma doença séria e que deve ser tratada como convém. No município de Paranaíta-MT encontra-se controlada, porém faz-se necessário continuar os trabalhos realizados pela Secretaria Municipal de Saúde de visitar todas as residências, comércios, assim como também em locais e terrenos abandonados.

Outro fator importante, é aumentar as campanhas de orientação à população do município, não apenas conscientizando sobre a importância da prevenção, mas também sobre quando houver suspeitas, realizar exames médicos para que também possam constar nos registros do município, o que facilita para as autoridades poderem realizar a mapeação dos casos em suas determinadas áreas.

Vale destacar ainda que, esse é o primeiro trabalho acadêmico realizado sobre o tema na cidade de Paranaíta, mas que com certeza tem e terá muita importância para futuros trabalhos sobre o tema, assim como sua comparação no desenvolvimento no decorrer dos anos da região.

Por fim, com base na pesquisa bibliográfica realizada e nos resultados obtidos, consta-se que a necessidade de prevenir, daí a indispensabilidade de se fornecer políticas públicas que visem demonstrar a população deficiência quanto à prevenção necessária para com os possíveis focos de dengue, já que em regiões tropicais como a que foi alvo da pesquisa há uma maior probabilidade de ocorrer acúmulos de água, além disso, a melhor forma de combater a doença é por meio da prevenção principalmente pelo fato de que o mosquito só é capaz de se reproduzir a partir de acúmulos de água.



## REFERÊNCIAS

- BARRETO, M. L.; Teixeira, M. G. Dengue fever: a call for local, national, and international action. **Lancet**, v372, n9634, p205, 2008.
- BRÍGIDO, H. **Dengue: sintomas, tratamentos e causas**. 2018. Disponível em: <<https://www.minhavida.com.br/saude/temas/dengue>>. Acesso em: 14 nov. 2022.
- BRUNA, M. H. V. **Dengue**. 2018. Disponível em: <<https://drauziovarella.uol.com.br/doencas-e-sintomas/dengue/>>. Acesso em: 14 nov. 2022.
- COSTA, A. G., J. D.; SANTOS, J. K. T.; CONCEIÇÃO, P. H.; ALECRIM, A. A.; CASSEB W. C. Aspectos epidemiológicos do surto de Dengue em Coari-AM, 2008 a 2009. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 44, 2011.
- FRAZÃO, D. A. **Principais sintomas da Dengue**. 2019. Disponível em: <<https://www.tuasaude.com/sintomas-da-dengue/>>. Acesso em: 14 nov. 2022.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6ª ed. São Paulo: Atlas, 2017. 173p.
- IBGE. **Mato Grosso**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mt.html>. Acesso em: 14 nov. 2022.
- IBGE. **Paranaíta**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mt/paranaíta/panorama>. Acesso em: 14 nov. 2022.
- PEGO, C.; SANTOS, V.; LIMA, V. **A dengue**. São Paulo: FSP, 2014.
- SILVEIRA, R. C. **O cuidado de enfermagem e o cateter de Hickman: a busca de evidências**. Ribeirão Preto: Universidade de São Paulo, Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto, 2005.

# CAPÍTULO XXVII

## ENTRE O INTERESSE PÚBLICO E O PRIVADO: UMA ANÁLISE DAS POLÍTICAS DE RECURSOS HÍDRICOS E DE IRRIGAÇÃO NO VALE DO SÃO FRANCISCO

BETWEEN PUBLIC AND PRIVATE INTERESTS: AN ANALYSIS OF WATER RESOURCES AND IRRIGATION POLICIES IN THE SÃO FRANCISCO VALLEY

DOI: 10.51859/AMPLA.MAS2407-27

Carla Silva de Oliveira <sup>1</sup>  
Sidclay Cordeiro Pereira <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Graduada em Geografia pela Universidade de Pernambuco (UPE) - *Campus Petrolina*.

<sup>2</sup> Professor Adjunto do Colegiado de Geografia da Universidade de Pernambuco (UPE) - *Campus Petrolina* e Doutor em Ciências Geográficas pela *Université Laval* (Québec, Canadá)

### RESUMO

O presente artigo objetiva compreender a relação entre a política de expansão da agricultura irrigada na região do vale do São Francisco e o processo de privatização dos recursos hídricos. Fez-se isso estudando o caso do Vale do São Francisco como cenário de conflitos pelos múltiplos usos da água através do projeto de irrigação Nilo Coelho e Bebedouro. Nesse sentido, objetivou-se analisar as políticas públicas de desenvolvimento territorial, vinculadas ao setor do agro-hidronegócio e a fruticultura irrigada da região, impulsionada por empresas públicas e privada, assim como bancos. Para isso, realizou-se pesquisa documental em órgãos como a Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco (CODEVASF) e Agência Nacional de Águas (ANA) e Banco mundial (BM) e pesquisa em autores que dão conta desse processo. Como resultado, tem-se que a maioria dos pequenos irrigantes de Juazeiro (BA) e Petrolina (PE) não se insere no modelo atual adotado de valoração da água como recurso econômico, impulsionando a mercantilização da mesma, gerando mais desigualdades sociais e ambientais.

**Palavras-chave:** Água, Política de Recursos Hídricos, Vale do São Francisco, Privatização, Irrigação.

### ABSTRACT

This article aims on understanding the relation between the expansion of irrigated agriculture policy in the region of Vale do São Francisco and the process of privatizing the water resources. To achieve this goal we studied the case of Vale do São Francisco as a scenery of conflicts for the multiple uses of water through the Nilo Coelho and Bebedouro irrigation projects. In this sense, we aimed on analysing the public policies of land development, connected to the agribusiness and irrigated fruit growing in the region, stimulated by public and private companies as well as banks. To do this, we did a documental research in public agencies such as The Development of Vale do São Francisco Company (CODEVASF, in Portuguese), the National Water Agency (ANA, in Portuguese), World Bank (WB) and also in authors who approach this issue. As a result, the majority of small irrigants of Juazeiro (BA) and Petrolina (PE) do not fit the current adopted model of valuing water as an economical resource, encouraging the commodification of it, generating the social and environmental difficulties.

**Keywords:** Water, Water Resources Policy, São Francisco Valley, Privatization, Irrigation.

## 1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, aconteceram importantes mudanças no cenário mundial sobre o debate em relação aos recursos hídricos. Como um dos resultados, no Brasil, foi promulgada Lei das Águas, nº 9.433, de 1997, marco na cobrança pelo uso desse recurso e o seu entendimento como bem econômico. Nesse contexto, a Região Integrada de Desenvolvimento (RIDE) São Francisco<sup>1</sup> foi alvo de várias políticas públicas de desenvolvimento territoriais, em diferentes escalas, vinculadas ao setor do agronegócio da fruticultura irrigada tendo a água como condicionante imprescindível para suas existências.

Nessa RIDE, observa-se uma demanda quanto à análise dos atuais pólos de desenvolvimento e espaços mais dinâmicos como demandantes e concentradores de recursos financeiros e territoriais (ALMEIDA *et al.*, 2010). Posto isso, identifica-se particularidades que fazem com que a dinâmica de produção seja afetada por uma reestruturação econômica e espacial ligada ao cenário globalizado à luz do processo de privatização de recursos territoriais através de ações realizadas por diferentes agentes estatais e privados. A demanda por água tem crescido principalmente por causa da expansão da agricultura irrigada, aliada como fator marcante no Pólo RIDE. A partir daí, observa-se o início da utilização mercantilizada da água e o processo de privatização dos recursos hídricos, levando há um aumento dos conflitos em torno dos múltiplos usos na região.

Nesse contexto, o presente artigo objetiva compreender a relação entre a política de expansão da agricultura irrigada na região do vale do São Francisco e o processo de privatização dos recursos hídricos, via o estudo da cobrança de água no perímetro irrigado Bebedouro e Nilo Coelho, bem como discutir a atual política de gerenciamento dos recursos hídricos na RIDE, com ênfase para a região do Submédio São Francisco. Para isso, foi realizada uma análise crítica sobre o modo de produção e a acumulação de capital e a sua relação com a dinâmica de produção do espaço. Com isso, mostrou-se necessária uma análise ampla sobre o semiárido e os conflitos existentes em torno da água nessa região como um dos fatores primordiais para, de um lado, a atração

---

<sup>1</sup> A RIDE São Francisco foi criada pela Lei Complementar nº 113, de 19 de setembro de 2001, e regulamentada pelo Decreto nº 4.366, de 9 de setembro de 2002.

de investimentos, e do outro, uma maior qualidade de vida para a população para a região.

O presente trabalho possui como alicerce teórico autores como Santos (2006), Malvezzi (2007), Ribeiro (2008) Lóris (2010), Dourado (2010) e Harvey (2011), bem como na análise de documentos de órgãos como a Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco e do Parnaíba (CODEVASF) e Agência Nacional de Águas (ANA) e Banco mundial (BM).

O artigo está organizado em três seções, acrescidos desta introdução e considerações finais. A primeira seção traz a política de recursos hídricos em diferentes escalas, partindo da legislação nacional atual vigente até o âmbito regional, assim como também a análise dos órgãos e conferências internacionais contribuintes para o planejamento e gestão. A segunda seção aborda os conflitos existentes em torno dessa temática, segundo o histórico de projetos desenvolvimentistas da região e a cobrança pela água como uma forma de conflito, expropriação e privatização. A terceira seção discute o cenário regional do submédio São Francisco, dentro dos perímetros irrigados Bebedouro e Nilo Coelho, bem como os seus impactos e principais inerentes a esse processo.

## **2. UMA ABORDAGEM DA POLÍTICA DE RECURSOS HÍDRICOS: ANÁLISE EM TRÊS ESCALAS**

A mudança global na visão da água foi possível a partir de ações de agentes hegemônicos por meio de um processo de criação de alguns dispositivos legais. Nesse sentido, merecem destaque: a descentralização operacional, administrativa, técnica e legal, viabilizando a democratização do processo decisório e promovendo, segundo seus defensores, uma real participação, transparência e publicidade na execução das ações; normas criadas para darem credibilidade ao processo como um todo, em que se tem, também, a gestão das águas como palavra-chave da PNRH; as bacias hidrográficas como unidade de gestão, e por fim, a outorga e a cobrança pelo uso dos mananciais, puxada como prioridade frente ao uso desordenado e irracional desse recurso.

Nesse aspecto, os agentes produtores do espaço que agem nas diferentes escalas são os agentes ligados ao Estado (Empresas públicas, Bancos Públicos, Agências e Superintendências de Desenvolvimento etc.) e agentes privados (empresas multinacionais e organismos multilaterais como o Banco Mundial). Destacam-se as

ações do Banco Mundial na indução da criação de políticas como a de gerenciamento de recursos hídricos, que veio com a sanção da Lei 9.433, de 08.01.97, que estabeleceu a política nacional de recursos hídricos (ALMEIDA *et al.*, 2010).

Lóris (2010, p.215) afirma “que uma vez pressionada pelo avanço do capitalismo industrial, a exploração dos recursos naturais segue mantendo papel essencial como garantidor das condições de produção”. Ele dá como exemplo o valor hidrológico da água, que passa a manifestar um valor produtivo ao servir como matéria-prima para a agroindústria e como veículo para a diluição de efluentes. O produto final dessa atividade produtiva, ou seja, a mercadoria final possui dois valores: o lucro daquele que controla a produção e a não remuneração dos trabalhos que tomaram parte na produção da mercadoria.

Caberia destacar, ainda, que 70% de uso da água é usada para fins agrícola; a maior parte é para irrigação que, todavia, possibilita somente o abastecimento de 40% dos alimentos do mundo. Diante de uma crise hídrica global, o discurso formulado pelo Banco Mundial relativo à situação hídrica mundial é a implementação do processo de valoração, que objetiva estabelecer a racionalização dos diferentes tipos de uso dos recursos hídricos por meio da precificação do recurso. O mesmo argumenta que o Brasil passa por uma tensão hídrica resultante da ineficiência do Estado na condução de políticas públicas e as diversas implicações relativas às relações entre os grupos humanos e a natureza. Vejamos como isso é enunciado em um dos relatórios do Banco Mundial.

Até a segunda metade do século XX, a política de água para o Nordeste consistia basicamente nas chamadas intervenções hidráulicas, ou seja, a construção de infraestrutura para captação e armazenamento de água em grande escala por órgãos como o Departamento Nacional de Obras Contra a Seca (DNOCS) e a Superintendência para o Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE). Entretanto, esse cenário muda a partir da Lei de Recursos Hídricos, Nº 9.433, de 8/01/1997, que lançou as bases para a política de gerenciamento de recursos hídricos no país. Para isso, foram criadas instituições como o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) e as Secretarias de Recursos Hídricos (Ministério do Meio Ambiente) e de Infraestrutura Hidráulica (Ministério da Integração). No ano 2000, foi criada ainda a Agência Nacional de Águas (ANA), por meio da Lei 9.984.



O Banco Mundial faz referência ao acesso à água e o seu discurso é montado apontando para o mercado como solução. A Organização das Nações Unidas (ONU) faz coro a esse discurso e afirma que, para se combater a escassez do setor de recursos hídricos, deve-se partir para uma gestão integrada dos mesmos, e também sinaliza para o fato de que, para que a crise hídrica mundial não se especialize, a solução é enquadrar a água como sendo um bem público dotado de valor econômico, em que propõe a gestão popular dos comitês de bacia, sob a orientação contida nos princípios estabelecidos pelo Banco Mundial.

Nesse sentido, uma visão mais abrangente com vistas ao desenvolvimento regional passa a prevalecer, entretanto não leva em consideração as contradições nesse espaço heterogêneo presentes nas políticas de desenvolvimento do semiárido nordestino, uma vez que o estado se torna “ausente” o modelo de produção do espaço toma forma desigual e excludente, sendo causador de impactos socioambientais graves no interesse e apropriação do uso da água. Diante disso, Santos (2006) admite que o espaço geográfico é uma acumulação desigual de tempos onde convivem simultaneamente diferentes temporalidades atualmente.

Para melhor gerenciamento da água no Brasil, foram criadas instituições como o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) e as Secretarias de Recursos Hídricos (Ministério do Meio Ambiente) e de Infraestrutura Hidráulica (Ministério da Integração). No ano 2000, foi criada ainda a Agência Nacional de Águas (ANA), por meio da Lei 9.984.

A água tem sido uma fonte constante de conflitos sociais, pois suas reservas vêm diminuindo drasticamente, chegando-se a um patamar crítico atual, cenário de crise mundial, que envolve um arcabouço estrutural em sua gestão. Um olhar mais amplo sobre a temática, sua essencialidade vai além do modo utilitarista e ultrapassa o modelo adotado aos desafios atuais que se contextualiza na sua atuação em uma região onde a temática dos recursos hídricos é fundamental para projetos políticos de desenvolvimento regional verdadeiramente sustentável.

O acesso e o armazenamento da água no semiárido é um problema recorrente. A demanda por água tem crescido principalmente por causa da expansão da agricultura irrigada e existe um histórico de conflitos pelo acesso à água das bacias hidrográficas. Nessa perspectiva, Ribeiro (2008, p. 17) afirma que “a água é fonte de conflitos porque sua distribuição natural não corresponde à sua distribuição política”. O autor ainda





afirma que o Brasil aparece na 25ª posição com 48.315 m³ anuais *per capita* de água, o que representa 12% dos recursos hídricos totais do mundo e pouco mais da metade do total da América do Sul. Sendo assim, nos cenários nacional e internacional, a água é fonte de políticas públicas, estratégias de preservação e disputas pela sua utilização, o que se tornou relevante tanto no cenário acadêmico quanto no âmbito social.

A mercantilização da água e o processo de privatização dos recursos hídricos levam, inevitavelmente, ao aumento dos conflitos em torno do uso da água numa região onde o seu acesso é deficitário. Liga-se a isso, também, o crescente processo de modernização capitalista do/no campo, que se explicita no aumento constante da área de agricultura irrigada no vale do São Francisco, ocasionando o aumento dos conflitos em torno da distribuição e do uso da água como insumo importante para as atividades econômicas preconizadas pelos governos como solução para a pobreza.

Mesmo com a modernização de estruturas produtivas, o semiárido ainda não conseguiu desvencilhar-se da imagem da seca, haja vista que essa ainda continua sendo usada para justificar determinadas ações no plano governamental, como no caso da Transposição do São Francisco, cujo slogan foi “água para quem tem sede”. Por outro lado, o agro-hidronegócio tem encontrado condições extremamente favoráveis à sua expansão em função de esse trazer em seu cerne a ilusória ideia de modernização e desenvolvimento, e associado a isso, emprego, renda e melhoria nas condições de vida de modo geral.

Os efeitos colaterais da comodificação dos recursos hídricos, tanto no passado, quanto no presente, têm sido uma grossa negligência com impactos ambientais (destruição de habitat, modificação do regime sazonal de vazões e interrupção de processos ecológicos), produção de conflitos, desagregação social e desigual atendimento da população (IORIS, 2006, p. 3).

Coelho Neto (2006, p. 114) chama a atenção para o fato de que “[...] a natureza, outrora difundida como entrave ao desenvolvimento, agora é um ingrediente chave na superação do atraso”. Isso nos leva a pensar que a seca é um fenômeno limitante para as populações residentes que são frequentemente desassistidas pelas políticas públicas, uma vez que a sua produção é destinada a atender aos mercados em outras escalas.

O modelo agroexportador-monocultor é altamente consumidor de água e causador de grandes impactos para o meio ambiente. Porém, recebe o apoio por parte



da política agrícola implementada pelos governos federal e estadual, bem como encontra um aparato legal que o auxilia.

A luta ligada à mercantilização da água na região do vale do São Francisco é vinculada, principalmente, ao setor do agronegócio da fruticultura irrigada, impulsionada por empresas públicas e privadas. Pode-se dizer que o fomento à agricultura irrigada no Semiárido brasileiro é um meio utilizado para modernizar o campo e dessa maneira, abrir caminho para a entrada do grande capital, por meio da produção de frutas nos projetos de irrigação, ou seja, uma fruticultura irrigada cada vez mais produtiva, competitiva, altamente dependente de capital fixo, ciência e tecnologia e financiamento, e, crescentemente, consumidora de recursos hídricos.

Atualmente, a CODEVASF é a responsável pela gestão dessas águas. Dessa forma, vale ressaltar que entre os conflitos pelo acesso à água, destacam-se as empresas instaladas nos perímetros irrigados e os pequenos agricultores em torno do uso dos recursos hídricos da região. Do lado do agro-hidronegócio, há o interesse em continuar aumentando a produção e, conseqüentemente, aumentando o consumo de água. No polo RIDE, os Perímetros irrigados Senador Nilo Coelho, Maria Tereza e Bebedouro somam mais de 55% das áreas irrigadas de todos os perímetros do polo, mais de 75% dos colonos que atuam nos mesmos e quase 40% das empresas produtoras (CODEVASF 2012).

Nesse contexto, o relatório ‘Conflitos no Campo Brasil 2016’, divulgado em abril pela Comissão Pastoral da Terra (CPT), revela que, entre 2015 e 2016, as disputas por água aumentaram 27%, somando 172 casos. Desde que começou a registrar os dados, em 2007, a CPT calcula um aumento de 97,7% nesses embates, que estão atingindo cada vez mais pessoas. Em 2007, foram 164 mil. Em 2016, esse número saltou para 222 mil, um acréscimo de 35,8%. A CPT conclui que o cenário conflagrado é um desdobramento de duas lógicas de gestão, apropriação e uso da água: a econômica, que enxerga a água como commodity, e a dos povos, que têm na água um bem essencial à reprodução das condições dignas de vida (CPT, 2016).

Os conflitos surgem, em consequência a dessa nova visão econômica da água, surgem como uma nova forma de economia ecológica que visa à valorização da água e mostra que essa é uma necessidade humana, na qual a melhor opção pela forma de produção mais eficiente e produtiva é essa que leva a se usufruir dos recursos hídricos

de forma exploratória, ampliando-se uma maior concentração de água e terra, que já é histórica na região.

Nesse sentido, Dourado (2010) afirma que “estamos diante de uma questão da água do mesmo modo que se fala de questão agrária ou de questão urbana desse modo”. E compreender o processo de produção dos perímetros irrigados no Vale do São Francisco com suas demandas e cobrança pelo uso da água é fundamental diante da discussão acerca da dicotomia entre o seu acesso ser um direito fundamental, livre a todos ou objeto de privatização.

### 3. A COBRANÇA PELA ÁGUA COMO UMA FORMA DE CONFLITO, EXPROPRIAÇÃO E PRIVATIZAÇÃO

Percebe-se que a valoração econômica da água tem sido amplamente discutida no cenário político brasileiro, principalmente em função da legislação específica que determina a cobrança pelo uso da água. Nesse contexto, o parâmetro de fixação do valor dos bens é concebido pelo capital financeiro. O valor de um bem é determinado pela sua contribuição de valor para o capital. Segundo essa tendência, o mercado representa o mecanismo ideal de escolha dos bens e dos serviços a valorizar e a utilizar, pois ele se autorregula e autocontrola (DOURADO, 2010).

Pode-se dizer que o fomento à agricultura irrigada no Semiárido brasileiro é um meio utilizado para modernizar o campo e, dessa maneira, abrir caminho para a entrada do grande capital, por meio da produção de frutas nos projetos de irrigação. E destaca-se a gestão da água que passa a ser fundamental quanto ao uso desses recursos hídricos no polo Petrolina-Juazeiro, o que se intensifica com a solicitação de outorga de água; portanto, os conflitos de interesse no uso da água fazem parte das dinâmicas na produção do espaço.

Dourado (2010) colabora ao analisar as metamorfoses territoriais a partir dos projetos de desenvolvimento regional no Nordeste, tendo a água como mote, pois:

[...] a delimitação de um determinado espaço para implementar um projeto de irrigação já é uma política de desenvolvimento territorial, porque essa decisão ocasionará transformações profundas no território e, conseqüentemente, redefine suas formas e funções. Via de regra, estes espaços são inicialmente direcionados ao cultivo de produtos voltados para o consumo local e o fato de não serem necessários maiores gastos com a produção (insumos e máquinas, dentre outros) favorece a sua prática pelos pequenos irrigantes. Entretanto, há o interesse por parte do próprio Estado

para que os irrigantes passem a cultivar lavouras mais competitivas e, no caso do Semiárido brasileiro, a produção frutícola passou a ocupar grandes áreas dos projetos de irrigação, muitos deles, sob o comando de empresas com poder aquisitivo para implementar as inovações tecnológicas capazes de atender às exigências e normas do mercado internacional (DOURADO, 2010, p. 132-133).

Dessa forma, na RIDE São Francisco, encontra-se uma dinâmica socioespacial correlata da a questão da alocação de água. A mesma se dá em muitos lugares mediante a da outorga e pelo processo de alocação de água negociada. Esses processos não se encontram articulados e este último não encontra amparo adequado no sistema normativo. Dourado (2010) ainda analisa a questão dos órgãos de fomento para o desenvolvimento regional a partir das obras hídricas e, nesse contexto, para o cenário baiano, os perímetros irrigados têm maior abrangência a partir dos projetos da Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco (CODVASF), com 17 perímetros no Estado, numa área total de 197,543 ha, com a fruticultura e produção de vinho, aquicultura, pecuária de corte, cana-de-açúcar e soja nas áreas do Médio.

Assim, percebe-se que a vigência atual da outorga nos estados brasileiros compreende os prazos máximos de vigência da outorga que variam entre 10 anos (na Paraíba), 20 anos (em Pernambuco), 30 anos (na Bahia) e 35 anos, nos demais Estados da região." A outorga é o instrumento da Política de Recursos Hídricos que tem o objetivo de assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água. Garante ao usuário outorgado o direito de acesso à água, uma vez que regulariza o seu uso em uma bacia hidrográfica" (ANA, 2011, p. 11).

Conforme avaliação da Agência Nacional das Águas (ANA), o Ceará e a Bahia possuem órgãos estruturados e com procedimentos técnicos e administrativos bem definidos para outorga; historicamente, são os mais voltados a uma organização mais afetiva.

Sobre o processo de cobrança na Bacia do São Francisco, "O Comitê da Bacia Hidrográfica do rio São Francisco (CBHSF) foi instituído em 2001 e já, em 2003, iniciou o debate sobre a implantação da Cobrança pelo Uso dos Recursos Hídricos. Em 2004, o CBHSF aprovou Deliberação que estabelecia diretrizes para a Cobrança e definiu a Câmara Técnica de Outorga e Cobrança (CTOC) do CBHSF para conduzir, com apoio da ANA, a realização de estudos técnicos para subsidiar o estabelecimento dos mecanismos e valores de Cobrança pelo comitê" (ANA, 2014, p. 56).



Sobre os perímetros irrigados, destaca -se o Bebedouro, que foi o primeiro perímetro irrigado a ser construído no polo, em 1968, servindo, junto ao perímetro de Mandacaru (BA), como laboratório para análise da viabilidade econômica de tais investimentos para o semiárido. Por sua vez, o Perímetro Nilo Coelho teve o início de seu funcionamento no ano de 1984, período em que já se havia observado a viabilidade econômica desses investimentos para a região, comprovada pela elevada taxa de crescimento econômico observada nos municípios do polo. Assim, verifica-se que, mesmo sendo alvos da mesma política pública e sendo praticamente vizinhos, esses perímetros – o Bebedouro e o Nilo Coelho – tendem a apresentar distintas realidades em seu interior, tanto no nível econômico, quanto social e ambiental, em função dos momentos em que são constituídos, ressaltando a atuação da CODEVASF e do Banco Mundial.

Entretanto, chamamos a atenção para os casos de inadimplência dos produtores para com diferentes instituições (bancos públicos, CODEVASF, Distrito de Irrigação [dívidas de fornecimento de água] e casas comerciais). Entre os principais compromissos dos irrigantes estão o pagamento das tarifas K1, K2 e a titulação dos lotes. A K1 correspondente à amortização do investimento público para implantar a infraestrutura de irrigação de uso comum. A K2 é a tarifa de água. A cobrança da tarifa K2 é de responsabilidade dos Distritos de Irrigação. A K1 e a tarifa de titulação são pagos pelos agricultores diretamente à CODEVASF. Essa afirma que aqueles que não a procurarem para negociar suas dívidas poderão ter as mesmas executadas na Justiça e correrão o risco de ter o fornecimento de água suspenso e o lote retomado, conforme prevê a nova lei de irrigação.

Cerca de 20 mil produtores de perímetros da CODEVASF, aproximadamente 10 mil, possuem problemas com dívidas, e vêm sofrendo com problemas de inadimplência de K1 e titulação há algum tempo, sem contar com o crescente aumento da tarifa K2, que leva os agricultores a ficarem impedidos de obter financiamentos com instituições financeiras e, conseqüentemente, de melhorar o manejo para aumentar a produção e realizar melhorias no seu sistema de irrigação (CODEVASF, 2016).

Entender a água como bem econômico significa estabelecer limites em seu consumo e uso dos recursos naturais que se enquadrassem com o modo de produção capitalista e com sua forma de acumulação de capital e, dessa forma,

consequentemente ocasionando conflitos tanto pela cobrança pela água bruta, quanto pelo uso desse recurso (água e terra).

A delimitação do perímetro permite depois de um longo processo de análise e elaboração de estudos, reuniões entre várias câmaras de discussão. Como descreve o site da ANA "Por ser uma bacia de grandes dimensões (cerca de 640.000 km<sup>2</sup>), envolvendo oito domínios diferentes dos recursos hídricos, com os mais variados tipos de usos da água e mais de uma dezena de comitês em suas bacias de rios afluentes, o debate sobre o tema não era trivial" (ANA, 2014, p. 57). Por fim, em julho de 2010, após quase quatro anos de discussões, a Cobrança pelo Uso foi implantada nos rios de domínio da União, com exceção do rio Verde Grande que se encontra submetido à prerrogativa de um comitê específico (ANA, 2014).

Segundo informações da ANA (2014), em 2012, a arrecadação anual na Bacia Hidrográfica do rio São Francisco foi de R\$ 29 milhões. Destaca-se que 66,7% da arrecadação da bacia se concentra no PISF (transposição). Podemos constatar isso ao visualizarmos a figura seguinte:

Com a atual vigência da outorga da água, tem-se quanto os usos desse recurso hídrico estão à outorga na respectiva bacia. A Cobrança pelo uso é um instrumento econômico de gestão, cujos preços são fixados a partir de um pacto entre os usuários de água; os mesmos visam reconhecer a água como bem econômico, estimular o seu uso racional. Dessa forma, a água é vista de forma ampla, assim, nota-se com a tabela que os múltiplos usos da mesma é notável, pois é tratada como unidade territorial seguida de planejamento e gestão.

Segundo Malvezzi (2007), há tempos, é desejo do Banco Mundial de criá-lo no nordeste brasileiro, além do que, mesmo com as resistências contra a transposição de águas do rio São Francisco, esse mercado seria criado. Passa-se, nesse sentido, à questão da água como mote da injustiça, pois tratam a água como dominialidade da União. Assim é dotada de valor econômico, sendo que o foco sobre a transposição do rio São Francisco não é beneficiar os menos favorecidos, ou seja, o projeto da transposição não é a salvação dos pobres do Nordeste. Na verdade, é um projeto para continuar beneficiando os grandes latifundiários e os ricos para o grande capital agroindustrial.



#### 4. AVALIAÇÃO DOS PERÍMETROS IRRIGADOS BEBEDOURO E NILO COELHO E SEUS REFLEXOS NA PRODUÇÃO DO ESPAÇO

O desenvolvimento do presente estudo possibilitou uma análise e compreensão sobre a relação entre a política de expansão da agricultura irrigada na região do vale do São Francisco e o processo de privatização dos recursos hídricos, via o crescimento da cobrança de taxas como a da água nos perímetros irrigados Bebedouro e Nilo Coelho, ambos situados em Petrolina (PE).

Assim, procurou-se analisar os aspectos globais, regionais e locais do uso e apropriação de recursos territoriais, com ênfase na água, e a lógica de produção de desigualdades socioespaciais correspondentes ao processo de avanço e crescimento do agronegócio e da fruticultura irrigada na região.

Salienta-se que a região é alvo de projetos utilitaristas, que perpetuam, durante anos o desrespeito ecológicos calcados na sustentabilidade, bem como o descaso com a população mais pobre que vive do rio São Francisco. Suas águas são objeto de total interesse do capital agroindustrial em meio ao cenário de política neoliberal.

O estudo possibilitou a compreensão, em diferentes escalas, partindo da gestão hídrica, o cenário de conflitos e expropriação até as políticas públicas de desenvolvimento territorial, assim como o incentivo de bancos e empresas, que apontam para o mercado como única solução, ou seja, uma fruticultura irrigada cada vez mais produtiva, competitiva, altamente dependente de capital fixo, ciência, tecnologia, financiamento e altamente consumidora de recursos hídricos.

Assim, buscou-se fomentar e consolidar uma metodologia de estudos teóricos e práticos ligados a um ponto de vista crítico de análise dos espaços em “desenvolvimento”, com enfoque nos processos de desterritorialização dos pequenos produtores e privatização dos recursos hídricos, propiciados pela expansão da fruticultura irrigada via o “avanço” dos perímetros irrigados.

Observa-se uma série de particularidades que fazem com que sua dinâmica seja afetada. Apesar dos problemas enfrentados pelos pequenos produtores, em ambos os perímetros, os agricultores integrados, entre outras obrigações, deverão promover o aproveitamento econômico de seu lote por meio da irrigação, produzindo conforme os padrões determinados pela empresa gestora do perímetro e adequados às condições da

região. Para tanto, é fundamental identificarmos as contradições existentes nesse processo a fim de compreendermos as relações estabelecidas mediante das disputas e interesses dos diferentes atores sociais envolvidos; disputas que, muitas vezes, estão para além da gestão dos recursos hídricos. Os programas, políticas e projetos ligados à irrigação nas últimas décadas procuram viabilizar e regularizar tanto a difusão da agricultura quanto a do agro-hidronegócio na região e seu “novo” papel de mercantilização da água e de seu crescimento econômico, devido à demanda de concentração de recursos territoriais.

Diante disso, conclui-se que, no modelo de gestão adotado, existe uma faceta privatizante, com arcabouço contratual, que idealiza a transformação dos agricultores em grandes empreendedores rurais. Entretanto, apesar de esses novos atores terem contribuído para o “desenvolvimento” da região, a maioria dos pequenos irrigantes de Juazeiro e Petrolina não conseguem sequer pagar o custo fixo da adução da água, quanto mais pagar pelo metro cúbico.

Nesse sentido, o modelo atual não chega a conduzir a região ao caminho de um “desenvolvimento pleno”, pois o projeto de irrigação público, antes voltado para pequenos produtores e assentamentos rurais, vem sendo apropriado cada vez mais por empresas multinacionais. Os pequenos produtores que possuem uma pequena parte de suas terras irrigadas e produzindo, fato que se dá por falta de financiamento e assistência. Soma-se a isso o crescente aumento das tarifas, diante de um quadro de crise hídrica e econômica, onde não se leva em conta a necessidade de ‘dispensar’ os mecanismos de cobrança os mais vulneráveis na esfera econômica. Dessa forma, permanecem intactos os principais problemas econômicos e sociais da região.

Percebe-se a ausência de políticas públicas voltadas para a melhoria dos pequenos produtores e a população ribeirinha, em meio a um contexto de avanço de políticas neoliberais e das problemáticas ambientais, como a escassez hídrica. O modelo adotado de valoração da água como recurso econômico torna-se insuficiente e gerador de mais desigualdades sociais e ambientais. O Rio São Francisco é fundamental para a dinâmica cultural e social da população ribeirinha, que vive às suas margens.

Portanto, apesar de compreendermos que há uma complexidade nos interesses e conflitos em torno das águas do rio São Francisco, entendemos que há um eixo principal que pode conduzir essa reflexão que diz respeito àqueles que enxergam o rio

São Francisco como “o rio do capital” e àqueles que o vêem como “o rio da vida”. Então, conclui-se que os inúmeros conflitos decorrentes de disputas pelas águas do rio São Francisco se dão, de um lado, por um âmbito de interesses relacionados ao capital, em que viabiliza o mercado das águas desse rio, que são reduzidas à mercadoria.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A questão da água no Nordeste tem sido objeto de políticas públicas, por mais de um século, de forma estreitamente associada ao problema das secas. Em um cenário de crescimento do agro-hidronegócio, o modelo neoliberal ganha espaço em um contexto onde o pequeno produtor não consegue se inserir e acaba por não adotar um método de controle da irrigação; o produtor rural acaba não se inserindo no modelo e até causando diversos impactos ambientais.

Analisar o processo de gerenciamento integrado de recursos hídricos no Nordeste nos remete ao processo de forma e uso do mesmo que nos leva à compreensão de que a questão da água sempre esteve no centro das políticas para o Nordeste e precisa superar essa imagem ultrapassada do mesmo. Os agentes ligados ao gerenciamento da água, tais como a ANA, os Comitês de bacias propiciaram um histórico sobre a evolução da gestão da água referente à política de desenvolvimento global, regional e local.

Diante da diversidade das informações coletadas, entende-se a importância de analisar os aspectos globais e regionais do uso e da apropriação de recursos territoriais, sob diversos ângulos; compreende-se que as desigualdades socioespaciais correlatas são resultantes de um discurso da seca no Nordeste, e reforçado no modelo descentralizado de gestão hídrica implícito na remoção de um obstáculo fundamental à instalação de uma lógica de mercado na área das águas.

Este último tem entoado o discurso, que aponta para o mercado como única solução, ou seja, uma fruticultura irrigada cada vez mais produtiva, competitiva, altamente dependente de capital fixo, da ciência e tecnologia, do financiamento e do crescente consumo de recursos hídricos. Diante disso, conclui-se que apesar de esses novos atores terem contribuído para o chamado “desenvolvimento” da região, a maioria dos pequenos irrigantes de Juazeiro e Petrolina não consegue sequer pagar o custo fixo da adução da água, quanto mais pagar pelo metro cúbico.

Dessa forma, o modelo atual não chega a conduzir a região no caminho de um desenvolvimento pleno, pois o projeto de irrigação público, antes voltado para pequenos produtores e assentamentos rurais, vem sendo apropriado cada vez mais por empresas. Os pequenos colonos possuem a pequena parte de suas terras irrigadas e produzindo, fato que se dá por falta de financiamento e assistência. Soma-se a isso o crescente aumento das tarifas, diante de um quadro de crise hídrica e econômica, onde não se leva em conta a necessidade de ‘dispensar’ os mecanismos de cobrança dos mais vulneráveis na esfera econômica. Tudo isso contribui para que permaneçam intactos os principais problemas econômicos e sociais da região.

O modelo atual adotado de valoração da água como recurso econômico torna-se insuficiente e gerador de mais desigualdades sociais e ambientais. Grande parte da área produtiva do polo Petrolina-Juazeiro dos perímetros irrigados são geridos pela CODEVASF. Dessa forma, não chega a conduzir a região ao caminho de um “desenvolvimento pleno”, pois os projetos de irrigação públicos dinamizam a economia, assim como também são contribuem para os conflitos de interesse no uso da água quanto à problemática em questão.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Alfredo Wagner Berno de *et al.* Capitalismo globalizado e recursos territoriais: fronteiras da acumulação no Brasil contemporâneo. Rio de Janeiro: Lamparina, 2010.
- ANA. **Divisão hidrográfica nacional:** resolução nº 32 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH). 2. ed. Brasília: ANA, 2014.
- BEZERRA, Jairo Bezerra Silva. A crise hídrica global e as propostas do Banco Mundial e da ONU para seu enfrentamento. Revista do programa de pós-graduação em ciências da UFRN, Artigos 122, vol. 11, N. 2, 2010.
- COELHO NETO, A. S. A irrigação no Médio São Francisco e a produção da seletividade sócio-espacial. In: SEI - Desenvolvimento Regional: análises do Nordeste e da Bahia. Salvador: SEI, 2006, p. 113-125.
- CODEVASF. Débitos de produtores de perímetros irrigados podem ser negociados até 30 de setembro. Disponível em <https://infonet.com.br/noticias/economia/irrigacao-produtores-podem-negociar-ate-30-de-setembro/>. Acesso em 15 de fevereiro de 2021. CODEVASF, 2016.
- CPT. Conflitos no Campo – Brasil 2016. 2016, 232 p.



- DOURADO, José Aparecido de Lima. Modernização da agricultura: expropriação camponesa e precarização do trabalho no agronegócio da manga em Livramento de Nossa Senhora (BA). 234f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Goiás, Catalão, 2010.
- HARVEY, David. O enigma do Capital. São Paulo: Boitempo, 2011.
- IORIS, Antonio Augusto Rossatto. Da foz às nascentes: análise histórica e apropriação econômica dos recursos hídricos no Brasil. In: ALMEIDA, Alfredo Wagner Berno de. Capitalismo globalizado e recursos territoriais. Rio de Janeiro: Lamparina, 2010.
- CALDEIRA, João Paulo. A disputa pela privatização das águas no Brasil, Disponível em: <https://jornalggn.com.br/noticia/a-disputa-pela-privatizacao-das-aguas-no-brasil> acesso em: QUA, 14 de abril de 2022.
- MALVEZZI, Roberto. Semi-árido – uma visão holística. Brasília: CONFEA, 2007.
- RIBEIRO, Wagner da Costa. Geografia política da água. São Paulo: Annablume, 2008.
- SANTOS, Milton. A natureza do espaço. São Paulo: Edusp, 2006
- SUDENE. Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste. Disponível em: <<http://www.sudene.gov.br/site/index.php?idioma=ptbr>>. Acesso em 29 de junho de 2021.

# CAPÍTULO XXVIII

## CARACTERES FENOTÍPICOS DE OITO ESPÉCIES E DOIS HÍBRIDOS DE ORQUÍDEAS DO GÊNERO *CATASETUM*

PHENOTYPIC CHARACTERS OF EIGHT SPECIES AND TWO HYBRIDS OF ORCHIDS OF THE GENUS *CATASETUM*

DOI: 10.51859/AMPLA.MAS2407-28

Agenor de Sousa Davi Neto <sup>1</sup>

Taniele Carvalho de Oliveira <sup>2</sup>

Altacis Junior de Oliveira <sup>3</sup>

Andressa Alves Cabreira dos Santos <sup>4</sup>

Isane Vera Karsburg <sup>5</sup>

Marcella Karoline Cardoso Vilarinho <sup>6</sup>

<sup>1</sup> Graduando em Agronomia - Alta Floresta. Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT

<sup>2</sup> Doutoranda em Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal - Cáceres. Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia - Rede BIONORTE. Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT

<sup>3</sup> Mestre em Genética e Melhoramento de Plantas - Cáceres. Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT.

<sup>4</sup> Mestranda em Genética e Melhoramento de Plantas - Cáceres. Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas. Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT.

<sup>5</sup> Professora Adjunta da Faculdade de Ciências Agrárias e Biológica - Alta Floresta. Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT.

<sup>6</sup> Professora Adjunta da Faculdade de Ciências Agrárias e Biológica - Cáceres. Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT.

### RESUMO

O gênero *Catasetum* foi descrita pelo L. C. Richard ex Kunth em 1822, onde possuem cerca de 194 espécies catalogadas, a maioria das orquídeas desse gênero é encontrada exclusividade no continente americano, desde o México até no norte da Argentina, no Brasil foi catalogado cerca de 103 espécies, considerado um dos centros de diversidade. Com isso, foram selecionadas dez espécies para este estudo com o objetivo de avaliar o desenvolvimento e morfologia das espécies. O experimento foi conduzido no Orquidário Alta Florestense do Campus II da Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), de Alta Floresta, Mato Grosso. Utilizando o delineamento inteiramente casualizado, com dez tratamentos (espécies de orquídeas com idade aproximadamente de 2 anos) e três repetições. Os dados foram tabulados e submetidos a análise de variância (ANOVA) pelo teste F e a comparação das médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, referente ao tamanho do

pseudobulbo, dimensões das folhas e comprimento da inflorescência, utilizando o programa estatística SISVAR. Com isso, concluiu-se que as espécies de *Catasetum* tem grande valor comercial, as avaliações florais relevam que o gênero tem padrão diferentes de desenvolvimento vegetativo, floral e foliar. As espécies com maior potencial comercial para a região são *C. fimbriatum*, *C. tigrinum*, *C. schmidtianum* e os dois híbridos *C. lovena* e *C. joão stivalli* por apresentarem flores mais vistosas de coloração e aspecto chamativo, mesmo *C. schmidtianum* e *C. joão stivalli* apresentarem pouco número de flores a beleza exuberantes delas, seriam bem aceitas ao comércio.

**Palavras-chave:** *Catasetum*. Floração. Propagação.

### ABSTRACT

The genus *Catasetum* was described by L. C. Richard ex Kunth in 1822, where they have





about 194 catalogued species, the majority of the orchids of this genus is found exclusively in the American continent, since Mexico until the north of Argentina, in Brazil it was catalogued about 103 species, considered one of the centers of diversity. Thus, ten species were selected for this study with the objective of evaluating the development and morphology of the species. The experiment was conducted at the Alta Florestense Orquidário on Campus II of the Mato Grosso State University (UNEMAT), in Alta Floresta, Mato Grosso. Using the entirely randomized design, with ten treatments (orchid species with an age of approximately 2 years) and three repetitions. The data were tabulated and submitted to analysis of variance (ANOVA) by the F test and comparison of means by the

Tukey test at 5% probability, referring to the size of the pseudobulb, leaf dimensions and inflorescence length, using the statistical program SISVAR. With this, we conclude that *Catasetum* species have great commercial value, the floral evaluations show that the genus has different patterns of vegetative, floral and leaf development. The species with the greatest commercial potential for the region are *C. fimbriatum*, *C. tigrinum*, *C. schmidtianum* and the two hybrids *C. lovena* and *C. joão stivalli* for presenting the most eye-catching and colorful flowers. Even though *C. schmidtianum* and *C. joão stivalli* have few flowers, their exuberant beauty would be well accepted for commerce.

**Keywords:** *Catasetum*. Flowering. Propagation.

## 1. INTRODUÇÃO

As orquídeas apresentam uma extensa família encontrada no mundo inteiro, com cerca de 35 mil espécies, e dentre outros milhares de híbridos criados pelo homem ou naturais pela natureza (HOLST, 1999), distribuídas em 800 gêneros espalhadas em várias regiões tanto de clima quente ou frio (KOCH; SILVA, 2012).

No Brasil encontramos enumeras espécies cultivadas tanto para o comércio ou pesquisas, que podem chegar num total de 2.400 cultivares, podendo sofrer alterações por haver áreas que não foram exploradas ou extintas. Devido ao clima favorável, o Brasil tem o privilégio de ser rico em Orchidaceae, mas há uma grande carência no mercado de estudos sobre a taxonomia, ecologia e distribuição geográfica dos numerosos táxons desta família por falta de especialistas. Com poucas pesquisas sobre os gêneros de Orchidaceae com valor horticultural como, por exemplo, o gênero *Catasetum* que, apesar de possuir flores com potencial ornamental e flores ousadas, tem recebido pouca atenção por parte dos taxonomistas (ABRACC, 1998; FARIA et al., 2016).

O gênero *Catasetum* foi descoberta e descrita pelo L. C. Richard ex Kunth em 1822 (FARIA et al. 2016), sua origem vem de regiões tropicais, onde ela pertence e de exclusividade nas Américas, encontrada desde o México até no norte da Argentina, seu ponto de irradiação é considerada a Amazônia. Essa planta pertence à subtribo Catasetinae, foram listadas até hoje cerca de 194 espécies (GOVAERTS, 2014).

Segundo Barros et al. (2015), no Brasil foram catalogadas 103 espécies de orquídeas do gênero *Catasetum*, assim sendo o centro de dispersão. Elas são plantas epífitas, raras terrestres ou rupícolas, o seu pseudobulbo fusiforme, ereto, homoblástico, cujas bainhas encontram-se na parte inferior do bulbo, e permanecem recobrimo-o depois de secas, com folhas plicadas e lanceoladas, normalmente decíduas, estreitas, nervuradas, sua haste floral sai na lateral do pseudobulbo, curvada ou pendente, apresentando muitas flores quando masculinas e poucas quando femininas.

Com isso, foram selecionadas algumas espécies para este estudo, sendo *Catasetum fimbriatum*, *Catasetum expansum*, *Catasetum juruenense*, *Catasetum saccatum*, *Catasetum tigrinum*, *Catasetum confusum*, *Catasetum shimidtianum*, *Catasetum lanciferum*, e dois híbrido *Catasetum joão stival* e *Catasetum lovena*, com o objetivo de avaliar o desenvolvimento e morfologia das espécies.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no Orquidário Alta Florestense do *Campus II* da Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), de Alta Floresta, Mato Grosso. A avaliação foi feita durante noventa dias, entre os meses de dezembro de 2015 a março de 2016.

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, com dez tratamentos (espécies de orquídeas com idade aproximadamente de 2 anos) e três repetições. Todas os tratamentos receberam a mesma adubação com osmocote (14-14-14) e o mesmo substrato, uma mistura de palha de arroz, casca de castanha carbonizada, palha de arroz carbonizada, vermiculita e carvão.

### 2.1. PSEUDOBULBO

A avaliação do pseudobulbo foi levada em conta o tamanho que ele possui e a quantidade de folhas que ele possui, para fazer a fotossíntese e se desenvolver no seu período vegetativo, e se ele interfere ou não na floração devido ao tamanho, medindo o seu tamanho desde a base do caule até o início das últimas folhas apicais, tendo uma média do comportamento no seu período de desenvolvimento (Figura 1).

Figura 1 - Tamanho do pseudobulbo



Fonte: Autoria própria.

## 2.2. TAMANHOS DAS FOLHAS

Para avaliar o tamanho das folhas foi utilizada uma régua de 50 cm, levando em conta a medição desde o pseudobulbo até a parte apical da folha, antes e depois da floração, assim tendo uma resposta de quanto tempo a planta se desenvolve, e se nesse período a planta entrou em dormência depois da floração, quantas folhas ela perdeu durante o processo e se interfere ou não no índice de desenvolvimento, por falta de folhas, que fornecem a energia através da fotossíntese, irá interferir na quantidade de flores. Medindo o comprimento das folhas, assim como descrita elas são lanceoladas e nervuradas (Figura 2).

Figura 2 - Comprimento das folhas de *Catasetum* no seu período vegetativo

Fonte: Autoria própria.

## 2.3. FLORAÇÃO

Para a avaliação floração foi analisada o período de inflorescência de cada planta, quantas flores que cada orquídea produziu, tamanho da haste floral desde o pseudobulbo até o início do cacho, também foi avaliado o tamanho do cacho para

comportar a quantidade de flores, assim tendo uma média de cada planta, tendo o período de floração para cada *Catasetum*, levando em conta, os meses que foram propostos ao estudo (Figura 3).

Figura 3 - Tamanho da haste e cacho da inflorescência



Fonte: Autoria própria.

## 2.4. ANÁLISE ESTATÍSTICA

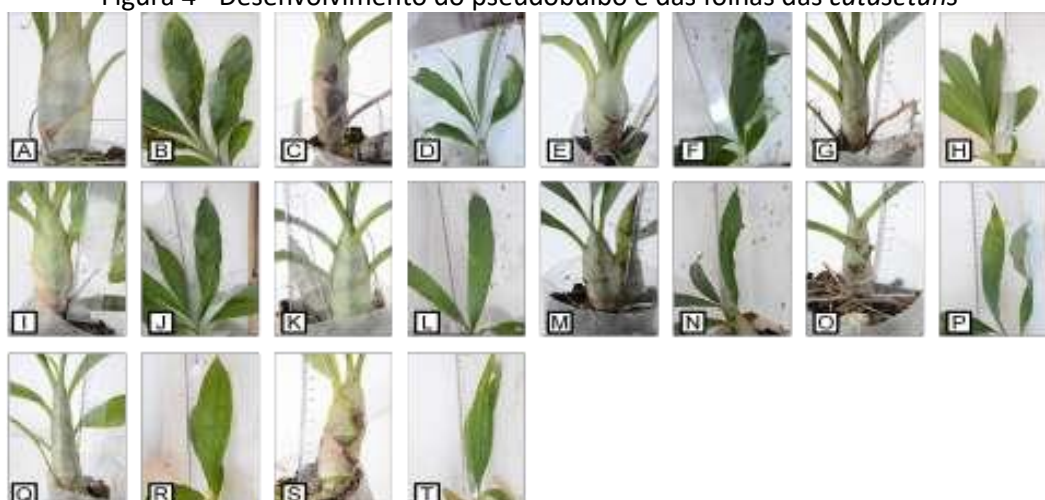
Os dados foram tabulados e submetidos a análise de variância (ANOVA) pelo teste F e a comparação das médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, referente ao tamanho do pseudobulbo, dimensões das folhas e comprimento da inflorescência das *Catasetums*, utilizando o programa estatística SISVAR (FERREIRA, 2014).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As variáveis estudadas quanto ao crescimento do pseudobulbo, quantidade e tamanho de folhas e período de floração de espécies de *Catasetums*. As médias de cada espécie não se deferiram das variáveis estudadas, mesmo com todas as espécies recebendo o mesmo tipo de substrato e adubação, tentando homogeneizar todo o experimento assim, tendo uma avaliação e uma resposta mais precisa.

O progresso de cada *Catasetum* no seu período vegetativo e avaliado mostra também que suas folhas e pseudobulbos não são uniformes, que varia de uma espécie para outra apesar de todas apresentarem semelhanças em seu pseudobulbo fusiforme e ereto recoberto pelas bainhas, e suas folhas lanceoladas, plicadas e nervuradas (Figuras 4).

Figura 4 - Desenvolvimento do pseudobulbo e das folhas das *catasetuns*



Pseudobulbos: A) Híbrido *Catasetum lovena*, C) *Catasetum saccatum*, E) *Catasetum fimbriatum*, G) *Catasetum juruenense*, I) *Catasetum confusum*, K) *Catasetum schmidtianum*, M) *Catasetum lanciferum*, O) *Catasetum tigrinum*, Q) Híbrido *Catasetum joão stivalli* e S) *Catasetum expansum*. Folhas: B) Híbrido *Catasetum lovena*, D) *Catasetum saccatum*, F) *Catasetum fimbriatum*, H) *Catasetum juruenense*, J) *Catasetum confusum*, L) *Catasetum schmidtianum*, N) *Catasetum lanciferum*, P) *Catasetum tigrinum*, R) Híbrido *Catasetum joão stivalli* e T) *Catasetum expansum*.

Fonte: Autoria própria.

A variável do pseudobulbo em relação ao seu crescimento mostrou um desenvolvimento constante durante o período avaliado. As espécies em questão não apresentaram diferenciação quanto ao tamanho entre as espécies. Porém a *Catasetum saccatum* apresentou maior desenvolvimento em relação as demais (Tabela 1).

O desenvolvimento dos pseudobulbos nos dois períodos onde observamos que não houve muita diferença no seu crescimento vegetativo, pois podemos levar em conta que as condições foram favoráveis para que ele possa ter mantido o seu ritmo de crescimento. E podemos observar assim como na (figura 4), como vistas anteriormente que mesmo fazendo o teste de comparação as plantas se mostraram diferentes, pois nem todas têm o mesmo tamanho, e que mesmo tendo as características semelhantes, elas apresentam comportamentos diferentes, quando observadas no orquidário, porém todas tem um excelente potencial vegetativo.

Tabela 1 - Médias de desenvolvimento do pseudobulbo das espécies de *Catasetum*

Tratamentos	Pseudobulbo Inicial	Pseudobulbo Final
	----- cm -----	
<i>C. fimbriatum</i>	9,9 ± 1,95 a	10,3 ± 1,93 a
<i>C. confusum</i>	7,8 ± 1,95 a	8,8 ± 1,93 a
<i>C. saccatum</i>	14,3 ± 1,95 a	14,8 ± 1,93 a

Tratamentos	Pseudobulbo Inicial	Pseudobulbo Final
	----- cm -----	
<i>C. schmidtianum</i>	10,4 ± 1,95 a	11,0 ± 1,93 a
<i>C. expansum</i>	9,3 ± 1,95 a	9,5 ± 1,93 a
<i>C. lanciferum</i>	13,2 ± 1,95 a	13,5 ± 1,93 a
<i>C. joão stivalli</i>	9,3 ± 1,95 a	13,2 ± 1,93 a
<i>C. juruenense</i>	11,0 ± 1,95 a	11,3 ± 1,93 a
<i>C. tigrinum</i>	9,3 ± 1,95 a	10,0 ± 1,93 a
<i>C. lovena</i>	8,7 ± 1,95 a	9,0 ± 1,93 a
DMS	9,74	9,68
CV (%)	32,62	30,04

Médias acompanhadas de letras iguais não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Autoria própria.

Com isso mostrou que as plantas estavam em um ambiente favorável para seu desenvolvimento, mostra que as folhas cresceram de maneira homogênea, e que antes e depois da floração houve uma perda de folhas, porém não foi significativo à planta, pois a mesma emitiu haste floral, e ajudou no processo fotossintético, mas houve um crescimento pequeno de um período a outro, pois nem todas as plantas teve um metabolismo igual, porém elas atingiram o seu potencial vegetativo.

Assim observamos a comparação de médias das folhas mostra que seu crescimento influenciou no surgimento da inflorescência, pois sem a respiração celular a planta não se desenvolver acabando em dormência, e que o tamanho da folha não afeta a planta no seu crescimento (Tabela 2).

Tabela 2 - Comparação das médias das folhas antes da emissão da haste floral e depois de sua floração

Tratamentos	Nº de folhas inicial	Nº de folhas final	Folhas inicial	Folhas final
			----- cm -----	
<i>C. fimbriatum</i>	6,0 ± 0,63 a	6,7 ± 1,07 a	15,0 ± 2,68 a	16,2 ± 4,41 a
<i>C. confusum</i>	6,0 ± 0,63 a	6,7 ± 1,07 a	13,4 ± 2,68 a	14,8 ± 4,41 a
<i>C. saccatum</i>	6,3 ± 0,63 a	4,0 ± 1,07 a	19,1 ± 2,68 a	14,9 ± 4,41 a
<i>C. schmidtianum</i>	6,3 ± 0,63 a	4,3 ± 1,07 a	13,7 ± 2,68 a	10,8 ± 4,41 a
<i>C. expansum</i>	6,3 ± 0,63 a	5,0 ± 1,07 a	14,4 ± 2,68 a	12,5 ± 4,41 a
<i>C. lanciferum</i>	7,0 ± 0,63 a	5,7 ± 1,07 a	18,5 ± 2,68 a	19,4 ± 4,41 a



Tratamentos	Nº de folhas inicial	Nº de folhas final	Folhas inicial	Folhas final
			----- cm -----	-----
<i>C. joão stivalli</i>	7,0 ± 0,63 a	6,7 ± 1,07 a	12,4 ± 2,68 a	14,6 ± 4,41 a
<i>C. juruenense</i>	7,0 ± 0,63 a	6,7 ± 1,07 a	19,1 ± 2,68 a	20,8 ± 4,41 a
<i>C. tigrinum</i>	8,0 ± 0,63 a	4,3 ± 1,07 a	14,8 ± 2,68 a	19,4 ± 4,41 a
<i>C. lovena</i>	8,0 ± 0,63 a	4,7 ± 1,07 a	13,4 ± 2,68 a	11,9 ± 4,41 a
DMS	3,17	5,38	13,41	22,07
CV (%)	16,11	34,06	30,15	49,14

Médias acompanhadas de letras iguais não diferem pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Fonte: Autoria própria.

Em relação ao desenvolvimento foliar das espécies avaliadas, foram verificadas no período de noventa dias, as espécies tiveram algumas perdas e como podemos observar na (Figura 4), as folhas em seu estágio máximo de desenvolvimento, que após a floração as plantas começaram a ter uma perda maior, levando em consideração de que elas podem estar entrando em seu período de dormência pode-se observar que: *Catasetum saccatum*, *Catasetum expansum*,

*Catasetum tigrinum*, *Catasetum lovena* e *Catasetum schmidtianum*, *Catasetum juruenense*, *Catasetum joão stivalli*, *Catasetum lanciferum*, tiveram maior perda de suas folhas após a floração, levando em conta o intervalo de noventa dias para avaliar, enquanto que as espécies *Catasetum fimbriatum* e *Catasetum confusum* continuaram a desenvolver mais folhas, característica que pode estar associada com o período vegetativo mais longo em relação as demais.

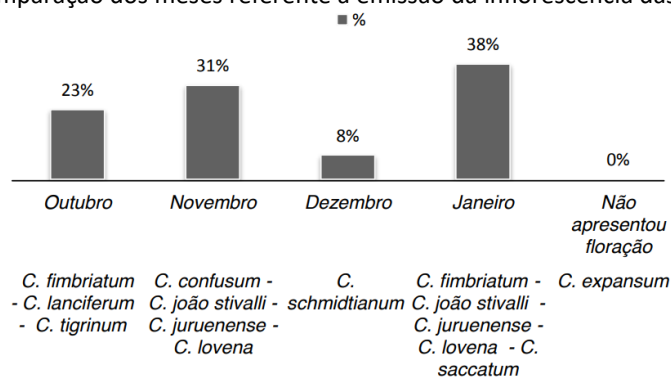
A comparação feita nos mostra o tamanho das folhas entre o período de noventa dias, observando que as variações foram pequenas comparadas entre a espécie com exceção a *Catasetum saccatum*, comparada as outras, por sua perda de folhas após a floração teve um decréscimo de tamanho expressivo no segundo período de avaliação, comparado com outras três *Catasetum expansum*, *Catasetum lovena* e *Catasetum schmidtianum*.

As observação mostram que a maioria das plantas abortam as folhas para poder armazenar mais nutrientes e água para o pseudobulbo, já na *Catasetum tigrinum*, *Catasetum joão stivalli*, *Catasetum fimbriatum*, *Catasetum confusum* e *Catasetum juruenense*, foi observado que mesmo depois da floração as espécies continuaram seu desenvolvimento vegetativo, assim como *Catasetum lanciferum* que manteve o mesmo

tamanho de folha depois da floração, mostrando que as espécies de *Catasetuns* tem intervalos de dormência diferente. Essas espécies têm um valor comercial excelente para a produção, podendo se deslocar de uma região a outra facilmente respeitando o seu período de quarentena.

A produção de flores e quais os meses que elas apresentaram a sua inflorescência, mostra a capacidade vegetativa, e ser uma planta epífita e de crescimento rápido e atrativo, A figura 5 mostra os meses que as *Catasetuns* emitiram de uma a três haste floral por planta, algumas espécies apresentaram dois períodos de floração como a *Catasetum fimbriatum* que emitiu a haste floral em outubro e janeiro, a *Catasetum juruenense* também apresentou haste floral em dois período em novembro e janeiro, e os híbridos *Catasetum joão stivalli* e *Catasetum lovena* que emitiram a haste floral em novembro e Janeiro, as outras espécies só emitiram haste floral uma vez nesse período avaliado tendo uma porcentagem de 38% em janeiro, 31% em novembro, 23% em outubro, 8% em dezembro e 0% eu foi a *Catasetum expansum* a única que não emitiu haste floral.

Figura 5 - Comparação dos meses referente a emissão da inflorescência das *catasetuns*

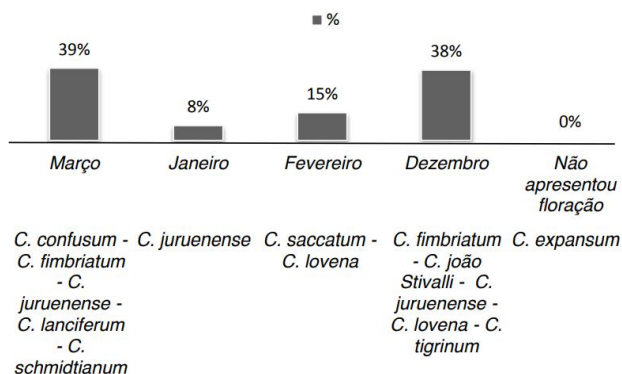


Fonte: Autoria própria.

Os meses que essas plantas floriam variaram desde dezembro até março, com um índice muito grande em março chegando a 39% dentre as espécies que floresceram nesse período foram a *Catasetum fimbriatum*, *Catasetum juruenense*, *Catasetum lanciferum*, *Catasetum confusum* e *Catasetum schmidtianum*, segundo mês com mais florescimento foi em dezembro com 38% de floração com as espécies *Catasetum fimbriatum*, *Catasetum juruenense*, *Catasetum tigrinum* e os dois híbridos *Catasetum joão stivalli* e *Catasetum lovena*, ambos apresentam a mesma quantidade de espécies porém em março as espécies floriram mais, em fevereiro com 15% só a *Catasetum*

*saccatum* e *Catasetum lovena*, abriram flores exuberantes enquanto em janeiro 8% a única que floresceu *Catasetum juruenense* floriu, com exceção a *Catasetum expansum* que não emitiu floração (Figura 6).

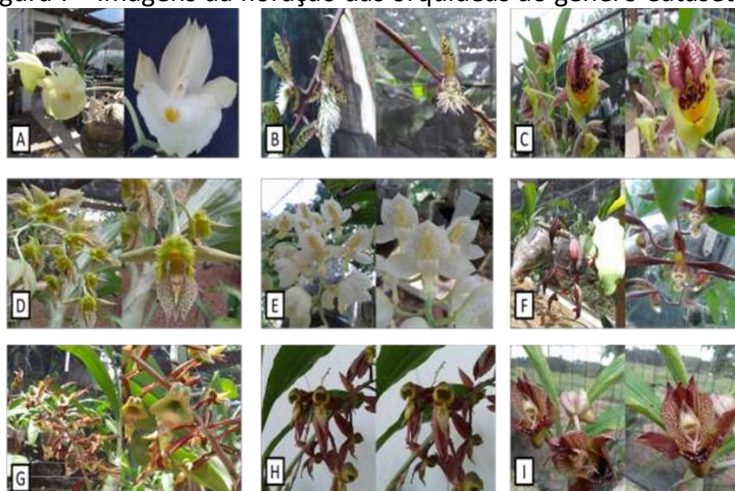
Figura 6 - Comparação dos meses referente à abertura da inflorescência das *Catasetuns*



Fonte: Autoria própria.

O interesse comercial das flores femininas é irrelevante as das flores masculinas que apresenta maior interesse, por suas cores variadas e chamativas como mostra nas próximas figuras, as flores estaminadas exuberantes e beleza exótica comparada às outras espécies de orquídeas, com coloração, amarelas, púrpuras, creme, castanho avermelhadas, com pintas ou ausente delas, essas *catasetuns* são orquídeas que tem grande potencial em estética, assim como a cor delicada do híbrido *Catasetum joão stivalli* (Fig. 7- A), apresentando suas sépalas e pelas numa cor creme suave com o fundo do labelo amarelo, e a *Catasetum lanciferum* (Fig. 7- B) com o seu labelo coberto por fimbrias de coloração branca, suas sépalas e pétalas numa coloração verde, com pintas castanho avermelhada sobre elas.

Figura 7 - Imagens da floração das orquídeas do gênero *Catasetum*



Fonte: Autoria própria.

Observa-se semelhança nas sépalas recoberta de pintas castanho avermelhado entre as espécies o híbrido *Catasetum lovena* que é um cruzamento entre *Catasetum fimbriatum* x *Catasetum susan fuchs* (Fig. 7- C), e a própria *Catasetum fimbriatum* (Fig. 7- D), porém o restante da flor como o formato das pétalas como da *Catasetum lovena* que apresenta uma coloração amarela com manchas púrpuras e as *Catasetum fimbriatum* um amarelo esverdeado com presença de pintas castanho avermelhado, os seus labelos são diferentes, como o da *Catasetum fimbriatum* apresenta as fimbrias no labelo e na *Catasetum lovena* é ausente delas.

A presença de pintas nas ambas as espécies, porém de coloração distintas como na *Catasetum tigrinum* (Fig. 7- E), que apresenta pintas num tom vermelho meio puxado para o rosa, e na *Catasetum saccatum* (Fig. 7- F) as pintas apresentam verdes, com diferenças nas sépalas e pétalas, a *Catasetum saccatum* têm ambas lanceoladas com uma leve curvatura nas pontas de uma colocaram castanho, a *Catasetum tigrinum* apresenta uma coloração branca com uma leve curvatura formando uma concha.

Outras duas espécies totalmente diferentes são as *Catasetum juruenense* (Fig. 7- G) e *Catasetum confusum* (Fig. 7- H) a principal diferença observada é o formato do labelo, onde a *Catasetum juruenense* tem ele aberto pouco aprofundado com uma coloração meio creme esverdeado, suas sépalas e pétalas lanceoladas, com as sépalas meio curvadas nas margens, ambas com coloração castanha, já na *Catasetum confusum* o formato do labelo tem uma forma semelhante à de um capacete, sua cor verde com manchas castanho avermelhando, suas sépalas e pétalas dão uma semelhança a asas de um pássaro, com pintas castanhas avermelhadas.

A *Catasetum schmidtianum* (Fig. 7- I) pó sua vez apresenta pintas avermelhadas por toda a flor, com um labelo profundo com cor intensa em sua borda, suas sépalas e pétalas também tem formato de concha como descrita na *Catasetum tigrinum*.

Os dados apresentado mostram que não teve significância entre a espécie, quanto a tamanho, quantidade, e que quase todas as plantas avaliadas produziram flores, menos a *Catasetum expansum*, pois foi à única espécie que não desenvolveu inflorescência, talvez seja que não estar no seu período de florescimento, ou foi algum aspecto químico da planta, falta de nutriente, déficit hídrico, pode ter sido um dos

motivos que ela não produziu haste floral, e ficou só no período vegetativo, porém não teve significância comparada com as outras espécies (Tabela 3).

Tabela 3 - Quadro de avaliação de quantidade de flores produzida, tamanho da haste floral e tamanho do cacho

Tratamentos	Quantidade de flores	Haste floral	Cacho floral
		----- cm -----	
<i>C. fimbriatum</i>	10 ± 3,53 a	11,2 ± 4,03 a	12,3 ± 3,74 a
<i>C. confusum</i>	7 ± 3,53 a	6,0 ± 4,03 a	4,8 ± 3,74 a
<i>C. saccatum</i>	4 ± 3,53 a	10,7 ± 4,03 a	9,6 ± 3,74 a
<i>C. schmidtianum</i>	3 ± 3,53 a	9,3 ± 4,03 a	5,0 ± 3,74 a
<i>C. expansum</i>	0 ± 3,53 a	0,0 ± 4,03 a	0,0 ± 3,74 a
<i>C. lanciferum</i>	14 ± 3,53 a	11,0 ± 4,03 a	9,3 ± 3,74 a
<i>C. joão stivalli</i>	3 ± 3,53 a	12,0 ± 4,03 a	3,8 ± 3,74 a
<i>C. juruenense</i>	17 ± 3,53 a	9,8 ± 4,03 a	16,8 ± 3,74 a
<i>C. tigrinum</i>	17 ± 3,53 a	9,8 ± 4,03 a	13,2 ± 3,74 a
<i>C. lovena</i>	5 ± 3,53 a	10,5 ± 4,03 a	9,6 ± 3,74 a
DMS	17,67	20,16	18,76
CV (%)	76,38	77,15	76,73

Médias acompanhadas de letras iguais não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Autoria própria.

As orquídeas do gênero *Catasetum* tem potencial relevante para o comércio de plantas ornamentais, são plantas resistentes, e apresentam uma flora diversificada e diferente das orquídeas comercializada no mercado, levando em conta por ser uma planta da região. Portanto a pesquisa mostra que mesmo entre as espécies há diferença entre período de floração, quantidade de flores, entretanto a semelhanças em quantidade de folhas e tamanho de pseudobulbo.

Contudo comparando com Faria et al. (2016), as condições edafoclimáticas foram ideais para as *Catasetums* se desenvolver na região de Alta Floresta, todas as plantas avaliadas apresentaram maior quantidade de folhagem, pseudobulbos bem desenvolvidos, com numerosas flores por haste floral, exceto a *Catasetum expansum* que não apresentou inflorescência, nesse intervalo de tempo, as *Catasetums* tem potencial para ser implantada no município.

## 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As espécies de *Catasetum* tem grande valor comercial, as avaliações florais relevam que o gênero tem padrão diferentes de desenvolvimento vegetativo, floral e foliar.

As espécies com maior potencial comercial para a região são: *Catasetum fimbriatum*, *Catasetum tigrinum*, *Catasetum schmidtianum* e os dois híbridos *Catasetum lovena* e *Catasetum joão stivalli* por apresentarem flores mais vistosas de coloração e aspecto chamativo, mesmo *Catasetum schmidtianum* e *Catasetum joão stivalli* apresentarem pouco número de flores a beleza exuberantes delas, seriam bem aceitas ao comércio.

## REFERÊNCIAS

- ABRACC, Jornal da ABRACC: Associação de Brasileira de Catasetíneas.** São Paulo: dezembro 1998. Disponível em: <<http://www.orkideas.com.br>>. Acesso em: 12 mar. 2016.
- BARROS, F. et al. Orchidaceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil.** Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/listaBrasil/FichaPublicaTaxonUC/FichaPublicaTaxonUC.do?id=FB11312>>. Acesso em: 12 mar. 2016.
- FARIA, R. T. et al. Orquídeas do gênero Catasetum no Brasil.** Londrina: Mercedes Ltda. 160p. 2016.
- FERREIRA, D. F.** Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 38, p. 109-112, 2014.
- GOVAERTS, R., et al. World Checklist of Orchidaceae.** Facilitated by the Royal Botanic Gardens, Kew. Published on the internet. 2014. Disponível em: <http://apps.kew.org/wcsp/>. Acesso em: 23 mar. 2016.
- HOLST, A. W. The World of Catasetums.** Timber Press, Portland. 560p. 1999.
- KOCH, A. K.; SILVA, C. A. Orquídeas: nativas de Mato Grosso.** Carlini & Caniato Editorial, 2012.



# CAPÍTULO XXIX

## POLISSOMATIA: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### POLYSOMATIA: A LITERATURE REVIEW

DOI: 10.51859/AMPLA.MAS2407-29

Zélia Marques da Silva Radons Prestes<sup>1</sup>

Marry Suelly Ferreira de Jesus<sup>2</sup>

Isane Vera Karsburg<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Mestranda de Biotecnologia e Recursos Genéticos Vegetais. Programa de Pós-Graduação em genética e Melhoramento de Plantas - PGMP.

<sup>2</sup>Mestranda em Melhoramento Genético vegetal. Programa de Pós-Graduação em genética e Melhoramento de Plantas - PGMP.

<sup>3</sup>Docente da Faculdade de Ciências Biológicas, Universidade do Estado de Mato Grosso Carlos Alberto Reyes Maldonado, Campus Universitário de Alta Floresta-MT.

### RESUMO

A polissomatia é um fenômeno comum e estudado nas plantas, que consiste na multiplicação do conteúdo do DNA em vários tecidos. A polissomatia tem sido encontrada em orquídeas das espécies *Phalaenopsis* e *Dendrobium*. O desenvolvimento de polissomatia em órgãos florais, especialmente no perianto, que é o conjunto de involúcrulos da flor, tem sido relatado em *Portulaca*. Este trabalho teve como objetivo uma revisão bibliográfica sobre a polissomatia. Trata-se de uma pesquisa bibliográfica em que foram utilizadas as bases de dados online google acadêmico e SciELO. Foram encontrados 42 artigos referentes a polissomia, sendo excluídos aqueles que não atendiam aos critérios estabelecidos ou que tinha trechos iguais, ao final, foram selecionados 25 artigos. A polissomatia é comum nas raízes das leguminosas. Este processo leva à presença de células onde haverá vários níveis de ploidia num órgão, ou seja, polissomatia. A função da polissomatia não está bem compreendida, e relacionam a polissomatia ao tamanho do genoma nuclear. Com relação a posição filogenética a nível família, ter um grande impacto na ocorrência de polissomatia, diferentes espécies pertencentes à mesma família podem apresentar padrões diferentes de polissomatia. A polissomatia é uma característica comum que ocorre em mais de 90% das angiospermas. A polissomatia é a consequência de endoreduplicações, onde há a

repetição de ciclos de síntese de DNA sem a divisão da mitose, resultando em células poliploidizadas. Com base nos artigos selecionados foi possível abordar vários aspectos sobre o tema. Observou-se, que a polissomatia precisa ser mais estudada, a revisão trás os pontos positivos e negativos.

**Palavras-chave:** Ploidia. Genoma. Leguminosas. Filogenética.

### ABSTRACT

Polysomacy is a common and studied phenomenon in plants, which consists of the multiplication of DNA content in various tissues. Polysomacy has been reported in the orchids *Phalaenopsis* and *Dendrobium*. The development of polysomacy in floral organs, especially in the perianth, which is the set of involucres of the flower, has been reported in *Portulaca*. The objective of this work was a bibliographic review on polysomatia. This is bibliographic research in which the online databases google academia and SciELO were used. 42 articles referring to polysomatous were found, being excluded those that did not meet the established criteria or that had similar excerpts. 25 articles were selected. Polysomacy is common in legume roots. This process leads to the presence of cells where there will be several levels of ploidy in an organ, that is, polysomacy. The function of polysomacy is not well understood, and they relate polysomacy to the size of the nuclear genome. With respect to



phylogenetic position at the family level having a great impact on the occurrence of polysomacy, different species belonging to the same family can show different patterns of polysomacy. Polysomacy is a common feature that occurs in more than 90% of angiosperms. Polysomacy is the consequence of endoreduplications, where there is a repetition of DNA synthesis cycles without mitosis division, resulting in

polyploidized cells. Based on the selected articles, it was possible to approach several aspects about the theme. It was observed that polysomacy needs to be further studied, the review brings the positive and negative points.

**Keywords:** Ploidy. Genome. Legumes. Phylogenetics.

## 1. INTRODUÇÃO

A polissomatia é um fenômeno comum e estudado nas plantas, que consiste na multiplicação do conteúdo do DNA em vários tecidos, para além dos núcleos tanto nas fases G0, G1 e G2 do ciclo celular (SMULDERS et al., 1994). De um ponto de vista terminológico, a polissomatia é o fenômeno do aumento dos níveis de DNA (SESEK et al., 2005).

A polissomatia tem sido relatada as orquídeas *Phalaenopsis* e *Dendrobium* utilizando citometria de fluxo (Mii et al., 1997). O desenvolvimento de polissomatia em órgãos florais, especialmente no perianto, que é o conjunto de invólucros da flor, tem sido relatado em *Portulaca* (MISHIBA; MII, 2000).

A citometria de fluxo pode ser útil no melhoramento de plantas para controlar a estabilidade do nível de ploidia, identificar haplóides e duplohaplóides em culturas de anteras e ovários, e também no estudo da polissomatia (DOLEZEL, 1997). Dentre os diversos tratamentos que podem ser feitos o que utiliza a colquicina, tem a capacidade de produzir a polissomatia nas raízes (CONAGIN, 1972).

Existem várias culturas de plantas sobre as quais não há muitos estudos sobre a polissomatia, dentre elas podemos citar a batata que tem pouca informação a respeito de quais tecidos ocorre a polissomatia (RAMULU, 1986). Este trabalho teve como objetivo uma revisão bibliográfica sobre a polissomatia.

## 2. MÉTODOS

Trata-se de uma pesquisa bibliográfica em que foram utilizadas as bases de dados online google acadêmico e SciELO.

Assim, inicialmente foi realizada uma busca sobre a polissomatia, através da revisão da literatura sobre o tema. Na busca inicial foram considerados os títulos e os resumos dos artigos para uma seleção ampla de trabalhos que pudessem ser usados.

Foram utilizados como critérios de inclusão os textos que abordavam sobre o tema de forma a deixar claro do que se tratava o tema, foram utilizados artigos publicados de diferentes anos. Desta forma, foram encontrados 42 artigos referentes a polissomia, sendo excluídos aqueles que não atendiam aos critérios estabelecidos ou que tinha trechos iguais, ao final, foram selecionados 25 artigos.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A polissomatia é comum nas raízes das leguminosas (WITTMANN, 2003). Este processo leva à presença de células onde haverá vários níveis de ploidia num órgão, ou seja, polissomatia. Os padrões de polissomatia, na mesma espécie, são normalmente diferentes em vários órgãos e possui correlação com a fase de desenvolvimento (GILISSEN et al., 1993).

Existem diferenças nos níveis de polissomatia entre órgãos com diferentes estágios de desenvolvimento já foram relatadas em outras espécies, sendo encontrados nos tecidos mais velhos núcleos de níveis mais elevados de ploidia na mesma planta (FUKAI, 2002). A função da polissomatia não está bem compreendida, e estudiosos relacionam a polissomatia ao tamanho do genoma nuclear (DE ROCHER et al., 1990).

Com relação a posição filogenética a nível família, ter um grande impacto na ocorrência de polissomatia, diferentes espécies pertencentes à mesma família podem apresentar padrões diferentes de polissomatia (CASTRO et al., 2007).

A endoreduplicação é a síntese cíclica do DNA sem divisão celular, levando à existência de células com diferentes níveis de ploidia no tecido ou órgão, sendo chamada de polissomatia mesmo tendo o aparecimento da polissomatia numa grande variedade de espécies vegetais (MISHIBA; MII 2000).

O polissomatismo quando ocorre em algumas espécies já estudadas, pode gerar alguns problemas como por exemplo na cultura de tecidos, onde se utiliza de tecido foliar como explantes, onde se tem os regenerantes com ploidia alterada, isto sendo negativo, pois no caso de utilizar protocolos com o intuito de clonagem, a fidelidade genotípica dos regenerantes em relação as matrizes não são mantidas (SMULDERS et al., 1994).

Os cientistas são favoráveis a mais estudos da contagem cromossômica para validação total dos resultados obtidos sobre a polissomatia (ADAN et al., 2017). A

polissomatia é a consequência de endoreduplicações, onde há a repetição de ciclos de síntese de DNA sem a divisão da mitose, resultando em células poliploidizadas (NAGL, 1976).

A polissomatia é uma característica comum que ocorre em mais de 90% das angiospermas (D'Amato, 1984). Durante o crescimento das plantas se tem a presença de células com grande volume, desta forma faz com que o tempo para o desenvolvimento dos tecidos seja reduzido e economizando energia para o processo de divisão celular. (CASTRO *et al.*, 2007). Portanto está seria a forma dos organismos duplicarem as cópias dos genes funcionais dentro das células pulando o processo de divisão (GALBRAITH *et al.*, 1991).

Em um trabalho realizado por Dahmer *et al.* (2015), com *Mimosa pudica* foi verificado a polissomatia (Figura 1). No trabalho de FACHINETTO; TEDESCO, (2009), com *Hyptis mutabilis* indica a ocorrência de polissomatia (Figura 2).

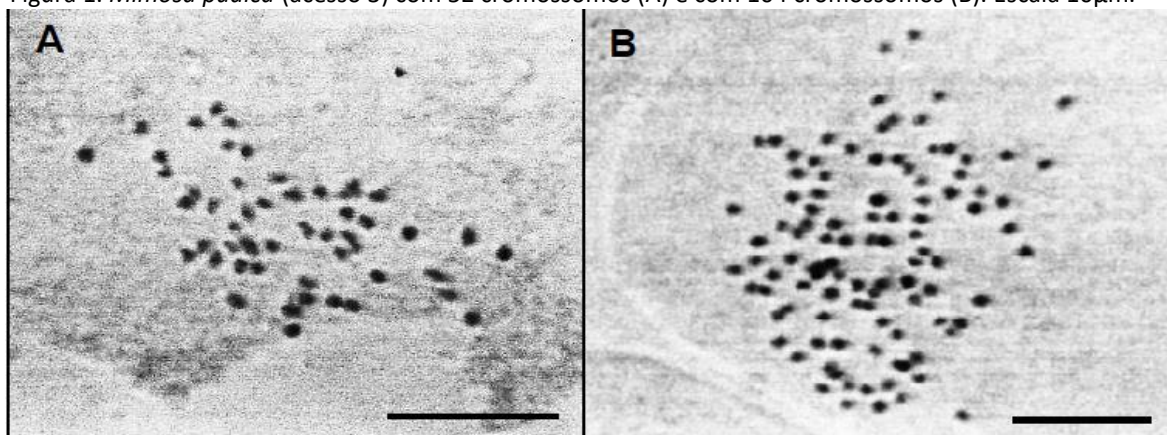
Já foram descritas a presença de polissomatia em várias espécies em diferentes órgãos, tecidos e estágios de desenvolvimento como, por exemplo, em *Arabidopsis* (DC.) Heynh (MELARAGNO *et al.*, 1993), *Zea mays* L. (BIRADAR *et al.*, 1993); *Cucumis sativus* (GILISSEN *et al.*, 1993); *Brassica oleraceae* L. (KUDO; KIMURA, 2001); *Solanum tuberosum* L. (PIJNACKER, 1989), dentre outras espécies.

Berger *et al.* (1958) observaram polissomatia em várias leguminosas, propôs inclusive a caracterização das três subfamílias, e a família Papilionoideae seria a subfamília em que este fenômeno ocorreria com menos frequência.

A literatura informa que a micropropagação pode proporcionar alterações genéticas nos explantes, como por exemplo a polissomatia (MENEZES *et al.*, 2012). Estudos com *Mimosa* indicam que a maior ocorrência de polissomatia é na ponta da raiz quando estas possuem cerca de 1cm (DAHMER *et al.* 2012).

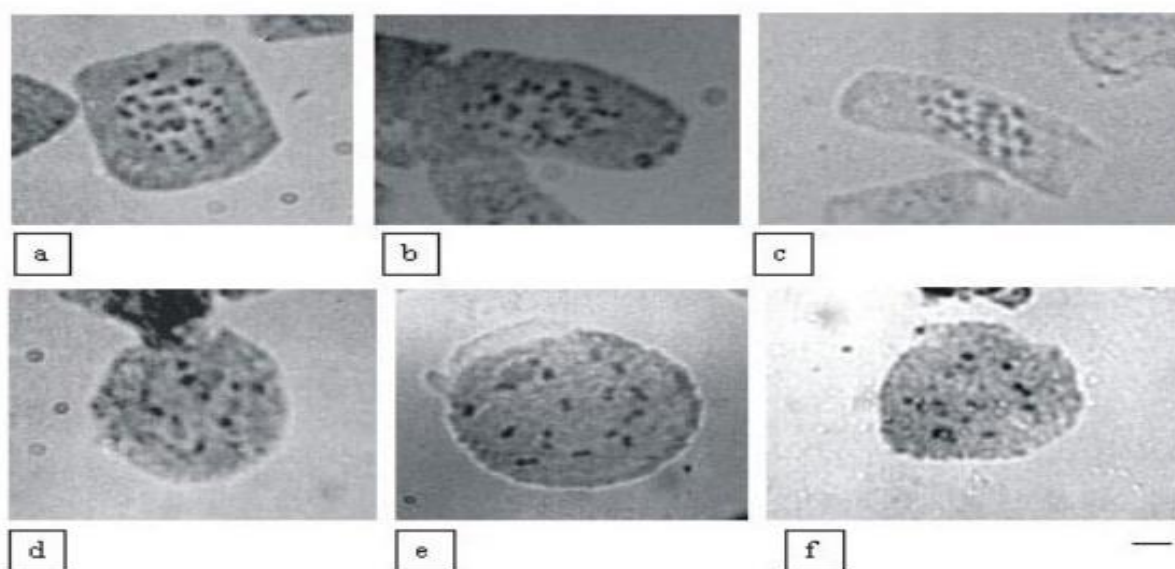
A polissomatia de acordo com Witkus e Berger (1947) é uma forma de assegurar um rápido estabelecimento de plântulas. Em um trabalho sobre *Mimosa pudica* L. de acordo com Witkus e Berger (1947) a polissomatia foi detectada nas pontas das raízes das plântulas de 1 a 4 mm de comprimento, raízes com comprimento acima de 4 mm não foi encontrada polissomatia.

Figura 1. *Mimosa pudica* (acesso 3) com 52 cromossomos (A) e com 104 cromossomos (B). Escala 10µm.



Fonte: (DAHMER et al., 2015), A figura B indica a ocorrência de polissomatia.

Figura 2. Cromossomos de células somáticas (a- População Boca do Monte, Santa Maria,  $2n = 28$  cromossomos; b-População Boca do Monte,  $2n = 32$  cromossomos; c- População Espumoso,  $2n = 28$  cromossomos) e gaméticas (d-População Silveira Martins (acesso 1),  $n = 14$  cromossomos; e- População Silveira Martins (acesso 2),  $n = 14$  cromossomos; f- População São Pedro,  $n = 14$  cromossomos), respectivamente, de pontas de radículas e inflorescências de populações naturais de *Hyptis mutabilis* do RS, Brasil. Escala: 1cm=20 µm.



Fonte: (FACHINETTO; TEDESCO, 2009). Figura 2-b na população de Boca do Monte indica a ocorrência de polissomatia.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos artigos selecionados foi possível abordar vários aspectos sobre o tema. Observou-se, que a polissomatia precisa ser mais estudada, para que culturas que não tenham estudos venham a ter, a revisão trás os pontos positivos e negativos da polissomatia nas plantas, como ela ocorre e o grau de polissomatia em espécies diferentes.



## AGRADECIMENTOS

Coordenação De Aperfeiçoamento De Pessoas De Nível Superior-Brasil (Capes)  
Cód. De Financiamento 001.

## REFERÊNCIAS

- ADAN, A.; ALIZADA, G.; KIRAZ, Y.; BARAN, Y.; NALBANT, A. Flow cytometry: basic principles and applications. **Critical reviews in biotechnology**, v. 37, n. 2, p. 163-176, 2017.
- BERGER, C. A.; WITKUS, E. R.; MCMAHON, R. M. Cytotaxonomic studies in Leguminosae. **Bulletin of Torrey Botanical Club**, New York, v. 85, p. 405-410, 1958.
- BIRADAR, D. P.; RAYBURN, A. L.; BULLOCK, D. G. Endopolyploidy in diploid and tetraploid Maize (*Zea mays* L.). *Annals of Botany*, Oxford, v. 71, p. 417-421, 1993.
- CASTRO, S.; LOUREIRO, J.; RODRIGUEZ, E.; SILVEIRA, P.; NAVARRO, L.; SANTOS, C. Evaluation of polysomaty and estimation of genome size in *Polygala vayredae* and *P. calcarea* using flow cytometry. **Plant Science**, v. 172, n. 6, p. 1131-1137, 2007.
- CONAGIN, C. H. Efeitos da colquicina em *Arachis hypogaea* L. **Bragantia**, v. 31, p. 187-198, 1972.
- D'AMATO, F. Role of polyploidy in reproductive organs and tissues. In: JORI, B. M. (Ed.). *Embryology of angiosperms*. New York: Springer, p. 519-566, 1984.
- DAHMER, N.; KARSBURG, I. V.; SILVA, A.; LIMA, F.; RAMOS, L. CITOGENÉTICA DE ACESSOS DE *Mimosa pudica* L. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, v. 11, n. 21, 2015.
- DAHMER, N.; SCHIFINO-WITTMANN, M.T.; GIULIANI, J. C. Occurrence and significance of polysomaty in species of *Mimosa* L. **Caryologia**, v.63, p.208 – 215, 2012.
- DE ROCHER, E. J.; HARKINS, K. R.; GALBRAITH, D. W.; BOHNERT, H. J. Developmentally regulated systemic endopolyploidy in succulents with small genomes. **Science**, v. 250, n. 4977, p. 99-101, 1990.
- DOLEZEL, J. Flow cytometry, its application and potential for plant breeding. **Current Topics in Plant Cytogenetics Related to Plant Improvement**.(Ed.): T. Lelely. **Universitätsverlag, Vienna**, p. 80-90, 1998.
- FACHINETTO, J. M.; TEDESCO, S. B. Número cromossômico, análise meiótica e estimativa da viabilidade polínica em populações de *Hyptis mutabilis* (Rich.) Briq. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 11, p. 110-116, 2009.
- FUKAI, S.; HASEGAWA, A.; GOI, M. Polysomaty in cymbidium. **HortScience**, v. 37, n. 7, p. 1088-1091, 2002.



- GALBRAITH D. W.; HARKINS, K. R.; KNAPP, S. Systemic endopolyploidy in *Arabidopsis thaliana*. **Plant Physiology**, v. 96, p. 985-989, 1991.
- GILISSEN, L. J. W.; M. J. V.; STAVAREN, J. CREEMERS-MOLENAAR, H. A. VERHOEVEN, Development of polysomaty in seedlings and plants of *Cucumis sativus* L., *Plant Sci.* 91, 171-179, 1993.
- GILISSEN, L.J.W.; VAN, M.J. S.; CREEMERS-MOLENAAR, J.; VERHOEVEN, H.A. Development of polysomaty in seedlings and plants of *Cucumis sativus* L. **Plant Science**, Columbus, v. 91, p. 171-179, 1993.
- KUDO, N.; KIMURA, Y. Patterns of endopolyploidy during seedling development in cabbage (*Brassica oleracea* L.). **Annals of Botany**, Oxford, v. 87, p. 275-281, 2001.
- MELARAGNO, J. E.; MEHROTRA, B.; COLEMAN, A. W. Relationship between endopolyploidy and cell size in epidermal tissue of *Arabidopsis*. **Plant Cell**, Waterbury, v. 5, 1661-1668, 1993.
- MENEZES, T. P. D.; GOMES, W. A.; PIO, L. A. S.; PASQUAL, M.; RAMOS, J. D. Micropropagação e endoreduplicação em pitaya vermelha. **Biosci. j.(Online)**, p. 862-876, 2012.
- MII, M.; MISHIBA, K.; TOKUHARA, K. Polysomaty and ploidy determination in Phalaenopsis. **Breeding Science**, v. 47, p. 373, 1997.
- MISHIBA, K.; MII, M. Polysomaty analysis in diploid and tetraploid *Portulaca grandiflora*. **Plant Science**, v. 156, n. 2, p. 213-219, 2000
- NAGL, W. DNA endoreduplication and polyteny understood as evolutionary strategies. **Nature**, London, v. 261, p. 614-615, 1976.
- PIJNACKER, L. P. Flow cytometric and karyological analysis of polysomaty and polyploidization during cell callus formation from leaf segments of various potato genotypes. **Theoretical and Applied Genetics**, Germany, v. 77, p. 102-110, 1989.
- RAMULU, K. Sree; DIJKHUIS, P. Flow cytometric analysis of polysomaty and in vitro genetic instability in potato. **Plant cell reports**, v. 5, n. 3, p. 234-237, 1986.
- SESEK, P; KUMP, B; BOHANEK, B. Interphase structure of endoreduplicated nuclei in diploid and tetraploid *Brassica oleracea* L. **Acta biológica cracoviensia. Série botânica**. Vol. 47. Pp 93 – 99, 2005.
- SMULDERS, M. J. M.; RUS-KORTEKAAS, W.; GILISSEN, L. J. W. Development of polysomaty during differentiation in diploid and tetraploid tomato (*Lycopersicon esculentum*) plants. **Plant Science**, v. 97, n. 1, p. 53-60, 1994.



WITKUS, E. Ruth; BERGER, C. Ae. Polyploid mitosis in the normal development of mimosa pudica. **Bulletin of the Torrey Botanical Club**, p. 279-282, 1947.

WITTMANN, M. T. S.; DALLAGNOL, M. Indução de poliploidia no melhoramento de plantas. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 9, n. 1, p. 155-164, 2003.

# CAPÍTULO XXX

## GERMINAÇÃO *IN VITRO* DE *EPIDENDRUM RADICANS* EM DIFERENTES POTENCIAIS HIDROGENIÔNICOS EM MEIO DE CULTURA ALTERNATIVO

*IN VITRO* GERMINATION OF *EPIDENDRUM RADICANS* IN DIFFERENT HYDROGENIUM POTENTIALS IN AN ALTERNATIVE GROWING MEDIUM

DOI: 10.51859/AMPLA.MAS2407-30

Franciele Aparecida Fiorini <sup>1</sup>

Andressa Alves Cabreira dos Santos <sup>2</sup>

Altacis Junior de Oliveira <sup>3</sup>

Taniele Carvalho de Oliveira <sup>4</sup>

Isane Vera Karsburg <sup>5</sup>

Daniela Soares Alves Caldeira <sup>6</sup>

<sup>1</sup> Graduada em Ciências Biológicas - Alta Floresta. Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT.

<sup>2</sup> Mestranda em Genética e Melhoramento de Plantas. Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT.

<sup>3</sup> Mestre em Genética e Melhoramento de Plantas. Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT.

<sup>4</sup> Doutoranda em Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal - BIONORTE.

<sup>5</sup> Professora Adjunta da Faculdade de Ciências Agrárias e Biológicas – Alta Floresta. Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT.

<sup>6</sup> Professora Adjunta da Faculdade de Ciências Agrárias e Biológicas – Cáceres. Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT.

### RESUMO

Objetivou-se analisar e estabelecer o meio de cultura com e sem carvão ativado e o potencial hidrogeniônico mais adequado para a germinação e desenvolvimento das plântulas de *Epidendrum radicans*. O experimento foi realizado no Laboratório de Citogenética e Cultura de Tecidos Vegetais na Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT, Campus Universitário de Alta Floresta – MT. Foram avaliados oito tratamentos com dez repetições, em um total de 80 frascos experimentais. Os tratamentos foram avaliados semanalmente, analisando-se o processo de germinação das sementes, velocidade de germinação, desenvolvimento dos protocormos e plântulas. A germinação *in vitro* com o meio de cultura alternativo com carvão ativado foi mais eficiente para *Epidendrum radicans* independente dos diferentes pHs. Entre os tratamentos com carvão ativado o resultado do maior comprimento total da plântula foi melhor para o meio com pH 5,0. Já, quanto ao peso o melhor

meio alternativo com carvão foi com pH 6,0. Contudo, o meio de cultura alternativo sem carvão não foi tão eficiente na germinação em relação ao tempo, porém a quantidade visual de protocormos formados foi maior em relação ao meio com carvão. E o maior comprimento total das plântulas foi verificado nos meios com o pH 4,5 e 6,0. Quanto ao peso da massa fresca o pH 4,5 apresentou resultados mais satisfatórios.

**Palavras-chave:** Orchidaceae. Sementes. Micropropagação.

### ABSTRACT

The objective was to analyze and establish the culture medium with and without activated carbon and the most adequate hydrogen potential for the germination and development of *Epidendrum radicans* seedlings. The experiment was carried out in the Cytogenetics and Plant Tissue Culture Laboratory at the Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT, University Campus of Alta Floresta -



MT. Eight treatments were evaluated with ten repetitions, in a total of 80 experimental flasks. The treatments were evaluated weekly, analyzing the process of seed germination, germination speed, development of protocorms and seedlings. The *in vitro* germination with the alternative culture medium with activated carbon was more efficient for *Epidendrum radicans* independent of the different pHs. Among the treatments with activated carbon, the result of the greatest total length of the seedling was better for the medium with pH 5.0. As for the weight, the best alternative medium

with activated charcoal was pH 6.0. However, the alternative culture medium without charcoal was not as efficient in germination in relation to time, but the visual quantity of protocorms formed was higher in relation to the medium with charcoal. The greatest total length of the seedlings was observed in the medium with pH 4.5 and 6.0. As for the weight of the fresh mass, pH 4.5 presented the most satisfactory results.

**Keywords:** Orchidaceae. Seeds. Micropropagation.

## 1. INTRODUÇÃO

As orquídeas estão entre as plantas ornamentais mais apreciadas e possuem um grande valor comercial. No Brasil, já foram identificadas mais de 3.500 espécies de orquídeas, porém, muitas destas estão correndo risco de extinção, devido à destruição de seu habitat e as coletas predatórias (COLOMBO et al., 2004). Conforme Storti (2007), sua localização geográfica não é regular e são muito mais diversas na região tropical onde a maioria das espécies adaptou-se ao hábito epifítico.

Segundo Arditti (1992), orquídeas são plantas ornamentais de difícil propagação na natureza, onde a quantidade de sementes germinadas é pouco aproveitada e as sementes pouco resistentes. Por apresentarem tamanho muito pequeno, a reserva nutritiva das sementes é baixa. Um método muito utilizado no cultivo de plantas difíceis de propagar naturalmente é a cultura *in vitro* que consiste na produção de plantas livres de vírus, fungos ou bactérias em meio nutritivo artificial.

A presença das *Orchidaceae* na floricultura se faz marcante não apenas como plantas de vaso, mas também, como flores de corte, muito apreciadas pela sua beleza e durabilidade. No Brasil, seu emprego tem aumentado progressivamente, já que o surgimento de técnicas de sua propagação e multiplicação tem-lhe possibilitado ampla comercialização. Com as florestas tropicais e subtropicais sendo destruídas, a propagação de orquídeas por meio de sementes é, talvez, a maneira mais apropriada de preservar espécies em cultivo e em seu habitat. A multiplicação e a produção de mudas de orquídeas são realizadas, principalmente, em laboratórios, em vista da exigência de condições assépticas durante seu desenvolvimento (STANCATO et al., 2001).

A cultura *in vitro* se destaca dos métodos convencionais de propagação de plantas por ser uma técnica que possibilita uma produção de plantas em larga escala e com maior qualidade (ZORNING, 1996).

A formulação ou composição do meio de cultura é essencial para a planta, pois concentra os nutrientes necessários para seu desenvolvimento, podendo ser formulado com diferentes combinações de acordo com os requerimentos de cada espécie (DE FARIA et al., 2002).

Os procedimentos realizados na cultura de tecidos devem ser rigorosamente conduzidos para evitar contaminações, que se constituem em um dos problemas mais sérios na cultura de tecidos de plantas. Para tanto, medidas devem ser tomadas no intuito de manter todo o sistema sob condições assépticas (SOUZA et al., 2006).

Em decorrência dos poucos estudos sobre micropropagação de *Epidendrum radicans*, faz-se necessário estudar variações de pH em meio alternativo com a presença e ausência de carvão. Deste modo o presente estudo teve por objetivo analisar e estabelecer o meio de cultura com e sem carvão ativado e o potencial hidrogeniônico mais adequado para a germinação e desenvolvimento das plântulas de *Epidendrum radicans*.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. ÁREA DE ESTUDO

O trabalho foi realizado na Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT, Campus Universitário de Alta Floresta – MT, no Laboratório de Citogenética e Cultura de Tecidos Vegetais. A região possui clima equatorial quente úmido (caracterizado por um período chuvoso e um período de seca). A vegetação caracteriza-se como Floresta Amazônica, fazendo parte da bacia hidrográfica Amazônica (RDM 2002).

### 2.2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

As cápsulas (4 unidades) de sementes de *Epidendrum radicans* foram coletadas em um orquidário particular no município de Alta Floresta - MT, sendo armazenadas em embalagem de papel sob refrigeração até a data de inoculação no meio.



### 2.3. PREPARAÇÃO DOS MEIOS DE CULTURA

Para os meios de cultura foi seguido Rodrigues et al (2012) onde foi utilizado 30 g L<sup>-1</sup> de sacarose, 2 g L<sup>-1</sup> de fertilizante B&G®, 100 mL L<sup>-1</sup> de água de coco, com adição de 2 g L<sup>-1</sup> de carvão para o experimento com carvão ativado, os meios foram gelificados com 4 g L<sup>-1</sup> de Ágar. O pH (potencial de hidrogênio) para ambos os meios foi ajustado em T1: 4,5; T2: 5,0; T3: 5,5 e T4: 6,0. O experimento possui dez repetições para cada tratamento sendo eles com e sem carvão ativado, totalizando 80 frascos de experimentos.

O meio de cultura foi distribuído em frascos com capacidade de 100 mL, contendo 10 mL de meio de cultura, os mesmos foram vedados com papel alumínio e autoclavados a 121°C sobre pressão de 1 kg cm<sup>2</sup> por 30 minutos.

### 2.4. DESINFESTAÇÃO DAS SEMENTES

A desinfestação das sementes foi realizada dentro da cabine de fluxo laminar a qual foi desinfestada anteriormente com hipoclorito a 2,5 %, álcool 70 % e luz UV por 15 minutos. A cápsula foi imersa em álcool 70 % por 5 minutos, sendo aberta em seguida, 1/4 das sementes ficaram 5 minutos em hipoclorito comercial a 10 %, logo após foram lavadas 2 vezes em água destilada estéril. As sementes lavadas foram colocadas em 30mL de hipoclorito comercial a 2,5% no qual foram semeadas.

### 2.5. SEMEADURA DAS SEMENTES

Após a esterilização dos frascos com os meios, dentro da câmara de fluxo laminar, foi realizada a semeadura, nos frascos com o meio de cultura foi adicionado 3 mL da solução de água destilada e autoclavada com as sementes dissolvidas por meio de seringa descartável estéril.

Os frascos foram vedados com papel filme PVC e foram acondicionados em prateleiras com temperatura de 27 ± 1°C, e a luminosidade foi verificada com o auxílio de um luxímetro digital sob cada condição de sombreamento, sendo a seguir calculada uma média, onde a intensidade luminosa foi de 433,33 lux (lúmen m<sup>2</sup>).

De acordo com Arditti (1992) muitos aspectos da luz são de grande importância na micropropagação de orquídeas, como a sua presença ou ausência (claro ou escuro) duração (fotoperíodo), intensidade (níveis de energia) qualidade (cor) e fonte (natural, incandescente, fluorescente).





Os frascos permaneceram no laboratório durante um período de 150 dias.

#### Análise qualitativa dos dados

Os tratamentos foram avaliados semanalmente durante este período, analisando-se o processo de germinação das sementes, velocidade de germinação, desenvolvimento dos protocormos, plântulas (início da formação dos primórdios foliares) e plântulas (com folhas e primórdios radiculares).

As plântulas foram avaliadas com auxílio de um paquímetro digital, através das seguintes características: tamanho total das plântulas, comprimento das raízes e número de folhas. As raízes foram medidas a partir do colo da plântula até a ponta, para o peso da massa fresca utilizou-se de uma balança semi-analítica medida em gramas (g). Foram avaliadas 20 plântulas de cada tratamento.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e suas médias comparadas, para as causas de variação significativas, usando R versão 3.0.1, juntamente com o pacote ExpDes versão 1.1.2 (FERREIRA, et al., 2010) para fazer as regressões e o pacote easyanova versão 3.0 (ARNHOLD, 2013) para os testes de médias, Tukey, a 5 % de probabilidade.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As sementes das orquídeas apresentam uma coloração amarelada quando estão boas para fazer o cultivo *in vitro*, quando começam a germinar mudam a tonalidade para verde, formando os protocormos (PRIDGEON et al. 1999).

A germinação da espécie *Epidendrum radicans* ocorreu 22 dias após a semeadura em todos os tratamentos com carvão ativado, enquanto os meios de cultura sem carvão ativado o processo germinativo iniciou aos 36 dias após a semeadura (Tabela 1). O processo de germinação depende do meio e da espécie a ser cultivada, em média após 20 a 40 dias, poderá tornar-se visível o início da germinação das sementes (DE CAMPOS, 2000; GUTIERRE, 2001; SIMONE, 2006).

Tabela 1 – Avaliação da germinação e desenvolvimento de *Epidendrum radicans*

Meios	pH	20 dias (germinação)	30 dias (germinação)	40 dias (protocormo)	50 dias (protocormo)	60 dias (plântulas)
B&G®	4,5	✓	-	✓	-	✓
com	5,0	✓	-	✓	-	✓
carvão	5,5	✓	-	✓	-	✓
ativado	6,0	✓	-	✓	-	✓

Meios	pH	20 dias (germinação)	30 dias (germinação)	40 dias (protocormo)	50 dias (protocormo)	60 dias (plântulas)
B&G®	4,5	-	✓	-	✓	-
sem	5,0	-	✓	-	✓	-
carvão	5,5	-	✓	-	✓	-
ativado	6,0	-	✓	-	✓	-

✓ = Ocorrência do evento

(-) = Não ocorreu

Fonte: Autoria própria.

Resultado similar foi encontrado no trabalho de Costa et al (2010) onde a germinação das sementes de *Oeceoclades maculata* ocorreu aos 25 dias após a inoculação no meio de cultura alternativo com o fertilizante B&G®, em todos os tratamentos.

Outro resultado semelhante foi obtido por Bilce et al (2010) onde mostrou que a germinação das sementes de *Cyrtopodium cachimboense* ocorreu aos 20 dias após a inoculação no meio de cultura alternativo com o fertilizante B&G®, em todos os tratamentos, com exceção do pH 4,5 com carvão e sem carvão ativado, no meio de cultura Knudson a germinação ocorreu somente após os 20 dias de inoculação.

Nascimento et al (2010) verificou a germinação das sementes de *Brassocattleya Pastoral alba Innocence* que ocorreu aos 30 dias após a inoculação no meio de cultura alternativo com o fertilizante B&G®, em todos os tratamentos, com exceção do pH 4,5 com carvão e sem carvão ativado.

Porém algumas espécies de Orchidaceae podem levar um período maior para a germinação, espécies do gênero *Catasetum* segundo Miranda et al (2011) que observou o tempo de germinação das espécies (*C. apolloi*, *C. fimbriatum*, *C. apolloi* x *C. macrocarpum* e *C. susan fuchs* x *pileatum*) em que *C. apolloi* e *C. fimbriatum* em meio alternativo B&G® à pH 5,5. Observaram que as sementes germinaram entre 30 e 45 dias respectivamente enquanto as duas híbridas entre 60 dias.

Resultado similar foi encontrado no trabalho de Fernandes et al (2010), onde *Catasetum longifolium* em meio alternativo B&G® à pH 5,5 foi o único a germinar no período entre 20 dias em comparação com os meios alternativos B&G® sem carvão ativado e meio Knudson com e sem carvão ativado. Resultados esses que diferem da presente espécie analisada. Concordando com Karsburg et al (2009) nas análises da germinação de *Catasetum tigrinum* em diferentes meios de cultura, verificaram que o meio que proporcionou além de germinação entre 15 e 20 dias, mas também o

desenvolvimento de plântulas em 90 dias foi com o meio de cultura alternativo com adição do fertilizante B&G® com carvão e pH 5,5. Segundo Miranda et al (2011) e Fernandes et al (2010) o tempo de germinação está associado ao tipo de meio de cultura e pH corroborando com o presente trabalho.

Em todas as repetições, foi possível notar germinação. Segundo De Faria et al (2002), a formulação ou composição do meio de cultura é essencial para a planta, pois concentra os nutrientes necessários para seu desenvolvimento, podendo ser formulado com diferentes combinações de acordo com os requerimentos de cada espécie. Pode-se observar que o período para o início da germinação dos tratamentos com carvão ativado foi mais eficaz, enquanto os tratamentos sem carvão germinaram em torno de 36 dias (Tabela 1).

A ocorrência de protocormos no meio contendo carvão ativado aconteceu após 43 dias, enquanto a ocorrência de protocormos no meio sem carvão ocorreu após 57 dias (Tabela 1). Para Pridgeon et al. (1999), o protocormo seria uma estrutura efêmera resultante da germinação de sementes de orquídeas, a partir da qual se formariam os primórdios dos sistemas caulinar e radicular. Os dados de Costa et al (2010) que avaliaram a espécie *Oeceoclades maculata* mostraram que aos 50 dias após a inoculação da semente no meio de cultura foi observada a formação de protocormos em todos os tratamentos com carvão ativado, informações que se assemelham com o presente trabalho.

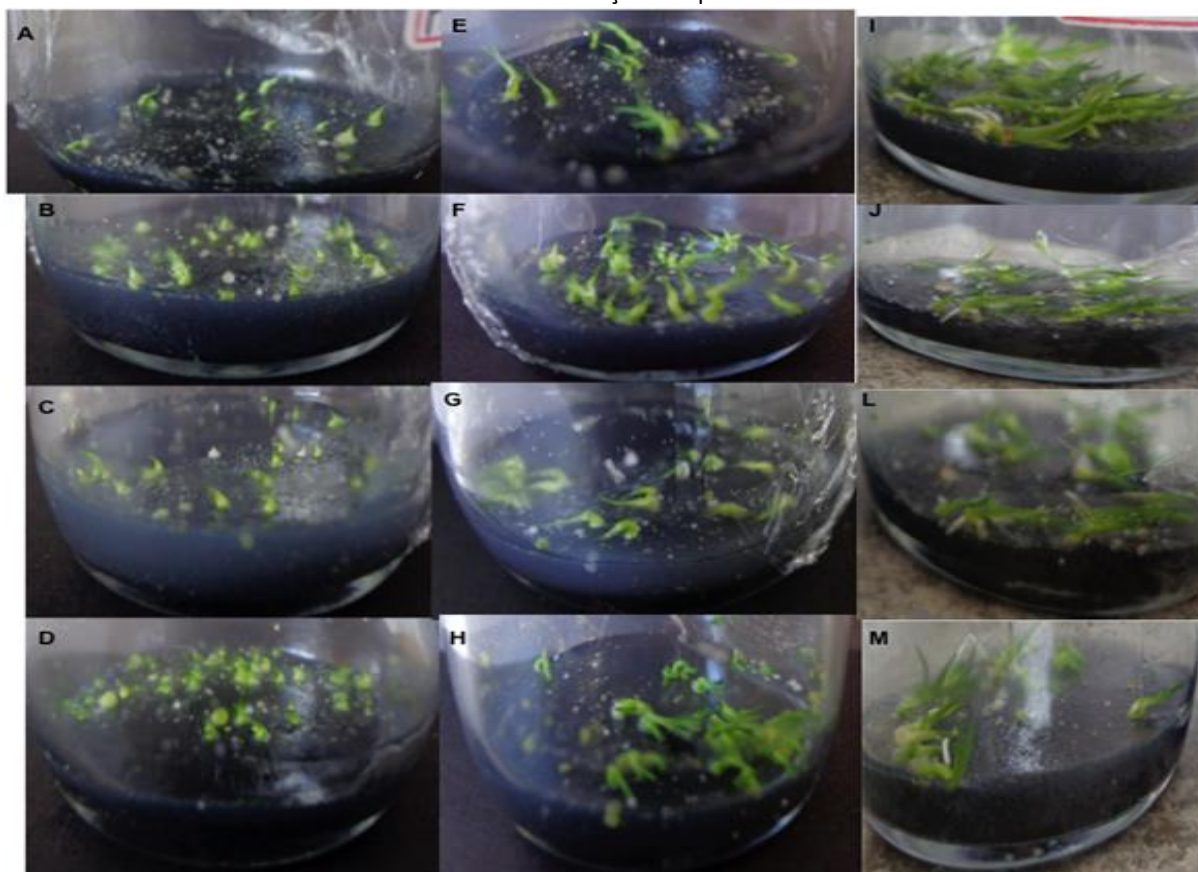
Já Bilce et al. (2010) mostra que aos 60 dias após a inoculação da semente *Cyrtopodium cachimboense* no meio de cultura foi observada a formação de protocormos na maioria dos meios de cultura, com exceção do meio Knudson pH 4,5 com carvão e sem carvão ativado, e mostrou que os melhores resultados obtidos foram para o meio de cultura alternativo com o fertilizante B&G® com carvão ativado e sem carvão ativado ajustado com pH 6,0 onde se teve o maior número de protocormos desenvolvidos. Porém Nascimento et al (2010) estudando *Brassocattleya Pastoral alba* Innocence mostrou que o estágio de protocormo ocorreu entre os 60 e 90 dias após a inoculação das sementes no meio de cultura alternativo. Neste foi observada a formação de protocormos em meio de cultura com e sem carvão ativado com pHs 5,0; 5,5 e 6,0. O pH 4,5 apresentou a germinação tardia das sementes, após os 60 dias de inoculação nos meios de cultura, e mostrou que os melhores resultados obtidos foram



para o meio de cultura alternativo com o fertilizante B&G® com carvão ativado e sem carvão ativado ajustado com pH 6,0 onde se teve os protocormos desenvolvidos com a presença de primórdios foliares. Ao observar a (Figura 1) fica claro a maior quantidade de protocormos e desenvolvimento destes no meio de cultura sem carvão.

A formação de primórdios foliares (Figura 1) ocorreu após 60 dias de inoculação no meio de cultura contendo carvão ativado e em todos os pHs (Tabela 1) cujo resultado difere do estudo de Kraus et al (2006) que observaram aos 20 dias de incubação de *Catasetum pileatum* a formação de um primórdio de gema com estruturas foliáceas em início de diferenciação. Período significativamente menor ao observado neste estudo.

Figura 1 – Diferentes estágios de desenvolvimento de *E. radicans* em meio de cultura alternativo com carvão e com variações de pH.



Desenvolvimento vegetativo com 120 dias com diferentes pHs a) 4,5; b) 5,0; c) 5,5; d) 6,0. Incremento vegetal após 150 dias com diferentes pHs. e) 4,5; f) 5,0; g) 5,5; h) 6,0. Crescimento vegetativo após 160 dias em diferentes pHs. i) 4,5; j) 5,0; l) 5,5; m) 6,0.

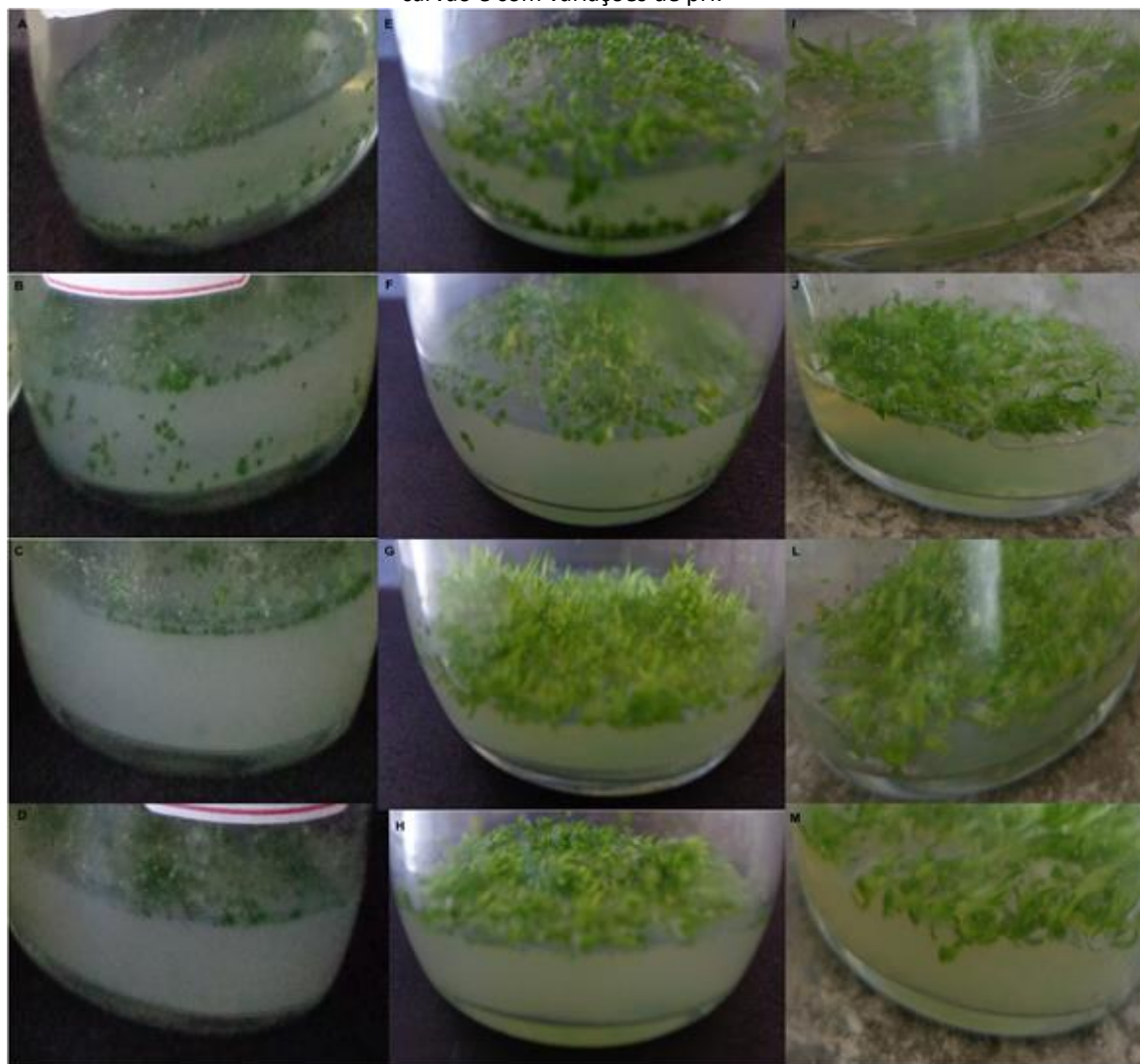
Fonte: Autoria própria.

Somente aos 106 dias após a inoculação no meio de cultura alternativo os tratamentos sem carvão iniciaram o desenvolvimento dos primórdios foliares. Após 113 dias de observação do experimento observou-se que o meio com carvão com o pH



ajustado para 5,0 e 6,0 apresentou plântulas com raiz. Nos tratamentos sem carvão os tratamentos com o pHs 5,5 e 6,0 iniciou a parte aérea. Após 135 dias (Figura 2) de inoculação no meio, os tratamentos com carvão com os potenciais hidrogeniônicos 4,5 e 5,5 iniciou o surgimento de raiz, apresentando assim primórdios radiculares em todos os tratamentos com carvão. Já os meios de cultura sem carvão ativado até o momento observado não apresentaram raiz (Figura 2).

Figura 2 – Diferentes estágios de desenvolvimento de *E. radicans* em meio de cultura alternativo sem carvão e com variações de pH.



Desenvolvimento vegetativo com 120 dias com diferentes pHs a) 4,5; b) 5,0; c) 5,5; d) 6,0. Incremento vegetal após 150 dias com diferentes pHs. e) 4,5; f) 5,0; g) 5,5; h) 6,0. Crescimento vegetativo após 160 dias em diferentes pHs. i) 4,5; j) 5,0; l) 5,5; m) 6,0.

Fonte: Autoria própria.

Para a variável comprimento total por planta foi observado que não houve diferença significativa entre os tratamentos com carvão sendo que, o comprimento médio das plantas variou de 15,20 mm a 22,79 mm (Tabela 2).

Tabela 2. Médias do comprimento total por planta e peso da massa fresca de *Epidendrum radicans*, em diferentes potenciais hidrogeniônicos com carvão ativado.

Potenciais hidrogeniônicos	Comprimento total por planta (mm)	Peso da massa fresca (mg)
4,5	21,84 a	0,001 a
5,0	22,79 a	0,001 a
5,5	22,55 a	0,003 a
6,0	15,20 a	0,005 a
<b>CV (%)</b>	<b>16,34</b>	<b>82,07</b>

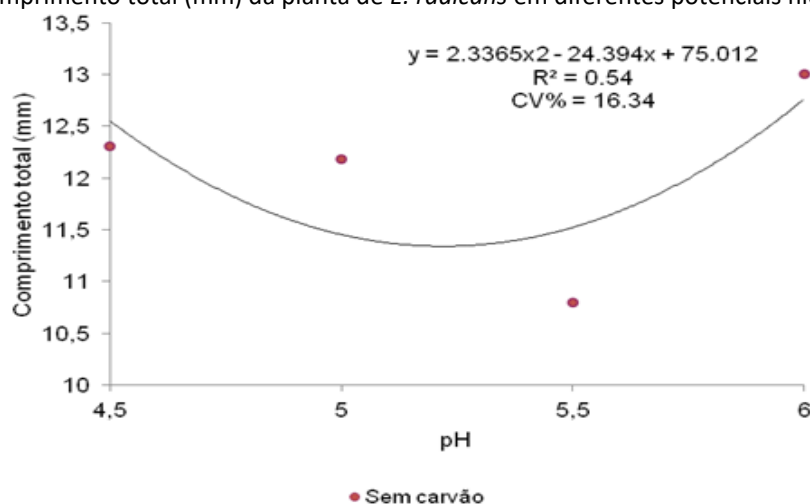
Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Fonte: Autoria própria.

Para a espécie *Epidendrum radicans*, quando avaliado o comprimento total da planta, houve diferença significativa entre os tratamentos sem carvão, sendo que os pHs 4,5 e 6,0 apresentaram os maiores desenvolvimentos (Figura 3). E para a variável peso da massa fresca, o uso do pH 6,0 reduziu linearmente a massa fresca das plântulas, sendo a maior média no pH 4,5 (Figura 4).

A presença do carvão ativado nos meios de cultura com pH ajustado para 5,0 e 5,5 proporcionou um melhor crescimento da parte aérea das plântulas obtendo maior comprimento (Tabela 2), quando comparado com os tratamentos sem carvão onde os tratamentos com pH ajustado para 4,5 apresentou 12,5 mm e o pH 6,0 apresentou 13,0 mm (Figura 3).

Figura 3. Comprimento total (mm) da planta de *E. radicans* em diferentes potenciais hidrogeniônicos.



Fonte: Autoria própria.

Resultados encontrados por Sousa (2013) onde foi analisado o desenvolvimento de *Catasetum schmidtianum* em diferentes concentrações de sacarose mostraram que

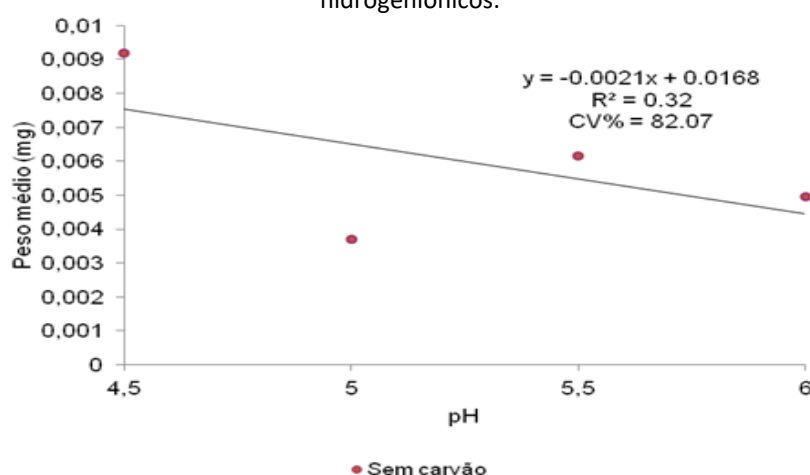


as médias encontradas para comprimento das plântulas nos tratamentos realizados com carvão ativado também foram maiores obtendo 26,4 mm.

Em relação ao peso da massa fresca (g) das plântulas desenvolvidas em meio de cultura com carvão ativado foi maior nos pHs 5,5 e 6,0 apresentando 0,003 e 0,005 g respectivamente quando comparado com as plântulas dos pHs 4,5 e 5,0 que apresentaram 0,001 g (Tabela 2).

Quando comparado ao tratamento sem carvão foi observado um decréscimo linear significativo entre os meios de cultura, o maior peso médio foi de 0,0075 g com o pH 4,5 (Figura 4).

Figura 4. Peso médio (g) da massa fresca de plantas de *Epidendrum radicans* em diferentes potenciais hidrogeniônicos.



Fonte: Autoria própria.

De acordo com Sousa (2013) que avaliou a espécie *Catasetum schmidtianum* em diferentes concentrações de sacarose em relação ao peso da massa fresca (g) obteve resultado maior no tratamento com carvão ativado apresentando 0,907 (g). Sendo que as espécies desse gênero a maioria delas apresentam bulbo, o que interfere no seu peso de massa fresca.

Os resultados estão de acordo com o descrito por Pierik (1990) que demonstra que o desenvolvimento de uma planta ocorre a partir de sementes constituindo vários estágios, indo desde a formação de protocormos, passando por formação de folhas e raízes até a formação de uma planta. Até o momento, foram necessários 3 a 4 meses, o que está de acordo com os trabalhos desenvolvidos por vários autores (DE CAMPOS, 1998; DODDS & ROBERTS, 1985) que demonstraram que a germinação de diferentes orquídeas além de ser difícil, faz-se necessário um ambiente próprio para a realização

do projeto, tornando-se trabalhoso e demorado, mas que sem dúvida, poderá obter um número grande de plantas, demonstrando a capacidade de preservação no meio ambiente.

#### 4. CONCLUSÕES

A germinação *in vitro* com o meio de cultura alternativo com carvão ativado foi mais eficiente para *Epidendrum radicans* independente dos diferentes pHs. Entre os diferentes tratamentos com carvão ativado o resultado do maior comprimento total da plântula foi melhor para o meio com pH 5,0. Já quanto ao peso o melhor meio alternativo com carvão foi com pH 6,0.

Contudo no meio de cultura alternativo sem carvão não foi tão eficiente na germinação em relação ao tempo, porém a quantidade visual de protocormos formados foi maior em relação ao meio com carvão. E o maior comprimento total das plântulas foi verificado nos meios com o pH 4,5 e 6,0. Quanto ao peso da massa fresca o pH 4,5 apresentou resultados mais satisfatórios.

#### REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, A. G. et al. Crescimento *in vitro* de *Laelia tenebrosa* (Orchidaceae) em diferentes concentrações de sais de Knudson C e carvão ativado. **Plant Cell Culture & Micropropagation**, v. 2, n. 2, p. 53-106, 2006.
- ARDITTI, Joseph et al. **Fundamentals of orchid biology**. John Wiley & Sons, 1992.
- ARNHOLD, E. **Package easyanova version 3.0**: analysis of variance and other important complementary analyzes. Disponível em: <<http://127.0.0.1:11788/library/easyanova/html/easyanova-package.html>>. Acesso em: 06 nov 2013.
- BILCE, T, M, FORTE, A, F, KARSBURG, I, V. Propagação *in vitro* de sementes de *Cyrtopodium cachimboense* em meio de cultura alternativo. **III Semana da Biologia- Unemat**. Alta Floresta, 2010.
- BRAHM, Rafael Ücker; GOMES, João Carlos Costa; BOSENBECKER, Veridiana Krolow. **423-Meios de cultura alternativos para o crescimento e desenvolvimento de orquídeas *in vitro***. 2006.
- COLOMBO, Larissa Abgariani et al. Influência do fungicida clorotalonil no desenvolvimento vegetativo e no enraizamento *in vitro* de duas espécies de orquídeas brasileiras. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 26, n. 2, p. 253-258, 2004.



- COSTA, L. G. FERNANDES, L. NASCIMENTO, H. R. KARSBURG, I. V. Germinação *in vitro* de sementes de *Oeceoclades maculata* (Lindl) Lindl. **III Semana da Biologia- Unemat**. Alta Floresta, 2010.
- DE CAMPOS, Darly Machado. Orquídeas: manual prático de cultura. **Expressão e Cultura, Rio de Janeiro. 143p**, 1998.
- DE CAMPOS, Darly Machado. **Orquídeas: manual prático de reprodução**. Expressão e Cultura, 2000.
- DE FARIA, Ricardo Tadeu et al. Preservation of the brazilian orchid *Cattleya walkeriana* Gardner using in vitro propagation. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 2, n. 3, 2002.
- DODDS, John H.; ROBERTS, Lorin W. **Experiments in plant tissue culture**. International Potato Center, 1985.
- FERNANDES, L. NASCIMENTO, H. R. COSTA, L. G. KARSBURG, I. V. Germinação de sementes de *Catasetum longifolium* L.C. Rick. Em meio de cultura assimbiótico. **III Semana da Biologia- Unemat**. Alta Floresta, 2010.
- FERREIRA, Daniel Furtado. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e agrotecnologia**, v. 35, p. 1039-1042, 2011.
- FERREIRA, E. B.; CAVALCANTI, P. P.; NOGUEIRA, D. A. **Package ExpDes version 1.1.2:** experimental Designs package. Disponível em: <<http://127.0.0.1:11788/library/ExpDes/html/ExpDes-package.html>>. Acesso em: 06 nov 2013.
- GUTIERRE, Maria Auxiliadora Milanese. O cultivo de orquídeas in vitro a partir de sementes. **Arquivos do Mudi**, v. 5, n. 2, p. 12-13, 2001.
- JÚNIOR, Renato Fernandes Galdiano; MANTOVANI, Cibele; GOMES, Elisângela Soares. MORFOLOGIA DO FRUTO, SEMENTE E PROPAGAÇÃO IN VITRO DE *Caularthron bicornutum* (ORCHIDACEAE).
- KARSBURG, I. V.; SARTORI, S. A.; MACEDO, F. I. Propagação in vitro de *Catasetum tigrinum* Reichb (orchidaceae) em meio simplificado. Anais CD. In: **XVII Congresso Brasileiro de Floricultura e Plantas Ornamentais e V Congresso Brasileiro de cultura de tecidos de planta**. 2009.
- KRAUS, Jane Elizabeth; KERBAUY, Gilberto Barbante; MONTEIRO, Walkyria Rossi. Desenvolvimento de protocormos de *Catasetum pileatum* Rchb. f. *in vitro*: aspectos estruturais e conceituais. **Hoehnea**, v. 33, n. 2, p. 177-184, 2006.
- MARTIN, S. M.; ROSE, Dyson. Growth of plant cell (*Ipomoea*) suspension cultures at controlled pH levels. **Canadian Journal of Botany**, v. 54, n. 11, p. 1264-1270, 1976.



- MIRANDA, D. P. NASCIMENTO, H. R. KARSBURG, I. V. Análise da germinação *in vitro* de quatro espécies de *Catasetum* (*Orchidaceae*) em meio de cultura alternativo com carvão ativado. **V Simpósio da Amazônia Meridional em Ciências Ambientais-UFMT**. Sinop, 2011.
- NASCIMENTO, H. R.; COSTA, L. G.; FERNANDES, L.; KARSBURG, I. V. Germinação *in vitro* de sementes de *Brassocattleya Pastoral alba* “Innocence” em meio de cultura alternativo. **III Semana da Biologia, UNEMAT**, Alta Floresta, p.109-112, 2010.
- PIERIK, R. L. M. Cultivo *in vitro* de las plantas superiores. 1990.
- PRIDGEON, A. M., CRIBB, P. J. & CHASE, M. W. **Genera Orchidacearum: general introduction, Apostasioideae, Cypripedioideae**. Oxford University Press, Oxford, 1999.
- RODRIGUES, Donizetti Tomaz et al. Concentrações e composições químicas do meio nutritivo para o cultivo *in vitro* de orquídea. **Revista Ceres**, v. 59, p. 1-8, 2012.
- SIMONE, K. Seedlings: das mudas à primeira floração. In **Como Cultivar Orquídeas**. ed. Editora Casa Dois. nº15. p. 16 a 17. 2006.
- SOUSA, F. S. **Desenvolvimento de *Catasetum schmidtianum* L. Miranda & Lacerda em diferentes concentrações de sacarose**. 32p. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso – Agronomia) UNEMAT, Alta Floresta, 2013.
- STANCATO, Giulio Cesare; BEMELMANS, Paul Frans; VEGRO, Celso Celso Luis Rodrigues. Produção de mudas de Orquídeas a partir de sementes *in vitro* e sua viabilidade econômica: estudo de caso. **Ornamental Horticulture**, v. 7, n. 1, 2001.
- STORTI, Eliana Fernandez. Dinâmica populacional e biologia reprodutiva de *Cattleya eldorado* Linden (Orchidaceae). 2007.
- STREET, H. E.; SHEAT, D. E. G. The absorption and availability of nitrate and ammonia. In: **Der Stickstoffumsatz/Nitrogen Metabolism**. Springer, Berlin, Heidelberg, 1958. p. 150-165.
- SUTTLEWORTH, F.S. **Orquídeas**. Expressão e Cultura. Rio de Janeiro – RJ. 7. ed. 158p. 1997.
- VILLA, F. A.; PASQUAL, M.; SILVA, A. B.; TEODORO, G. S.; Influência do carvão ativado e bap na multiplicação *in vitro* de duas frutíferas de clima temperado. **Revista Ceres**, DAG/UFLA, Lavras, v. 54, p.118-124, 2007.



# CAPÍTULO XXXI

## ENDOPOLIPLOIDIA: UMA REVISÃO DE LITERATURA

### ENDOPOLYPLOIDY: A LITERATURE REVIEW

DOI: 10.51859/AMPLA.MAS2407-31

Marry Suely Ferreira de Jesus<sup>1</sup>

Zéia Marques da Silva Radons Prestes<sup>2</sup>

Isane Vera Karsburg<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Mestranda em Melhoramento Genético Vegetal. Programa de Pós-Graduação em genética e Melhoramento de Plantas – PGMP.

<sup>2</sup> Mestranda de Biotecnologia e Recursos Genéticos Vegetais. Programa de Pós-Graduação em genética e Melhoramento de Plantas – PGMP.

<sup>3</sup> Docente da Faculdade de Ciências Biológicas, Universidade do Estado de Mato Grosso Carlos Alberto Reyes Maldonado, Campus Universitário de Alta Floresta – MT.

#### RESUMO

A endopoliploidia é um processo de poliploidização somática que ocorre durante o ciclo celular, onde as células somáticas estão em divisão, passando por vários ciclos, sem passar pelo processo de citocinese durante a mitose, produzindo células endopoliploides. Esse tipo de ploidia se expressa em diversas espécies e tecidos em diferentes estágio de desenvolvimento do organismo ou célula. Embora poucos trabalhos tenham enfoque voltado para a endopoliploidia o tema faz se necessário. O presente trabalho tem como objetivo fornecer uma revisão de literatura, tendo como finalidade auxiliar os leitores na obtenção de informações para estudos futuros voltados para endopoliploidia, sendo possível identificar, classificar e descrever a mesma. Foram realizadas pesquisas em banco de dados eletrônicos em busca de artigos, monografias, dissertações, teses, e livros voltados para o assunto em questão, nos idiomas português e inglês, sem definir o tempo de publicação dos trabalhos em questão. Foram selecionados um total de 38 trabalhos, entre eles se encontram monografias, dissertações, teses, artigos e livros que possibilitaram a produção desse estudo. Tais informações demonstram a importância desse tipo de pesquisa, fornecendo bases científicas que poderão contribuir em estudos futuros voltados para o presente tema. Não anulando a necessidade de que mais trabalhos sejam feitos para fornecer cada vez mais novas informações e atualizações voltadas para o conteúdo que é pouco abordado e estudado.

**Palavras-chave:** Endoreduplicação. Endopoliploides. Poliploidização. Nível de Ploidia. Genoma.

#### ABSTRACT

Endopolyploidy is a somatic polyploidization process that occurs during the cell cycle, where somatic cells are dividing, going through several cycles, without going through the process of cytokinesis during mitosis, producing endopolyploid cells. This type of ploidy is expressed in different species and tissues at different stages of development of the organism or cell. Although few works have focused on endopolyploidy, the theme does so if necessary. The present work aims to provide a literature review, aiming to assist readers in obtaining information for future studies focused on endopolyploidy, making it possible to identify, classify, describe and characterize it. Electronic database searches were carried out in search of articles, monographs, dissertations, theses, and books focused on the subject in question, in Portuguese and English, without defining the publication time of the works in question. A total of 38 works were selected, among them are monographs, dissertations, theses, articles and books that enabled the production of this study. Such information demonstrates the importance of this type of research, providing scientific bases that may contribute to future studies focused on this topic. Not canceling the need for more work to be done to provide more and more new information and updates focused on content that is little discussed and studied.

**Keywords:** Endoreduplication. Endopolyploids. Polyploidization. Ploidy Level. Genome.



## 1. INTRODUÇÃO

A endopoliploidia é um processo de poliploidização somática que ocorre durante o ciclo celular, onde as células somáticas estão em divisão, passando por vários ciclos, sem passar pelo processo de citocinese durante a mitose, produzindo células endopoliploides (PACEY; MAHERALI; HUSBAND, 2020).

Durante o processo de endopoliploidia as células aumentam seu número de cópias de genes, e automaticamente o metabolismo celular também aumenta, acelerando os processos biológicos do organismo (BAROW, 2006), sendo eles crescimento e desenvolvimento celular (REIS, 2013). Esse tipo de ploidia se expressa em diversas espécies e tecidos em diferentes estágio de desenvolvimento do organismo (BAROW, 2006).

A endopoliploidia pode ser encontrada em diversas espécies de plantas, como orchidaceae, milho, girassol, tomate, *Arabidopsis* e em insetos e mamíferos (YANG; LOH, 2004), também pode ser encontrados em diversos tipos de células, especialmente nas células que estão sofrendo divisões (LARKINS et al., 2001) e se expressar de diferentes formas e padrões ocorrendo sumultâneamente com a maturação e/ou envelhecimento (SABELLI; LARKINS, 2009).

Embora poucos trabalhos tenham enfoque voltado para a endopoliploidia o tema faz se necessário. O presente trabalho tem como objetivo fornecer uma revisão de literatura, tendo como finalidade auxiliar os leitores na obtenção de informações para estudos futuros voltados para endopoliploidia.

## 2. METODOLOGIA

O presente trabalho trata-se de uma revisão de literatura, tendo como finalidade auxiliar os leitores na obtenção de informações para estudos futuros voltados para endopoliploidia, sendo possível identificar, classificar e descrever a mesma. Foram realizadas pesquisas em banco de dados eletrônicos em busca de artigos, monografias, dissertações, teses, e livros voltados para o assunto em questão, nos idiomas português e inglês, sem definir o tempo de publicação dos trabalhos em questão. Foram selecionados um total de 38 trabalhos, entre eles se encontram monografias, dissertações, teses, artigos e livros que possibilitaram a produção desse estudo.



### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1. ENDOPOLIPLOIDIA

A endopoliploidia é um fenômeno natural gerada por meio da endorreduplicação, um processo que ocorre quando a replicação do DNA mitótico em células somáticas e interrompida não havendo divisão celular (MASONBRINK et al., 2013), ou seja, o núcleo das células passam por vários ciclos de síntese de DNA sem que ocorra citocinese durante o processo de mitose, gerando células endopoliploides (PACEY; MAHERALI; HUSBAND, 2020).

A endorreduplicação ocorre na diferenciação celular, em tecidos vegetativos especializados (LEE et al., 2010), pode variar em dois níveis distintos de ploidia celular, poliploidia somática ou endopoliploidia. A endopoliploidia é o método de poliploidização celular com ocorrência em 90% das angiospermas (D'AMATO, 1984) e algas, e ausente em gimnospermas (MALUSZYNSKA; KOLANO; SAS-NOWOSIELSKA, 2013). Segundo Yang e Loh (2004) em sua revisão, a endopoliploidia em diversas espécies é regulada pelo desenvolvimento celular, sendo cada vez mais encontrada em plantas, como orchidaceae, milho, girassol, tomate, *Arabidopsis* e em insetos e mamíferos.

A endopoliploidia também pode ser encontrados em diversos tipos de células, especialmente nas células que estão sofrendo divisões (LARKINS et al., 2001), a mesma pode ser expressa em diferentes padrões e em diferentes tecidos de vários gêneros de orquídeas, ocorrendo simultaneamente com a maturação e/ou envelhecimento (SABELLI; LARKINS, 2009).

Há diversos trabalhos que relatam a endopoliploidia em diversas células e tecidos de diferentes gêneros de Orchidaceae: *Cymbidium* (FUKAI et al., 2002), *Vanda* (LIM; LOH, 2003), *Polystachya* (RUPP et al., 2010), *Spathoglottis* (YANG; LOH, 2004), *Vanilla* (LEPERS-ANDRZEJEWSKI et al., 2011), *Cattleya*, *Dendrobium*, *Doritanopsis*, *Oncidium*, *Phalaenopsis* (VILCHERREZ-ATOCHE et al., 2022).

A endopoliploidia pode se expressa durante a germinação de sementes (BINO et al., 1993), em folhas (SMULDERS et al., 1994), células germinativas (KUDO; KIMARA, 2001), flores, frutos ou tecidos da semente como pericarpo (BERGERVO et al., 1996), endosperma de milho (KOWLES et al., 1997) entre outros.

O tamanho do genoma tem relação direta com a endopoliploidia. Espécies com genomas pequenos tendem a demonstrar altos níveis de endopoliploidia, enquanto espécies com genomas grandes apresentam pouca ou nenhuma endopoliploidia (BAINARD et al., 2012). Alguns fatores ambientais vem sendo sugeridos como forma de influência para a endopoliploidização em plantas sendo elas a luz (KINOSHITA et al., 2008), seca (SETTER; FLANNIGAN, 2001), temperatura (JOVTCHEV et al., 2007; LEE et al., 2007) e a salinidade (CECCARELLI et al., 2006)

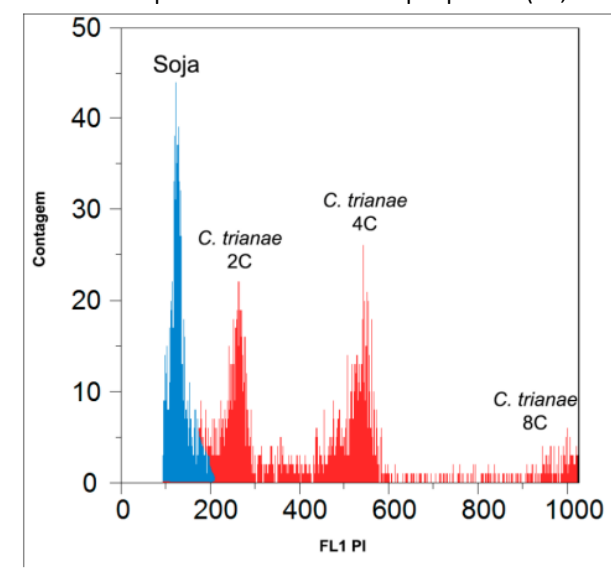
De acordo com alguns trabalhos analisados foi possível observar que a frequência da endopoliploidia varia de acordo com os níveis auxinas, citocinina, ácido abscísico, giberélico (VALENTE et al., 1998; LARKINS et al., 2001; VICHATO et al., 2006) e naftalacético (LIM; LOH, 2003). Para Frank e Schmülling (1999) hormônios de crescimento afetam diretamente a expressão de genes que tem papel de regular o ciclo celular.

O nível em que a ploidia se expressa em um indivíduo pode variar de acordo com a espécie, órgão e tecido (LUCENA, 2010). Um aumento nesse nível possibilita o aumento do metabolismo e da redundância de genes, acelerando o crescimento e suas funções (BAROW, 2006). Um vez que em um mesmo órgão como por exemplo em folhas o gradiente do nível de endopoliploidia pode ser mais elevado no ápice do que na base da folha, ou seja, ocorre uma variação do nível de ploidia ao longo da células analisada, variando de acordo com o tamanho do genoma da espécie, ambiente e hormonas vegetais (DOLEZEL et al., 2007)

Esse nível de ploidia pode ser determinado a partir da contagem do número de cromossomos em células, seja ela mitótica ou meiótica (VILLA, 1995). A citometria de fluxo é um dos métodos tradicionais para determinar o número de cromossomos presentes, sendo muito eficiente em casos de endopoliploidia (RIBEIRO, 2015). Essa técnica utiliza diferentes níveis de fluorescência liberados por núcleos celulares que são isolados e corados com fluorocromos de DNA (SUDA et al., 2007). Exemplo de citometria de fluxo figura 1.



Figura 1 - Histograma obtido em análise por citometria de fluxo. Tamanho do genoma de *Cattleya trianae* com múltiplos derivados de endopoliploidia (2C, 4C e 8C).



Fonte: SOUZA, 2015.

Como exemplo podemos citar a *Beta vulgaris* (beterraba), na qual passou por avaliações morfológicas, das folhas, raízes e estruturas reprodutivas, todos órgãos e tecidos, com exceção da lâmina foliar, pela bráctea da flor e da inflorescência, apresentaram células endopoliplóides, células com 32 cromossomos (LUKASZEWSKA; SLIWINSKA, 2007), uma vez que a *B. vulgaris* normalmente apresenta 18 cromossomos diploides  $2n$  (VASCONCELOS et al., 2019).

Como forma de induzir as diferentes poliploidias em plantas, pode ser utilizado a variação somaclonal. A variação somaclonal é caracterizada como uma variabilidade genética espontânea que é produzida durante o cultivo *in vitro* permitindo o aparecimento de indivíduos com material genético diferente da planta matriz, esse processo pode alterar diversas características da planta como por exemplo pigmentação, variação na produção de hormônios, alterações morfológicas e de produção (LARKIN; SCOWCROFT, 1981), modificando o número de cromossomos levando a uma endopoliploidia (JALIGOT et al., 2000).

Em trabalhos de análise estomática de folhas de *Dendrobium nobile* Lindl. foi verificado a presença de endopoliploidia com um alto percentual quando feita a micropropagação *in vitro* por meio de variação somaclonal (JONES; KUEHNLE, 1998). Utilizou-se a citometria de fluxo para quantificar o material genético presente nas folhas, na qual variou entre as folhas maduras (2C, 4C, 8C e 16C) e jovens (2C, 4C e 8C), predominando 8C nas maduras e 2C nas folhas jovens. (JONES; KUEHNLE, 1998).

## 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do exposto essa revisão de literatura teve como base para informação diversos trabalhos científicos no qual apresentavam a endopoliploidia, sendo possível identificar, classificar e caracterizar a mesma. Tais informações demonstram a importância desse tipo de pesquisa, fornecendo bases científicas que poderão contribuir em estudos futuros voltados para o presente tema. Não anulando a necessidade de que mais trabalhos sejam feitos para fornecer cada vez mais novas informações e atualizações voltadas para o conteúdo que é pouco abordado e estudado.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), campus Universitário de Alta Floresta – MT, ao Laboratório de Citogenética e Cultura de Tecidos e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa concedida.

## REFERÊNCIAS

- BAROW M. Endopolyploidy in seed plants. **BioEssays**, v.28, n. 3, p. 271-281, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1002/bies.20371>.
- BAINARD, J. D.; BAINARD, L. D.; HENRY, T. A.; FAZEKAS, A. J.; NEWMASER, S. G. A multivariate analysis of variation in genome size and endoreduplication in angiosperms reveals strong phylogenetic signal and association with phenotypic traits. **New Phytologist**, 196, 1240–1250, 2012. DOI: 10.1111/j.1469-8137.2012.04370.x.
- BERGERVOET, J.; VERHOEVEN, H.; GILISSEN, L.; BINO, R. High amounts of nuclear DNA in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) pericarp. **Plant Science**, v. 116, p.141 – 145, 1996.
- BINO, R.; LANTERI, S.; VERHOEVEN, H.; KRAAK, H. Flow cytometric determination of nuclear replication stages in seed tissues. **Annals of Botany**. v. 72, p.181-187, 1993.
- CECCARELLI, M.; SANTANTONIO, E.; MAEMOTTINI, F. AMZALLAG, G. N.; CIONINI, P. G. Chromosome endoreduplication as a factor of salt adaptation in *Sorghum bicolor*. **Protoplasma**, v.227, p.113–118, 2006.
- D'Amato, F. Role of polyploidy in reproductive organs and tissues. In: B.M. Johri (Ed.) *Embryology of Angiosperms*, Springer-Verlag, New York, p. 519- 566, 1984.



- DOLEZEL, J.; GREILHUBER, J.; SUDA, J. Flow cytometry with plant cells. **Analysis of Genes, Chromosomes and Genomes**, 2007.
- FRANK, M. & SCHMÜLLING, T. Cytokinin cycles cells. **Trends in Plant Sciences, Oxford**, v.4, n.1, p.243–244, 1999.
- FUKAI, S.; HASEGAWA, A.; GOI, M. Polysomaty in Cymbidium. **Hortscience**, v.7, p.1088–1091, 2002.
- JALIGOT, E.; RIVAL, A.; BEULÉ, T.; DUSSERT, S.; VERDEIL, J. L. Somaclonal variation in oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.): the DNA methylation hypothesis. **Plant Cell Reports, New York**, v.19, p. 684–690, 2000.
- JONES, W. E. & KEUHNLE, A. D. Ploidy identification using flow cytometry in tissues of Dendrobium species and cultivars. **Lindleyana**, v.13, p.11–18, 1998.
- JOVTCHEV, G.; BAROW, M.; MEISTER, A.; SCHUBERT, I. Impact of environmental and endogenous factors on endopolyploidization in angiosperms. **Environmental and Experimental Botany**, v.60, p.404–411, 2007.
- KINOSHITA, I.; SANBE, A.; YOKOMURA, E. Difference in light-induced increase in ploidy level and cell size between adaxial and abaxial epidermal pavement cells of *Phaseolus vulgaris* primary leaves. **Journal of Experimental Botany**, v.59, p.1419–1430, 2008.
- KOWLES, R.; YERK, G.; HAAS, K.; PHILLIPS, R. Maternal effects influencing DNA endoreduplication in developing endosperm of *Zea mays*. **Genome**, v.40, p.798 – 805, 1997.
- KUDO, N. & KIMURA, Y. Flow cytometric evidence for endopolyploidization in cabbage (*Brassica oleracea* L.) flowers. **Sexual Plant Reproduction**, v.13, p.279 – 283, 2001.
- LARKIN, P. J. & SCOWCROFT, W. R. Somaclonal variations – a novel source of variability from cell cultures for plant improvement. **Theoretical and Applied Genetics**, v.60, p.547–554, 1981.
- LARKINS, B. A.; DILKES, B. P.; DANTE, R. A.; COELHO, M. C.; WOO, Y. M.; LIU, Y. Investigating the how and whys of DNA endoreduplication. **Journal of Experimental Botany, Oxford**, v.52, n.355, p.183–192, 2001.
- LEE, H. C.; CHEN, Y. J.; MARKHART, A. H.; LIN, T. Y. Temperature effects on systemic endoreduplication in orchid during floral development. **Plant Science**, v. 172, n. 3, p. 588–595, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2006.11.013>.
- LEE, H. O.; DAVIDSON, J. M.; DURONIO, R. J. Endoreduplication: polyploidy with purpose. **Genes Dev**, v.23, p.2461–2477, 2010.



- LEPERS-ANDRZEJEWSKI, S.; SILJAK-YAKOVLEV, S.; BROWN, S. C.; WONG, M.; DRON, M. Diversity and dynamics of plant genome size: an example of polysomaty from a cytogenetic study of *Tahitian Vanilla* (*Vanilla* × *tahitensis*, Orchidaceae). **American Journal of Botany**, v.98, p.986-997, 2011.
- LIM, W. L & LOH, C. S. Endopolyploidy in *Vanda Miss Joaquim* (Orchidaceae). **New Phytologist**, v.159, p.279-287, 2003.
- LUCENA, L. R. F. **Desenvolvimento *in vitro* e imunolocalização de 5-metilcitosina em raízes tuberculadas e não-tuberculadas de *Viguiera arenaria* Baker (Asteraceae)**. 2010. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- LUKASZEWSKA, E.; SLIWINSKA, E. Most organs of sugar-beet (*Beta vulgaris* L.) plants at the vegetative and reproductive stages of development are polysomatic. **Sexual Plant Reproduction**, New York, v. 20, n. 2, p. 99-107, 2007.
- MALUSZYNSKA, J.; KOLANO, B.; SAS-NOWOSIELSKA, H. Endopolyploidy in plants. In: Plant Genome Diversity. **Vienna: Springer**, v. 2, p. 99–119, 2013.
- MASONBRINK, R. E.; FU, S.; HAN, F.; BIRCHLER, J. A. Heritable loss of replication control of a minichromosome derived from the B chromosome of maize. **Genetics**, n.193, p.77-84, 2013.
- PACEY, E. K.; MAHERALI, H.; HUSBAND, B. C. The influence of experimentally induced polyploidy on the relationships between endopolyploidy and plant function in *Arabidopsis thaliana*. **Ecology and Evolution**, v. 10, n. 1, p. 198–216, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1002/ece3.5886>.
- REIS, D. T. N. **Ensaio de poliploidização *in vitro* em vários explantes de tamarilho (*Cyphomandra betacea* (Cav.) Sendt)**. 2013. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Universidade de Coimbra, Coimbra.
- RIBEIRO, Christiane do Vale. **Indução de poliploidia em *Lippia alba* (MILL.) N. E. Br. (Verbenaceae)**. 2015. Dissertação (Mestrado em Genética e Biotecnologia) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora.
- RUPP, B.; SAMUEL, R.; RUSSELL, A.; TEMSCH, E. M.; CHASE, M. W.; LEITCH, I. Genome size in *Polystachya* (Orchidaceae) and its relationships to epidermal characters. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v.163, p.223-233, 2010.
- SABELLI, P. A. & LARKINS, B. A. The contribution of cell cycle regulation to endosperm development. **Sexual Plant Reproduction**, v.22, p.207-219, 2009.





- SETTER, T. L. & FLANNIGAN, B. A. Water deficit inhibits cell division and expression of transcripts involved in cell proliferation and endoreduplication in maize endosperm. **Journal of Experimental Botany**, v.52, p.1401–1408, 2001.
- SMULDERS, M.; RUS-KORTEKAAS, W.; GILISSEN, L. Development of polysomaty during differentiation in diploid and tetraploid tomato (*Lycopersicon esculentum*) plants. *Plant Science Limerick*, v.97, p.53 – 60, 1994.
- SOUZA, B. C. Q. **Diversidade da heterocromatina na subtribo laeliinae (epidendroideae: orchidaceae), com ênfase no gênero *Cattleya* Lindl.** 2015. Tese (Doutorado em Agronomia do Centro de Ciências Agrárias) – Universidade Federal da Paraíba, Areia.
- SUDA, J.; KRON, P.; HUSBAND, B. C.; TRAVNICEK, P. Flow Cytometry and Ploidy: Applications in plants systematics, ecology and evolutionay biology. In: DOLEZEL, J.; GREILHUBER, J.; SUDA, J. (org.). *Flow cytometry with plant cells: Analysis of Genes, Chromosomes and Genomes*. Weinheim: John Wiley & Sons, 2007. p.103. DOI: <https://doi.org/10.1002/9783527610921.ch5>.
- VALENTE, P.; TAO, W.; VERBELEN, J. P. Auxins and cytokinins control DNA endoreduplication and reduplication in single cells of tobacco. **Plant Science, Limerick**, v.134, n.1, p.207–215, 1998.
- VASCONCELOS, M. J. V.; SOUSA, I. R. P.; FIGUEIREDO, J. E. F. Melhoria Reverso: Princípios e Aplicações. 2019. 23p. (EMBRAPA MILHO E SORGO. Documento 239).
- VILLA, V. B. Análise citomorfoanatômica e eletroforética de híbridos de *Solanum tuberosum* L. X (*Solanum tuberosum* L. X *Solanum chacoense* Bitt). 1995. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- Yang, M.; Loh, C. S. Endopoliploidia sistêmica no desenvolvimento de *Spathoglottis plicata* (Orchidaceae). **BMC Biologia celular**, v.5, n.33, 2004. <https://doi.org/10.1186/1471-2121-5-33>.





**AMPLLA**  
EDITORIA



9 786553 810907