

# MEIO AMBIENTE E CIÊNCIAS AGRÁRIAS

DESAFIOS E SOLUÇÕES PARA UM FUTURO SUSTENTÁVEL



**Organizadores**  
Higor Costa de Brito  
Isabel Lausanne Fontgalland



**AMPLLA**  
EDITORA

# MEIO AMBIENTE E CIÊNCIAS AGRÁRIAS

DESAFIOS E SOLUÇÕES PARA UM FUTURO SUSTENTÁVEL



**Organizadores**  
Higor Costa de Brito  
Isabel Lausanne Fontgalland



**AMPLLA**  
EDITORA



**2024 - Editora Ampla**

**Copyright** © Editora Ampla

**Editor Chefe:** Leonardo Pereira Tavares

**Design da Capa:** Editora Ampla

**Diagramação:** Juliana Ferreira

**Meio ambiente e ciências agrárias: desafios e soluções para um futuro sustentável** está licenciado sob CC BY 4.0.



Essa licença permite que outros remixem, adaptem e desenvolvam seu trabalho para fins não comerciais e, embora os novos trabalhos devam ser creditados e não possam ser usados para fins comerciais, os usuários não precisam licenciar esses trabalhos derivados sob os mesmos termos. O conteúdo da obra e sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores e não representam a posição oficial da Ampla Editora. O download e o compartilhamento da obra são permitidos, desde que os autores sejam reconhecidos. Todos os direitos desta edição foram cedidos à Ampla Editora.

**ISBN:** 978-65-5381-176-8

**DOI:** 10.51859/ampla.mac3468-0

**Editora Ampla**

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



2024

# CONSELHO EDITORIAL

Alexander Josef Sá Tobias da Costa – Universidade do Estado do Rio de Janeiro  
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  
Denilson Paulo Souza dos Santos – Universidade Estadual Paulista  
Denise Barguil Nepomuceno – Universidade Federal de Minas Gerais  
Dinara das Graças Carvalho Costa – Universidade Estadual da Paraíba  
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  
Hugo José Coelho Corrêa de Azevedo – Fundação Oswaldo Cruz  
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  
Lisiane Silva das Neves – Universidade Federal do Rio Grande  
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  
Maria José de Holanda Leite – Universidade Federal de Alagoas  
Marina Magalhães de Morais – Universidade Federal do Amazonas  
Mário César de Oliveira – Universidade Federal de Uberlândia  
Michele Antunes – Universidade Feevale  
Michele Aparecida Cerqueira Rodrigues – Logos University International  
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 Leoni Gonçalves Bastos – Universidade Federal do Ceará  
Rodrigo da Rosa Pereira – Universidade Federal do Rio Grande  
Rubia Katia Azevedo Montenegro – Universidade Estadual Vale do Acaraú  
Sabrynna Brito Oliveira – Universidade Federal de Minas Gerais  
Samuel Miranda Mattos – Universidade Estadual do Ceará  
Selma Maria da Silva Andrade – Universidade Norte do Paraná  
Shirley Santos Nascimento – Universidade Estadual Do Sudoeste Da Bahia  
Silvana Carloto 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  
Tiago Silveira Machado – Universidade de Pernambuco  
Virgínia Maia de Araújo Oliveira – Instituto Federal da Paraíba  
Virgínia 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  
William Roslindo Paranhos – Universidade Federal de Santa Catarina  
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

2024 - Editora Ampla

Copyright © Editora Ampla

Editor Chefe: Leonardo Pereira Tavares

Design da Capa: Editora Ampla

Diagramação: Juliana Ferreira

**Catálogo na publicação**  
**Elaborada por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166**

M514

Meio ambiente e ciências agrárias: desafios e soluções para um futuro sustentável / Organizadores Higor Costa de Brito, Isabel Lausanne Fontgalland. – Campina Grande/PB: Ampla, 2024.

(Meio ambiente e ciências agrárias, V. 1)

Livro em PDF

ISBN 978-65-5381-176-8

DOI 10.51859/ampla.mac3468-0

1. Meio ambiente. 2. Ciências agrárias. 3. Sustentabilidade. 4. Ciências exatas. I. Brito, Higor Costa de (Organizador). II. Fontgalland, Isabel Lausanne (Organizadora). III. Título.

CDD 577

Índice para catálogo sistemático

I. Meio ambiente

*Publicado em: 30/12/2023.*

**Editora Ampla**  
Campina Grande – PB – Brasil  
contato@amplaeditora.com.br  
www.amplaeditora.com.br

# PREFÁCIO

O livro "Meio ambiente e ciências agrárias: desafios e soluções para um futuro sustentável" apresenta uma análise abrangente e detalhada das questões críticas na interseção entre o meio ambiente e as ciências agrárias. Através de seus trinta capítulos, a obra aborda uma diversidade de temas, refletindo a multiplicidade de desafios e oportunidades presentes no campo da sustentabilidade ambiental e agrícola.

Nos capítulos iniciais, o foco recai sobre a gestão de resíduos e a produção de energia renovável, especialmente através da análise da geração de metano a partir de resíduos alimentares e o uso de reatores anaeróbios. Essa seção destaca a importância de estratégias eficazes para a redução do impacto ambiental associado aos resíduos, além de explorar as potencialidades da bioenergia.

A obra prossegue com estudos sobre a produção agrícola, como é o caso dos capítulos dedicados ao cultivo de café. Estes segmentos examinam os métodos para aprimorar a qualidade do café, incluindo a influência da meliponicultura na produtividade e qualidade dessa cultura.

O livro também se debruça sobre questões de gestão ambiental, como demonstrado pelos estudos de caso sobre aterros sanitários e sua reabilitação. A análise econômica de práticas agropecuárias, exemplificada pelo estudo de terminação de novilhas a pasto, também recebe atenção, ressaltando a necessidade de abordagens econômicas sustentáveis no setor.

Em um escopo mais amplo, a obra contempla temas como desenvolvimento sustentável, geopolítica e neoliberalismo, trazendo à tona a complexa interação entre as políticas ambientais e o manejo dos recursos naturais. Além disso, são discutidas as implicações do uso de agrotóxicos em organismos não-alvos e as estratégias para controle de qualidade em produtos agrícolas, como os queijos.

O monitoramento ambiental, a logística de escoamento da produção agrícola e a viabilidade climática para culturas específicas são outros tópicos relevantes abordados. Estes capítulos sublinham a importância do uso de tecnologias e métodos inovadores para a otimização e sustentabilidade da produção agrícola.

Finalmente, o livro encerra com uma discussão sobre a educação ambiental e seu papel na prevenção de doenças, a utilização de plantas na produção de compostos orgânicos, e a análise de impactos ambientais de atividades agrícolas, como a desertificação.

Este livro é, assim, uma contribuição significativa para acadêmicos, profissionais e todos os interessados na intersecção entre o desenvolvimento humano e a sustentabilidade ambiental.

Higor Brito

*Engenheiro Civil*

*Mestre em Engenharia Civil e Ambiental*



# SUMÁRIO

CAPÍTULO I - AVALIAÇÃO DA GERAÇÃO DE METANO DE RESÍDUOS ALIMENTARES EM REATORES ANAERÓBIOS SEMI-CONTÍNUOS .....	10
CAPÍTULO II - REATORES ANAERÓBIOS: UMA POSSIBILIDADE PARA O TRATAMENTO DE EFLUENTES E GERAÇÃO DE BIOGÁS .....	37
CAPÍTULO III - CAFÉ ALÉM DA XÍCARA: UMA SÍNTESE DOS PRINCIPAIS ASPECTOS PARA OBTENÇÃO DE CAFÉS DE QUALIDADE SUPERIOR .....	50
CAPÍTULO IV - MELIPONICULTURA COMO FERRAMENTA PARA AUMENTAR A PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DO CAFÉ .....	65
CAPÍTULO V - DETERMINAÇÃO DE ÁREAS APTAS PARA INSTALAÇÃO DE UM ATERRO SANITÁRIO UTILIZANDO SIG COMO FERRAMENTA - UM ESTUDO DE CASO .....	78
CAPÍTULO VI - TRANSFORMANDO O PASSADO: ESTUDO DE CASO DE REABILITAÇÃO GEDAMBIENTAL NO ATERRO SANITÁRIO DE FRESHKILLS EM NOVA IORQUE (EUA) .....	88
CAPÍTULO VII - ANÁLISE ECONÔMICA DA TERMINAÇÃO DE NOVILHAS A PASTO: UM ESTUDO DE CASO NA REGIÃO DOS CAMPOS DE CIMA DA SERRA DO RIO GRANDE DO SUL .....	103
CAPÍTULO VIII - A IDEOLOGIA DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, NEOLIBERALISMO E GEOPOLÍTICA: DA APROPRIAÇÃO DO DISCURSO AO DOMÍNIO DOS RECURSOS NATURAIS.....	118
CAPÍTULO IX - ORIENTAÇÕES AOS OVINCULTORES PARA USO DO MÉTODO FAMACHA E REALIZAÇÃO DE AVALIAÇÃO DO ESCORE DE CONDIÇÃO CORPORAL EM OVINOS .....	131
CAPÍTULO X - IMPACTOS DO USO DE AGROTÓXICOS EM ORGANISMOS NÃO-ALVOS: UMA REVISÃO .....	140
CAPÍTULO XI - CONTROLE DE QUALIDADE DE QUEIJOS: REVISÃO DE LITERATURA SOBRE A PREVALÊNCIA DE BACTERIAS RESISTENTES .....	148
CAPÍTULO XII - EDUCAÇÃO AMBIENTAL COMO CONTROLE DA LEISHMANIOSE VISCERAL CANINA: REVISÃO.....	161
CAPÍTULO XIII - MONITORAMENTO AMBIENTAL DOS FOCOS DE CALOR NO MUNICÍPIO DE QUIRINÓPOLIS, GOIÁS .....	170
CAPÍTULO XIV - LOGÍSTICA DE ESCOAMENTO DA PRODUÇÃO AGRÍCOLA NO ESTADO DE GOIÁS .....	183
CAPÍTULO XV - VIABILIDADE CLIMÁTICA PARA A PRODUÇÃO DE CITROS NO MUNICÍPIO DE VOTUPORANGA-SP .....	199
CAPÍTULO XVI - A UTILIZAÇÃO DA EICHORNIA CRASSIPES (BARONESA), NA PRODUÇÃO DE COMPOSTOS ORGÂNICOS E BIOSSURFACTANTE.....	209
CAPÍTULO XVII - INFLUÊNCIA DA LUMINOSIDADE NA GERMINAÇÃO EM SEMENTES DE CINCO ESPÉCIES AGRICULTÁVEIS .....	225
CAPÍTULO XVIII - GEORREFERENCIAMENTO DE INFORMAÇÕES APLICADO NA PROPRIEDADE RURAL .....	237
CAPÍTULO XIX - ENERGIA NO MEIO RURAL: UMA ANÁLISE NA PERSPECTIVA DA SUSTENTABILIDADE NO SUDESTE GOIANO ....	254
CAPÍTULO XX - TECENDO CONSIDERAÇÕES SOBRE O DESCARTE DOS RESÍDUOS DE SERVIÇOS DA SAÚDE: UMA BUSCA PELA SUSTENTABILIDADE .....	275
CAPÍTULO XXI - AVALIAÇÃO TÉCNICA DE PULVERIZADORES DE BARRA.....	292

CAPÍTULO XXII - CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DE LODO DE FOSSAS VERDES EM ÁREAS RURAIS DO CEARÁ VISANDO SEU REUSO COMO CONDICIONADOR DE SOLOS .....	299
CAPÍTULO XXIII - MÉTODO BOTANAL APLICADO A QUANTIFICAÇÃO DE BIOMASSA EM FLORESTA OMBRÓFILA MISTA.....	325
CAPÍTULO XXIV - FUNGOS MELANIZADOS: ASPECTOS FISIOLÓGICOS E POTENCIAL PARA DEGRADAÇÃO DE HIDROCARBONETOS.....	344
CAPÍTULO XXV - METODOLOGIAS ATIVAS NO ENSINO DE ECOLOGIA APLICADA AO BIOMA CAATINGA.....	363
CAPÍTULO XVI - DESEMPENHO PRODUTIVO DE CAPRINOS ALIMENTADOS COM RAÇÃO CONTENDO <i>MIMOSA CAESALPINIFOLIA</i> E <i>ACACIA MEARNSII</i> .....	381
CAPÍTULO XVII - ANÁLISE GEDAMBIENTAL DO SÍTIO COCOS, GRANJEIRO – CE .....	393
CAPÍTULO XVIII - AGRICULTURA REGENERATIVA: PILARES E APLICAÇÕES.....	407
CAPÍTULO XXIX - LIGNINA E AS PLANTAS: A ARTE DA RESILIÊNCIA.....	422
CAPÍTULO XXX - IMPACTOS AMBIENTAIS DAS ATIVIDADES AGRÍCOLAS: A DESERTIFICAÇÃO.....	435

## CAPÍTULO I

# AValiação da Geração de Metano de Resíduos Alimentares em Reatores Anaeróbios Semi-Contínuos

## EVALUATION OF FOOD WASTE METHANE GENERATION IN SEMICONTINUOUS ANAEROBIC REACTORS

DOI: 10.51859/AMPLLA.MAC3468-1

Rebeca Beltrão Valença <sup>1</sup>  
 Liliana Andréa dos Santos <sup>2</sup>  
 Alessandra Lee Barbosa Firmo <sup>3</sup>  
 Walter Barbosa de Farias <sup>4</sup>  
 Sávio Henrique de Barros Holanda <sup>5</sup>  
 Ericka Patrícia Lima de Brito <sup>6</sup>  
 André Felipe de Melo Sales Santos <sup>7</sup>  
 José Fernando Thomé Jucá <sup>8</sup>

<sup>1</sup> Mestre em Engenharia Civil. Universidade Federal de Pernambuco – UFPE

<sup>2</sup> Doutora em engenharia Civil. Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE

<sup>3</sup> Professora Doutora. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco, Campus Recife – IFPE

<sup>4</sup> Graduando em Tecnologia Ambiental. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco, Campus Recife – IFPE

<sup>5,6</sup> Doutor(a) em engenharia Civil. Universidade Federal de Pernambuco – UFPE

<sup>7</sup> Professor Adjunto do Departamento de Tecnologia Rural. Universidade Federal de Pernambuco – UFRPE

<sup>8</sup> Professor Titular do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental. Universidade de Pernambuco – UFPE

### RESUMO

O Brasil tem um grande desafio na destinação e tratamento dos resíduos produzidos, dos quais 51,4% são orgânicos. A digestão anaeróbia é uma alternativa ao tratamento de resíduos e à geração de metano - gás que pode ser utilizado para energia. O objetivo desta pesquisa foi avaliar a digestão anaeróbia de resíduos alimentares com lodo anaeróbio (industrial e de esgoto) em reatores semicontínuos. Foram utilizados dois reatores piloto (WIS e WSS) de 75L cada, com controle de temperatura a 37°C, agitação a 20 rpm e leitura de pH. Dentre os inóculos estudados, o lodo industrial (SI) mostrou-se mais eficiente em fornecer pH e alcalinidade ao sistema, quando comparado ao lodo de esgoto (SS). WSS contendo inóculo SS tinha um conteúdo volumétrico máximo de 15%

CH<sub>4</sub>; e um volume diário de biogás de 0,044 m<sup>3</sup>. WIS contendo inóculo de IS apresentou conteúdo volumétrico máximo de CH<sub>4</sub> de 86% e volume diário de biogás de 0,102 m<sup>3</sup>. Pode-se concluir que no processo de digestão anaeróbia de resíduos alimentares é mais eficiente a utilização de inóculo industrial com controle de pH, temperatura e agitação, utilizando agente alcalinizante como o bicarbonato de sódio. Este cenário permite a redução de emissão de gases poluentes, redução de resíduos sólidos para aterros e aproveitamento energético por meio de energia limpa.

**Palavras-chave:** Resíduos orgânicos. Biogás. pH. Alcalinidade. Energia.

## ABSTRACT

Brazil has a great challenge in disposal and treatment of produced waste, of which 51.4% are organic. Anaerobic digestion is an alternative to waste treatment and methane generation - gas that can be used for energy. The objective of this research was to evaluate food waste anaerobic digestion with anaerobic sludge (industrial and sewage) in semicontinuous reactors. Two pilot reactors were used (WIS and WSS) of 75L each, with temperature control at 37°C, agitation at 20 rpm and pH reading. Among the inoculum studied industrial sludge (IS) proved to be more efficient in providing both pH and alkalinity to the

system, when compared to sewage sludge (SS). WSS containing SS inoculum had a maximum volumetric content of 15% CH<sub>4</sub>; and a biogas daily volume of 0.044 m<sup>3</sup>. WIS containing IS inoculum presented CH<sub>4</sub> maximum volumetric content of 86%, and biogas daily volume 0.102 m<sup>3</sup>. It can be concluded that in food waste anaerobic digestion process, it is more efficient to use industrial inoculum with pH control, temperature, and agitation, using alkalizing agent such as sodium bicarbonate. This scenario allows reduction of polluting gases emissions, reduction of solid waste to landfills and energy utilization through clean energy.

**Keywords:** Organic Waste. Biogas. pH. Alkalinity. Energy.

## 1. INTRODUCTION

Due to exponential waste generation growth, solid waste disposal and treatment is an important challenge for Brazil (ABRELPE, 2016). In 15 years, generation increased from 55 to 78,3 million ton/year (ABRELPE, 2004, ABRELPE, 2016). Of this amount, more than half of waste is organic biodegradable, which includes food waste (IPEA, 2012).

Restaurants generate a lot of organic waste from both preparation and meal leftovers. These sites are easier to manage for waste recovery, as there is not much mixing with various other types of waste. Consumption sector accounts for 28% of food waste; one of the largest waste sectors in Latin America (FAO, 2014).

Waste should be disposed in composting systems or anaerobic digestion (BRASIL, 2010). There is great potential for growth for this type of anaerobic digestion technology, not only for energy generation, but also for greenhouse gases reduction in atmosphere, since methane burning and transformation into CO<sub>2</sub> and water occurs, making it 21 times less polluting (MATA-ALVAREZ et al., 2000; DEUBLEIN; STEINHAUSER, 2008). Among the types of energy production through biomass, formation of rich-in-methane biogas through anaerobic digestion is considered one of the most suitable for the environment (ANEEL, 2008). Biomass energy production occupies the third place in Brazilian energy matrix, with urban solid waste accounting for only 1% of biogas generation group (ANEEL, 2017).



This gas is predominantly composed of CH<sub>4</sub> and CO<sub>2</sub> through decomposition, in anaerobic medium, of methanogenic bacteria (TCHOBANOGLIOUS et al., 1993; DEUBLEIN; STEINHAUSER, 2008). Methane gas has calorific power of 9.97 kWh/m<sup>3</sup> and 8600 kcal/Nm<sup>3</sup>, being attractive for energy utilization (CHERNICHARO, 1997; DEUBLEIN; STEINHAUSER, 2008). It is possible to generate electric or thermal energy through methane burning and storing it for use according to demand (BELO HORIZONTE 2015; BRAZIL, 2015). This gas can be used for purposes that require less pretreatment, such as fuel in cooking stoves or for purposes that require further purification, such as in vehicular use (MACIEL, 2009).

Organic food waste is a very energetic fraction of urban solid waste, from which high methane values are expected (TCHOBANOGLIOUS et al., 1993; LABATUT et al., 2011; VALENÇA et al., 2021). This scenario directs this waste recovery to prevent them from being improperly disposed or deposited in landfills unnecessarily, generating costs and large environmental liabilities (IPEA, 2012).

Food waste use with inocula (sewage sludge, manure, vinasse, among others) in anaerobic digestion is very efficient in increasing methane production, since it adds microorganisms and moisture to the system (BIDONE; POVINELLI, 1999; PROSAB, 2003; LISBON, LANSING, 2013).

In the light of the topic, the current research deals with organic food waste treatment through anaerobic digestion, so that the problem of solid waste treatment causes less impact to the environment and allows economic usufruct. This research aimed to evaluate methane generation performance in intermediate scale during start-up phase, with analysis of the influence of stopping agitation and temperature drop in methane generation performance.

## 2. MATERIAL AND METHODS

### 2.1. COLLECTION AND PREPARATION OF FOOD WASTE AND ANAEROBIC SLUDGE

The University Restaurant is located at the Federal University of Pernambuco, in Recife city, Pernambuco. The building has a maximum capacity of 550 people seated. This place serves 300 breakfasts, 3200 lunches and 1600 dinners daily. In 2016, there

was an average of 148 kg of organic food waste in the cafeteria per day, representing approximately 6.5% of the produced food. A total of 55 kg of waste was collected from the refectory, containing, predominantly, beans, rice, sausage, and watermelon peels. These residues were taken to the Environmental Geotechnics Laboratory of Solid Waste Group of Civil Engineering Department at UFPE (GRS); then mixed and quartered to obtain significant samples according to methodology suggested by NBR 10.007 (ABNT, 2004). Waste preparation was carried out following the standard NBR 10.007 (ABNT, 2004) and Angelidaki et al. (2009) methodologies.

For waste storage, quartering resultant sample was comminuted in a blender to reduce particle size and optimize anaerobic digestion process. Crushed waste was separated into sealed plastic bags, each containing a total of 620 g of wet residue: exact amount to feed reactors. These bags were stored following the standard NBR 10.007 (ABNT, 2004).

This study used two anaerobic inoculants: industrial granular sludge and flocculent sludge. The industrial sludge (IS) was collected from a UASB reactor (1000 m<sup>3</sup>), which generates biogas from vinasse, installed in a full-scale unit installed in Vitória de Santo Antão, Pernambuco. Flocculant anaerobic sewage sludge (SS) was collected from a UASB reactor used for sewage treatment in Recife, Pernambuco. Collections were carried out following the parameters recommended by NBR 10.007: 2004 (ABNT, 2004). Sludge was stored in sealed polyethylene bottles of five liters at 4°C, as recommended by NBR 10.007 (ABNT, 2004).

## 2.2. CHARACTERIZATION OF FOOD WASTE AND ANAEROBIC AND SLUDGE

Food waste and anaerobic sludge samples used in the experiments were characterized by potential of hydrogen (pH), total alkalinity (TA), volatile fatty acids (VFA), moisture content, total solids, fixed solids, volatile solids, elemental analysis. Specific methanogenic activity (MEA) test was performed in AMPTS II Equipment, according with Florencio (1994) and Field et al. (1988) methodologies, for the studied inocula (anaerobic sludge). In this test, substrate solution was acetic acid acetate, with initial concentration of 2.0 gCOD/L (medium) as recommended by Field et al. (1988) for agitated systems 2.0-4.0 gCOD/L).

Total alkalinity and fatty acids were measured based on the Kapp Method, which was recommended by Nunes et al. (2015). Moisture was determined according to WHO (1978) methodology. The assay for series of solids was based on APHA; AWWA & WEF (1998) and WHO (1978). Elemental analysis was performed with CE INSTRUMENTS EA 1110 equipment. All analyzes were performed in triplicate for more reliable results in heterogeneous samples.

### 2.3. INTERMEDIATE SCALE ANAEROBIC REACTORS: CHARACTERISTICS AND OPERATION

A CSTR (continuous stirred-tank reactor) reactor was used, however in this experiment we opted for a semi continuous feed (sequential batch). Two pilot reactors were used (Figure 1). Each reactor with a useful volume of 75 liters has a vertical cylindrical shape with a diameter of 400 mm and a height of 600 mm, made in AISI 304 stainless steel.

In upper part, they have flanged flat flange cover, stainless steel Bourdon type manometer and watertight type feed chamber, which has a ball valve for gas injection and produced gas purge. Attached to the lid is a shaker assembly provided with a motor with a single-phase motor, with output rotation of 20 rpm, shaft and agitating vanes in stainless steel AISI 304 and a polytetrafluoroethylene bottom bearing. The reactors have specific pH sensor for high pressure and PT-100 sensor for temperature measurement.

The reactors were submitted to seal test, to ensure that there was no gas inlet or outlet during the experiment. Both were considered fit since there was no gas loss in the test.

Sludge volume used was based on Forster-Carneiro et al. (2008) and De Amorim (2012) methodology, who used 30% of the reactor volume as the best result in organic waste digestion. Sixty liters of useful volume was considered, maintaining a headspace of 20% of reactor total volume.

One of the reactors was tested with organic food waste scenario and IS as inoculum (WIS). The other was tested with the same food waste and SS as inoculum (WSS).

Figure 1 – Anaerobic semi-continuous reactor



Fonte: Own authorship.

On the first day of experiment, only the inocula were added to the two reactors to have a better microorganism acclimation. This is recommended for 2 to 5 days without substrate addition for organic load present in the inoculum to be consumed (Angelidaki et al., 2009).

As in digesters there should not be a concentration in total solid medium of more than 8%, IS (TS = 10.66%) required water addition to maintain this adequate parameter. As SS did not have TS above 8% (TS = 5.47%), its crude volume of 30% was maintained. Thus, 18 liters of crude sludge was added into WSS and 13 liters of crude sludge diluted in 5 liters of water in WIS. After inoculum addition, 99.9% gaseous nitrogen was introduced in each reactor during four minutes at a flow rate of 5 L/min to produce anaerobic condition: ideal medium for Methanogenic Archeas.

After this inoculation period, the reactors were started, adding 620 g of food waste three times a week, with a four-day break, so there was slow digestion and no organic load shock. Crude waster final amount in WIS and WSS reactors was, respectively, 26 kg and 23 kg after 98 days of operation.



To buffer the system in the pilot reactors, sodium bicarbonate was used. As sludge alkalinity (2482,5 mg/L and 743.8 mg/L) is different from each other, different amounts of sodium bicarbonate were used to maintain pH value during digestion.

Table 1 shows the feeding conditions for the reactor to start for 98 days of the experiment. Two different amounts of the buffer element (sodium bicarbonate) were tested. Were realized 42 feeds for WIS and 37 for WSS. At the end of 98-day experiment, the following proportions of each component were obtained (Table 1).

Table 1 – Proportions of each final feed component of pilot reactors.

Reactor	Sludge (mL)	Waste (g)	NaHCO <sub>3</sub> (g)	Water (mL)	Total (mL)*
WIS	13000	26040	384,6	15584	55009
	23.6%	47.3%	0.70%	28.3%	100%
WSS	18000	22940	757.6	14552	56250
	32%	40.8%	1.35%	25.87%	100%

Caption: W= food waste; IS= industrial sludge; SS= sewage sludge.

\*Considering density 1g=1mL.

Fonte: Own authorship.

The feed followed a charge pattern and pauses so as not to overload the reactor. A little- longer pauses were established when there was disturbance to reactor ideal state, such as stopping agitation and their temperature drop. Reactor organic load was higher in the first days of experiment due to lack of pauses in this small interval. However, a load of, approximately, 4.5 kgSSV/m<sup>3</sup>/day was maintained during experiment course.

## 2.4. AGITATION, TEMPERATURE AND PH

Intermediate-scale pilot reactors were maintained under constant agitation at 20 rpm and controlled temperature at 37°C. However, during the 98-day experiment, four times (days 37, 44, 72 and 82) occurred to quench agitation and decrease the temperature to 27°C. This change in the system occurred for a maximum of 24 consecutive hours each day, until the equipment was adjusted, and the control conditions returned to normal (agitation at 20 rpm and temperature at 37°C). According to these episodes, reactor monitoring happened in phases: Phase I, II, and III, as described in Table 2.

Table 2 – Monitoring phases of intermediate-scale pilot reactors.

Phases	*Days (N)	Description
Phase I	0 – 37 (37)	Period before do first episode of stopping agitation and temperature drop.
Phase II	38 – 71 (34)	Period after first episode of stopping agitation and temperature drop.
Phase III	72 – 98 (27)	Period after third episode of stopping agitation and temperature drop.

Caption: W= food waste; IS= industrial sludge; SS= sewage sludge.

\*(N): duration in days of each phase

Fonte: Own authorship.

## 2.5. PH

Measurements of pH were performed daily in each reactor, using Instrutherm model PH-1900 portable digital pH meter, indicated for high pressures.

## 2.6. BIOGAS MONITORING: QUANTITY AND QUALITY

The monitoring of the amount of biogas generated occurred daily by reading the daily pressure measured by each manometer in the reactors.

The biogas volume generated in each reactor was calculated with gas pressure data collected daily. This calculation is based on Ivanova et al. (2008) through headspace volume ( $V_{hs}$  in mL), which causes a pressure increase ( $\Delta P$  in mbar) above atmospheric pressure ( $P_{atm}$  in mbar) as measured by manometer over time.

Due to water vapor pressure ( $P_w$ ) that may influence biogas measurement, the methodology followed by Firmo (2013) was used for the correction of dry gas biogas volume according to CNTP. The formula for this correction was equation 1. Then, equation 2 was applied. T value was 37, referring to constant temperature in experiment.

$$P_w = 0,61121 * e^{17,502.T/(240,97+T)} \quad (\text{Eq.1})$$

$$V'g = Vg * (P_{atm}/1013) * [273,2/(273,2+T)].[1 - (P_w/P_{atm})] \quad (\text{Eq.2})$$

Volume data were corrected for dry gas conditions according to CNTP, using room temperature, ambient pressure, and vapor pressure values. Thus, all biogas volume measurements performed in the experiments were standardized under CNTP conditions.

To standardize biogas interpretation and methane generation in each scenario analyzed, pilot reactor efficiency (Eq. 3) was calculated. Thus, it was possible to compare tested scenarios and to infer the use of these experiments on a larger scale.

$$\text{Yield} = \text{m}^3\text{CH}_4/\text{ton wast}_{\text{add}} \quad (\text{Eq. 3})$$

The composition (volumetric) of the biogas produced was measured daily, after the beginning of the experiment. A Dräger meter model X-am 7000 was used, connecting the reactor gas purge valve directly to the meter. The content of CH<sub>4</sub> (%) and CO<sub>2</sub> (%) was measured in the biogas. The methane volume was calculated by multiplying the percentage of methane to its average volumetric composition (%).

### 3. RESULTS AND DISCUSSION

#### 3.1. CHARACTERIZATION OF FOOD WASTE AND ANAEROBIC SLUDGES

Physical chemical analyzes performed on food waste and the inocula are shown in Table 3. The results of moisture, total solids (TS) and volatile solids (VS) were similar with the literature, being considered favorable for methane production (LIU et al., 2012; KUCZMAN et al. 2018; ZAMANZADEH et al., 2016; SANTOS et al., 2020), and the results obtained in the present study (Table 1).

Table 3 – Physical-chemical characterization of food waste, industrial anaerobic sludge (IS) and anaerobic sewage sludge (SS).

Parameters	Food waste	IS	SS
Moisture (%)	70.8	89.4	94.7
TS (%)	29.1	10.6	5.4
VS (%)	93.8	75.9	56.8
C/N ratio	10.8	6.4	8.9
MEA (gCH <sub>4</sub> -COD/g.SSV.day)	-	0.024	0.001
pH	5.1	7.7	6.6
Total alkalinity (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	128	2482	744

Caption: W= food waste; IS= industrial sludge; SS= sewage sludge.

Fonte: Own authorship.

C/N ratio for organic food waste found in this study was lower than those of Oliveira et al. (2018), Liu et al. (2012) and Kuczman et al. (2018), which would be 13:1, 17:1 and 15:1, respectively. Forster-Carneiro et al. (2008) found higher values, of 37:1. At national level, putrescible organic waste has C/N ratios varying from 20 to 30 (PROSAB, 2003). When this relation is low, as in the work, there is a tendency for ammonia production, inhibiting methanogenesis when in excess (CHERNICARO, 1997; DEUBLEIN; STEINHAUSER, 2008).

In the present work, there was great quantity of meats, which may have decreased C/N ratio since this ingredient has high nitrogen rates. Cho et al. (1995) found that of studied food waste by them, cooked meat had highest nitrogen content, with C/N ratio of 5.09.

Lucena (2016) also worked with organic waste from UFPE's University Restaurant. The waste had 42.38% of carbon and 0.97% of nitrogen, with C/N ratio of 43.69. The author reports large amounts of rice; ingredient with high C/N ratio. This shows waste variability produced in that place, which can be modified according to daily menu.

Through MEA test in the inocula, although the values found were low in relation to those proposed by Angelidaki et al. (2009) (0.1 gCH<sub>4</sub>-COD/gSSV - day for SS and 0.3gCH<sub>4</sub>-COD/gSSV - day for IS), it was possible to verify that IS has more methanogenic microorganisms when compared to SS. Thus, this inoculum is the most relevant and indicated for anaerobic digestion.

On pH variable, it is possible to observe the acid value of food waste, also reported by other authors, who found values in the range of 3.0 to 6.5 (ZAMANZADEH et al., 2016; LI et al., 2017; OLIVEIRA et al., 2018; KUCZMAN et al., 2018; VALENÇA et al., 2021). This substrate acidity makes the digestion and methane generation difficult, as it predisposes to the exit of the ideal medium range for methanogenic Archeas (6.5 - 7.5). The inocula presented neutral pH, helping to increase this variable. Also, food waste obtained a lower alkalinity value when compared to the sludge, demonstrating that the inoculums help in the alkalinity contribution in the medium for anaerobic digestion.

Literature does not recommend that, during anaerobic biodigestion, there is a drop in pH to values below 6.2 (TCHOBANOGLIOUS et al. 1993). In the reactor where pH



was lower than 6.5 during biodigestion, there was a greater trend in organic acid production (CHERNICHARO, 1997; DEUBLEIN; STEINHAUSER, 2008). Thus, pH tended to decrease further, acidifying reactor system that could not be efficiently buffered. This pH decrease may also have influenced sulphatogenesis, a route that competes with methanogenesis, since this condition favors the formation of non-dissociated form of sulphides ( $H_2S$ ), which is considered toxic to the Archaeas (CHERNICHARO, 1997; DEUBLEIN; STEINHAUSER, 2008).

This acidification scenario without alkalization addition was also found by Lopes et al. (2012), which used urban putrescible waste of pH 5.6. The authors verified that waste digestion (without inoculum addition) generated an initial acidification with pH of about 4.0, increasing to a range of 5.5 after 110 days of experiment, but remaining outside the ideal range for methanogens.

Ferreira (2015) observed a decrease of 19% in methane production, in an experiment with daily recharge and addition of anaerobic sludge, bovine rumen and food waste, when there was alkalinity drop and organic load accumulation during the experiment.

Pilot reactors, during start, had a theoretical VFA/TA ratio of less than 0.5. Pilot reactor with food waste and industrial sludge (WIS) had a maximum ratio of 0.30 and the reactor with food waste and sewage sludge (WSS), 0.47. WSS value is slightly higher than that considered suitable for anaerobic digestion, according to Liu et al. (2012), which recommends that this value is between 0.3 and 0.4, so that there is no predisposition to acidification. WIS has the value according to this author. Values used in the two reactors are as recommended by Poggi-Varaldo and Oleszkiewicz (1992) apud Stroot et al. (2001), which determined that the value of 1.0 is the stability limit in an organic waste and sewage sludge digestion, that is, ideal values are below 1.0. They are also within optimal values found by Li et al. (2017), about 0.63. Thus, there is an ability to perform anaerobic digestion in these scenarios, according to literature.

This relation refers only to contribution to the system of alkalinity and VFAs from anaerobic sludge, waste, and sodium bicarbonate. However, during biodegradation, VFAs are produced by acidogenic bacteria and need to be metabolized by acetogenic and methanogenic (CHERNICHARO, 1997). If there is an ideal medium only for

acidogenic ones, there will be accumulation of these acids and damage to the system (VAN HAANDEL; LETTINGA, 1994; CHERNICHARO, 1997). This scenario probably happened in the two pilot reactors (WIS and WSS) in Phases 2 and 3, when agitation was ceased, and temperature dropped.

### 3.2. AGITATION AND TEMPERATURE

Episodes of ceasing agitation and temperature drop were very marked in this experiment, confirming system high sensitivity for methane production. Phase 2 (between episodes) clearly demonstrated abrupt effects of these episodes. According to McCarty (1964) and Deublein and Steinhauser (2008), any modification in ideal medium conditions can decrease methane production, which may take days or months to return to normal/ideal production. As recommended by FNR (2010), to return to reactor ideal functioning, another day of pause (without feed) was added in the reactor feed to facilitate the consumption of excess acids present in the medium. In the experiment, a period of approximately 15 days was verified for the system to return to operation after disturbance.

In the case of this experiment, cessation of agitation may have hindered the transformation of fatty acids and other intermediates by acetogenic bacteria. Mixture provides a uniformity in inoculated materials and provides a better contact between microorganisms and substrate to improve biodegradation process (AQUINO et al., 2007; KRISHANIA, 2012; STRÖMBERG et al., 2014). As there was this cessation during the experiment, there was predisposition to accumulation of VFAs, causing a slight drop in pH in this period.

As for temperature, there was a drop of 10°C in these four moments, reaching 27°C. This value is below what literature recommends for methane production: above 30°C (TCHOBANOGLIOUS et al., 1993; DEUBLEIN; STEINHAUSER, 2008).

Chae et al. (2008) verified that in temperature below 30°C, methane production dropped up to 17%. Van Haandel and Lettinga (1994) also found that below 30°C, each minus degree means 11% of injury relative to digestion maximum rate. Thus, it is possible to infer that there was a tendency to reduce methane production, due to temperature reduction in pilot reactors.

Sudden changes in temperature can cause damage to methanogenic microorganisms, which are quite sensitive, and it is recommended that there be no reduction greater than 2°C (CHERNICHARO, 1997; FNR, 2010). As pilot reactors were affected at 10°C, methanogenic Archeas were impaired.

With the fall in temperature, there is also a tendency for VFAs to accumulate due to the greater sensitivity of methane producing Archeas (Foresti, 1994; FNR, 2010). This was also a consequence of stopping agitation. In this way, the combination of temperature drop and cessation of agitation resulted in accumulation of these acids, which greatly affect methane production

After these four moments of interference in pilot reactors, it was possible to verify a decrease in pH value, the increase in CO<sub>2</sub> concentration in gaseous sample and decrease of methane production after these events, which are indications of system acidification (DEUBLEIN; STEINHAUSER, 2008; FNR, 2010). It was possible to verify the importance of maintaining agitation and temperature ideal for the efficiency of anaerobic digestion.

### 3.3. PH

The pH of the two anaerobic reactors was at 7.31 for WIS and 7.51 for WSS on the first day of experiment, with the addition of the inocula only.

Table 4 – Variations of pH and daily volume of biogas in reactors RL1 and RL2 in the operational phases

Parameter	PHASE I		PHASE II		PHASE III	
	WIS	WSS	WIS	WSS	WIS	WSS
pH average	6.43 ± 0.18	5.21 ± 0.72	6.22 ± 0.37	5.99 ± 0.13	6.63 ± 0.09	6.06 ± 0.02
Biogas average (NmL/d)	43.91 ± 19.43	10.77 ± 7,17	40.22 ± 25.01	11.56 ± 7.28	17.03 ± 7.82	2.56 ± 3.16

Caption: W= food waste; IS= industrial sludge; SS= sewage sludge.

Fonte: Own authorship.

With addition of organic load and hydrolysis phase, a drop in pH was expected, but without values below 6.5 due to alkalinity control submitted to the system. In phase 1, for WIS, it was found that feeds, which lead to increased organic load (green icons), gave the system a drop in pH to values of approximately 6.0. However, with pause of three or four days, the medium was able to react and return to the ideal pH of the system, close to 6.5. Standardized behavior was observed (Figure 2), with decreases in

organic loading and elevations during pause periods. This behavior demonstrates that alkalinity input to the system, based on the best result of BMP reactors, worked satisfactorily in pH control.

In phase 2, due to the cessation of agitation and decrease in temperature, accumulation of VFAs in the system was predisposed, and the chaos generated in the pH control was clear. The pH value of the reactor decreased steadily until 5.63 on day 52, when, from that moment, there was reaction of system in pH increase. The pH value of the reactor constantly decreased to 5.63 on day 52, when, from that moment on, the system reacted to increase the pH. There were 15 days of system damage with this value lower than that recommended in the literature.

System reaction raised pH to 6.87 on day 71 of experiment; a good value for methane generation, within ideal range recommended in the literature. However, in phase 3, there was another episode of cessation of agitation and temperature drop on day 72; a behavior similar phase 2 occurred. The pH drop occurred again, reaching values below 6.5.

These scenarios of pH behavior before cessation of agitation and temperature drop corroborate the information contained in literature. Agitation and temperature control are essential for maintaining pH, to avoid reactor acidification.

WSS did not obtain satisfactory pH control during the experiment (Figure. 2). On the fourth day of experiment, there was an abrupt drop in pH to values close to 4.0. Probably, the occurrence derives from the acidification of inoculum large mass of low alkalinity added and not of the organic load. This pH value generated a lot of damage to the system.

On the 17th day of the experiment, it was possible to progressively perceive pH increase to values close to 6.0, which was maintained until the end of the test.

As for the influence of quenching agitation and temperature drop in the four moments of experiment, there was no significant relationship with pH variation.

Acidification of the two reactors impairs biomethane formation due to methanogenic sensitivity to pH variations and higher fermentation resistance, which further acidify the system (VAN HAANDEL; LETTINGA, 1994). It is not recommended that pH be less than 6.5, so that there is also no stimulus in organic acid production easy

dissolution of the CO<sub>2</sub> in the medium and the release of ions in its ionization. Thus, pH tends to decrease further (CHERNICHARO, 1997; DEUBLEIN; STEINHAUSER, 2008). It is important not only that pH is within the ideal range, but that it remains stable in values not below 6.2 (TCHOBANOGLOUS et al., 1993; DEUBLEIN; STEINHAUSER, 2008).

The two reactors, WIS and WSS, had pH variations. However, the WIS variations were more discrete, damaging, but not irreversibly, the methanogenic ones. WSS, due to the abrupt acidification at the beginning of the experiment, there were irreversible damages to methanogenic microorganisms.

The use of food waste is a challenge for pH control due to high organic loads, that exist for actogen degradation. As these are mandatory hydrogen producers and their reproduction is faster than the methanogenic ones, high organic loads tend to produce enough hydrogen and decrease system pH (FORESTI, 1994). With the increase of organic load during the experiment with the pilot reactors, it was possible to observe that in WIS, pH drop was temporary, being possible to return to ideal range due to satisfactory contribution of alkalinity of the system. In WSS, there was hydrogen accumulation, occurring pH abrupt drop. However, it was not related to the organic intake, but to acidification of the large inoculum mass that could not be buffered.

The drop in methane production is one of the consequences of pH drop. However, this decrease in methane production may not be for zero values, probably due to production through hydrogenotrophic Archeas, which produce methane through only H<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> (VAN HAANDEL; LETTINGA, 1994; CHERNICHARO, 1997). This case probably occurred in WSS, which reached extremely low pH values. However, the highest methane production (70%) is through acetoclastic or acetotrophic methanogens, which occurs through metabolism of acetic acid or methanol, which occurs within pH ideal range (VAN HAANDEL, 1994; CHERNICHARO, 1997).

The decrease in the pH value and the increase in CO<sub>2</sub> concentration in the gaseous sample indicate system acidification (DEUBLEIN; STEINHAUSER, 2008). It was possible to observe in WIS a strong relation between pH drop and methane production; not only in the percentage, but also in the produced volume (Figure 4). The period between days 37 and 52, where there was a pH drop, was also when there was a low

methane volume from the reactor. After this interval, when pH returned to growth, methane production also resumed growth.

As WSS obtained low methane production, the relation with pH was not evident. However, this low production may be justified by the damage to the biological conditions of the bacteria due to the sudden drop in pH as early as the first days of the experiment (Figure 3).

Figure 2 - Daily methane production and pH variations for WIS.

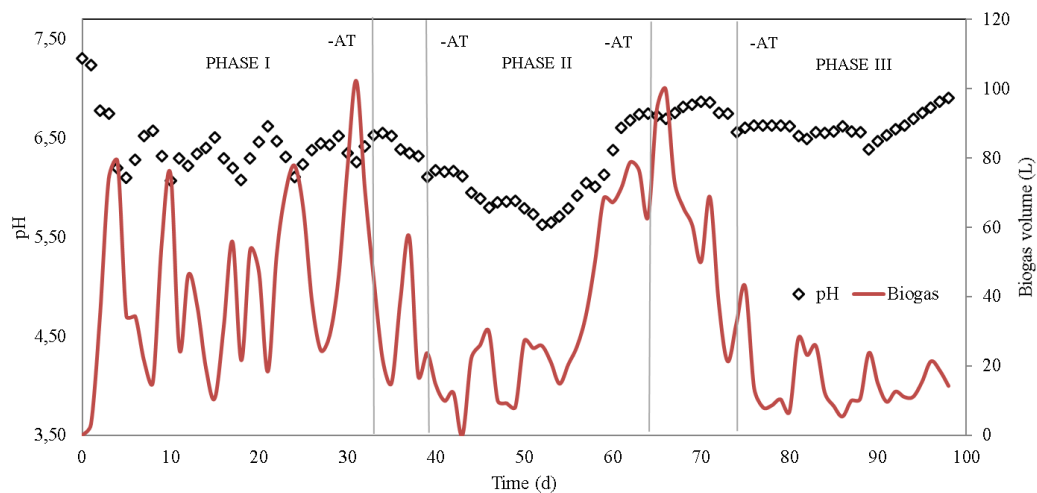
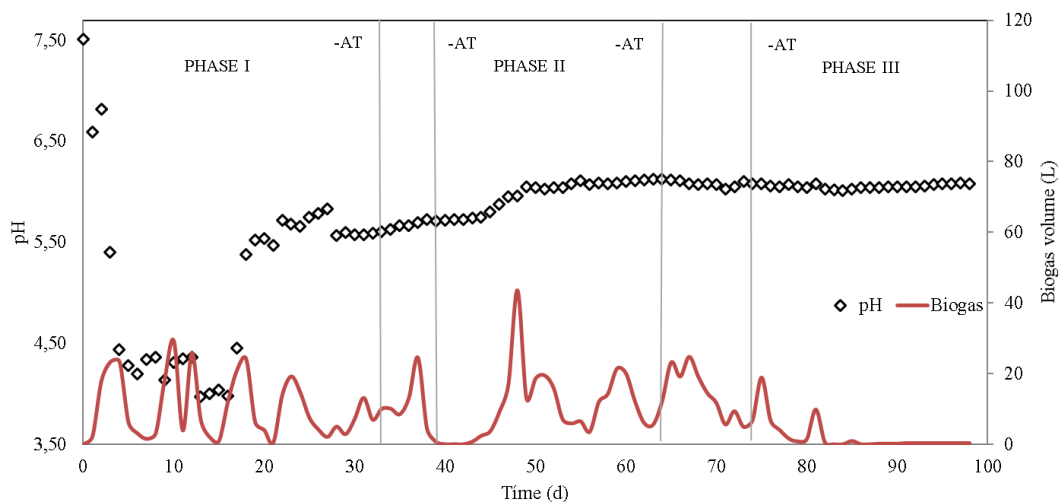


Figure 3 - Daily methane production and pH variations for WSS.



Caption: W= food waste; IS= industrial sludge; SS= sewage sludge.

Source: Own authorship.

### 3.4. METHANE PRODUCTION AND CHARACTERIZATION

It was observed in reactors that, when there was an increase in organic load, biogas generation increased in both, showing that the organic load is important for

biogas generation. After each of the four moments of stopping agitation and temperature drop, it was possible to verify drastic decrease of biogas production for both reactors.

Table 5 – Variations of percentage of methane and Yield in reactors WIS and WSS in the operational phases

	PHASE I		PHASE II		PHASE III	
	WIS	WSS	WIS	WSS	WIS	WSS
Methane (%)	54.48 ±10.93	6.93±3.8 1	52.10±17.9 6	1.08±0.5 0	47.07±7.9 5	0.90±0.0 0
CV	0.20	0.55	0.34	0.46	0.17	0.00
Yield (m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /ton waste)	62.37±16.5 1	3.73±0.8 3	76.46±7.16	2.07±0.2 6	84.80±4.8 9	1.52±0.0 9
CV	0.26	0.22	0.09	0.13	0.06	0.06

Caption: W= food waste; IS= industrial sludge; SS= sewage sludge; CV= coefficient of variation.

Source: Own authorship.

Although WSS showed biogas production, methane percentage present in the gas was quite small, less than recommended in the literature for energy use: above 50% (Tchobanoglous et al., 1993). The highest value demonstrated by WSS was 15% of methane in gas sample, coinciding with the day before pH drop in that reactor. After pH drop, this percentage decreased to almost null values. WIS has demonstrated not only satisfactory results in biogas production, but also a high methane percentage in gas sample.

In Phase 1, there was a constant pattern in methane percentage, with values of 55% after feeds and 65% after pause period. In Phase 2, when agitation stopped and temperature dropped, the great impact on this variable was observed. Similar pH variable, there was an abrupt drop reaching values of less than 30% of methane in gas sample. After day 45, the medium began to react and percentage began to rise, showing 12 days of decreasing detriment and a period of more than 15 days for the reactor to be able to readapt to the previous production in methane concentration. However, in Phase 3, when there was another time to stop the agitation and temperature drop, another sudden drop was detected, to 34%.

WIS obtained higher concentration of methane at day 63, obtaining 86% of methane. This production is higher found by Tchobanoglous et al. (1993), which assumes 60% for organic solid waste in digestion with anaerobic sludge. Forster-Carneiro; Pérez;

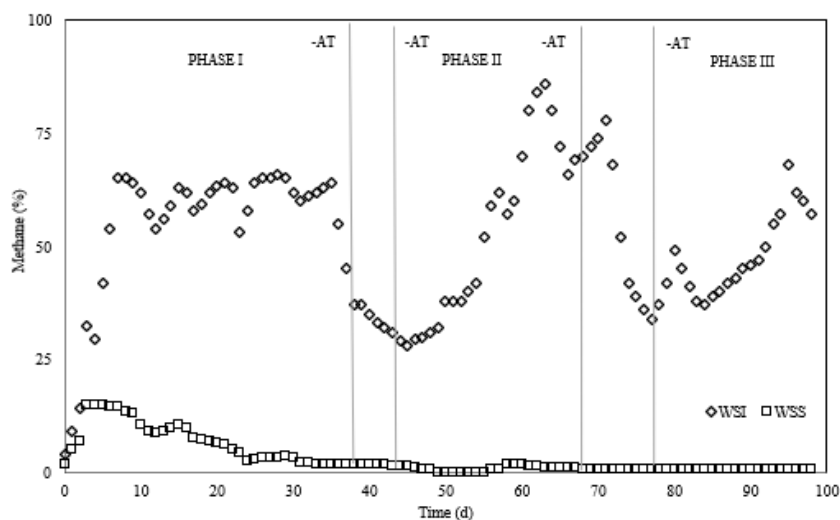


Romero (2008), De Luna et al. (2009), Liu et al. (2012), Firmo (2013), Schirmer et al. (2014) and Valença et al. (2021) found maximum values of methane from the digestion of organic waste with sewage sludge, respectively, of 60%, 68%, 52%, 58.7%, 46.5%, 55% and 37% in gas samples. The value found in the current work from 55 to 86% exceeded the values obtained by these authors. It was a similar result to Crovador (2014), which found maximum percentages of 71 to 89% of methane in the digestion of new putrescible waste from landfill in BMP trials.

Liu et al. (2012) used reactors with food waste from canteen with addition of sewage sludge. It used 50% of food waste, 25% of fruit waste and 25% of sewage sludge. The biodigester produced biogas of up to 58.7% methane.

In both reactors it was possible to observe that the pH value drops directly related to the percentage of methane in the gas sample. When there was a drop in pH, the percentage of methane fell simultaneously.

Figure 4 - Percentage of methane present in the biogas generated in WIS e WSS reactors.



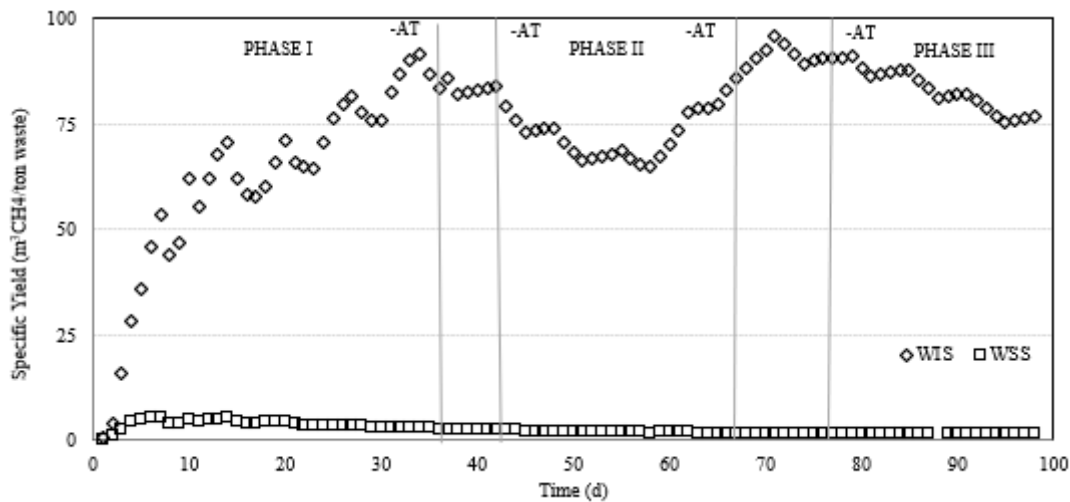
Caption: W= food waste; IS= industrial sludge; SS= sewage sludge

Source: Own authorship.

WIS produced satisfactory results on the daily methane production, with daily pattern production with peaks after feeds and drops during pause periods (Figure 5). In phase 1, daily volume ranged from  $0.007\text{m}^3$  on the 15th day to  $0.061$  on the 31st day. After this peak day, the reactor was in decline for the days of reactor pause and there was cessation of agitation and temperature drop. Thus, in stage 2, there was decrease

in daily production to almost null values. After day 49, the reactor started to react and the daily methane volume increased, reaching 0.068 on day 65 of experiment.

Figure 5 - Specific Yield (methane volume/mass of waste) of WIS and WSS reactors.



Caption: W= food waste; IS= industrial sludge; SS= sewage sludge

Source: Own authorship.

After this peak, feed pause period decreased methane production and did not return to grow at the next reload due to cessation of agitation and temperature drop on day 72.

The cessation of agitation and temperature drop showed an abrupt negative effect on daily generation of methane produced in anaerobic digestion.

During the 98-day experiment, it was possible to obtain approximately  $2\text{m}^3$  of methane in WIS. Already WSS did not produce even  $0.04\text{m}^3$  of this gas.

Reiterating the correlation of pH with methane generation and daily biogas production, it is possible to observe in WIS, in the graph of accumulated methane volume, how coincident was the period of cessation of agitation and temperature drop with the loss in methane production. In WSS, it was not possible to observe this relation due to methane low production during the whole experiment.

In WIS, in the four moments that these episodes occurred, it is possible to perceive that the volume curve of methane tends to stabilize, unlike the other moments of experiment.

In phase 1, there was an upward growth of methane volume, with small slopes of pause period curve. However, with these moments of damage to the reactor, the

curve is close to the horizontal, demonstrating decrease in production. After the perturbations of days 37 and 44, more than ten days were necessary for the curve to rise again.

WIS reactor obtained maximum methane yield of 350.81 mL CH<sub>4</sub>/gVS<sub>added</sub>. WSS yielded a maximum yield of 19.52 mL CH<sub>4</sub>/gVS<sub>added</sub>. WSS reactor was not considered a satisfactory result for the energy utilization. However, WIS obtained good results, similar best results obtained by different authors in food waste anaerobic digestion.

Li et al. (2017) worked with a CSTR reactor with feed of food waste every 15 minutes. For the first seven days, NH<sub>4</sub>HCO<sub>3</sub> was added for pH maintenance. The feed was initially low at 1.30 gVS/L/day and then increased gradually to 42.8 gVS/L/day. In the mesophilic reactor, when there was an organic load of 11.1 gVS/L/day, there was a methane production peak, decreasing after reaching organic load of 16.2 gVS/L/day, accompanied by a marked drop in pH. In thermophilic reactor, tolerance to organic load increase was higher, and there was no drop in pH during the increase. The reactors worked in mesophilic (35°C) and thermophilic (55°C) conditions, verifying that production was higher in thermophilic, reaching 407 mL CH<sub>4</sub>/gVS<sub>added</sub>. The mesophilic reactor reached 350 mL CH<sub>4</sub>/gVS<sub>added</sub>.

Zamanzadeh et al. (2016) worked with highly biodegradable food waste in 10-liter anaerobic reactors. He verified that the digestion obtained values of 480 and 475 mL CH<sub>4</sub>/gVS<sub>added</sub>.

Forster-Carneiro; Pérez; Romero (2008) analyzed 1,1L digesters with residues coming from the restaurant in different proportions of total solids (20%, 25% and 30%). It also tested two proportions of sludge (20% and 30%). The best efficiency was in the reactor that had 20% of total solids and 30% of inoculum, very similar to the filling in the present work, producing 490 mLCH<sub>4</sub>/gVS.

Methane production per ton of WIS food waste increased to 91.40 m<sup>3</sup>/ton during experiment, with small decreases shortly after the feeding days, but returning to growth during pause period (Figure 5). This pattern was interrupted by cessation of agitation and temperature drop on the 37th day of experiment, causing a drop in production in the next 20 days, reaching 64.89m<sup>3</sup> /ton. This reduction is explained previously and directly affected pH value, essential control variable for anaerobic digestion efficiency.

After this disturbance period, it was possible to perceive that the reactor returned to show a growth in methane production per ton of food waste, reaching  $95.63\text{m}^3/\text{ton}$ . However, two other disturbance moments occurred on days 72 and 82, with previous behavior observed again. This situation demonstrated how important the maintenance of temperature and agitation in anaerobic digestion process is.

As can be seen in Figure. 4, production maximum was  $95.63\text{ m}^3$  per ton of food waste. Therefore, since methane gas has calorific value of  $9.97\text{ kWh/m}^3$  or  $8600\text{ kcal/Nm}^3$  (DEUBLEIN; STEINHAUSER, 2008; FNR, 2010),  $953,43\text{ kWh}$  per ton of food waste. Considering energy utilization calculation with a use of 37% (FNR, 2010),  $352.77\text{ kWh}$  per ton of food waste would be produced.

It is known that food waste production from the University Restaurant of UFPE is, on average,  $150\text{ kg}$  per day. With the energetic use of these waste,  $52.92\text{ kWh}$  per day and  $1058,4\text{ kWh}$  could be produced in the month (20 working days). This generated energy can be used by the restaurant itself with the purpose of reducing expenses with electricity consumption. It would also be possible to use this biogas only at peak times, when the cost of grid power is more expensive, or even as fuel gas for cooking stoves.

## 4. CONCLUSIONS

Is a good inoculum for food waste anaerobic digestion. WSS showed good results, being a good scenario for waste treatment for energy recovery. In this way, it is an interesting gas for energy use, because it is produced in quantity with high calorific value. This percentage followed the same behavior of pH and biogas generation variables in relation to the feeds: when there was organic load, there was a decrease in methane percentage in biogas. However, the reactor with sewage inoculum (WSS) did not obtain satisfactory results and it was not recommended. Maintaining pH during anaerobic digestion process is extremely important. All correlations between biogas and methane generation with pH value were coincident: when pH drops below ideal range; biogas and methane generations are impaired.

Organic load increase causes a pH drop to value of approximately 6.0. However, with the pause of three or four days, the medium was able to react and return to ideal pH of the system, close to 6.5. There is a standardized behavior, with drops in the load of organic load and elevations in periods of pause.

In order to maintain this variable stable, besides the addition of alkalinity with sodium bicarbonate, temperature and the agitation were shown to be essential for this control. When there was a lack of control, great losses were noticed in reactor efficiency. Since biogas generation to methane generation have been compromised. In this way, it is essential that there is constant control of agitation and temperature. However, WIS was able to return to its smooth functioning after a period of control, demonstrating that there are losses, but recoverable. This fact confirms the resilience of bacteria and Archaea important for anaerobic digestion.

With methane production obtained from this technology, it would be possible to reduce the amount of material destined to landfills, comply with the National Solid Waste Policy, reduce greenhouse gases, generate carbon credits and energy utilization through clean energy.

## ACKNOWLEDGMENTS

Thanks to Solid Waste Group of the Federal University of Pernambuco and to Facepe and Finep for financial support.

## REFERENCES

- ABNT, 2004. **NBR 10.007**. Amostragem de resíduos sólidos. Rio de Janeiro. Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). **Atlas de energia elétrica do Brasil**. ed. 3. Brasília. 2008.
- Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). **Matriz de Energia Elétrica**. Disponível em <<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/OperacaoCapacidadeBrasil.cfm>> Acesso em: 28.05.2017.
- ANGELIDAKI, I.; ALVES, M.; BOLZONELLA, D.; *et al.* Defining the biomethane potential (BMP) of solid organic wastes and energy crops: a proposed protocol for batch assays. **Water Science and Technology**, v. 59, n. 5, p. 927–934, 2009.
- AQUINO, S. F; SILVA, S. Q; CHERNICHARO, C. A. L. Considerações práticas sobre o teste de demanda química de oxigênio (DQO) aplicado a análise de efluentes anaeróbios. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 11, n. 4, 2006, p. 295-304. 2006.
- ABRELPE, 2004. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2004**. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2004.pdf>> Acesso em: 28.05.2017.

- ABRELPE, 2016. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2016**. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2016.pdf>> Acesso em: 10.11.2017.
- American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA) & Water Environment Federation (WEF). 1998. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. Washington. Estados Unidos. 20ª edição.
- Belo Horizonte. Fundação Estadual do Meio Ambiente. 2015. **Guia técnico ambiental de biogás na agroindústria**.
- BIDONE, F. R. A; POVINELLI, J. **Conceitos básicos de resíduos sólidos**. EESC/USP. Projeto Reenge. São Carlos. São Paulo. 1999.
- BRASIL. Lei Nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. 2010. **Política Nacional de Resíduos Sólidos**.
- CAVALCANTI, P. F. F; VAN HAANDEL, A. **Comparação entre os métodos titrimétricos Kapp e Dilallo para determinação da alcalinidade e AGV**. Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios – Aspectos Metodológicos. Belo Horizonte. 2001.
- CHAE, K. J.; JANG,A; YIM, S. K.; KIM, I. S. The effects of digestion temperature and temperature shock on the biogas yields from the mesophilic anaerobic digestion of swine manure. **Bioresource Technology**. Essex. v. 99. p. 1–6. 2008.
- CHERNICHARO, C. A. L. **Reatores Anaeróbios**. Belo Horizonte. Universidade Federal de Minas Gerais. 1997.
- CHO, J. K.; PARK, S. C.; CHANG, H. N. Biochemical methane potential and solid state anaerobic digestion of korean food wastes. **Bioresource Technology**. Essex. v.52, n.03, p.245-253, 1995. [https://doi.org/10.1016/0960-8524\(95\)00031-9](https://doi.org/10.1016/0960-8524(95)00031-9)
- CROVADOR, M. I. C. **Potencial de geração de biogás a partir da fração orgânica de resíduos sólidos urbanos**. Dissertação (Mestrado em Bioenergia) - Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava. 2014.
- DE AMORIM, V. P. P. **Comissionamento e produção de biogás a partir de vários resíduos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 2012.
- DE LUNA, M. L. D; LEITE, V. D; LOPES, W. S; SOUSA, J. T; SALOMÃO, A. S. Tratamento anaeróbio de resíduos orgânicos com baixa concentração de sólidos. **Revista Engenharia Agrícola**. Jaboticabal, v. 29. n.1, p.113-121. 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162009000100012>

- DEUBLEIN, D.; STEINHAUSER, A. **Biogas from waste and renewable resources: An introduction**. WILEY VCH. Alemanha. 2008.
- FAO. **Pérdida y Desperdicios de alimentos en América Latina y El Caribe**. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2014.
- FIRMO, A. L. B. **Estudo numérico e experimental da geração de biogás a partir da biodegradação de resíduos sólidos urbanos**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 2013.
- FORESTI, E. Fundamentos do processo de digestão anaeróbia. In: Taller y Seminario Latinoamericano “Tratamiento Anaerobio de Aguas Residuales” 3., 1994, Montevideo. **Anais....** Uruguai, p. 97-110. 1994.
- FLORENCIO, L. **The fate of methanol in anaerobic bioreactors**. Tese de Ph.D. em Wageningen Agricultural University. Wageningen. The Netherlands. 1994.
- FIELD, J.; SIERRA, R.; LETTINGA, G. **Ensayos anaerobios**. 4º Seminario de Depuración de Aguas Residuales. Espanha. 1988.
- FORSTER-CARNEIRO, T.; PÉREZ, M.; ROMERO, L. I. Influence of total solid and inoculum contents on performance of anaerobic reactors treating food waste. **Bioresource Technology**. Essex. v. 99. p. 6994-7002. 2008.
- Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR). **Guia Prático do Biogás: Geração e Utilização**. Ministério da Nutrição Agricultura e Defesa do Consumidor da Alemanha. Gülzow, Alemanha. 2010.
- IPEA (Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada). **Diagnóstico dos Resíduos Sólidos Urbanos: Relatório de pesquisa**, 2012.
- IVANOVA, L. K.; RICHARDS, D. J.; SMALLMAN, D. J. The long-term settlement of landfill waste. **Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Waste and Resource Management**, v. 161, n. 3, p. 121–133, 2008.
- KHALID, A.; ARSHAD, M.; ANJUM, M.; MAHMOOD, T.; DAWSON, L. The anaerobic digestion of solid organic waste. **Waste management**, v. 31, n. 8, p. 1737-1744, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2011.03.021>
- KRISHANIA, M; KUMAR, V; VIJAY, V. K; MALIK, A. Analysis of different techniques used for improvement of biomethanation process: A review. **Revista Fuel**. v. 106. p. 1–9. 2013. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2012.12.007>
- KUCZMAN, O.; GUERI, M.V.D.; SOUZA, S.N.M.; SCHIRMER, W.N.; ALVES, H.J.; SECCO, D.;



- BURATTO, W.G.; RIBEIRO, C.B., HERNANDES, F.B. Food waste anaerobic digestion of a popular restaurant in Southern Brazil. **Journal of Cleaner Production**, v. 196, p. 382-389, 2018.
- LABATUT, R. A.; ANGENENT, L. T.; SCOTT, N. R. Biochemical methane potential and biodegradability of complex organic substrates. **Bioresource Technology**. Essex. v. 102. p. 2255–2264. 2011. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2010.10.035>
- LEITE, V. D.; LOPES, W. D.; SOUSA, J. T.; PRASAD, S.; SILVA, S. A. Tratamento anaeróbio de resíduos sólidos orgânicos com alta e baixa concentração de sólidos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.13, n.2, p.190–196. Campina Grande, PB, UAEA/UFCG. 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662009000200013>
- LI, Q; WANG, G; WANG, X. Effects of loading rate and temperature on anaerobic codigestion of food waste and waste activated sludge in a high frequency feeding system, looking in particular at stability and efficiency. **Bioresource Technology**. Essex. v. 237. p. 231–239. 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2017.02.045>
- LISBOA, M. S.; LANSING, S. Characterizing food waste substrates for co-digestion through biochemical methane potential (BMP) experiments. **Waste Management**. Oxford. v. 33. p. 2664–2669. 2013. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2013.09.004>
- LOPES, W.S.; LEITE, V.D.; DE SOUZA, J. T. Avaliação do processo de bioestabilização anaeróbia de resíduos sólidos. In: Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, 17. **Anais...** 2012
- LUCENA, T. V. **Avaliação da geração de biogás sob Diferentes condições de biodegradação de Resíduos alimentares**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 2016.
- MACIEL, F. J. **Geração de Biogás e Energia em Aterro Experimental de Resíduos Sólidos Urbanos**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 2009.
- MATA-ALVAREZ, J; MACÉ, S; LLABRÉS, P. Anaerobic digestion of organic solid wastes: An overview of research achievements and perspectives. **Bioresource Technology**. Essex. v. 74. p. 3-16. 2000. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(00\)00023-7](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(00)00023-7)
- MCCARTY, P. L. **Anaerobic Waste Treatment Fundamentals**. Part one II. Environmental Requirements and Control. p. 123-126. 1964.
- NUNES, A. C. D; AMORIM, M. C; REIS, S. R; TORRES, P. T. T; BARBOSA, P. S; SOUZA, R. M. A. Determinação de AGV pelos métodos Kapp, Dillalo e Dillalo modificado em amostras de efluente de casas de farinha. In: Simpósio Internacional sobre

Gerenciamento de Resíduos Agropecuários e Agroindustriais, 4., **Anais....** Rio de Janeiro: 2015.

OLIVEIRA, L. R. G.; SANTOS FILHO, D. A.; VASCONCELOS, K. C.; LUCENA, T.V.; JUCA, J. F. T.;

SANTOS, A.F.M.S. Methanization potential of anaerobic biodigestion of solid food waste. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, p. 69-73, 2018.

SANTOS, L.A.; VALENÇA, R.B.; SILVA, L.C.S.; HOLANDA, S.H.B.; SILVA, A.F.V.; JUCA, J.F.T.; SANTOS, A.F.M.S. Methane generation potential through anaerobic digestion of fruit waste. **Journal of Cleaner Production**, v. 256, p. 120389, 2020.

Programa de Pesquisas em Saneamento Básico (PROSAB). **Digestão Anaeróbia de Resíduos Orgânicos e Aproveitamento de Biogás**. Coordenador: Cassini, S. T. Rio de Janeiro, 2003.

SCHIRMER, W. N; JUCÁ, J. F. T; SCHULER, A. R. P; HOLANDA, S; JESUS, L. L. Methane production in anaerobic digestion of organic waste from Recife (Brazil) landfill: evaluation in refuse of different ages. **Brazilian Journal of Chemical Engineering**. v. 3. n. 2. p. 373 – 384. 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/0104-6632.20140312s00002468>

SCHNEIDERS, D; SILVA, J. D; TILL, A; LAPA, K. R; PINHEIRO, A. Atividade metanogênica específica (AME) de lodos industriais provenientes do tratamento biológico aeróbio e anaeróbio. **Revista Ambiente & Água: An Interdisciplinary Journal of Applied Science**. v. 8. n.2. p. 135-145. 2013. <http://dx.doi.org/10.4136/ambiente-agua.1098>.

SILVA, G. A; MORAES JR, J. A; ROCHA, E. R. Proposta de procedimento operacional padrão para o teste do Potencial Bioquímico do Metano aplicado a resíduos sólidos urbanos. Nota Técnica. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**. v. 21. n.1. p. 11-16. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-41520201600100134484>

STROOT, P. G.; MCMAHON, K. D.; MACKIE, R. I.; RASKIN, L. Anaerobic codigestion of municipal solid waste and biosolids under various mixing conditions: I. Digester performance. **Water Research**. v. 35. No. 7, p. 1804–1816. 2001. [https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(00\)00439-5](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(00)00439-5)

STRÖMBERG, S.; NISTOR, M.; LIU, J. Towards eliminating systematic errors caused by the experimental conditions in Biochemical Methane Potential (BMP) tests. **Waste Management**. Oxford. v. 34. p, 1939–1948. 2014.

TCHOBANOGLIOUS, G.; THEISEN, H.; VIGIL, S. A. **Integrated solid waste management: engineering principles and management issues**. McGraw-Hill. 1993.

- VALENÇA, R. B.; DOS SANTOS, L. A.; FIRMO, A. L. B., DA SILVA, L. C. S.; DE LUCENA, T. V.; SANTOS, A. F. D. M. S.; JUCÁ, J. F. T. Influence of sodium bicarbonate ( $\text{NaHCO}_3$ ) on the methane generation potential of organic food waste. **Journal of Cleaner Production**, v. 317, p. 128390, 2021.
- VAN HAANDEL, A. C; LETTINGA, G. Tratamento anaeróbio de esgotos: um manual para regiões de clima quente. Paraíba. 1994.
- WHO - International Reference Center for Waste Disposal. **Methods of analysis of sewage sludge solid wastes and compost**. Suíça. 1978.
- ZAMANZADEH, M.; HAGEN, L. H.; SVENSSON, K.; LINJORDET, R.; HORN, S. J. Anaerobic digestion of food waste e effect of recirculation and temperature on performance and microbiology. **Water Research**. v. 96. p. 246-254. 2016.

## CAPÍTULO II

# REATORES ANAERÓBIOS: UMA POSSIBILIDADE PARA O TRATAMENTO DE EFLUENTES E GERAÇÃO DE BIOGÁS

## ANAEROBIC REACTORS: A POSSIBILITY FOR EFFLUENT TREATMENT AND BIOGAS GENERATION

DOI: 10.51859/AMPLLA.MAC3468-2

Ana Lara Araújo Santos <sup>1</sup>Ronaldo Guilherme Santos Lima <sup>2</sup>Carlos Gomes da Silva Júnior <sup>3</sup>José Ítalo Porto Siqueira <sup>4</sup>Zacarias Caetano Vieira <sup>5</sup><sup>1</sup> Mestranda em Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – UFS<sup>2</sup> Mestrando em Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – UFS<sup>3</sup> Graduando em Saneamento Ambiental, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe - *Campus Aracaju*, IFS<sup>4</sup> Mestrando em Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – UFS<sup>5</sup> Mestre em Hidrologia. Professor Efetivo do Departamento de Engenharia Civil. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe, *Campus Aracaju* – IFS

## RESUMO

Bilhões de pessoas no mundo não possuem acesso ao saneamento básico, apesar da sua importância. Ao que concerne o saneamento básico, tem-se o tratamento de esgoto em Estações de Tratamento de este pode ser de princípio aeróbio, anaeróbio ou uma associação entre ambos, no qual, quando analisado o princípio anaeróbio, o principal subproduto da destilação é o biogás, no qual o potencial energético está em função da quantidade de metano contida neste. Portanto, neste estudo, realizou-se uma revisão bibliográfica de 1999 a 2023, sobre os aspectos acerca dos reatores anaeróbios, além de ter sido realizada a estimativa de produção de biogás em reator anaeróbio (UASB) para o município de São Cristóvão no estado de Sergipe, no qual foi obtido a produção real de 419,2 m<sup>3</sup>/dia, fator positivo, tendo em vista o potencial energético do biogás que possibilita a geração de energia elétrica e térmica, demonstrando a importância de estudos sobre estas ferramentas, levando em consideração o crescimento populacional e o avanço da degradação ambiental.

**Palavras-chave:** Saneamento Básico. Energia renovável. Desenvolvimento Sustentável.

## ABSTRACT

Billions of people around the world do not have access to basic sanitation, despite its importance. With regard to basic sanitation, there is sewage treatment in Treatment Stations, which can be of aerobic, anaerobic principle or an association between both, not which, when analyzing the anaerobic principle, the main by-product of this digestion is the biogas, not what the energy potential is depending on the amount of methane contained in it. Therefore, in this study, a bibliographic review was carried out from 1999 to 2023, on aspects related to anaerobic reactors, in addition to an estimate of biogas production in an anaerobic reactor (UASB) for the municipality of São Cristóvão in the state of Sergipe, in which real production of 419.2 m<sup>3</sup>/day was obtained, a positive factor, considering the energy potential of biogas that allows the generation of electrical and thermal energy, demonstrating the importance of studies on these tools, taking into account the population growth and the advancement of environmental management.

**Keywords:** Basic sanitation. Renewable energy. Sustainable development.

## 1. INTRODUÇÃO

Existem no mundo cerca de 2 bilhões de pessoas sem acesso a saneamento básico adequado (WHO, 2023). A preocupação com a compatibilização da preservação dos recursos naturais e o crescimento da população carrega a necessidade da implantação de novas tecnologias referente ao tratamento de efluentes (GEBARA, 2006).

De acordo com von Sperling (2005), a introdução de matéria orgânica em um corpo hídrico resulta indiretamente no consumo do oxigênio dissolvido devido as bactérias decompositoras que, nos processos de estabilização da matéria orgânica, utilizam o oxigênio disponível no meio líquido para a sua respiração, o que gera diversas implicações do ponto de vista ambiental. Ainda, de acordo com Bettioli e Camargo (2006), o tratamento de esgotos e a adequada disposição de seus resíduos são fundamentais para o saneamento ambiental.

Ao que concerne o tratamento de esgoto, este é, na maioria das vezes, realizado em Estações de Tratamento de Esgoto (ETE), as quais podem ser de princípio aeróbio, portanto possuirá microrganismos que necessitam da presença do oxigênio para realização das atividades metabólicas; anaeróbio, cujo os microrganismos não precisam do oxigênio para as atividades metabólicas; ou uma associação entre ambos os princípios (VON SPERLING, 2005).

Dada a necessidade e a importância do tratamento dos efluentes, os sistemas anaeróbios surgiram como alternativa para situações de baixo poder aquisitivo e locais com pequenas áreas disponíveis (ABREU; ZAIAT, 2008). Além de que, essa tecnologia oferece baixa produção de sólidos, que aliados ao clima e às condições ambientais, aceleram o mecanismo de tratamento (JAVAREZ JÚNIOR; PAULA JÚNIOR; GAZZOLA, 2007).

O principal subproduto da digestão anaeróbia é o biogás, sendo este resultante das reações químicas da digestão da matéria orgânica que produz uma grande quantidade de gases. Em virtude da natureza dos processos de decomposição, a mistura gasosa normalmente apresenta concentrações altas de metano (BORGES, 2016), sendo cerca de 70 a 80% (CHERNICHARO, 2007). Ainda, o potencial energético do biogás está

em função da quantidade de metano contida no gás, o que determina o seu poder calorífico (SALOMON; LORA, 2006).

Cabe acentuar que, entre as alternativas anaeróbias para o tratamento de águas residuárias, os tipos mais utilizados de reatores anaeróbios são o filtro anaeróbio e o reator anaeróbio de fluxo ascendente e manta de lodo - UASB (RECESA, 2008), entretanto existem outras, menos convencionais, como os reatores de leito expandido/fluidizado (Campos, 1999), reatores compartimentados de chicanas (CAMPOS, 1999; BARBER; STUCKEY, 1999), entre outros.

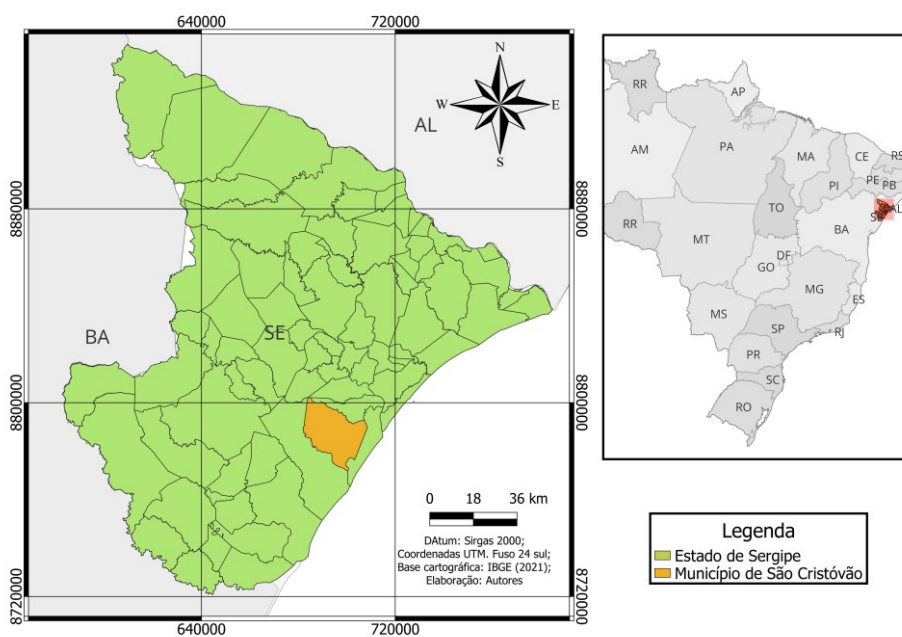
Sendo assim, este estudo tem como objetivo elencar diversos aspectos acerca dos reatores anaeróbios, sendo estes: tipos de reatores anaeróbios, as principais inovações tecnológicas apresentadas pela configuração, e a estimativa de produção de biogás em reator anaeróbio (UASB) para o município de São Cristóvão no estado de Sergipe, a fim de ressaltar a vastidão de possibilidades tecnológicas oferecidas pela configuração.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. ÁREA DE ESTUDO

Segundo informações obtidas no site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2023), o município de São Cristóvão fica localizado no estado de Sergipe (Figura 1) e em 2022, possuía uma população estimada em 95.612 habitantes. Ainda, a área da unidade territorial do estado, em 2022, foi de 438,037 km<sup>2</sup> e a área urbanizada, em 2019, foi de 23,24 km<sup>2</sup>. Quanto a densidade demográfica, está é de aproximadamente 218,27 hab/km<sup>2</sup>.

Figura 01 - Mapa do estado de Sergipe com destaque para a cidade de São Cristóvão.



Fonte: Autoria própria.

## 2.2. METODOLOGIA

Foi realizada uma revisão bibliográfica de 1999 a 2023, sobre os aspectos acerca dos reatores anaeróbios, utilizando as bases de dados como Scielo, Google Acadêmico e livros. Além de que, foi utilizado o *software* ProBio 1.0, a fim de elencar o potencial de produção de biogás em um sistema anaeróbio para a população do município de São Cristóvão, no estado de Sergipe.

## 2.3. ESTIMATIVA DE PRODUÇÃO DE BIOGÁS

O *software* ProBio 1.0 é um programa de estimativa de produção de biogás em UASB (POSSETTI *et al.*, 2015), que pode ser adaptado para outros reatores anaeróbios, e possui como base o modelo matemático proposto por Lobato *et al.* (2012). Quanto aos parâmetros adotados para estimativa da produção de biogás no *software*, foi realizada uma análise detalhada, com parâmetros para o cenário típico, exceto para os parâmetros temperatura e eficiência de remoção de DQO, que foram adotados com base na literatura. A adoção de valores intermediários para os parâmetros e a utilização do cenário típico, ocorreram com o intuito de não condicionar os resultados para condições superestimadas ou subestimadas quanto à produção de biogás. Na tabela 1 estão dispostos os parâmetros de entradas utilizados no *software*.



Tabela 1 – Dados de entrada utilizados no *software* ProBio 1.0 para a estimativa da produção de biogás em reatores UASB.

Parâmetros	Resultados	Referência
População total em 2021 (hab)	92090	SNIS (2021)
População com esgotamento sanitário adequado em 2021 (hab)	26338	SNIS (2021)
Vazão de água (L/hab.dia)	173,2	SNIS (2021)
Coefficiente de retorno	0,8	RECESA (2008)
Vazão de esgoto (L/hab.dia)	138,6	SNIS (2021) e RECESA (2008)
Demanda Química de Oxigênio Afluente (mg/L)	625,0	RECESA (2008)
Temperatura média em São Cristóvão (°C)	25,0	Santos, Sousa e Leite (2022)
Eficiência de remoção de DQO (%)	70	Chernicharo (2007)

Fonte: Autoria própria.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

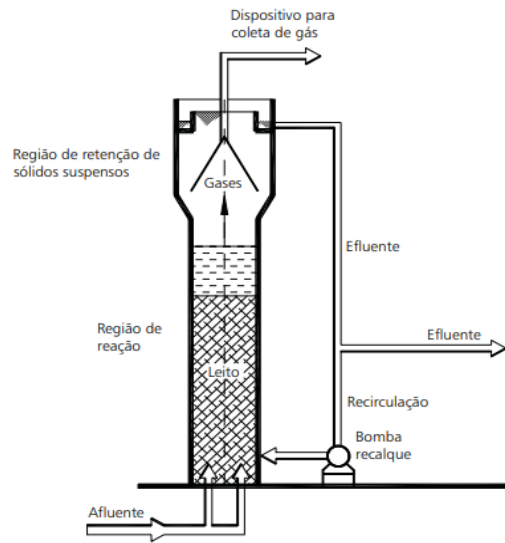
São diversas as alternativas anaeróbias para o tratamento de águas residuárias, sejam elas as mais usuais, como o UASB (RECESA, 2008) e o filtro anaeróbio, ou as pouco convencionais, como o reator compartimentado de chicanas (CAMPOS, 1999; BARBER; STUCKEY, 1999) ou o reator de leito expandido/fluidizado (CAMPOS, 1999). Enfatiza-se que, em todas as soluções, é de suma importância que a eficiência do tratamento das águas residuárias sejam significativas, tendo em vista a sua importância ambiental e social.

#### 3.1. REATORES ANAERÓBIOS

##### 3.1.1. Reator de leito expandido/fluidificado

Campos (1999), afirma que o reator de leito expandido/fluidificado, ilustrado na Figura 2, é constituído por quatro regiões de operação, sendo estas: a região de reação, que é a parte ocupada pelo leito e onde ocorre degradação do substrato; a região de retenção de sólidos suspensos, que evita o carreamento de partículas suspensas no efluente tratado; o dispositivo de coleta de biogás, o qual é instalado na parte superior da região de reação; e o sistema de recirculação de parcela do efluente, que garante flexibilidade e segurança durante a operação do reator, devido a obtenção de velocidade de escoamento ascensional adequada para a expansão/fluidificação.

Figura 2 – Esquemática do reator de leito expandido/fluidificado.



Fonte: Campos (1999).

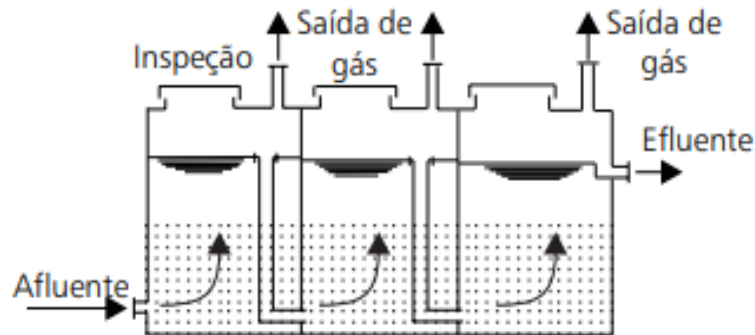
A expansão ou fluidificação do leito ocorre quando se estabelece a velocidade ascendente do escoamento, a qual deve ser controlada para não desagregar o biofilme que reveste o material suporte na zona de reação. Portanto, o reator, inicialmente com leito estático, ao iniciar a alimentação e aumentar a vazão, experimenta um aumento na velocidade ascendente, levando à expansão do leito. Ainda, quando o aumento gradativo da velocidade ascensional ocasiona a condição em que a força peso iguala-se com as forças de empuxo e de arraste, ocorre o fenômeno conhecido como fluidificação (SILVA, 2009).

Este tipo de reator possui diversas vantagens como alta eficiência de remoção devido a biomassa ativa aderida, pequenas áreas de implantação, são evitados problemas como empacotamento, canais preferenciais e retenção de gás, entre outros. Como desvantagem, possui consumo de energia elétrica alto quando comparado com outros reatores anaeróbios mais simples (CAMPOS, 1999).

### 3.1.2. Reator Anaeróbio compartimentado de chicanas

O reator anaeróbio compartimentado de chicanas, ilustrado na Figura 3, é caracterizado por possuir diversas câmaras em série, com chicanas verticais, que ocasionam movimento sequencial de fluxo descendente e ascendente, o que garante maior contato entre a biomassa contida na zona inferior da unidade e as águas residuárias (CHERNICHARO, 2007).

Figura 3 – Esquemática do reator anaeróbio compartimentado de chicanas (compartimentos horizontais).



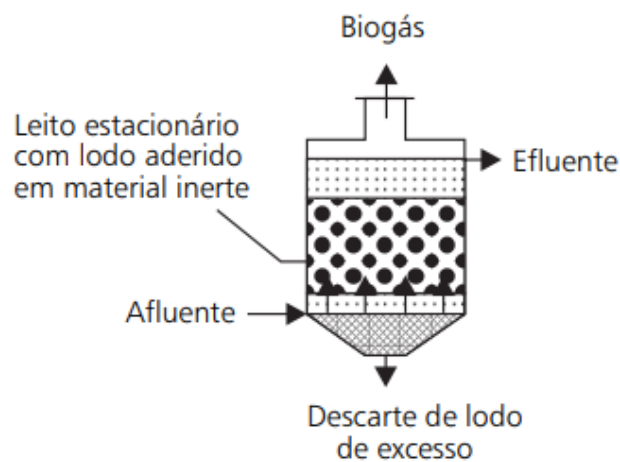
Fonte: Campos (1999).

Campos (1999) relata que este reator é indicado para menores vazões devido ao tempo de detenção hidráulica ser superior a 12 horas. Entretanto, como vantagem, neste reator existe a possibilidade de separar algumas fases da digestão anaeróbia, a qual favorece a formação de metano termodinamicamente.

### 3.1.3. Filtro Anaeróbio

Conforme Campos (1999), o filtro anaeróbio, ilustrado na Figura 4, possui parte do volume preenchido por material inerte, que serve como suporte para os microrganismos, que formam o biofilme na superfície do material de enchimento. Sendo assim, o fluxo hidráulico acontece nos interstícios do leito, no qual ocorrem as reações químicas com a passagem do esgoto que contém matéria orgânica, ainda, o filtro pode ser de fluxo ascendente ou descendente, sendo o primeiro mais utilizado.

Figura 4 – Esquemática do filtro anaeróbio.



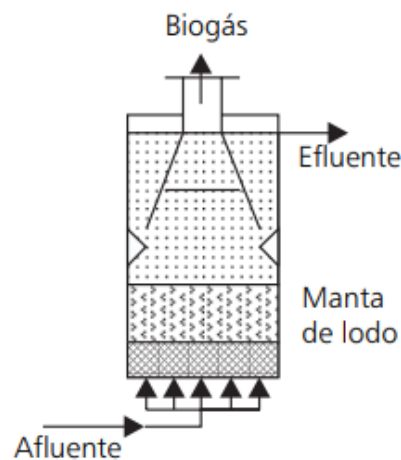
Fonte: Campos (1999).

Como desvantagem, esse sistema é indicado para tratamento de esgotos mais solúveis, ou que passem por um sistema anterior, para que os sólidos de maiores dimensões fiquem retidos, devido às possibilidades de colmatção ou entupimento que podem ocorrer nos interstícios. Como vantagem, devido a formação do biofilme, este proporciona alta capacidade de tratamento, em especial quando o material suporte possui grande área superficial (CAMPOS, 1999).

### 3.1.4. Reator UASB

A sigla UASB advém do inglês *Upflow Anaerobic Sludge Blanket* (KUNZ; STEINMETZ; AMARAL, 2019). O sistema, ilustrado na Figura 5, possui fluxo ascendente do afluente, sendo este misturado com uma manta de lodo, rica em microrganismos anaeróbios, previamente inoculada ou formada. A matéria orgânica presente no esgoto adere na manta, sendo degradada e estabilizada devido a atividade microbológica no reator, a qual é transformada em produtos mais estáveis como espuma, lodo, água e biogás (CAMPOS, 1999).

Figura 5 – Esquematização do reator UASB.



Fonte: Campos (1999).

O reator UASB possui diversas vantagens, como eficiências satisfatórias de remoção de DQO e DBO, sendo esta cerca 65 a 75%, baixos requisitos de terreno e custos de construção e operação, baixa produção de lodo e consumo de energia, entre outras (CHERNICHARO, 2007). Como desvantagens, por questões hidrodinâmicas, o afluente deste reator deve possuir baixa concentração de sólidos totais, portanto, para o tratamento de efluentes da produção animal, torna-se necessário um pré-tratamento

(KUNZ; STEINMETZ; AMARAL, 2019), além de que, o reator possui baixa eficiência quanto a remoção de patógenos e nutrientes devido ao baixo tempo de retenção hidráulica do sistema (OLIVEIRA *et al.*, 2016).

### 3.2. ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO DE BIOGÁS NO MUNICÍPIO DE SÃO CRISTÓVÃO/SE

Quanto aos resultados da estimativa de produção de biogás para o município, em reator UASB, utilizando o *software* ProBio 1.0 estão ilustrados na Tabela 2.

Tabela 2 – Resultados do *software* ProBio.

Parâmetros	Resultados
Produção real de biogás (m <sup>3</sup> /dia)	419,2
Produção real de metano no biogás (m <sup>3</sup> /dia)	293,0
Porcentagem de metano no biogás (%)	69,9
Produção normalizada de metano (Nm <sup>3</sup> /dia)	268,5
Energia por volume de biogás produzido (kWh/Nm <sup>3</sup> biogás)	6,9
Energia produzida per capita tratado (kWh/hab.dia)	0,1

Fonte: Autoria própria.

De acordo com a Tabela 2, observa-se que os valores de produção real de metano foram significativos, sendo em torno de 293,0 m<sup>3</sup>/d, além de que, a energia por volume de biogás produzido foi 6,9 kWh/Nm<sup>3</sup> biogás. Frisa-se que, quando comparado com outros combustíveis, com o cenário proposto no *software*, a produção de biogás estimada equivale aproximadamente a 164 L/dia de gasolina, ou a 213 L/dia de etanol, ou a 156 L/dia de querosene, ou a 148 L/dia de óleo diesel (POSSETTI *et al.*, 2015).

Portanto, observa-se que produção de energia através de uma fonte sustentável não reflete somente como um fator ambiental importante, como também um fator econômico, tendo em vista que no Brasil as estações de tratamento já utilizam o biogás como fontes de autoabastecimento, como a Estação de Tratamento do Ribeirão Arrudas em Minas Gerais, que conta com uma unidade de cogeração de energia. O biogás produzido nos reatores é coletado, medido e posteriormente passa para a etapa de geração de energia. Para tal, cerca de 60% da demanda da estação é fornecida pela concessionária Companhia Energética de Minas Gerais e 40% é gerada pela cogeração

na usina termoelétrica por meio de microturbinas (MINAS GERAIS, 2022), o que demonstra um sistema eficiente com pressupostos sustentáveis.

### 3.3. IMPACTOS AMBIENTAIS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Com o crescimento da população, a demanda mundial por energia e alimentos gerou impactos ambientais, e muitos desses estão associados a má disposição dos resíduos orgânicos (PORTAL SANEAMENTO BÁSICO, 2023). Na busca de minimizar esses danos causados no meio ambiente, é necessário realizar o tratamento dos resíduos gerados, objetivando reduzir os malefícios e contaminações causados. Dentro das possibilidades de tratamento dos resíduos orgânicos, está a digestão anaeróbia, a qual, tem como resultado deste processo a produção do biogás.

Diversos gases fazem parte da composição do biogás, entre eles, o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) e o Metano ( $\text{CH}_4$ ), o que revela o potencial energético do biogás, possibilitando a geração de energia elétrica e térmica. Essa forma de obter energia limpa, além de tratar os efluentes, contribuem para a implantação e aplicação dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável - ODS (PORTAL SANEAMENTO BÁSICO, 2023).

No Brasil, a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), informa que as principais fontes para a produção são: os aterros sanitários (51%); as indústrias de alimentos e bebidas (25%); suinocultura (14%); e o lodo de esgoto (6%). Devido à alta concentração de  $\text{CH}_4$  (cerca de 50%) e de  $\text{CO}_2$  (acima de 30%), o biogás produzido fora de ambiente controlado pode contribuir diretamente para o aumento do efeito estufa. Entretanto, se produzido de forma artificial e controlada, ele pode ser utilizado como biocombustível de fonte energética renovável e sustentável (GEOAMBIENTAL JR., 2021).

## 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados de diversos estudos demonstram a eficiência dos reatores anaeróbios quanto ao tratamento de efluentes e a possibilidade de geração e captação de biogás, que pode proporcionar o auto abastecimento energético do sistema. Para tal, neste estudo foi realizada a estimativa de produção de biogás em reator anaeróbio (UASB) para o município de São Cristóvão que fica localizado no estado de Sergipe,

sendo obtido produção real de biogás de 419,2 m<sup>3</sup>/dia, evidenciando o potencial de produção deste.

Os reatores como o supracitado são significativamente importantes, tendo em vista o crescimento populacional, a redução de áreas disponíveis e as necessidades de tratamento de efluentes para o auxílio na redução da degradação ambiental.

## REFERÊNCIAS

- ABREU, S. B.; ZAIAT, M. Desempenho de reator anaeróbio-aeróbio de leito fixo no tratamento de esgoto sanitário. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 13, p. 181-188, 2008.
- BARBER, W P.; STUCKEY, D. C. The use of the anaerobic baffled reactor (ABR) for wastewater treatment: a review. *Water research*, v. 33, n. 7, p. 1559-1578, 1999.
- BETTIOL, W.; CAMARGO, O. Lodo de Esgoto. Jaguariúna: Embrapa meio ambiente, 2006.
- BORGES, H. D. Avaliação da viabilidade de recuperação e uso de biogás em uma estação de tratamento de esgoto. Dissertação de Bacharelado. Universidade de Brasília, 2016.
- CAMPOS, J. R. Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES), PROSAB, 1999.
- CHERNICHARO, C. A. L. Anaerobic reactors. IWA publishing, 2007.
- GEBARA, D. Desempenho de um reator aeróbio de leito fluidizado no tratamento de esgoto sanitário. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2006.
- GEOAMBIENTAL JR. O biogás é uma boa alternativa para geração de energia?. Disponível em: <<https://www.geoambientaljr.com/post/o-biog%C3%A1s-%C3%A9-uma-boa-alternativa-para-gera%C3%A7%C3%A3o-de-energia#:~:text=Devido%20a%20alta%20concentra%C3%A7%C3%A3o%20de,polvente%20que%20o%20g%C3%A1s%20carb%C3%B4nico>>. Acesso em 15 de novembro de 2023.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades. 2023. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/se/sao-cristovao/panorama>>. Acesso em 27 de novembro de 2023.
- JAVAREZ JÚNIOR, A.; PAULA JÚNIOR, D. R.; GAZZOLA, J. Avaliação do desempenho de dois sistemas modulares no tratamento anaeróbio de esgotos em comunidades rurais. *Engenharia Agrícola*, v. 27, p. 794-803, 2007.



- KUNZ, A.; STEINMETZ, R. L. R.; AMARAL, A. C. Fundamentos da digestão anaeróbia, purificação do biogás, uso e tratamento do digestato. Embrapa Suínos e Aves, 209 p., 2019.
- LOBATO, L. C. S. Aproveitamento energético de biogás gerado em reatores UASB tratando esgoto doméstico. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Minas Gerais, 2011.
- MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. Licença de Operação – Ampliação. 2022. Disponível em:<<https://sistemas.meioambiente.mg.gov.br/licenciamento/site/view-externo?id=34152> >. Acesso em 02 de novembro de 2023.
- OLIVEIRA, W. G.; VIEIRA, B. M.; LEANDRO, D.; QUADRO, M. S.; ANDREAZZA, R.; NADALETTI, W. C. Reatores UASB: Do tratamento de efluentes à produção de biogás. Anais. XXV Congresso de Iniciação Científica, Universidade Federal de Pelotas, 2016.
- PORTAL SANEAMENTO BÁSICO. O aproveitamento energético do biogás como ferramenta para os objetivos do desenvolvimento sustentável. Disponível em: <<https://saneamentobasico.com.br/acervo-tecnico/aproveitamento-energetico-biogas/>>. Acesso em 15 de novembro de 2023.
- POSSETTI, G. R. C.; RIETOW, J. C.; CARNEIRO, C.; LUCKOW, R. F.; WAISS, T. C. F.; CHERNICHARO, C. A. L.; SOUZA, C. L.; LOBATO, L. C. S. Probio 1.0 - Programa de estimativa de produção de biogás em reatores UASB (Software to estimate the biogas production in UASB reactors). Sanepar, Curitiba, Brasil, 2015.
- RECESA. Rede de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental. Processos de tratamento de esgotos: guia do profissional em treinamento: nível 1. Brasília: Ministério das Cidades, 72 p., 2008.
- SALOMON, K.; LORA, E. E. S. Estimativa do potencial de geração de energia elétrica para diferentes fontes de biogás no Brasil. Biomassa & Energia, v. 2, n. 1, p. 57-67, 2006.
- SANTOS, E. F. N.; SOUSA, I. F.; LEITE, I. V. Regiões Homogêneas em Sergipe Agrupadas Através dos índices Climáticos. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 37, p. 477-489, 2023.
- SILVA, R. C. Tratamento de esgoto sanitário em um reator de leito expandido em escala plena, operado com regiões anaeróbia e aeróbia sobrepostas. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2009.

SNIS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Painel de Regionalização dos Serviços de Saneamento Básico no Brasil. 2021. Disponível em: <<http://appsnis.mdr.gov.br/regionalizacao/web/mapa/index?id=29>>. Acesso em 13 de novembro de 2023.

VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 3. ed. Belo Horizonte: DESA/UFMG, v. 1, p. 93, 2005.

WORLD HEALTH ORGANIZATION - WHO. Progress on household drinking water, sanitation and hygiene 2000–2022: special focus on gender. World Health Organization, 2023.

## CAPÍTULO III

# CAFÉ ALÉM DA XÍCARA: UMA SÍNTESE DOS PRINCIPAIS ASPECTOS PARA OBTENÇÃO DE CAFÉS DE QUALIDADE SUPERIOR

## COFFEE BEYOND THE CUP: A SUMMARY OF THE MAIN ASPECTS FOR OBTAINING SUPERIOR QUALITY COFFEE

DOI: 10.51859/AMPLLA.MAC3468-3

Daniel Soares Ferreira <sup>1</sup>  
 Wilian Rodrigues Ribeiro <sup>2</sup>  
 Ana Caroline Figueiredo <sup>3</sup>  
 Dalila da Costa Gonçalves <sup>4</sup>  
 João Marcos Soares Ferreira <sup>5</sup>  
 José Francisco Teixeira do Amaral <sup>6</sup>

<sup>1</sup> Doutor pelo Programa de pós-graduação em Agronomia. Universidade Federal de Viçosa- UFV, Viçosa-MG.

<sup>2</sup> Pós - Doutorando do Programa de pós-graduação em Agronomia. Universidade Federal do Espírito Santo - UFES, Alegre- ES.

<sup>3</sup> Doutoranda do programa de Pós-graduação em Zootecnia. Universidade Federal de Viçosa- UFV, Viçosa-MG.

<sup>4</sup> Doutoranda do Programa de pós-graduação em Agronomia. Universidade Federal do Espírito Santo - UFES, Alegre- ES.

<sup>5</sup> Doutorando do Programa de pós-graduação em Agronomia. Universidade Federal de Viçosa- UFV, Viçosa-MG.

<sup>6</sup> Professor Titular do Departamento de Agronomia. Universidade Federal do Espírito Santo - UFES, Alegre- ES.

### RESUMO

A busca por cafés especiais destaca a terceira onda do café, onde a qualidade, origem e sustentabilidade são fundamentais. Neste trabalho, exploramos o papel crucial do melhoramento genético como impulsionador da cafeicultura, promovendo variedades não só resistentes e produtivas, mas também sensorialmente ricas. Adicionalmente, variáveis físico-químicas, como condutividade elétrica e lixiviação de potássio, são investigadas como indicadores confiáveis da qualidade dos grãos. Ressaltamos a importância crítica das práticas agronômicas, do melhoramento genético e das análises para otimizar o potencial genético da planta e elevar continuamente os padrões de qualidade do café. A produção de cafés especiais não apenas beneficia financeiramente os produtores, mas também proporciona uma conexão direta com os consumidores, destacando a importância da classificação física

e sensorial na diferenciação de sabores e aromas.

**Palavras-chave:** Qualidade Sensorial. Café. Qualidade no café. Recursos Genéticos.

### ABSTRACT

The search for specialty coffee highlights the third wave of coffee, where quality, origin, and sustainability are fundamental. In this work, we explore the crucial role of genetic improvement as a driver of coffee farming, promoting varieties that are not only resistant and productive, but also sensorially rich. Additionally, physicochemical variables, such as electrical conductivity and potassium leaching, are investigated as reliable indicators of grain quality. We emphasize the critical importance of agronomic practices, genetic improvement, and analysis to optimize the plant's genetic potential and continually raise coffee quality

standards. The production of specialty coffees not only benefits producers financially but also provides a direct connection with consumers, highlighting the importance of physical and

sensorial classification in differentiating flavors and aromas.

**Keywords:** Sensory Quality. Coffee. Quality in coffee. Genetic resources.

## 1. INTRODUÇÃO

A cafeicultura no Brasil desempenha um papel vital na economia do país, sendo um dos setores agrícolas mais proeminentes e estratégicos. Nos últimos anos, os avanços no campo do melhoramento genético e a introdução de cultivares aprimoradas têm se destacado como elementos-chave para a melhoria da produtividade e qualidade dos grãos de café. O mercado internacional de café está experimentando transformações substanciais, moldando as dinâmicas de negociação, avaliação e preferências de consumo. De acordo com Guimarães *et al.* (2016), essas mudanças indicam uma nova configuração de mercado, impulsionada por consumidores diversos e uma crescente preferência por cafés especiais.

Classificada como a segunda maior geradora de riquezas no mundo, logo após o petróleo, a cultura do café destaca-se, especialmente por meio do *Coffea canephora* (robusta) e do *Coffea arabica*, as espécies economicamente importantes (DAMATTA *et al.*, 2007). O Brasil, como o maior produtor mundial de grão de café e o segundo maior consumidor da bebida, apresenta níveis expressivos de consumo, distinguindo-se como o único país produtor com tal característica marcante.

O café é uma das bebidas mais consumidas globalmente, com uma estimativa de aumento no consumo mundial, especialmente em regiões não tradicionais. A Organização Internacional do Café revela que o consumo mundial de café atingiu a marca de 170 milhões de sacas de 60 kg na safra 2021/22. Esta é uma evidência notável no mercado global de café, destacando, ao mesmo tempo, o rápido crescimento do consumo de cafés especiais. A busca por atributos inovadores relacionados às propriedades saudáveis do café pode impulsionar ainda mais o consumo, sendo o café considerado por alguns pesquisadores como um potencial alimento funcional devido às suas propriedades bioquímicas e possíveis benefícios à saúde (GUIMARÃES *et al.*, 2018).

Desde meados do século XIX, o mercado internacional de café experimentou transformações significativas em suas formas de produção, critérios de qualidade e

padrões de consumo. Essas mudanças, ligadas ao conceito de ondas cafeeiras, inicialmente identificadas em países desenvolvidos, agora permeiam nações emergentes e em desenvolvimento (DAMATTA *et al.*, 2007; GUIMARÃES *et al.*, 2018). Embora o consumo de café tenha começado com a ingestão de uma bebida estimulante simples e exótica, ao longo das décadas, evoluiu para tornar-se uma experiência mais complexa, exigindo apreciação atenta a todos os seus detalhes (BOAVENTURA *et al.*, 2018). As novas tendências incluem uma ênfase crescente na qualidade, diferenciação de sabores e adaptação às preferências do consumidor, influenciando a evolução do padrão de qualidade do café.

O mercado atual reflete uma dinâmica notável, com um aumento do interesse dos consumidores por opções artesanais e cafés especiais, também conhecidos como gourmet. Esses cafés estão vinculados à denominada terceira onda do café, destacando-se não apenas por suas características sensoriais, mas também pela complexidade de sabores, assemelhando-se ao mercado de vinhos, esses consumidores estão altamente preocupados com a qualidade do produto, origem e sustentabilidade social, ambiental e econômica. (BOAVENTURA *et al.*, 2018). Ademais são frequentemente comercializados em lotes pequenos e exclusivos, esses cafés são produzidos em sua grande maioria de maneira artesanal.

A produção de cafés especiais não só proporciona maiores margens financeiras aos produtores, mas também abre a oportunidade de comercialização direta com os consumidores, eliminando intermediários comerciais. A classificação física e sensorial é fundamental para a separação desses lotes de cafés, distinguindo sabores e aromas, influenciadas pela interação entre genótipos e ambiente, bem como pelas práticas de colheita e pós-colheita (MALTA; CHAGAS, 2009). Portanto, o conhecimento dos genótipos aliado a aplicação de boas práticas agrônômicas é indispensável para maximizar o potencial genético da planta, especialmente em termos de qualidade de bebida, que também é influenciada por diversos fatores ambientais, incluindo a presença de sombra (GEROMEL *et al.*, 2008).

No contexto do crescente mercado de café especial no Brasil, impulsionado por eventos dedicados ao produto, objetivou-se com esta narrativa explorar a interação entre o ambiente de cultivo e as características sensoriais dos grãos. O intuito é

incentivar o aprimoramento das práticas de produção e contribuir significativamente para a promoção de cafés de alta qualidade. Nesse cenário, o foco atual no desenvolvimento de cafés especiais vai além do aumento da produção, buscando também elevar a qualidade do café nacional, com especial atenção aos padrões de produção sustentáveis.

## 2. IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DA CAFEICULTURA BRASIL

O café é uma das commodities mais importantes no comércio agrícola, ocupando a segunda posição em geração de riqueza global, logo após o petróleo (DAMATTA *et al.*, 2007). Internacionalmente, a cadeia produtiva do café emprega cerca de 500 milhões de pessoas e gera uma receita impressionante de US\$ 173 bilhões ao redor do mundo (ICO, 2019). O setor cafeeiro envolve uma cadeia de produção complexa, abrangendo desde o cultivo e colheita dos grãos até o processamento, comercialização e consumo.

O Brasil é o líder mundial em produção e exportação de cafés (COSTA, 2020; VEGRO; ALMEIDA, 2020). O cultivo do café está disseminado por diversos estados brasileiros, com Minas Gerais e Espírito Santo se destacando no Sudeste, a Bahia no Nordeste, Rondônia no Norte, e o Paraná no Sul. Minas Gerais é líder na produção de café arábica, enquanto o Espírito Santo é o principal produtor nacional da espécie *Coffea canephora*, sendo responsável por aproximadamente 70% da produção nacional e 30% da produção mundial (CONAB, 2023).

A cafeicultura no Brasil não apenas impacta economicamente, mas também desempenha um papel social crucial, gerando empregos diretos e indiretos, com destaque para os pequenos produtores (DAMATTA *et al.*, 2007). De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2006), a cafeicultura familiar contribuiu com 38% da produção total de café no país, evidenciando sua importância na geração de empregos e no desenvolvimento rural, com 79,53% dos empreendimentos agrícolas relacionados à cafeicultura sendo de origem familiar.

Além de sua contribuição social, a agricultura familiar é fundamental para a produção de cafés de qualidade superior, atendendo à crescente demanda por cafés diferenciados do Brasil (BOAVENTURA *et al.*, 2018). Os principais importadores de cafés especiais, como Estados Unidos (26,8%), Alemanha (15,2%), Bélgica (10,1%) e Japão (10%) (CECAFE 2019), destacam a relevância global desses produtos.

O mercado interno brasileiro também impulsiona a produção de cafés especiais, registrando um aumento de 25,55% no consumo entre 2006 e 2016, conforme dados do IOC (2016). Esse crescimento está alinhado à busca por produtos certificados e de qualidade superior, refletindo a tendência do consumidor por práticas agrícolas sustentáveis e pela oferta de sabores e aromas diferenciados (PEREIRA, 2017).

Frente a essa demanda global e nacional, práticas agrícolas inovadoras e estudos continuam sendo desenvolvidos para aumentar a produtividade de maneira sustentável, atendendo aos padrões exigidos pelo mercado consumidor em busca de produtos de qualidade superior (BOAVENTURA *et al.*, 2018). Como destacado por Gloess *et al.* (2013), a escolha do café consumido é influenciada por vários fatores relacionados ao consumidor, produtor e ao próprio produto, evidenciando a complexidade do mercado cafeeiro, cuja evolução na forma de produção busca garantir a oferta de produtos alinhados às demandas atuais e futuras do consumidor.

### 3. MELHORAMENTO GENÉTICO E CULTIVARES NA CAFEICULTURA

A cafeicultura, destacada como pilar econômico e cultural em diversas regiões, passa por contínuas transformações impulsionadas pelo avanço nas técnicas de melhoramento genético vegetal (CARVALHO *et al.*, 1957; CARVALHO, 2007). Explorar as contribuições desse processo torna-se imperativo para compreender não apenas o presente, mas também o futuro da produção de café. A importância do melhoramento genético vegetal reside principalmente na adaptação das plantas a condições diversas bem como aumentos na capacidade produtiva.

Os programas de melhoramento genético do cafeeiro têm gerado avanços significativos relacionadas à produção, resistência a fatores bióticos e abióticos e qualidade do café. Esses resultados atendem às demandas de produtores, indústrias e consumidores que buscam cultivares com alta produtividade, adaptadas a diferentes altitudes, estabilidade, qualidade de bebida, resistência e aprimorando características agronômicas essenciais. A introdução de variabilidade genética permite o desenvolvimento de variedades mais resistentes a condições climáticas extremas, ampliando as áreas de cultivo e garantindo a continuidade da produção em cenários antes considerados desfavoráveis (CARVALHO *et al.*, 1957; RODRIGUES, 2014; FERREIRA *et al.*, 2021a; FERREIRA *et al.*, 2021b).

Uma das conquistas mais notáveis desse processo é a resistência a pragas e doenças. Variedades geneticamente modificadas para resistir à temida ferrugem do cafeeiro reduziram significativamente a ameaça a plantações, preservando colheitas e minimizando a necessidade de agroquímicos, alinhando-se a práticas mais sustentáveis (TEIXEIRA *et al.*, 2011; CAIXETA *et al.*, 2015; ZAMBOLIM *et al.*, 2023).

No aspecto da produtividade, o melhoramento genético visa incessantemente aprimorar o rendimento por hectare. Novas cultivares são projetadas para resistir aos estresses ambientais, assegurando uma produção estável mesmo em condições adversas, atendendo à crescente demanda global por café e proporcionando segurança econômica aos produtores (FERREIRA *et al.*, 2021a; FERREIRA *et al.*, 2021b; ZAMBOLIM *et al.*, 2023).

A qualidade sensorial do café, caracterizada por nuances de sabor, aroma e acidez, é refinada por meio do melhoramento genético (SCAA, 2013). O alinhamento dessas características com as preferências dos consumidores não apenas eleva o padrão do café produzido, mas também abre portas para mercados mais exigentes (GUIMARÃES *et al.*, 2016; BOAVENTURA *et al.*, 2018). A busca por perfis sensoriais únicos é uma tendência que, sem dúvida, contribuirá para a indústria do café no futuro.

Além desses benefícios diretos, o melhoramento genético contribui para a sustentabilidade ambiental. Variedades desenvolvidas para serem mais eficientes no uso de recursos naturais promovem não apenas práticas agrícolas mais ecológicas, mas também uma produção de café mais sustentável (MOURA *et al.*, 2019).

Os programas de melhoramento genético buscam ampliar a variedade de cultivares melhoradas, considerando características como tolerância a doenças, qualidade de bebida, resistência à seca, porte de planta, resistência à ferrugem, bem como alto potencial produtivo (CARDOSO, 2010). Embora o lançamento de cultivares melhores ofereça opções para aumentar a produtividade, facilitar os cuidados culturais e melhorar a qualidade da bebida, a escolha criteriosa das cultivares recomendadas é crucial para o sucesso do empreendimento, considerando as condições específicas de cada região (RODRIGUES, 2014). À medida que essa ciência avança, a expectativa é que novas variedades de café, mais resilientes, produtivas e sensorialmente ricas, continuem a surgir, impulsionando a indústria do café para patamares ainda mais elevados.



## 4. QUALIDADE DO CAFÉ ARÁBICA: UMA ABORDAGEM ABRANGENTE

O café, reconhecido por seus sabores e aromas distintivos, desempenha um papel crucial ao atrair constantemente o mercado consumidor global, sendo uma das bebidas não alcoólicas mais consumidas em todo o mundo (EVANGELISTA *et al.*, 2014), o café transcende sua simples natureza para se tornar uma experiência sensorial única. O mercado do café varia significativamente, e a crescente demanda por cafés especiais, especialmente em países desenvolvidos, reflete uma tendência emergente impulsionada pela acessibilidade e conhecimento dos consumidores (RIBEIRO *et al.*, 2017).

O conceito de qualidade do café abrange atributos sensoriais, químicos, físicos e sanitários, todos contribuindo para a formação e intensidade dos compostos aromáticos que agradam ao paladar dos consumidores (SIMÕES *et al.*, 2008). A busca por essas características distintivas requer a adoção de práticas criteriosas, desde a escolha da cultivar até cuidados específicos na colheita e na pós-colheita. O cuidado atento a fatores como a posição geográfica da área de plantio e o tipo de solo emerge como crucial para elevar os padrões de qualidade do café (D’ALESSANDRO, 2015).

Scholz *et al.* (2013) sublinham a importância da origem genética e das condições ambientais do cafeeiro na determinação da qualidade. Esses fatores, trabalhando em conjunto, são os principais responsáveis pela formação de agentes químicos que, após a torra, conferem sabor e aroma característicos ao café.

A composição química do café torrado desempenha um papel direto na qualidade da amostra, influenciando as características de corpo, sabor e aroma (PEREIRA *et al.*, 2010). Nesse contexto, Clemente *et al.* (2015) destacam a relevância das análises físico-químicas, como potencial hidrogeniônico (pH), condutividade elétrica e acidez, entre outras, que desempenham um papel significativo na determinação precisa da qualidade de uma amostra de café. Essas análises proporcionam insights valiosos para os produtores e ajudam a refinar as práticas para atender aos padrões de qualidade cada vez mais exigentes do mercado.

## 5. CLASSIFICAÇÃO FÍSICA E SENSORIAL NA AVALIAÇÃO DE CAFÉ

A avaliação da qualidade do café no Brasil abrange diferentes aspectos, como qualidade por tipo ou defeitos, qualidade por peneira e cor, e, crucialmente, qualidade sensorial (BRASIL, 2003). Destes, a qualidade sensorial se destaca por sua conexão direta com as características de sabor e aroma, tornando-se o principal foco do mercado consumidor.

A análise sensorial, conhecida como "prova de xícara", é a metodologia empregada para caracterizar a qualidade do café, abrangendo atributos como aroma, sabor, textura e sabor residual, conforme definido pela metodologia brasileira (BRASIL, 2003). Essa abordagem resulta na classificação dos cafés em sete categorias, incluindo estritamente mole, mole, apenas mole, duro, riado, rio e rio zona.

No entanto, essa metodologia, comumente aplicada na comercialização de cafés commodities, é menos utilizada no contexto de cafés especiais. Para esses cafés, a avaliação segue metodologias mais detalhadas, como a proposta pela Associação Americana de Cafés Especiais (SCAA). Esta última se destaca por empregar protocolos mais complexos, oferecendo um alto grau de confiança na determinação da qualidade da amostra.

Conforme destacado por Boaventura *et al.* (2018), cafeterias analisadas por eles adotam a metodologia da SCAA, dando preferência a cafés com pontuações superiores a 84 pontos. A metodologia da SCAA avalia 11 atributos essenciais para o café, incluindo fragrância/aroma, uniformidade, ausência de defeitos (xícara limpa), doçura, sabor, acidez, corpo, finalização, equilíbrio, defeitos e avaliação global. A soma das notas, junto com a observação da ausência de defeitos, determina o resultado final (SCAA, 2013). Este método de avaliação foca nos atributos presentes nas amostras, em vez de nos defeitos, facilitando a escolha de cafés diferenciados.

A primeira onda do café, que emergiu no pós-guerras, caracterizou-se pela produção em massa de cafés de baixa qualidade, impulsionada pelo rápido aumento do consumo e pelos processos de produção de commodities, enfatizando a distribuição em grande escala. Por sua vez, a segunda onda, resultado da falta de qualidade na produção anterior, introduziu cafés de maior qualidade, dando origem ao termo "café especial" (BOAVENTURA *et al.*, 2018). A terceira onda do café surge como uma revolução no

consumo de cafés especiais, destacando-se pelas mudanças na diferenciação de produtos e na experiência de consumo (BORRELLA *et al.*, 2015; BOAVENTURA *et al.*, 2018).

Guimarães *et al.* (2016) apontam mudanças no mercado de café devido à demanda crescente por produtos diferenciados, impulsionada por consumidores mais exigentes. O Brasil, embora tenha tecnologia avançada, ainda é percebido como produtor de cafés commodities. Apesar de ser 30 a 40% mais caro que o café commodities, o café especial ganha popularidade entre os consumidores, representando 18,55% das exportações de café do Brasil em 2019 (CECAFE, 2019).

O consumo de cafés especiais cresce a taxas significativas, entre 10% e 15% ao ano, enquanto os cafés commodities têm um crescimento máximo de 4% ao ano, de acordo com a Associação Brasileira de Cafés Especiais. Nesse contexto, a formação de cafés especiais torna-se mais frequente entre os cafeicultores, com pesquisas visando maximizar o potencial das lavouras para atender a essa demanda crescente.

A classificação física do café abrange a categorização quanto ao número de defeitos e ao tamanho/formato dos grãos (BRASIL, 2003). Esses atributos não apenas influenciam o rendimento, mas também proporcionam insights sobre as características genéticas das plantas, o sistema de cultivo e os processos de colheita e pós-colheita dos frutos. A classificação por defeitos segue uma escala de valores de 8 a 2, derivada de uma análise criteriosa de uma amostra de 300 gramas de café beneficiado. Os defeitos, classificados como intrínsecos e extrínsecos, abrangem aspectos como alteração de formato, grãos pretos, verdes, ardidos, chochos, mal granados, quebrados e brocados, além de elementos estranhos como cocos, marinho, pau, pedra, entre outros (BRASIL, 2003; D’ALESSANDRO, 2015).

Outra metodologia amplamente empregada na avaliação da qualidade do café é a classificação por peneira, que considera o tamanho e formato dos grãos. Nesse processo, uma amostra de 300 gramas de café é submetida a 14 peneiras, cada uma com crivos em formato oblíquo (para identificação de grãos moca) e circular (para identificação de grãos chatos). As peneiras são numeradas de 8 a 13 e de 12 a 19, respectivamente (BRASIL, 2003).

## 6. VARIÁVEIS IMPORTANTES NA QUALIDADE DE CAFÉ

Conforme mencionado anteriormente, as análises sensoriais são as mais importantes para a avaliação da qualidade do café, tomando como metodologia a avaliação degustativa por meio de Q-Grades, sendo sempre variável a forma de avaliação entre os avaliadores e as regiões avaliadas (PEREIRA, 2017). Portanto, é importante uma metodologia que possibilite destacar as reais concentrações dos compostos físico-químicos presentes nos grãos de café.

Segundo Clemente *et al.* (2015) nem sempre é possível correlacionar os resultados de análises físico-químicos com os encontrados nas análises sensoriais. Neste contexto, Pereira (2017) destaca que existe a possibilidade de sumarizar grandes grupos de dados de forma a permitir melhores interpretações de qualidade de café.

Dentre as variáveis físico-químicas de interesse para a qualidade de café, destacam-se a condutividade elétrica, lixiviação de potássio, pH, acidez titulável, sólidos solúveis, entre outras (MALTA; CHAGAS, 2009). A composição química do café torrado tem significativa ligação com a qualidade da amostra de café, visto que os compostos químicos podem influenciar a formação de corpo, sabor e aroma do café (PEREIRA *et al.*, 2010). Neste aspecto, Clemente *et al.* (2015) destaca que a utilização de análises físico-químicas, como pH, condutividade, acidez, entre outras, podem atuar de forma significativamente viável para a determinação da qualidade de uma determinada amostra de café.

Para alcançar tais características sensoriais e químicas, Siqueira e Abreu (2006) relatam que a torra é o processo mais importante para o desenvolvimento do sabor e do aroma do café. Contudo, outros fatores cruciais para poder se determinar um lote superior de café, estão relacionados com as características ambientais e a origem genética dos materiais.

Quanto aos parâmetros de pH e acidez titulável, o café contém ácidos que influenciam seu sabor e aroma. A acidez, atributo essencial na avaliação sensorial do café, varia de acordo com fatores como composição genética da planta, maturação na colheita, método de secagem e condições climáticas (SIQUEIRA; ABREU, 2006). Estudos indicam que a qualidade do café não está diretamente relacionada ao pH, mas sim à

elevação da acidez, associada ao número de defeitos, como grãos pretos, verdes e ardidos (PEREIRA, 2008).

A acidez pode indicar fermentações desejáveis ou indesejáveis nos grãos de café (SIQUEIRA; ABREU, 2006). Martinez *et al.* (2014) destacam que altos níveis de acidez, resultado de fermentação indesejável pós-colheita, prejudicam a qualidade da bebida, especialmente em períodos de alta precipitação na colheita.

Correlações positivas entre acidez e cafés de qualidade inferior foram observadas por Carvalho *et al.* (1994). Entretanto, Pereira (2017) ressalta em sua tese que cafés submetidos a fermentação controlada apresentam maior acidez, mas também notas de qualidade superior, indicando que generalizações podem ser inadequadas.

A análise de condutividade elétrica e lixiviação de potássio são testes bioquímicos que refletem a integridade da membrana celular dos grãos de café. A condutividade elétrica, relacionada aos íons livres nos espaços intermembranas, aumenta com a perda do controle da permeabilidade da membrana celular. Borém *et al.* (2008) e Nobre *et al.* (2011) indicam uma relação inversa entre a qualidade dos lotes de café e os valores de condutividade elétrica e lixiviação de potássio. Maior qualidade associou-se à menores concentrações desses parâmetros. A aplicação desses testes para discriminar lotes de café com base na qualidade da bebida é relevante, sendo uma abordagem rápida e eficiente para avaliação em larga escala, tanto para lotes quanto para sementes individuais. Contudo, é crucial considerar fatores externos, como danos mecânicos, ataques de fungos, bactérias, insetos e a presença de grãos verdes, pretos ou ardidos, que também podem impactar os resultados da condutividade elétrica.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O cenário da cafeicultura brasileira é complexo e dinâmico, com desafios e oportunidades que refletem as transformações no mercado global. A ascensão dos cafés especiais impulsiona a busca por qualidade, inovação e práticas sustentáveis. O papel crucial do melhoramento genético destaca-se na criação de variedades adaptadas e produtivas, resistentes a pragas e doenças, e sensorialmente ricas. A qualidade do café é uma combinação de fatores genéticos, ambientais e de processamento, destacando a importância destes atributos na formação de sabores distintivos. A análise de variáveis físico-químicas, como condutividade elétrica e lixiviação de potássio, também são

ferramentas relevantes na avaliação da qualidade dos grãos, oferecendo insights rápidos e eficientes.

Ao elevar os padrões de qualidade, o Brasil pode não apenas manter sua posição de liderança na produção global de café, mas também consolidar-se como um produtor de cafés especiais distintivos, atendendo às demandas de um mercado cada vez mais exigente e diversificado.

## REFERÊNCIAS

- BOAVENTURA, P.S.M.; ABDALLA, C.C.; ARAÚJO, C.B.; ARAKELIAN, J.S. Value co-creation in the specialty coffee value chain: The third-wave coffee movement. *Revista de Administração de Empresas*. V.58, n.3, p.254-266, 2018. <https://doi.org/10.1590/S0034-759020180306>.
- BORÉM, F.M.; CORADI, P.C.; SAATH, R.; OLIVEIRA, J.A. Quality of natural and washed coffee after drying on ground and with high temperature. *Ciência Agrotécnica*. v.32 n.5, p.1609-1615, 2008. <https://doi.org/10.1590/0034-737x201461000009>.
- BORRELLA, I.; MATAIX, C.; CARRASCO-GALLEGO, R. Smallholder farmers in the speciality coffee industry: opportunities, constraints and the businesses that are making it possible. *IDS Bulletin*, v.46, n.3, p.29- 44, 2015. <https://doi.org/10.1111/1759-5436.12142>.
- BRASIL. Ministério de Estado da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 8 de 11 de julho de 2003. Dispõe de Regulamento Técnico de Identidade e de Qualidade para a Classificação do Café Beneficiado Grão Cru. Brasília, DF, 12p 2003.
- CARVALHO, A. Histórico do desenvolvimento do cultivo do café no Brasil. Documento IAC, Campinas nº 34. 2007.
- CECAFE-Conselho dos Exportadores de Café do Brasil. Relatório mensal março 2019. Rio de Janeiro, p.1-20, 2019.
- CLEMENTE, A.C.S.; CIRILLI, M.A.; MALTA, R.R.; CAIXETA, F.; PEREIRA, C.C.; ROSA, S.D.V.F. Operações pós-colheita e qualidade físico-química e sensorial de cafés. *Coffee Science*, v.10, n.2, p.233-241, 2015. <http://www.sbicafe.ufv.br/handle/123456789/8121>.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de café, Brasília - DF, v. 10 - Safra 2023, n. 1 - Primeiro Levantamento, p. 1-41, 2023. <http://www.conab.gov.br/>

- COSTA, B. D. R. Brazilian specialty coffee scenario. *Coffee Consumption and Industry Strategies in Brazil*. Elsevier, 51–64. 2020. <https://doi:10.1016/b978-0-12-814721-4.00003-2>
- DaMATTA, F.M.; RONCHI, C.P.; MAESTRI, M.; BARROS, R.S. Ecophysiology of coffee growth and production. *Braz. J. Plant Physiol.* v.19 n.4 p.485-510, 2007. <https://doi.org/10.1590/S1677-04202007000400014>
- D’ALESSANDRO, S.C. Identificação de cafés especiais. In: SAKIYAMA, N.S.; MARTINEZ, H.E.P.; TOMAZ, M.A.; BORÉM, A. *Café Arábica do plantio a colheita*. Ed. UFV, Viçosa, UFV 316p. Viçosa-MG- 2015.
- EVANGELISTA, S.R.; SILVA, C.F.; MIGUEL, M.G.P.C.; CORDEIRO, C.S.C.; PINHEIRO, A.C.M.; DUARTE, W.F.; SCHWAN, R.F. Improvement of coffee beverage quality by using selected yeasts strains during the fermentation in dry process. *Food Research International*, v.61, p.183–195, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.11.033>
- FERREIRA, D.S.; DO AMARAL, J.F.T.; PEREIRA, L.L.; FERREIRA, J.M.S.; GUARÇONI, R.C.; MOREIRA, T.R.; DE OLIVEIRA, A.C.; RODRIGUES, W.N.; DE ALMEIDA, S.L.H.; RIBEIRO, W.R.; TOMAZ, M.A.; CASTANHEIRA, D.T.; LIMA FILHO, T. Physico-chemical and sensory interactions of arabica coffee genotypes in different water regimes. *JOURNAL OF AGRICULTURAL SCIENCE*, v. 159, p. 1-9, 2021.
- FERREIRA, DANIEL SOARES; CANAL, GUILHERME BRAVIN; NASCIMENTO, MOYSES; NASCIMENTO, ANA CAROLINA CAMPANA; FERREIRA, JOÃO MARCOS SOARES; FAZ AMARAL, JOSE FRANCISCO TEIXEIRA; PEREIRA, LUCAS LOUZADA; RODRIGUES, WAGNER NUNES; RIBEIRO, WILIAN RODRIGUES; CASTANHEIRA, DALYSE TOLEDO; TOMAZ, MARCELO ANTÔNIO. Exploring the multivariate technique in the discrimination of *Coffea arabica* L. cultivars regarding the production and quality of grains under the effect of water management. *EUPHYTICA*, v. 217, p. 118, 2021.
- GEROMEL, C.; FERREIRA, L.P; DAVRIEUX, F.; GUYOT, B.; RIBEYRE, F.; SCHOLZ, M.B.S.; PEREIRA, L.F.P.; VASST, P.; POT, D.; LEROY, T.; ANDROCIOLI FILHO, A.; VIEIRA, L.G.E.; MAZZAFERA, P.; MARRACCINI, P. Effects of shade on the development and sugar metabolism of coffee (*Coffea arabica* L.) fruits. *Plant Physiology and Biochemistry*, v.46, n.5, p.569-579, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2008.02.006>.
- GLOESS, A.N.; SCHÖNBÄCHLE, B.; KLOPPROGGE, B.; D’AMBROSSIO, L; CHATELAIN, K.; BONGARTZ, A.; STRITTMATTER, A.; YERETZIAN, M.R.C. Comparison of nine common coffee extraction methods: instrumental and sensory analysis. *European Food Research and Technology*, v. 236, p.607-627, 2013.



- GUIMARÃES, E.V.; CATRO JUNIOR, L.G.; ANDRADE, H.C.C. A terceira onda do café em Minas Gerais. *Organizações Rurais e Agroindustriais*, v.18, n.3, p.214-227, 2016.
- GUIMARÃES, E.V.; LEME, P.H.M.V.; REZENDE, D.C.; PEREIRA, S.P.; SANTOS, A.C. The brand new Brazilian specialty coffee Market. *Journal of Food Products Marketin*. v.25, n.1, p.49-71. 2018. <https://doi.org/10.3390/nu11030653>.
- IBGE- Instituto brasileiro de geografia e estatística. Censo agropecuário 2006. [https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/50/agro\\_2006\\_agricultur\\_a\\_familiar.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/50/agro_2006_agricultur_a_familiar.pdf).
- ICO, 2020. International Coffee Organization - Trade Statistics Tables. Disponível em: [http://www.ico.org/trade\\_statistics.asp?section=Statistics](http://www.ico.org/trade_statistics.asp?section=Statistics).
- MALTA, M.R.; CHAGAS, S.J.R. Avaliação de compostos não-voláteis em diferentes cultivares de voláteis em diferentes cultivares de cafeeiro produzidas na região sul de Minas Gerais. *Acta Scientiarum Agronomy*, v.31, n.1, p.57-61, 2009. <http://www.periodicos.uem.br/ojs/index.php/actasciagron/index>
- MALTA, M.R.; SANTOS, M.L.; SILVA, F.A.M. Qualidade de grãos de diferentes cultivares de cafeeiro (*Coffea arabica* L.). *Acta Scientiarum*, v.24, n.5, p. 1385-1290, 2002. <http://www.sbicafe.ufv.br/handle/123456789/11713>
- MARTINEZ, H.E.P.; CLEMENTE, J.M.; LACERDA, J.S.; NEVES, Y.P.; PEDROSA, A.W. Nutrição mineral do cafeeiro e qualidade da bebida. *Revista Ceres*, v.61, supl. p. 838-848, 2014. <https://doi.org/10.1590/0034-737x201461000009>
- MOURA, E.F.; BUENO, M.J.M. commodity, diferenciado ou especial? diferentes terminologias para o café a partir das formas de produção, separação e classificação dos grãos. *Desafio Online*, v.6, n.3, p.474-498, 2018.
- Organização Internacional do Café (OIC). <https://www.foodconnection.com.br/bebidas/cafes-especiais-segmento-cresce-no-brasil>
- NOBRE, G.W.; BORÉM, F.M.; ISQUIERDO, E.P.; PEREIRA, R.G.F.A.; OLIVEIRA, P.D. Composição química de frutos imaturos de café Arábica (*Coffea arabica* L) processados por via seca e via úmida. *Coffee Science*, V.6, n.2, p.107-113, 2011. <http://www.sbicafe.ufv.br/handle/123456789/7874>
- PEREIRA L. L. Novas abordagens para produção de cafés especiais a partir do processamento via-úmida. 2017, 200f. Tese de doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2017.
- PEREIRA, M.C.; CHALFOUN, S.M.; CARVALHO, G.R.; SAVIAN, T.V. Multivariate analysis of sensory characteristics of coffee grains (*Coffea arabica* L.) in the region of upper Paranaíba. *Acta Scientiarum Agronomy*, v.32, n.4, p.635-641, 2010.



- PEREIRA, M.C. Características químicas, físico-químicas e sensoriais de genótipos de grão de café (*Coffea arabica* L.). 2008, 114f. Tese de doutorado. Universidade Federal de Lavras. 2008.
- RIBEIRO, B.B.; NUNES, C.A.; SOUZA, A.J.J; MONTANARI, F.F.; SILVA, V.A.; MADEIRA, R.A.V.; PIZA, C. Perfil sensorial de cultivares de café processados por via seca e via úmida após o armazenamento. *Coffee Science*, v.12, n.2, p.148–155. 2017. <http://www.sbicafe.ufv.br/handle/123456789/8638>
- SCHOLZ, M.B.S.; SILVA, J.V.N.; FIGUEIREDO, V.R.G.; KITZBERGER, C.S.G. Atributos sensoriais e características físico-químicas de bebida de cultivares de café do IAPAR. *Coffee Science*, v.8, n.1, p.6-16, 2013. <http://www.sbicafe.ufv.br/handle/123456789/7928>
- SCAA- Specialty Coffee Association Of American. Protocols 23, 2013. <http://www.scaa.org/PDF/resources/cupping-protocols.pdf>.
- SIMÕES, R.O.; FARONI, L.R.D.; QUEIROZ, D.M. Qualidade dos grãos de café (*Coffea arabica* L.) em coco processados por via seca. *Revista Caatinga*, v.21, n.2, p.139-146. 2008. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=237117611018>
- SIQUEIRA, H.H.; ABREU, C.M.P. Composição físico-química e qualidade do café submetido a dois tipos de torração e com diferentes formas de processamento. *Ciência e Agrotecnologia*, v.30, n1, p. 112-117, 2006. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542006000100016>
- VEGRO, C. L. R.; ALMEIDA, L. F. Global coffee market: Socio-economic and cultural dynamics. *Coffee Consumption and Industry Strategies in Brazil*. Elsevier, 3–19, 2020. <https://doi:10.1016/b978-0-12-814721-4.00001-9>

# CAPÍTULO IV

## MELIPONICULTURA COMO FERRAMENTA PARA AUMENTAR A PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DO CAFÉ

### MELIPONICULTURE AS A TOOL TO INCREASE THE PRODUCTIVITY AND QUALITY OF COFFEE

DOI: 10.51859/AMPLLA.MAC3468-4

Wilian Rodrigues Ribeiro <sup>1</sup>  
 Dalila da Costa Gonçalves <sup>2</sup>  
 Vanessa Sessa Dian <sup>2</sup>  
 Serli de Oliveira Cabral <sup>3</sup>  
 André da Silva Xavier <sup>4</sup>  
 Edvaldo Fialho dos Reis <sup>5</sup>

<sup>1</sup> Pós-doutorando do Programa de pós-graduação em Agronomia. Universidade Federal do Espírito Santo - UFES, Alegre- ES.

<sup>2</sup> Doutoranda do Programa de pós-graduação em Agronomia. Universidade Federal do Espírito Santo - UFES, Alegre- ES.

<sup>3</sup> Doutoranda do Programa de pós-graduação em Melhoramento genético. Universidade Federal do Espírito Santo - UFES, Alegre- ES.

<sup>4</sup> Professor Adjunto do Departamento de Agronomia. Universidade Federal do Espírito Santo - UFES, Alegre- ES.

<sup>5</sup> Professor Titular do Departamento de Agronomia. Universidade Federal do Espírito Santo - UFES, Alegre- ES.

#### RESUMO

As abelhas são consideradas os principais agentes polinizadores de diversas espécies vegetais, contribuindo para a reprodução e conservação da biodiversidade. O entendimento acerca da importância da polinização na produção de café ainda apresenta lacunas, demandando esforços significativos em termos de conscientização e demonstrações práticas para destacar a viabilidade da utilização destes seres benéficos nos cultivos. Neste sentido, este estudo teórico busca documentar conhecimentos sobre as abelhas sem ferrão, destacando seus potenciais benefícios para os cafezais. Apesar das abordagens descritas serem limitadas para compreender plenamente a meliponicultura na cafeicultura devido à sua complexidade, acreditamos que este manuscrito apresenta um modelo teórico positivo para analisar a potencialidade da meliponicultura à produção de café.

**Palavras-chave:** Cafeicultura. Polinização. Abelhas nativas. Sustentabilidade agrícola.

#### ABSTRACT

Bees are considered the most important pollinators of various plant species and contribute to the propagation and conservation of biodiversity. Understanding of the importance of pollination in coffee production is still patchy and requires significant efforts in terms of awareness raising and practical demonstrations to show the feasibility of using these beneficial creatures in crops. In this sense, this theoretical study seeks to document what is known about stingless bees and highlight their potential benefits for coffee plantations. Although the approaches described are limited to fully understand meliponiculture in coffee cultivation due to their complexity, we believe that this manuscript provides a positive theoretical model to analyze the potential of meliponiculture for coffee production.

**Keywords:** Coffee cultivation. Pollination. Native bees. Agricultural sustainability.

## 1. INTRODUÇÃO

A atual crise socioambiental destaca a urgência de resgatar práticas que integrem as dimensões do Ambiente, Sociedade e Agricultura. Este apelo à ação é especialmente crucial na cafeicultura, onde a revisão das estratégias de manejo é essencial para alinhar a produção e qualidade do cafeeiro com a conservação ambiental. O conhecimento aprofundado dos agentes polinizadores é um fator importante na orientação estratégica do manejo da cultura, visando aprimorar a produtividade e os rendimentos em campo.

Nesse contexto, a prática da meliponicultura não apenas se destaca como uma fonte natural de polinização, mas também como uma valiosa adição à renda. Estudos mostraram um aumento considerável de grãos de café com a polinização por abelhas (ROUBIK, 2002; BOS *et al.*, 2007; MALERBO-SOUZA; HALAK, 2012). Essa abordagem integrada se revela como um caminho promissor para enfrentarmos os desafios socioambientais, ao mesmo tempo em que fortalece a sustentabilidade da cafeicultura.

A meliponicultura é a prática de criação racional destas abelhas que também são referidas como "abelhas indígenas" ou "abelhas nativas" devido à prática de criação realizada ao longo de séculos por comunidades tradicionais, é uma prática que promove a sustentabilidade nos âmbitos social, econômico e ambiental (BARBOSA., *et al* 2017; ADLER *et al.*, 2023). Além de desempenharem um papel crucial na polinização, as abelhas sem ferrão se destacam pela sociabilidade em relação a outros polinizadores (SILVA; PAZ, 2012). Além da polinização, essas abelhas oferecem produtos de alto valor econômico, como mel, pólen, própolis e geoprópolis, utilizados tanto na alimentação quanto na medicina popular.

O declínio dos polinizadores, abrangendo tanto as populações de abelhas geridas em colmeias quanto as selvagens, emerge como uma ameaça substancial à segurança alimentar, como destacado por DICKS *et al.* (2021). O fenômeno é particularmente preocupante devido ao papel fundamental desempenhado pelas abelhas na reprodução de plantas, o que afeta diretamente a produção de alimentos (ROGERS *et al.*, 2014). Segundo informações fornecidas pela Plataforma Intergovernamental sobre Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos (IPBES), aproximadamente 90% das culturas

agrícolas dependem da atividade dos polinizadores, e um dos cultivos beneficiados pela polinização é o café.

A cadeia produtiva do café contribui substancialmente para a economia mundial. No Espírito Santo (ES), 73% das propriedades cafeeiras são de base familiar, com tamanho médio de 8 hectares (FERRÃO *et al.*, 2017). A níveis internacionais, estima-se que cerca de 70% da safra mundial é cultivada em pequenas propriedades, com área inferior a 10 ha, que fornece manutenção para mais de 25 milhões de pessoas em todo o mundo (DAMATTA *et al.*, 2007). A introdução do consórcio entre meliponicultura e cafeicultura emerge como uma ferramenta promissora para aprimorar a produtividade e qualidade do café.

Além de fornecer serviços cruciais de polinização, as abelhas também proporcionam benefícios valiosos, como mel e própolis, aos pequenos agricultores, enriquecendo a qualidade de vida e impulsionando o aumento da renda nas comunidades rurais. Nesse contexto, a promoção da meliponicultura surge como uma oportunidade valiosa para os produtores, favorecendo a inclusão social e o desenvolvimento regional por meio da comercialização dos produtos gerados. Neste sentido, o presente artigo busca ampliar a compreensão da atividade da meliponicultura junto a cafeicultura e suas interações com o meio ambiente e a sociedade, além de identificar os principais desafios e oportunidades para a promoção da sustentabilidade agrícola.

## 2. ABELHAS: IMPORTÂNCIA DOS SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS E DESAFIOS PARA SUA SOBREVIVÊNCIA

As abelhas destacam-se como polinizadores altamente eficientes, desempenhando um papel fundamental na produção de alimentos e na preservação de ecossistemas em todo o mundo, prestando um serviço ecossistêmico extremamente importante (BOS *et al.*, 2007; BARBOSA., *et al* 2017). Em particular, sua contribuição é notável na polinização de até 30% das espécies vegetais encontradas na caatinga e no pantanal, podendo atingir impressionantes 90% da polinização em trechos remanescentes da Mata Atlântica (BARBIÉRI; FRANCOY, 2020).

Os meliponíneos, popularmente conhecidos como abelhas sem ferrão ou nativas, são um grupo de abelhas sociais que habitam principalmente as regiões

tropicais e subtropicais do mundo, distinguem-se pela presença de um ferrão atrofiado, tornando-os incapazes de infligir ferroadas (MATEUS *et al.*, 2019). Esses insetos eussociais, exibem uma avançada organização social, estabelecendo seus ninhos em troncos de árvores, de onde o mel é extraído. Além disso, podem ser manejadas em caixas, potes, segmentos de bambu, troncos ocos, entre outros meios (MATEUS *et al.*, 2019). Essa diversidade de métodos de alojamento oferece aos agricultores a flexibilidade necessária para adotar práticas adaptáveis, considerando as características específicas de cada espécie. Isso otimiza as condições para a criação e desenvolvimento das colônias.

A polinização é vital para a reprodução das plantas superiores, possibilitando a formação de frutos e sementes para o crescimento de novas plantas (BARBIÉRI; FRANCOY, 2020). Em escala global, cerca de 90% das culturas agrícolas dependem de polinizadores, e as abelhas, em particular, são responsáveis por aproximadamente 75% desse processo de polinização (KLEIN *et al.*, 2003a). Neste sentido, os polinizadores desempenham um papel fundamental no funcionamento dos ecossistemas em geral, e entre eles, as abelhas ocupam posição destacada (REILLY *et al.*, 2020).

As abelhas sem ferrão, pertencentes à família Apidae e subfamília Meliponinae, distinguem-se pela ausência de ferrão funcional, embora algumas espécies possuam ferrões modificados para defesa (GIANNINI *et al.*, 2020). Esses insetos são prevalentes em regiões tropicais e subtropicais, exercendo uma função crucial na polinização de diversas plantas, incluindo culturas economicamente relevantes como café, cacau e manga. Além de sua contribuição para a fertilização de plantas, as abelhas sem ferrão são notáveis por sua complexa organização social e adaptabilidade, características que as tornam objetos de interesse tanto para a pesquisa científica quanto para práticas apícolas sustentáveis (Gallai *et al.*, 2009; BARBOSA., *et al* 2017).

Embora ofereçam inúmeros benefícios, as abelhas enfrentam ameaças crescentes e a redução de suas populações é motivo de preocupação, visto que as abelhas são importantes agentes polinizadores, responsáveis por garantir a reprodução de muitas espécies vegetais, incluindo culturas agrícolas. A diminuição de suas populações pode resultar em uma redução na produção de alimentos e desequilíbrios

nos ecossistemas (GIANNINI *et al.* 2020; ZAPECHOUKA; DA SILVA, 2021; BRACKEN *et al.*, 2023).

As mudanças globais, perdas de habitat, invasões de espécies exóticas, desmatamento, queimadas, uso indiscriminado de agrotóxicos, eventos climáticos extremos e a expansão das zonas urbanas em regiões que antes eram de florestas nativas têm sido apontadas como as principais causas do declínio dos polinizadores (BRACKEN *et al.*, 2023). Essas atividades reduzem a disponibilidade de alimentos e locais de nidificação para as abelhas. Por exemplo, a sazonalidade na disponibilidade de recursos florais, especialmente de pólen, influencia na dinâmica e vitalidade das colônias (ULYSHEN *et al.*, 2023). Adicionalmente muitos dos produtos químicos utilizados na agricultura são tóxicos para as abelhas, podendo causar a morte dos insetos ou afetar sua capacidade de reprodução e polinização (ZAPECHOUKA; DA SILVA, 2021).

O desequilíbrio resultante afeta não apenas as populações de polinizadores, mas também a biodiversidade global, uma vez que a polinização é crucial na reprodução de plantas e na manutenção de ecossistemas saudáveis. Gallai *et al.* (2009), calcularam que a importância econômica da polinização equivale a 9,5% da produção agrícola global. Esses pesquisadores indicaram que, em um contexto de declínio dos polinizadores, a produção de certas culturas pode se situar abaixo da demanda global atual. Esses resultados mostram que a diversidade de espécies de abelhas é eficaz para aumentar a produtividade de culturas perenes por meio de serviços de polinização (ROGERS *et al.*, 2014). Ademais a polinização de uma comunidade vegetal diversificada tende a ser maior quando mais espécies de abelhas estão presentes (FRÜND *et al.*, 2013).

Desequilíbrios ambientais, notadamente em condições climáticas extremas, contribuem para o enfraquecimento ou perda de colônias de abelhas, afetando comportamento, fisiologia e distribuição das abelhas melíferas. A escassez de néctar, pólen e melada, essenciais para a nutrição direta dos insetos, compromete a subsistência das colônias e a produção de mel. Essa interação complexa destaca a vulnerabilidade das colônias às mudanças ambientais, ressaltando a necessidade urgente de estratégias direcionadas, como a preservação de habitats naturais e a

integração de abelhas polinizadoras, podem ser adotadas para otimizar a prevalência destes insetos benéficos nas plantações.

### 3. CAFÉ E ABELHAS: CULTIVANDO SABOR COM RESPONSABILIDADE AMBIENTAL

O cafeeiro, uma planta perene adaptada a regiões quentes, especialmente nos trópicos, apresenta um fruto que é uma valiosa commodity no mercado global de produtos agrícolas. Essa cultura se destaca como a segunda maior geradora de riquezas no mundo, ficando apenas atrás do petróleo (FERRÃO *et al.*, 2017). O *Coffea canephora*, conhecido como robusta, é uma cultura relevante para o ES, assumindo uma posição proeminente tanto em termos de produção nacional quanto internacional, além da importância social de famílias que dependem dele para sua subsistência.

A polinização é essencial para assegurar a reprodução de diversas plantas, resultando na produção de frutos e sementes. As abelhas são atraídas pelas flores de café devido ao néctar e, ao visitarem as flores em busca de alimento, realizam a polinização. Esse processo vital de fertilização se inicia com a transferência de grãos de pólen das anteras para o estigma da mesma flor ou de outra flor da mesma espécie. A detecção de pólen de *Coffea arabica* em cargas de pólen transportadas por forrageadoras de *Melipona scutellaris* indicaram que essa planta pode desempenhar um papel relevante como fonte de proteína para essa abelha sem ferrão (LUCAS *et al.*, 2017). As abelhas se beneficiam pelo alimento que vem das flores, as plantas por continuarem sua reprodução e o agricultor por ter os seus cultivares de produção bem polinizados garantindo grãos de melhor qualidade, sendo maiores, mais pesados e agregando maior valores nestes produtos, além da produção de mel.

Na cafeicultura, a polinização não é obrigatória, mas a presença de polinizadores aumenta significativamente a produtividade dos cafezais. Nas lavouras de *C. canephora* que são plantas alógamas, caracterizada por um processo de fecundação cruzada, no qual as sementes são formadas a partir do pólen proveniente de outra planta, a frutificação desta espécie depende especialmente da polinização cruzada, e as abelhas, se destacam como um dos melhores polinizadores do cafeeiro. Apesar do emprego de técnicas de melhoramento para desenvolver cultivares de alto potencial produtivo, a

máxima produtividade não pode ser alcançada sem a intervenção dos agentes polinizadores (GÓMEZ *et al.*, 2023).

Esse processo é particularmente valioso, especialmente quando consideramos a importância para a propagação de clones. A espécie *C. arabica*, mesmo sendo autopolinizadora, obtém benefícios da presença de insetos visitantes das flores. Veddeler *et al.* (2008) relataram que a visita das abelhas às flores do café (*C. arabica*) aumentou a produtividade em até 80%. Um valor expressivo para os rendimentos da atividade. Malerbo-Souza e Halak (2012), ao investigarem a polinização em flores de café (*C. arabica* L.), constataram que a ausência de insetos resultou em uma redução significativa de 55,25% na produção de grãos do cafeeiro, além de provocar uma diminuição significativa no peso desses grãos.

A introdução de abelhas sem ferrão na cafeicultura traz consigo vantagens em relação às *Apis mellifera*, como a prevenção de acidentes causados por ferroadas e custos reduzidos, uma vez que são abelhas nativas encontradas naturalmente no ambiente (KLEIN *et al.*, 2003a). Contudo, é importante destacar que os sistemas de manejo do cafezal podem impactar positiva ou negativamente a diversidade nas comunidades de abelhas e outros insetos polinizadores presentes no ambiente.

A polinização das culturas está vinculada à gestão agrícola local e à qualidade dos habitats circundantes, Klein *et al.* (2003) observaram uma diminuição na diversidade de abelhas sociais conforme a distância em relação à floresta aumentava, evidenciando a importância dos remanescentes florestais nas áreas das propriedades agrícolas. Promover a preservação da flora e biodiversidade local, aliada ao cuidado das abelhas, aprimora não apenas a sustentabilidade, mas também a qualidade e atratividade do café, conferindo-lhe um sabor excepcional (MACHADO *et al.*, 2020).

A polinização atua como um serviço ecossistêmico fundamental e produção de alimentos (BOS *et al.*, 2007; VERCELLI *et al.*, 2021). A falta desse processo pode comprometer seriamente a produção alimentar, e a diversidade de espécies também demonstra ser muito eficaz para elevação da produtividade de culturas perenes por meio dos serviços de polinização, conforme destacado por Rogers *et al.* (2014).

Na Indonésia, Klein *et al.* (2003) observaram que a visitação das flores do café por uma comunidade diversificada de abelhas, composta por 20 espécies, resultou em



uma alta taxa de frutificação de 95%, em comparação com flores visitadas por uma comunidade menos diversificada, com apenas 3–6 espécies de abelhas, alcançando uma taxa de frutificação de 60-70%. Este incremento é atribuído à melhoria da fertilização das flores e, conseqüentemente, ao aumento da frutificação, esses dados evidenciaram que a produção em cafezais com baixa visitação, especialmente por insetos como abelhas, tende a ser inferior.

Os polinizadores em geral, que visitaram as flores do *C. arabica* em uma região da Colômbia contribuíram com 16,3% para a pega dos frutos, 26,9% para a produtividade e 30,6% para a qualidade física do café (GÓMEZ *et al.*, 2023). Essas pesquisas evidenciam a importância da diversidade das abelhas no êxito da poliniza o do café, destacando as abelhas melíferas como polinizadores altamente eficientes para as plantas de café.

Na busca por cafés de alta qualidade, como por exemplo os famosos cafés especiais, a poliniza o realizada pelas abelhas   uma contribui o fundamental para a excelência e fortalecimento da cadeia produtiva de cafés especiais. Isso sublinha a interdependência crucial entre a preserva o das abelhas e o padrão excepcional na produ o cafeeira. No entanto   essencial que os agricultores aprofundem seu entendimento sobre os serviços oferecidos por esse conjunto de polinizadores em suas planta es.

Adicionalmente, a presença dessas abelhas no cafeeiro incide positivamente na qualidade dos grãos, fomentando um amadurecimento uniforme e reduzindo a incidência de defeitos.   pertinente destacar que a intera o entre as condi es climáticas, edáficas e práticas técnicas, tais como o sombreamento de árvores e a fertiliza o, exerce um papel significativo na determina o da qualidade das lavouras e dos gr os de café (VEDDELER *et al.*, 2008). Para os cafeicultores, a integra o de planta es de café com a meliponicultura e/ou apicultura emerge como uma potencial alternativa de subsistência.

Os cafeicultores têm   disposi o estratégias que podem otimizar o uso de abelhas sem ferrão em suas propriedades. Essas estratégias incluem: identificar as espécies nativas de abelhas sem ferrão da região e compreender seus padrões comportamentais; proporcionar ambientes propícios para a nidifica o, como caixas de

madeira ou troncos ocos, nas proximidades das plantações de café; cultivar plantas forrageiras que sirvam como fonte de alimento para as abelhas, incluindo flores e árvores frutíferas dentro e ao redor das plantações de café; evitar o uso de pesticidas e outros produtos químicos prejudiciais às abelhas e suas colônias; realizar monitoramentos regulares das populações de abelhas e suas atividades para assegurar uma polinização eficiente das flores do café (SUPENO *et al.*, 2021). Além disso, a capacitação dos agricultores sobre a importância das abelhas sem ferrão como polinizadores e como manejar eficazmente essas espécies se mostra crucial.

A polinização não apenas aprimora a produção do café, mas também elevou o sabor e o aroma da bebida (KARANJA *et al.*, 2013). Ao adotar essas estratégias, cafeicultores em diversas regiões têm a oportunidade de impulsionar a produtividade de suas plantações de café e aprimorar a qualidade de seus grãos, e o café de alta qualidade atinge preços mais elevados no mercado cafeeiro mundial. A meliponicultura não se limita a uma atividade rentável isolada; sua integração com a cafeicultura oferece benefícios adicionais (FRÜND *et al.*, 2013). Além de agregar valor à bebida de café por meio do aprimoramento das propriedades organolépticas, essa prática colaborativa também impulsiona o aumento da produtividade nos cafezais. Essa sinergia não só proporciona ganhos econômicos, mas cria uma experiência sensorial enriquecida para os consumidores, destacando-se como uma abordagem integrada vantajosa para produtores e para o setor agrícola como um todo.

Apesar de serem polinizadores eficazes para cafeeiros, as abelhas enfrentam desvantagens e desafios potenciais. A sensibilidade a mudanças ambientais, como perda de habitat, alterações climáticas e intoxicações por pesticidas, pode impactar suas populações e a capacidade de polinização. Diante da ameaça à população de abelhas, estratégias integradas tornam-se fundamentais. A gestão das explorações cafeeiras como sistemas agroflorestais diversificados poderia melhorar a resiliência climática da cultura do café e das comunidades de abelhas. Diante da pressão por aumentar a produção, a meliponicultura promove aumento na frutificação do café e oferece uma fonte adicional de renda por meio da venda de mel e outros produtos apícolas, proporcionando benefícios financeiros adjacentes. A integração de plantações de café com a meliponicultura não apenas diversifica as fontes de receita, mas também

promove práticas agrícolas que respeitem e regenerem o ambiente, garantindo um futuro mais equilibrado para agricultores e ecossistemas.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente análise ressalta a urgência de adotar práticas agrícolas sustentáveis e integradas, especialmente na cafeicultura, para enfrentar os desafios socioambientais contemporâneos. O conhecimento aprofundado sobre agentes polinizadores, em particular a meliponicultura, emerge como uma estratégia promissora para alinhar a produção de café com a conservação ambiental, fortalecendo simultaneamente a sustentabilidade econômica.

A polinização realizada por abelhas é um processo vital que permeia benefícios essenciais para a humanidade, com destaque para produção de alimentos. A segurança alimentar global está intrinsecamente ligada à saúde das abelhas, pois seu papel na rentabilidade e produtividade de diversas culturas, incluindo café, é inestimável. Contudo, os desafios enfrentados por esses polinizadores, como mudanças climáticas, uso indiscriminado de pesticidas e gestão inadequada de cultivos, exigem uma abordagem proativa. Ademais, restaurar habitats diversificados contribui para a preservação da biodiversidade e a manutenção destes polinizadores.

Destacamos a relevância da preservação da vegetação nativa nas proximidades das plantações de café, pois a cultura oferece recursos limitados para os polinizadores quando não está em fase de floração. Áreas naturais e seminaturais desempenham um papel crucial como reservatórios de visitantes florais, garantindo a disponibilidade contínua de serviços potenciais de polinização cruzada para o cultivo de café.

Os agricultores, ao aprofundarem seu entendimento sobre os serviços prestados por esses polinizadores, podem não apenas otimizar a produtividade e qualidade do café, mas também contribuir significativamente para a conservação do meio ambiente e a construção de uma cadeia produtiva mais resiliente e responsável. Aprimorar a qualidade das colheitas, compreendendo os impactos específicos das abelhas na química das plantas, é crucial para garantir não apenas a preservação desses polinizadores, mas também a segurança alimentar em todo o mundo.

## REFERÊNCIAS

- ADLER, M.; ESCÓBAR-MÁRQUEZ, L.; SOLIS-SOTO, M. T; PINTO, C.F. Abelhas sem ferrão: usos e manejo por mulheres meliponicultoras na região do Chaco, na Bolívia. *Revista de Etnobiologia e Etnomedicina*, v. 1, pág. 1-15, 2023. <https://doi.org/10.1186/s13002-022-00574-0>
- BARBIÉRI, C.; FRANCOY, T. M. Theoretical model for interdisciplinary analysis of human activities: Meliponiculture as an activity that promotes sustainability. *Ambiente & Sociedade*, v. 23, p. e00202, 2020. <https://doi.org/10.1590/1809-4422asoc20190020r2vu2020L4AO>
- BARBOSA, D.; CRUPINSKI, E.F.; SILVEIRA, R.N.; LIMBERGER, D.C.H. As abelhas e seu serviço ecossistêmico de polinização. *Revista Eletrônica Científica da UERGS*, v. 3, n. 4, p. 694-703, 2017. <http://dx.doi.org/10.21674/2448-0479.34.694-703>
- BRACKEN, P.; BURGESS, P. J.; GIRKIN, N. T. Opportunities for enhancing the climate resilience of coffee production through improved crop, soil and water management. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, v. 47, n. 8, p. 1125-1157, 2023. <https://doi.org/10.1080/21683565.2023.2225438>
- BOS, M. M.; VEDDELER, D.; BOGDANSKI, A. K.; KLEIN, A. M.; TSCHARNTKE, T.; STEFFAN-DEWENTER, I.; TYLIANAKIS, J. M. Caveats to quantifying ecosystem services: fruit abortion blurs benefits from crop pollination. *Ecological Applications*, v. 17, n. 6, p. 1841-1849, 2007. <https://doi.org/10.1890/06-1763.1>
- DICKS, L. V.; BREEZE, T. D.; NGO, H. T.; SENAPATHI, D.; AN, J.; AIZEN, M. A.; ... ; POTTS, S. G. A global-scale expert assessment of drivers and risks associated with pollinator decline. *Nature Ecology & Evolution*, v. 5, n. 10, p. 1453-1461, 2021. <https://doi.org/10.1038/s41559-021-01534-9>
- FRÜND, J.; DORMANN, C. F.; HOLZSCHUH, A.; TSCHARNTKE, T. Bee diversity effects on pollination depend on functional complementarity and niche shifts. *Ecology*, v. 94, n. 9, p. 2042-2054, 2013. <https://doi.org/10.1890/12-1620.1>
- GALLAI, N.; SALLES, J. M.; SETTELE, J.; VAISSIÈRE, B. E. Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Ecological economics*, v. 68, n. 3, p. 810-821, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2008.06.014>
- GIANNINI, T. C.; COSTA, W. F.; BORGES, R. C.; MIRANDA, L.; DA COSTA, C. P. W.; SARAIVA, A. M.; IMPERATRIZ FONSECA, V. L. Climate change in the Eastern Amazon: crop-pollinator and occurrence-restricted bees are potentially more affected. *Regional Environmental Change*, v. 20, n. 1, p. 9, 2020. <https://doi.org/10.1007/s10113-020-01611-y>

- GÓMEZ, J. H.; BENAVIDES, P.; MALDONADO, J. D.; JARAMILLO, J.; ACEVEDO, F. E.; GIL, Z. N. Flower-Visiting insects ensure coffee yield and quality. *Agriculture*, v. 13, n. 7, p. 1392, 2023. <https://doi.org/10.3390/agriculture13071392>
- KARANJA, R. H.; NJOROGE, G. N.; KIHORO, J. M.; GIKUNGU, M. W.; NEWTON, L. E. The role of bee pollinators in improving berry weight and coffee cup quality. *Asian Journal of Agricultural Sciences*, v. 5, n. 4, p. 52-55, 2013.
- KLEIN, A. M.; STEFFAN-DEWENTER, I.; TSCHARNTKE, T. Fruit set of highland coffee increases with the diversity of pollinating bees. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, v. 270, n. 1518, p. 955-961, 2003. <https://doi.org/10.1098/rspb.2002.2306>
- KLEIN, A.-M.; STEFFAN-DEWENTER, I.; TSCHARNTKE, T. Pollination of *Coffea canephora* in relation to local and regional agroforestry management. *Journal of Applied Ecology*, v. 40, n. 5, p. 837-845, 2003a. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2664.2003.00847.x>
- KRISHNAN, S.; KUSHALAPPA, C. G.; SHAANKER, R. U.; GHAZOUL, J. Status of pollinators and their efficiency in coffee fruit set in a fragmented landscape mosaic in South India. *Basic and Applied Ecology*, v. 13, n. 3, p. 277-285, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2012.03.007>
- LUCAS, C. I. S.; ANDRADE, W. C. D.; FERREIRA, A. F.; SODRÉ, G. D. S.; CARVALHO, C. A. L. D.; COSTA, M. A. P. D. C.; AGUIAR, C. M. L. Pollen types from colonies of *Melipona scutellaris* Latreille, 1811 (Hymenoptera: Apidae) established in a coffee plantation. *Grana*, v. 57, n. 3, p. 235-245, 2017. <https://doi.org/10.1080/00173134.2017.1330361>
- MACHADO, A. C. P.; BARONIO, G. J.; DE OLIVEIRA, F. F.; GARCIA, C. T.; RECH, A. R. Does a coffee plantation host potential pollinators when it is not flowering? Bee distribution in an agricultural landscape with high biological diversity in the Brazilian Campo Rupestre. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 101, n. 6, p. 2345-2354, 2020. <https://doi.org/10.1002/jsfa.10857>
- MALERBO-SOUZA, D. T.; HALAK, A. L. Agentes polinizadores e produção de grãos em cultura de café arábica cv. "Catuaí Vermelho". *Científica*, v. 40, n. 1, p. 01-11, 2012. <https://doi.org/10.15361/1984-5529.2012v40n1p01%20-%2011>
- MATEUS, S.; FERREIRA-CALIMAN, M. J.; MENEZES, C.; GRÜTER, C. Beyond temporal-polyethism: division of labor in the eusocial bee *Melipona marginata*. *Insectes Sociaux*, v. 66, n. 2, p. 317-328, 2019. <https://doi.org/10.1007/s00040-019-00691-2>

- ROGERS, S. R.; TARPY, D. R.; BURRACK, H. J. Bee species diversity enhances productivity and stability in a perennial crop. *PLoS one*, v. 9, n. 5, p. e97307, 2014. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0097307>
- REILLY, J. R.; ARTZ, D. R.; BIDDINGER, D.; BOBIWASH, K.; BOYLE, N. K.; BRITAIN, C.; ... ; WINFREE, R. Crop production in the USA is frequently limited by a lack of pollinators. *Proceedings of the Royal Society B*, v. 287, n. 1931, p. 20200922, 2020. <https://doi.org/10.1098/rspb.2020.0922>
- ROUBIK, D. W. The value of bees to the coffee harvest. *Nature*, v. 417, n. 6890, p. 708-708, 2002. <https://doi.org/10.1038/417708a>
- SILVA, W. P.; PAZ, J. R. L. Abelhas sem ferrão: muito mais do que uma importância econômica. *Natureza on line*, v. 10, n. 3, p. 146-152, 2012. <http://www.naturezaonline.com.br/>
- SUPENO B, ERWAN, AGUSSALIM. Enhances production of coffee (*Coffea robusta*): The role of pollinator, forages potency, and honey production from *Tetragonula* sp.(Meliponinae) in Central Lombok, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, v. 22, n. 10, p. 4687-4693, 2021. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d221062>
- ULYSHEN, M.; URBAN-MEAD, K. R.; DOREY, J. B.; RIVERS, J. W. Forests are critically important to global pollinator diversity and enhance pollination in adjacent crops. *Biological Reviews*, 2023. <https://doi.org/10.1080/21683565.2023.2225438>
- VERCELLI, M.; NOVELLI, S.; FERRAZZI, P.; LENTINI, G.; FERRACINI, C. A qualitative analysis of beekeepers' perceptions and farm management adaptations to the impact of climate change on honey bees. *Insects*, v. 12, n. 3, p. 228, 2021. <https://doi.org/10.3390/insects12030228V>
- VERGARA, C. H.; BADANO, E. I. Pollinator diversity increases fruit production in Mexican coffee plantations: The importance of rustic management systems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, v. 129, n. 1-3, p. 117-123, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2008.08.001>
- VEDDELER, D.; OLSCHESKI, R.; TSCHARNTKE, T.; KLEIN, A. M. The contribution of non-managed social bees to coffee production: new economic insights based on farm-scale yield data. *Agroforestry systems*, v. 73, p. 109-114, 2008. <https://doi.org/10.1007/s10457-008-9120-y>
- ZAPECHOUKA, A. J.; DA SILVA, F. F. Uma análise da teoria sobre a ação humana e suas consequências para as abelhas nativas sociais. *Meio Ambiente*, v. 3, n. 5, 2021.

# CAPÍTULO V

## DETERMINAÇÃO DE ÁREAS APTAS PARA INSTALAÇÃO DE UM ATERRO SANITÁRIO UTILIZANDO SIG COMO FERRAMENTA - UM ESTUDO DE CASO

### DETERMINATION OF AREAS SUITABLE FOR INSTALLING A SANITARY LANDFILL USING GIS AS A TOOL - A CASE STUDY

DOI: 10.51859/AMPLA.MAC3468-5

Maria Andressa Ximenes Sabóia <sup>1</sup>  
Vitória Regina Alves Martins <sup>1</sup>  
Beatriz Nobre de Sousa <sup>1</sup>  
Francisca Anorata Bento Portela <sup>1</sup>  
Thiago Fernandes da Silva <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Graduanda do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária. Universidade Federal do Ceará – UFC

<sup>2</sup> Professor Assistente do Campus de Crateús. Universidade Federal do Ceará – UFC

#### RESUMO

O crescimento populacional associado ao elevado consumo consequente das atividades humanas tem gerado uma excessiva produção de resíduos sólidos urbanos. Lixões ainda são comumente locais de disposição final de resíduos urbanos fazendo parte do cenário de muitos municípios brasileiros. A disposição incorreta desses resíduos gera impactos ambientais significativos. Dessa forma, o presente estudo tem como objetivo apresentar uma análise de áreas que apresentam aptidão para construção de um aterro sanitário no município de Crateús-CE, pretendendo diminuir os impactos que são causados ao meio ambiente na utilização de lixões como receptores de resíduos sólidos de forma inadequada. O presente artigo utilizou SIG como ferramenta para o levantamento de informações a respeito de áreas que mostram potencial, gerando mapas digitais na qual os mesmos revelam os dados acerca das áreas analisadas. As informações foram obtidas através dos mapas de pedologia, hidrografia, uso e ocupação do

solo e declividade e os cálculos feitos a partir dos mesmos. Portanto, através disso, resultou na elaboração do mapa de aptidão, que será utilizado para identificar áreas para a construção de um aterro sanitário na cidade de Crateús.

**Palavras-chave:** Resíduo Sólido Urbano. Aterro Sanitário. SIG.

#### ABSTRACT

Population growth associated with high consumption resulting from human activities has generated excessive production of urban solid waste. Landfills are still commonly used for the final disposal of urban waste and are part of the scenario in many Brazilian municipalities. The incorrect disposal of this waste generates significant environmental impacts. Thus, the present study aims to present an analysis of areas that are suitable for the construction of a sanitary landfill in the municipality of Crateús-CE, intending to reduce the impacts that are caused to the environment in the use of landfills as receivers of solid waste. inappropriate way.





This article used GIS as a tool for collecting information about areas that show potential, generating digital maps in which they reveal data about the areas analyzed. The information was obtained through pedology, hydrography, land use and occupation and slope maps and calculations made from them. Therefore, through this, it resulted in the preparation of the

suitability map, which will be used to identify areas for the construction of a landfill in the city of Crateús.

**Keywords:** Municipal Solid Waste. Landfill. GIS.

## 1. INTRODUÇÃO

A gestão de resíduos sólidos urbanos (RSU) tornou-se mais complexa nas últimas décadas, sobretudo nos municípios em expansão e com falhas na organização da gestão de desses resíduos. O crescimento populacional associado ao aumento do consumo não sustentável tem aumentado significativamente a geração excessiva de resíduos sólidos urbanos (Oliveira et al., 2020). Segundo Gregório et al. (2013) a elevada quantidade de lixo produzida em centros urbanos é preocupante, principalmente, em relação a saúde pública e a conservação ambiental.

No Brasil, de acordo com o relatório do Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil da ABRELPE (2020), foi realizado uma comparação da geração de resíduo entre os anos de 2010 e 2019, registrando um aumento considerável, passando de 67 milhões para 79 milhões de toneladas, um aumento de aproximadamente 12 milhões de toneladas (Damasceno, 2022). Com o efeito do crescimento populacional, alinhado à centralização da população nos centros urbanos e ao incentivo ao consumo, surgem os problemas relacionados à disposição final ambientalmente adequada nos municípios brasileiros. (Damasceno, 2022).

De acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos, regida pela Lei nº12.305/2010 todos os municípios brasileiros deveriam elaborar e entregar um plano de gerenciamento de resíduos sólidos até o ano de 2012, com o objetivo de erradicar todos os lixões até 2014, o que vem se estendendo por anos. Atualmente, há um grande atraso dos municípios em relação ao acatamento desta lei, devido a múltiplos fatores, um deles é a falta de investimentos, pois falta conhecimento a respeito da importância do encerramento dos lixões, além da dificuldade em localizar áreas disponíveis para implantação deste empreendimento.



A NBR 13.896/1997 (Projeto de aterros de resíduos não perigosos) estabeleceu alguns critérios para a escolha do local de um aterro. São levadas em consideração diversos fatores, como a aceitação da instalação pela população, estar de acordo com o zoneamento da região, o impacto ambiental causado pela implementação deverá ser minimizado, o espaço possa ser utilizado por um longo intervalo de tempo, e também, análises topográficas, cobertura vegetal da área, recursos hídricos disponíveis no local, acesso ao lugar, e etc.

O uso de geoprocessamento tem sido essencial para a garantia de escolha adequada desses locais. Deste modo, a utilização de sistemas de informações geográficas (SIG) pode ser um instrumento de grande importância para gestões públicas, especialmente para pequenos municípios (Batistella e Moran, 2008). O SIG consegue auxiliar na delimitação de áreas adequadas para a localização de um aterro sanitário, reduzindo a possibilidade de escolha de locais impróprios. A sua utilização constitui-se na integração e análise de dados espaciais, e resultam na avaliação incorporação de aspectos técnicos ambientais, legais, sociais e econômicos.

Dessa forma, o presente estudo tem como objetivo determinar áreas aptas para implantação de um aterro sanitário no município de Crateús-CE, através da utilização do Sistema de Informação Geográfica - SIG.

## 2. METODOLOGIA

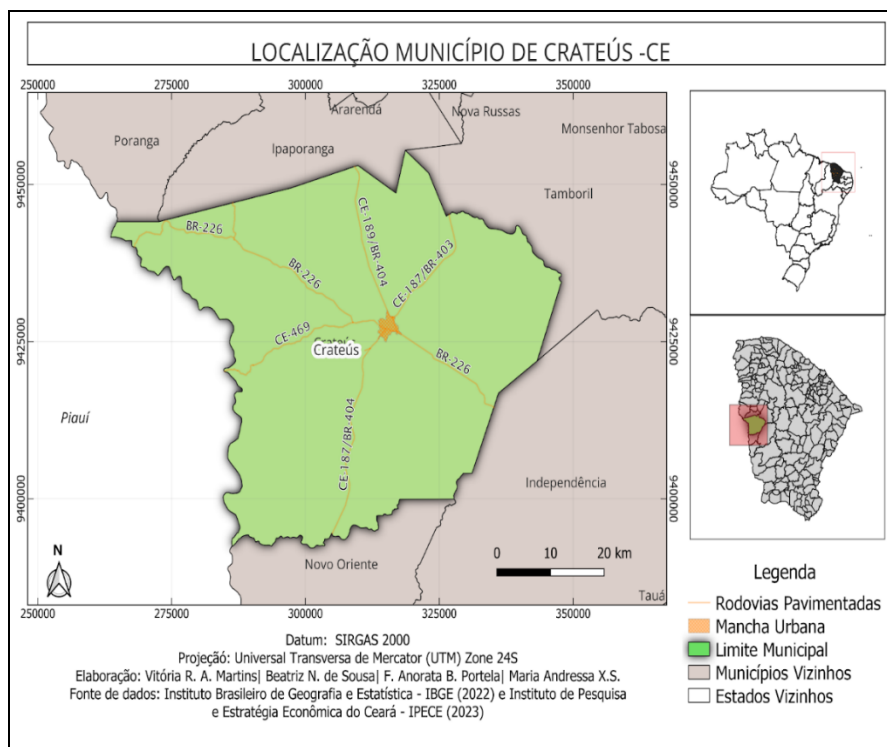
### 2.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O município de Crateús está localizado em uma área de extensão territorial de 2.985,411 Km<sup>2</sup>, com uma população estimada em 75.241 habitantes (Figura 1). Pertence à 13ª Região administrativa e está situado na macrorregião e microrregião de planejamento conhecida como Sertão de Crateús (IPECE, 2017).

Crateús possui um clima caracterizado como Tropical Quente Semiárido, com temperatura média variando de 26°C a 28°C e pluviosidade média de 731 mm, concentrada principalmente nos meses de janeiro a abril. O município experimenta uma estação chuvosa quente, opressiva e de céu encoberto, enquanto a estação seca é escaldante, com ventos fortes e céu parcialmente encoberto. A temperatura raramente é inferior ou superior a 21°C e 38°C, respectivamente (IPECE, 2017).

A região de Crateús apresenta diferentes tipos de solo de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (SIBCS), sendo os principais: Argissolos, Luvisolos, Latossolos, Neossolos e Planossolos. Estes solos variam em termos de profundidade, drenagem, textura e fertilidade natural. A vegetação predominante na área de estudo é a Caatinga, que inclui Caatinga Arbustiva Aberta, Carrasco, Floresta Caducifólia Espinhosa (caatinga arbórea) e Floresta Subcaducifólia Tropical Pluvial (mata seca) (CEARÁ, 2007; IPECE, 2017). No que diz respeito aos recursos hídricos, o município de Crateús é atravessado pelo Rio Poti, que é uma das principais sub-bacias do rio Parnaíba. Além do Rio Poti, existem outros rios e riachos na região, como o Rio Jatobá e os Riachos do Meio dos Patos, entre outros.

Figura 1 – Utilize os estilos pré-definidos para identificar os tópicos



Fonte: Autoria própria.

Em relação aos resíduos sólidos, o município de Crateús possui um sistema de limpeza urbana que realiza a coleta convencional dos resíduos domiciliares e comerciais, e atualmente deposita os resíduos sólidos urbanos em um lixão municipal (Figura 2). O município também possui o sistema coleta seletiva, na qual, os materiais recicláveis são levados para a Associação de Catadores de Materiais Recicláveis de Crateús (RECICRATIÚ), onde são segregados no Centro de Triagem da associação e

comercializados em Fortaleza. Cerca de 30.000 toneladas de resíduos sólidos recicláveis são coletadas por mês no município. Contudo, ainda há a presença de catadores informais no lixão do município, representando um desafio social. Nesse sentido, desde 2010, existe um Protocolo de Intenções firmado entre os municípios de Crateús, Independência, Ipaporanga e Novo Oriente para a construção de um aterro sanitário por meio de um consórcio, visando uma destinação adequada aos resíduos sólidos (CRATEÚS, 2014).

Além disso, o município de Crateús possui a Política Ambiental do Município, prevista na Lei nº 203 de 2012, que estabelece instrumentos para promover o controle ambiental, como atividades de licenciamento, planejamento, zoneamento ambiental e educação ambiental. A Lei nº 227/2012 incentiva o desenvolvimento de programas de educação ambiental, recuperação de ambientes degradados e a preservação de áreas de preservação ambiental. O Conselho Municipal de Meio Ambiente, criado pela Lei Municipal nº 566/2005, tem competências de propor diretrizes para a Política Municipal do Meio Ambiente, colaborar nos estudos e elaboração de planejamento e nos instrumentos de gestão municipal, incluindo a deliberação sobre coleta, seleção, armazenamento, tratamento e eliminação dos resíduos sólidos (CRATEÚS, 2014).

Figura 2- Imagens aéreas do Lixão de Crateús - CE.



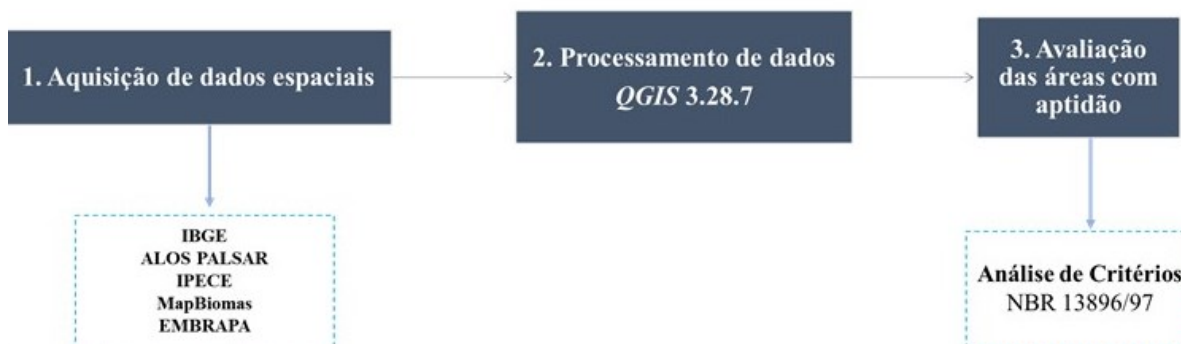
Fonte: Autoria própria.

## 2.2. AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DOS DADOS

O levantamento da base de dados necessários para o estudo foi realizado em 3 etapas: Aquisição de dados a partir da obtenção de dados espaciais, processamento dos dados, utilizando o software *QGIS* 3.28.7 e *QGIS* 3.10.1 para tratamento dos dados e

avaliação das áreas com aptidão, sem restrição para possível implantação de aterro sanitário (Figura 3).

Figura 3 – Fluxograma do procedimento metodológico aplicado



Fonte: Autoria própria.

A NBR 1389/67 dispõe em seu item 4.1 critérios para a avaliação da adequabilidade de um local para instalação de aterro sanitário. Para o presente estudo, foram considerados apenas os critérios que incluem localizar-se a uma distância mínima dos cursos de água de 200 metros, localizar-se a uma distância mínima dos núcleos populacionais de 500 metros, solos com baixa permeabilidade, áreas protegidas, declividade > 1% e inferior a 30%. A análise de uso e ocupação do solo foram avaliadas com base no tipo de solo que o município está inserido e a área de vegetação de influência. Os critérios analisados estão descritos na tabela 1.

Tabela 1- Critérios e classificação aplicados na análise usando a ferramenta SIG

Critérios	Restrição	Peso	Classificação
Proximidade de estradas e rodovias	-	25%	Uso restrito
Afastamento de centros urbanos	<500 m	25%	Baixa aptidão
Afastamento de corpos hídricos	<200 m	30%	Média aptidão
Declividade do terreno	>1% <30%	20%	Média alta aptidão
Não ser localizado em áreas proibidas/protegidas	Eliminatório	Eliminatório	Alta aptidão

Fonte: Autoria própria.

Com base nos critérios descritos, foram elaborados mapas que representam as características dos critérios mencionados, que incluem pedologia, uso e ocupação do



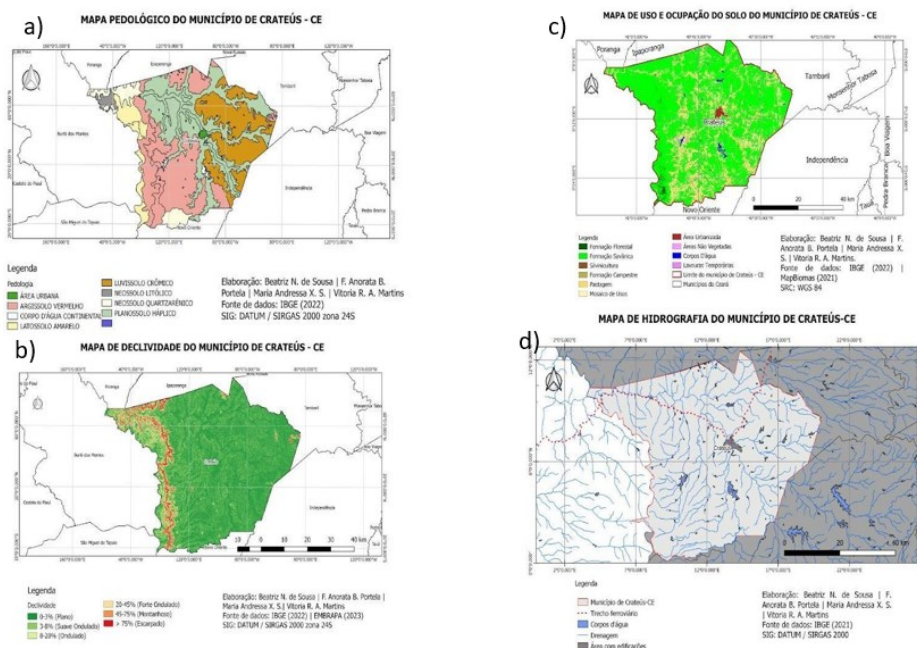
solo, hidrografia e áreas de proteção/restritas e declividade. Cada mapa foi processado com dados obtidos junto a banco de dados nacionais e internacionais como: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, Instituto de Pesquisa e Estratégia do Ceará - IPECE, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária- EMBRAPA, Map Biomas e Alos Palsar, todos aplicados no processamento do software QGIS versões 3.28.7 e 3.10.1. O sistema de projeção utilizado foi o Universal Transversa de Mercator – UTM, Datum SIRGAS 2000, zona UTM 24S e WGS 84.

Os quatro critérios (declividade, distância de centros urbanos, distância de corpos hídricos e proximidades de estradas e rodovias) receberam uma combinação de nota de 1 a 5, classificando a áreas de restrita a alta aptidão. Ao final, foram gerados mapas que demonstraram áreas, em escala de aptidão, para implantação de aterros sanitários.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 4 apresenta os seguintes mapas do município de Crateús: pedológico, de declividade, uso e ocupação do solo e hidrografia. Considerando estes mapas, é possível obter informações necessárias para identificar regiões com potencial e aquelas sujeitas a restrições.

Figura 4: Mapas: A) Pedologia; B) Declividade; C) Uso e ocupação solo; D) Hidrografia.

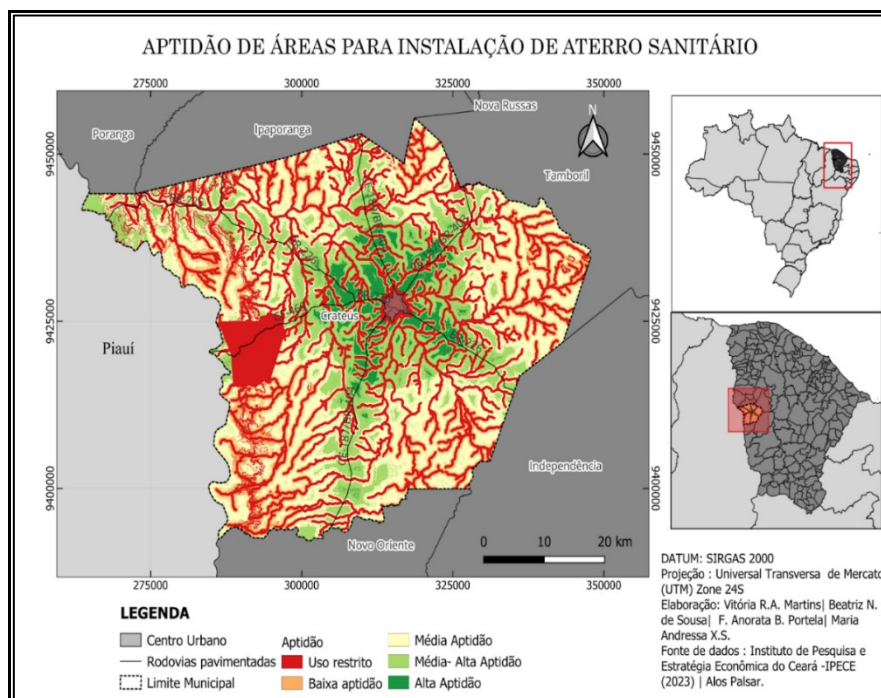


Fonte: Autoria própria.



A partir das análises do mapa de aptidão (Figura 5), podemos notar que a maior potencialidade de instalação do aterro se encontra no centro da extensão territorial do município, isso pode estar relacionado a localização das vias de acesso em rodovias para logística e a regiões próximas do centro urbano, principal gerador, indicada pela coloração verde mais intensa. Nota-se que nas regiões extremas do limite municipal é considerada baixa ou de média alta aptidão, menos favoráveis a instalação do aterro. O estudo identificou que não foram encontradas unidades de conservação (UC) que seriam fatores limitantes para a instalação de aterros sanitários, no entanto é relevante respeitar as áreas restritas com proximidades principalmente aos corpos hídricos. Ainda assim, foi identificada uma área que possui classificação eliminatória, sendo esta uma comunidade quilombola, denominada queimadas, com território protegido no Município. Além disso, embora as áreas de aptidão sejam mais concentradas próximas ao centro urbano do município, possui vantagem em relação a instalação do aterro por meio de consórcio, na qual, outros municípios vizinhos participam, também por conta de sua localização.

Figura 5- Mapa de áreas de aptidão para instalação do aterro sanitário no município de Crateús



Fonte: Autoria própria.

É importante ressaltar que é fundamental a realização de outras análises para a melhor adequação da área apta, entre essas análises destaca-se a projeção da

estimativa de crescimento populacional do município que tem se expandido cada vez mais, portanto, aumenta a demanda de resíduos produzidos por seus habitantes, que impacta diretamente no tempo de vida útil do aterro. Além disso, apesar de os resultados da análise indicarem os melhores resultados para as áreas mais adequadas para implantação do aterro sanitário no município, essas não necessariamente correspondem a áreas mais viáveis analisando outros aspectos, como o econômico.

#### 4. CONCLUSÃO

Conclui-se, portanto, que, as áreas mais adequadas se encontram no entorno do perímetro urbano, devido à proximidade com os resíduos gerados e as vias de acesso, respeitando as áreas limites de restrição especificadas por norma. O estudo realizado pode servir como base para pesquisas futuras mais detalhadas sobre as áreas selecionadas, além de servir de suporte aos órgãos ambientais responsáveis pelo licenciamento ambiental. É relevante destacar que esse estudo não teve a finalidade de projetar o aterro, muito menos considerar a economia referente à sua instalação. O alvo foi o processamento de dados geoespaciais utilizando as ferramentas do SIG.

Por fim, a utilização das ferramentas de geoprocessamento e do software SIG QGIS demonstraram ser eficientes e importantes para estudos de viabilidade de prováveis áreas para instalação do aterro sanitário, auxiliando na aplicação de critérios pré selecionados.

No entanto, são necessárias a realização de mais estudos e aplicação de mais critérios envolvendo o território de Crateús, entre eles, a análise in loco dos locais aptos. A partir disso, busca-se reiterar a necessidade de mais estudos que sirvam como base para o município e municípios vizinhos na aplicação do que a PNRS exige e eliminar a disposição inadequada de resíduos sólidos que causam impactos adversos ao meio socioambiental.

#### REFERÊNCIAS

CARRILHO, Atalanta Nayara; CANDIDO, Humberto Gois; SOUZA, Amilton Diniz. Geoprocessamento aplicado na seleção de áreas para a implantação de aterro sanitário no município de Conceição das Alagoas (MG). Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/esa/a/DJHyxssg9nxxkW6dXztywcn/?format=pdf#:~:text=A%20utiliza%C3%A7%C3%A3o%20do%20Sistema%20de,ser%20estudada%20com%20mais%20profundidade.>> Acesso em: 29 de Junho de 2023

CRATEÚS, Consórcio Público de Manejo de Resíduos Sólidos da Região dos Sertões de. Disponível em: <<https://crscrateus.ce.gov.br/secretaria/1>> Acesso em: 01 de Julho de 2023

DAMACENO, V. R., 2022. Utilização de geoprocessamento para indicação de áreas favoráveis para implantação de aterro sanitário no município de São João del Rei - Mg. Trabalho de conclusão de Curso. Engenharia Ambiental e Sanitária, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte.

FELICORI, T.C.; MARQUES, E. A. G.; SILVA, T.Q.; PORTO, B.B.; BRAVIN, T.C.; SANTOS, K.M.C, 2016. Identificação de áreas adequadas para a construção de aterros sanitários e usinas de triagem e compostagem na mesorregião da Zona da Mata, Minas Gerais. (Online). p. 1-2.

GREGÓRIO, B. S.; AZEVEDO, G. M.; SOUZA, J. L.; SANTOS. P. S, 2013. Avaliação de áreas para instalação de aterro sanitário no município de Barreiras, Bahia. Anais XVI Símpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR (Online). p. 842-843.

IPECE - Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. Perfil Municipal 2017. Ano I – Janeiro de 2018. Elaborado por Claudia Maria de Pontes Viana, Fátima Juvenal de Sousa e Kathiuscia Alves de Lima. Gerente GEGIN: Marília Rodrigues Firmiano. Diretor Geral: Flávio Ataliba F. D. Barreto [https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2018/09/Crateus\\_2017.pdf](https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2018/09/Crateus_2017.pdf)

OLIVEIRA, A.A.A.; CÔRREA, S.S.; MARIANO, M. O. H.; BEZERRA, S.T.M.; COELHO, I.C.L, 2020. Métodos multicritérios para seleção de áreas destinada a aterros sanitários. Revista AIDS de engenharia e ciências ambientais (Online),v. 14, 426-427.

POAGUE, K. I. H. M.; SILVA, W. R.; REZENDE, V. M.; PEREIRA, A. P.; ÁRABE, M. P. SIG na seleção de áreas para implantação de aterros sanitários: estudo de caso em Jundiá – SP. Disponível em: <[http://revistadae.com.br/artigos/artigo\\_edicao\\_213\\_n\\_1744.pdf](http://revistadae.com.br/artigos/artigo_edicao_213_n_1744.pdf)> Acesso em: 29 de Junho de 2023.

SÓLIDOS, Política Nacional dos Resíduos. Lei 12.305/2010. Disponível em: <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm)> Acesso em: 03 de Julho de 2023.



## CAPÍTULO VI

# TRANSFORMANDO O PASSADO: ESTUDO DE CASO DE REABILITAÇÃO GEOAMBIENTAL NO ATERRO SANITÁRIO DE FRESHKILLS EM NOVA IORQUE (EUA)

## TRANSFORMING THE PAST: CASE STUDY OF GEOENVIRONMENTAL REHABILITATION AT THE FRESHKILLS LANDFILL IN NEW YORK (USA)

DOI: 10.51859/AMPLA.MAC3468-6

Ana Clara Rosendo de Sousa <sup>1</sup>  
 Antonia Gilvany Gomes de Oliveira <sup>1</sup>  
 Nicole Martins Aragão <sup>1</sup>  
 Vanessa Maria Macedo Lopes <sup>1</sup>  
 Daniela Lima Machado da Silva <sup>2</sup>  
 Thiago Fernandes da Silva <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Graduanda do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária. Universidade Federal do Ceará – UFC

<sup>2</sup> Professora Adjunta do curso de Engenharia Civil. Universidade Federal do Ceará – UFC

<sup>3</sup> Professor Assistente dos cursos de Engenharia Ambiental e Sanitária e Engenharia Civil. Universidade Federal do Ceará – UFC

### RESUMO

A quantidade crescente de resíduos sólidos urbanos (RSU) gerados no planeta tem se tornado um problema ambiental e de saúde pública. Diante disso, a gestão adequada de RSU e o uso futuro das áreas de disposição surgem como preocupações prioritárias para minimizar os impactos ambientais. Este artigo tem como objetivo analisar as medidas utilizadas para reabilitação geoambiental do Aterro Sanitário de Freshkills em Nova Iorque, investigando suas estratégias, benefícios e desafios. Este empreendimento foi considerado o maior aterro sanitário do mundo dos últimos 53 anos e vários desafios foram enfrentados no seu processo de encerramento e reabilitação, de forma segura e sustentável. O caso foi analisado por meio de levantamento de informações na literatura e nos sítios dos administradores dos parques. Os projetos e detalhamentos disponíveis foram analisados e comparados com processos de

reabilitação discutidos na literatura técnica. Os resultados revelaram que a transformação do aterro em um parque público foi possível devido a várias técnicas de engenharia no processo de coleta e tratamento de efluentes, bem como por processos de impermeabilização das superfícies de contato com os resíduos. A reabilitação incluiu a cobertura do aterro, monitoramento contínuo da qualidade do ar, água e solo, restauração da biodiversidade e desenvolvimento de infraestrutura adequada. Percebeu-se diversos benefícios ambientais, sociais e econômicos. Conclui-se que a reabilitação de aterros sanitários é viável e pode ser aplicada, com adaptações às características específicas de cada localidade, contribuindo para a preservação ambiental, à promoção da sustentabilidade e à melhoria da qualidade de vida das comunidades locais.

**Palavras-chave:** Resíduos Sólidos Urbanos. Aterro sanitário. Reabilitação geoambiental.



Desenvolvimento sustentável. Uso futuro de aterros.

## ABSTRACT

The increasing amount of urban solid waste (MSW) generated on the planet has become an environmental and public health problem. Given this, adequate management of MSW and the future use of disposal areas emerge as priority concerns to minimize environmental impacts. This article aims to analyze the measures used for the geoenvironmental rehabilitation of the Freshkills Landfill in New York, investigating their strategies, benefits and challenges. This project was considered the largest landfill in the world in the last 53 years and several challenges were faced in its closure and rehabilitation process, in a safe and sustainable way. The case was analyzed by collecting information in the literature and on the parks administrators' websites. The available projects and details

were analyzed and compared with rehabilitation processes discussed in the technical literature. The results revealed that the transformation of the landfill into a public park was possible due to several engineering techniques in the effluent collection and treatment process, as well as waterproofing processes on the surfaces in contact with the waste. Rehabilitation included covering the landfill, continuous monitoring of air, water and soil quality, restoring biodiversity and developing adequate infrastructure. Several environmental, social and economic benefits were realized. It is concluded that the rehabilitation of landfills is viable and can be applied, with adaptations to the specific characteristics of each location, contributing to environmental preservation, promoting sustainability and improving the quality of life of local communities.

**Keywords:** Sustainable development. Sanitary landfill. Environmental rehabilitation.

## 1. INTRODUÇÃO

A quantidade de resíduos produzido pela população tem alcançado valores alarmantes. Segundo Silpa *et al.* (2018), aproximadamente 2,01 bilhões de toneladas de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) são geradas anualmente pelo mundo, e espera-se que, em 2050, esse número chegue a 3,40 bilhões de toneladas, representando um aumento de quase 70%. E para minimizar esse impacto, alguns países buscam estratégias de gestão de resíduos e uso de tecnologia e inovação associadas às cadeias produtivas (Liang *et al.*, 2021).

A estratégia de disposição final ambientalmente adequada mais utilizada no mundo tem sido por meio de aterros sanitários (GIUSTI, 2009). Estas obras são projetadas para deposição de resíduos sólidos, organizados em camadas sucessivas, visando a redução do impacto ambiental e a preservação da segurança sanitária e ambiental (ABNT, 1992). No entanto, à medida que esses aterros sanitários atingem sua capacidade máxima, surge a necessidade de seu encerramento e disposição em novas áreas.

Esse encerramento de um aterro sanitário envolve serviços de impermeabilização e cobertura, estabilização biogeoquímica, recuperação da área e

monitoramento contínuo. É crucial assegurar que o local seja seguro e adequado para seu uso futuro. Isso inclui o controle de emissões de gases e correta drenagem de líquidos percolados (SARSBY, 2013).

Como estes aterros ocupam grandes extensões de terra, é essencial designar novos usos para a área afetada e promover a reintegração com o ambiente natural. Além disso, essa reutilização oferece oportunidades para a recuperação de áreas degradadas, a promoção da sustentabilidade e o desenvolvimento de projetos ambientalmente adequados.

O objetivo deste artigo é analisar as medidas utilizadas para reabilitação geoambiental do Aterro Sanitário de Freshkills. Estas medidas apresentam potencial de adaptação a novos ambientes para restaurar outros aterros sanitários, como no caso do Brasil, que possui aterros sanitários recentes e que devem ter suas áreas reintegradas em breve. Assim, será possível estabelecer um equilíbrio da paisagem e promover desenvolvimento sustentável, mesmo em ambientes degradados.

## 2. METODOLOGIA

Este estudo de caso utilizou uma abordagem qualitativa para explorar o processo de reabilitação do Aterro Sanitário de Freshkills, localizado na cidade de Nova Iorque, nos Estados Unidos da América (EUA).

A pesquisa foi realizada através de consulta aos principais dados e projetos disponibilizados pelos administradores deste Aterro, sobretudo disponíveis em NYC Parks (2023) e Freshkills Park (2023), assim como pela revisão de literatura para identificar os benefícios, as estratégias e os desafios comuns relacionados à reabilitação dessas áreas com passivo ambiental.

Além disso, foi discutida a viabilidade de implantação de projetos de reabilitação no Brasil, levando em considerações diversos aspectos geoambientais, tendo em vista que há inúmeros empreendimentos deste tipo chegando ao final de sua vida útil.

## 3. ESTUDO DE CASO: ATERRO DE FRESHKILLS

### 3.1. OBJETO DE ESTUDO E CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA

O Aterro Sanitário de Fresh Kills está localizado em Staten Island, na região metropolitana da cidade de Nova York (Figura 1), próximo a grandes centros

comerciais, como a ilha de Manhattan. Iniciou suas operações em 1948 e perfaz uma área em torno de 890 hectares, composto por quatro aterros sanitários que ocupam 45% dessa área e variam de altura entre 27 e 68 m.

Figura 1 – Localização da área do aterro de Fresh Kills, Nova Iorque (EUA)



Fonte: CNN (2023) e NYC PARKS (2023)

De acordo com OICS (2023), o parque hoje conhecido como Freshkills era um dos maiores aterros a céu aberto do mundo em 2001, recebendo lixo de aproximadamente 8 milhões de pessoas. Inicialmente planejado como uma solução temporária para a gestão de resíduos, as quatro células do aterro, localizadas na Figura 2, permaneceram em operação por 53 anos, chegando a receber cerca de 29 mil toneladas de lixo por dia.

Figura 2 - Composição da área do Aterro Fresh Kills



Fonte: Freshkills Park (2023)



No ano de 1991, 88 aterros sanitários foram fechados nos EUA, deixando o Freshkills como o único e principal destino para resíduos sólidos. A Figura 3 mostra como a maioria dos resíduos chegavam ao aterro em embarcações, expondo totalmente os recursos hídricos à contaminação. Em 1996, o então prefeito de Nova Iorque, Rudolph Giuliani, e o governador George Pataki assinaram um mandato para o fechamento do aterro até 2001.

Figura 3 - Barcaças carregadas de lixo atracando próximas à uma das plantas de processamento do aterro de Fresh Kills



Fonte: Freshkills Park (2023)

A transformação do Aterro de Freshkills foi uma resposta à necessidade de enfrentar os desafios ambientais e de saúde causados pelo histórico do aterro. Diante dessas preocupações, tornou-se evidente que uma abordagem mais sustentável era necessária. A transformação do aterro em um parque público pareceu uma solução promissora. Essa transformação não apenas melhoraria a qualidade ambiental da região, mas também traria benefícios sociais importantes.

A fim de aproveitar o potencial do local para um uso adaptativo final, o Governo Municipal de Nova York, em colaboração com várias entidades, realizou um Concurso Internacional de projetos para o desenvolvimento de um plano diretor para o Freshkills Park. O objetivo era atrair talentos de todo o mundo e gerar ideias inovadoras de parques que atendessem às necessidades das comunidades locais e respeitassem a história natural e construída do local.



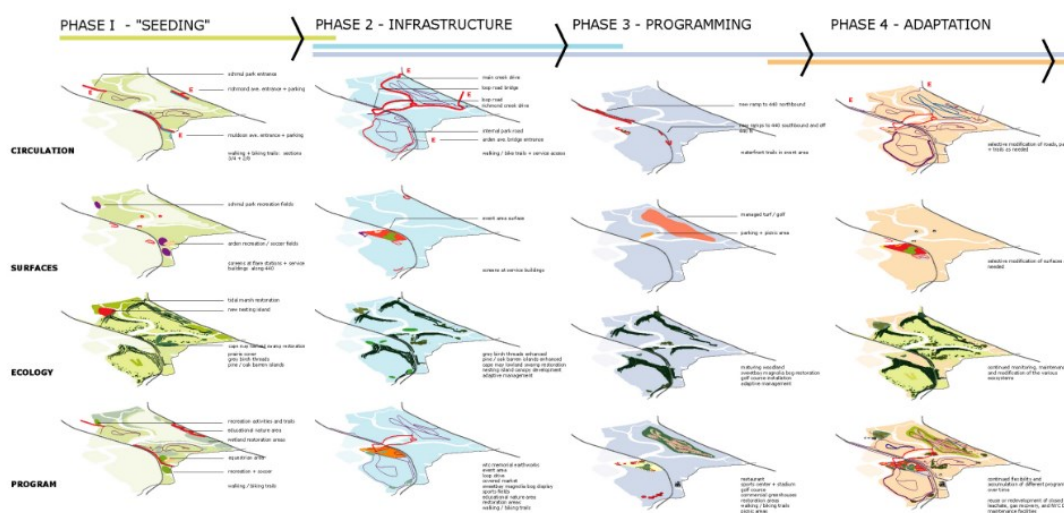
Ao iniciar o projeto do parque público, o Freshkills Park proporcionou um ambiente agradável para a comunidade local desfrutar de atividades recreativas e de lazer ao ar livre. Essa transformação trazia à tona a importância da reabilitação ambiental e do desenvolvimento sustentável nos locais de encerramento de aterros sanitários.

### 3.2. A REABILITAÇÃO GEOAMBIENTAL

#### 3.2.1. O plano de reabilitação

O plano de reabilitação foi elaborado e dividido em 4 etapas (Figura 4), compondo medidas iniciais, implantação de infraestrutura, programações e adaptação, com previsão de finalização das instalações em 2050. A elaboração deste plano demandou uma investigação do subsolo e das águas, através de investigação e monitoramento. Além disso, é necessária uma infraestrutura destinada às áreas verdes, o plano elaborado identifica cinco áreas principais para o parque, cada uma com características distintas e projetadas de forma a maximizar as oportunidades e compreender as limitações de cada uma.

Figura 4 – Plano de reabilitação do aterro de Fresh Kills



Fonte: NYC PARKS (2023)

O projeto inclui reservas naturais, proporcionando habitats para animais, lotes dedicados a sementes e plantações, caminhos destinados à ciclismo e caminhadas, áreas de piquenique, espaços para descanso, locais para eventos, atividades de canoagem e uma ampla gama de possibilidades para um parque público (Figura 5).



Figura 5 – Perspectiva do plano de reabilitação em uma das áreas do FreshKills Park



Fonte: NYC PARKS (2023)

O objetivo do plano foi criar um ambiente diversificado que atenda às necessidades e interesses de todos os visitantes, proporcionando uma experiência enriquecedora e valorizando os recursos naturais presentes. O parque proporciona um amplo território para a geração de fontes de energias alternativas através de energia solar.

### 3.2.2. Cobertura do aterro e drenagem dos efluentes após encerramento

O Aterro Fresh Kills é coberto com diferentes camadas de solo, geotêxteis e uma geomembrana. Essas camadas têm como objetivo estabilizar os resíduos depositados no aterro, separá-los do meio ambiente e dos visitantes do parque, além de evitar a liberação de gases do aterro para a atmosfera. A utilização dessas camadas de cobertura é uma prática comum em aterros fechados, seguindo as diretrizes de proteção ambiental local.

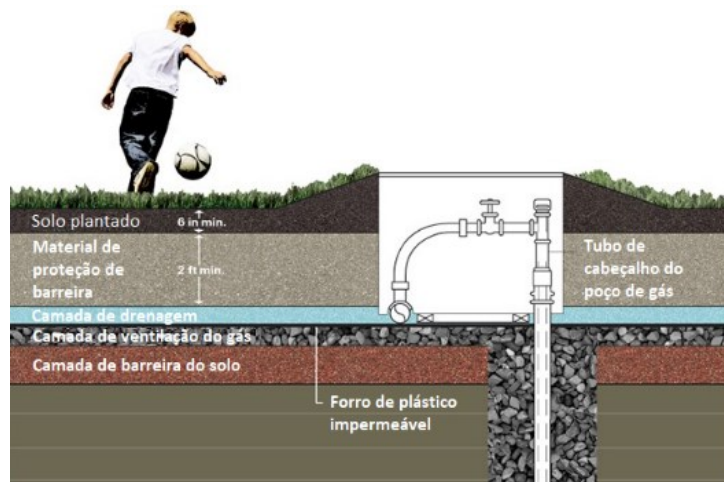
Além da cobertura deste aterro, o projeto do Freshkills Park também inclui uma coleção de valas, calhas descendentes e lagoas de retenção. Essas estruturas têm a finalidade de coletar e gerenciar as águas pluviais, evitando que a água da chuva ocasione fluxos na cobertura do aterro. A gestão adequada das águas pluviais é fundamental para manter a integridade da cobertura e evitar possíveis impactos ambientais.

A estrutura de vedação do aterro (Figura 6) no Freshkills Park é composta por várias camadas, incluindo:

- Camada de resíduos: os resíduos sólidos urbanos foram depositados no aterro por 53 anos e cobertos regularmente com camadas de solo para minimizar odores e criar estabilidade nos montes;
- Camada de barreira do solo: uma camada de pelo menos 0,6 m de solo é colocada sobre os resíduos para garantir a estabilidade dos taludes e permitir a drenagem das águas pluviais;
- Camada de drenagem de gases: uma camada de geotêxtil espesso é posicionada sobre a camada de barreira do solo para coletar e absorver os gases produzidos no aterro;
- Revestimento geossintético impermeável: uma camada de geomembrana resistente impede a passagem de água e gás, separando a camada de resíduos do solo limpo acima e evitando o escape de gases para a atmosfera;
- Camada de drenagem de águas pluviais: uma camada de geotêxtil semelhante à camada de ventilação de gás é utilizada para direcionar a água lateralmente, evitando que ela penetre nas camadas superiores da tampa do aterro;
- Material de proteção de barreira: pelo menos 0,6 m de solo arenoso são colocados sobre a camada de drenagem para proteger os geossintéticos subjacentes;
- Solo de plantio: uma camada de pelo menos 15 cm de solo de plantio limpo é espalhada sobre o material de proteção de barreira e semeada com plantas nativas, contribuindo para a estabilização dos montes e absorção da água.



Figura 6 – Modelo de cobertura do aterro Freshkills



Fonte: traduzido de Freshkill Park (2023)

### 3.2.3. Restauração da biodiversidade

A partir do final da primeira década do século 21, a implementação do parque foi acelerada. Toneladas de solo extremamente tóxico precisaram ser removidas, enquanto caminhões trouxeram toneladas de solo rico em ferro para recuperar a área. Árvores foram plantadas, lagos artificiais foram criados e aquedutos foram construídos para direcionar a água da chuva para longe dos montes onde o lixo ainda permanece enterrado. Além disso, o parque possui um sistema subterrâneo de captura e tratamento de gases tóxicos, um projeto remanescente dos tempos do aterro sanitário.

Freshkills Park é o lar de uma variedade de habitats com uma variedade diversificada de vida selvagem. Com mais de 84 espécies de pássaros, que deixam sementes caírem e conseqüentemente são plantadas, o que ajuda na restauração de pântanos e poliniza flores. Cabras foram levadas para ajudar na restauração ecológica, e com a paisagem recuperada, o local possui grande potencial para atender às necessidades de habitat de espécies vulneráveis. Desde o fechamento do aterro, uma variedade de plantas e animais têm prosperado, espécies nativas de grama brotaram no local. Gramíneas nativas foram plantadas nos montes cobertos de aterros sanitários, e pássaros raros agora vivem nesse local. Os montes verdes agora são separados por riachos e cursos de água natural. E segundo a administradora do parque, o Freshkills Park apresenta oportunidades únicas para estudar os processos de desenvolvimento de

ecossistemas em um ambiente urbano e para gerenciar de forma adaptativa a paisagem recuperada para incentivar a produtividade das espécies.

### 3.2.4. Benefícios ambientais, sociais e econômicos

O Parque Fresh Kills tem apenas algumas áreas inteiramente abertas ao público, mas é possível agendar visitas para conhecer toda a região que ocupa uma área de quase 900 hectares no distrito de Staten Island. Para os quase 500 mil moradores da ilha, o parque é uma bênção – menos pela enorme área verde, que ainda não pode ser inteiramente aproveitada pelos vizinhos, e mais pelo alívio de ficar livre do lixão a céu aberto que, entre 1948 e 2001, tornou a parte noroeste do distrito uma referência em mau cheiro e poluição ambiental (OICS, 2023).

O maior desafio do Parque Freshkills é a recuperação da natureza, porém, a vasta extensão de 900 hectares (equivalente a 900 campos de futebol) está gradualmente se tornando mais verde à medida que as autoridades municipais abrem novos espaços. Como pode ser visto na Figura 7, no ano de 2012, parques foram inaugurados na entrada do Freshkills, oferecendo um playground para crianças, quadras de handebol e basquete, gramados para banhos de sol e piqueniques, bem como áreas de plantações nativas. No ano seguinte, três campos de futebol foram abertos. Em 2015, um caminho verde para pedestres e ciclistas ao longo da área de pântano já havia sido restaurado. Além disso, o parque também oferece atividades esportivas, como caiaque, mountain bike e hipismo, nas áreas abertas do parque. Além dos equipamentos para recreação, promoveu-se também integração com a fauna local, por meio da instalação de ninhos e outras instalações para propagação de aves e insetos no local.

Figura 7 – Atividades de recreação no Freshkills Park: a) área de lagoas e zonas úmidas; b) atividades de canoagem; c) campo de futebol; d) playground; e) ninho de pássaros.



Fonte: Freshkill Park (2023)

Com relação à economia, a coleta de metano proporciona aquecimento/energia e receita para o parque. Só em 2013, essa coleta proporcionou aquecimento para aproximadamente 10.000 casas. Além disso, durante a renovação do parque, o gás do aterro foi colocado para uso pelo departamento de saneamento da cidade, que é responsável pela coleta, tratamento e venda do gás metano para empresas privadas, gerando receita em torno de 12 milhões de dólares anuais (Freshkills Park, 2023).

Foram instaladas estações de tratamento de lixiviado para receber o percolado proveniente do antigo lixão. Em 2018, essa estação de tratamento chegou a tratar cerca de 1.135 metros cúbicos de lixiviado por dia, reduzindo a carga poluidora desse fluido e possibilitando sua reutilização para rega de jardins e plantas (Freshkills Park, 2023).

### 3.3. MONITORAMENTO DA ÁREA

O Freshkills Park realiza, desde o seu encerramento, um monitoramento abrangente para garantir a qualidade do ar, água e solo no local. Todo o monitoramento é conduzido de acordo com as diretrizes estabelecidas pelo Departamento de Conservação Ambiental do Estado de Nova York (NYSDEC) e outras regulamentações aplicáveis.

#### 3.3.1. Monitoramento de Água e Sedimentos

No Freshkills Park, são instalados poços de monitoramento de águas subterrâneas em intervalos específicos para garantir a avaliação contínua da qualidade

da água. Existem 238 poços de monitoramento de águas subterrâneas no total, incluindo poços rasos, poços de profundidade preservados e poços profundos em rocha. Esses poços são monitorados trimestralmente, e os dados são analisados quanto a tendências e relatados anualmente ao Departamento de Conservação Ambiental do Estado de Nova York (NYSDEC) (Freshkills Park, 2023).

Além do monitoramento das águas subterrâneas, também ocorre o monitoramento anual da água e dos sedimentos nos riachos Fresh Kills, Main e Richmond, localizados dentro dos limites do aterro. Esse monitoramento inclui a análise da qualidade dos sedimentos e a avaliação da ecologia bentônica (organismos que habitam o fundo do mar) em determinadas estações de amostragem (Freshkills Park, 2023).

### 3.3.2. Monitoramento da Qualidade do Ar

O monitoramento da qualidade do ar do Freshkills Park é realizado em diferentes intervalos, como diário, mensal, trimestral e periódico, dependendo do poluente monitorado. Os compostos monitorados incluem metano, monóxido de carbono, material particulado e dióxido de carbono. São monitorados aproximadamente 57 possíveis pontos de emissão relacionados à infraestrutura do aterro.

O monitoramento da qualidade do ar no Freshkills Park é revisado pelo NYSDEC, que impõe os padrões estabelecidos na Lei Federal do Ar Limpo. A lei exige que cada estado cumpra os Padrões Nacionais de Qualidade do Ar Ambiental, que estabelecem limites máximos para seis poluentes permitidos no ar, incluindo monóxido de carbono, chumbo, ozônio, dióxido de enxofre, material particulado e dióxido de nitrogênio.

## 3.4. FATORES DE RISCO

A possível contaminação do solo e das águas subterrâneas decorrente do lixiviado proveniente do antigo aterro sanitário representa um desafio para o desenvolvimento do parque. Pois sempre há o risco de vazamento de pequenas porções de lixiviado embora os responsáveis pelo projeto tenham a visão de localizar o aterro em uma região com solo argiloso, o que evita a infiltração em corpos d'água próximos. O novo parque lida com esse risco ao cobrir completamente o aterro sanitário, reduzindo significativamente a quantidade de lixiviado produzido.

A estabilidade estrutural é outro fator de risco, sabendo que aterros são estruturas construídas para acomodar grandes volumes de resíduos. A transformação de um aterro em parque requer uma avaliação cuidadosa dessa estabilidade considerando que para assegurar a estabilidade dos taludes sugere-se a adoção de uma inclinação máxima de 33% que é a inclinação padrão nos EUA.

Outro fator de risco seria que, ao apresentarem o projeto do parque, sabe-se que, ao longo do tempo, o aterro sofre um processo de adensamento à medida que os materiais se decompõem e os gases e lixiviados são removidos dos montes. Essa deformação resulta em uma diminuição de 10 a 15% na altura dos morros ao longo do tempo. Portanto, se faz tão essencial o monitoramento de todas as áreas, sejam elas topográficas, ou de contaminação de ar, solo ou água.

## 4. DISCUSSÕES

O estudo de caso do Aterro de Freshkills Park em Nova Iorque demonstra a viabilidade da reabilitação ambiental de um antigo lixão, que passou a funcionar como aterro sanitário e se transformou em uma área verde e recreativa. Através da análise desse caso, é possível identificar os benefícios, as estratégias e os desafios comuns relacionados à reabilitação de aterros sanitários, bem como avaliar a viabilidade de implantação de projetos semelhantes no Brasil.

A transformação do Aterro de Freshkills em um parque público é um exemplo inspirador de reabilitação ambiental e desenvolvimento sustentável. A iniciativa de converter uma extensa área de aterro em um espaço verde e recreativo demonstra que é possível superar os desafios associados à disposição final de resíduos sólidos urbanos e proporcionar benefícios significativos para a comunidade.

O monitoramento contínuo da qualidade do ar, água e solo é fundamental para garantir a eficiência e segurança do projeto. Através de poços de monitoramento de águas subterrâneas e análise da qualidade da água e dos sedimentos nos riachos, é possível avaliar e mitigar possíveis impactos ambientais. Além disso, o monitoramento da qualidade do ar é essencial para controlar a emissão de gases e garantir a conformidade com os padrões ambientais.

A reabilitação ambiental também está diretamente relacionada à restauração da biodiversidade. A introdução de espécies nativas de plantas e a criação de habitats

adequados têm permitido o retorno da vida selvagem ao local. A presença de uma variedade diversificada de aves e outros animais mostra a capacidade de recuperação dos ecossistemas e destaca o potencial de projetos semelhantes para promover a conservação da biodiversidade.

Além dos benefícios ambientais, a transformação do aterro em um parque verde e recreativo traz impactos sociais e econômicos positivos. Assim, pode-se oferecer espaços para a comunidade local desfrutar de atividades ao ar livre, promovendo a qualidade de vida e o bem-estar dos moradores. Além disso, a colheita de metano e a geração de energia alternativa representam oportunidades econômicas, contribuindo para a sustentabilidade energética e gerando receita para o parque.

Outra grande discussão se deve ao fato da grande variabilidade de condicionantes brasileiras, necessitando de adaptações e soluções de projetos para cada localidade, de acordo com a topografia e geologia local, recursos hídricos e hidrologia, regime de pluviosidade, estágio de degradação dos resíduos e viabilidade técnico-econômica, além de outros fatores específicos locais.

## 5. CONCLUSÕES

O estudo de caso do Aterro de Freshkills Park em Nova Iorque demonstra que a reabilitação de aterros sanitários é uma estratégia viável para enfrentar os desafios relacionados ao uso futuro de áreas de disposição de RSU. A transformação de um antigo aterro em um parque verde e recreativo mostra o potencial de reutilização dessas áreas, promovendo a sustentabilidade e melhorando a qualidade de vida das comunidades.

Para a implantação bem-sucedida desses projetos no Brasil, é necessário realizar um monitoramento abrangente, seguindo as diretrizes ambientais, para garantir a qualidade do ar, água e solo na área. Além disso, um plano de reabilitação personalizado deve ser desenvolvido, levando em consideração as características específicas do local e as necessidades da comunidade circunvizinha.

No entanto, é importante considerar os fatores de risco, como a instabilidade do talude, o gerenciamento adequado do lixiviado e a prevenção de vazamentos tanto de gás, quanto de lixiviado, para garantir a segurança e a proteção do meio ambiente. Além

disso, é necessário estabelecer parcerias, buscar financiamentos adequados e envolver a comunidade local para garantir o sucesso desses projetos.

Em suma, a reabilitação de aterros sanitários oferece uma oportunidade para mitigar os impactos ambientais causados pela disposição final de resíduos sólidos urbanos. O estudo de caso do Freshkills Park evidencia a importância da reabilitação ambiental e do desenvolvimento sustentável, fornecendo um exemplo inspirador para a viabilidade da implantação de projetos semelhantes no Brasil. A adoção dessas práticas contribuirá para a preservação do meio ambiente, a promoção da sustentabilidade e a melhoria da qualidade de vida das comunidades brasileiras.

## REFERÊNCIAS

- SILPA, K.; YAO, L.; BHADA-TATA, P; WOERDEN, F. V. What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050. Urban Development Series. Washington, DC: World Bank. doi:10.1596/978-1-4648-1329-0. 2018.
- LIANG, Y.; TAN, Q.; SONG, Q.; LI, J. An analysis of the plastic waste trade and management in Asia. *Waste Management*, v. 119, p. 242-253, 2021.
- GIUSTI, L. A review of waste management practices and their impact on human health. *Waste Management*, v. 29, p. 2227-2239, 2009.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 8.419: Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos - Procedimento. Rio de Janeiro, 1992.
- SARSBY, R. W. *Environmental Geotechnics*. ICE Publishing, 2ª ed., 2013.
- FRESHKILLS PARK. Fresh Kills Park Construction Plan. Disponível em: <https://freshkillspark.org/the-park/the-park-plan>. Acesso em: 10 jul. 2023.
- NYC Parks. Fresh Kills Park. Disponível em: <https://www.nycgovparks.org/park-features/freshkills-park>. Acesso em: 9 jul. 2023.
- CNN. A landfill in their backyard. Disponível em: <https://edition.cnn.com/interactive/2020/09/us/september-11-cancer-rates-fresh-kills/>. Acesso em: 30 jul. 2023.
- OICS – Observatório de Inovação para Cidades Sustentáveis. Propostas de desenvolvimento de áreas de aterros sanitários desativados. Disponível em: [https://oics.cgee.org.br/estudos-de-caso/freshkills-park-em-nova-iorque\\_5f49270ceb8c910d922584f8](https://oics.cgee.org.br/estudos-de-caso/freshkills-park-em-nova-iorque_5f49270ceb8c910d922584f8). Acesso em: 1 jul. 2023.



## CAPÍTULO VII

# ANÁLISE ECONÔMICA DA TERMINAÇÃO DE NOVILHAS A PASTO: UM ESTUDO DE CASO NA REGIÃO DOS CAMPOS DE CIMA DA SERRA DO RIO GRANDE DO SUL

## ECONOMIC ANALYSIS OF THE FINISHING OF HEIFERS ON GRASS: A CASE STUDY IN THE CAMPOS DE CIMA DA SERRA REGION OF RIO GRANDE DO SUL

DOI: 10.51859/AMPLA.MAC3468-7

Cláudio Antônio Vieira <sup>1</sup>  
Elísio de Camargo Debortoli <sup>2</sup><sup>1</sup> Tecnólogo em Agronegócio. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – IFRS<sup>2</sup> Professor Associado do Departamento de Ciência Animal. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – IFRS

## RESUMO

A pecuária de corte é uma atividade de importância econômica e social para a região dos Campos de Cima da Serra. O objetivo deste estudo foi determinar a rentabilidade da terminação de novilhas à pasto no município de André da Rocha – RS no período entre 2012 e 2018. Para os cálculos de análise de rentabilidade, foram utilizadas estruturas propostas por MATSUNAGA et al. (1976) e CONAB (2010), considerando: custos fixos, custos variáveis, custos operacionais, renda dos fatores e custos totais. Receitas da atividade foram compostas pela venda das novilhas para abate, venda de aveia e azevém provenientes das áreas destinadas à pecuária, ganho de capital com animais em estoque, transferidos de um ciclo para outro. Como preços de insumos agrícolas foram considerados os valores nominais, anotados pelo produtor em seus registros. A análise econômica da atividade através dos indicadores: margem bruta; margem líquida; resultado econômico; lucratividade e; ponto de equilíbrio. Análise definida através dos ciclos de produção pelos períodos do ano agrícola (de julho a junho do ano seguinte). Os dados foram analisados com

apoio dos softwares Excel e Windows 2016®. Os resultados demonstraram que os custos variáveis apresentaram maior percentual perante custos fixos. A renda dos fatores teve oscilações devido principalmente ao número de animais em estoque, conseqüentemente, valor do capital imobilizado na transferência de um ciclo para outro. Na análise comparativa, verificou-se que a atividade vem reduzindo suas margens, especialmente nos últimos três ciclos, no entanto apresentou rentabilidade média de 25,7%, com ponto de equilíbrio médio de 48,39%.

**Palavras-chave:** Bovinocultura de Corte. Custos de Produção. Sistema à pasto.

## ABSTRACT

Beef livestock farming is an activity of economic and social importance for the Campos de Cima da Serra region of Rio Grande do Sul (RS). The objective of this study was to determine the profitability of finishing heifers on pasture in the municipality of André da Rocha – RS in the period between 2012 and 2018. For profitability analysis calculations, structures proposed by MATSUNAGA et al. (1976) and CONAB (2010),



considering: fixed costs, variable costs, operating costs, factor income and total costs. Revenues from the activity were made up of the sale of heifers for slaughter, sale of oats and ryegrass from areas destined for livestock farming, capital gains from animals in stock, transferred from one cycle to another. As prices of agricultural inputs, nominal values were considered, noted by the producer in their records. The economic analysis of the activity through indicators: gross margin; net margin; economic result; profitability and; balance point. Analysis defined through production cycles for periods of the agricultural year (from July to June of the following year). The data were analyzed using Excel and Windows 2016®

software. The results demonstrated that variable costs presented a higher percentage compared to fixed costs. Factor income fluctuated mainly due to the number of animals in stock, consequently, the value of capital immobilized in the transfer from one cycle to another. In the comparative analysis, it was found that the activity has been reducing its margins, especially in the last three cycles. However, it presented an average profitability of 25.7%, with an average break-even point of 48.39%.

**Keywords:** Beef Cattle. Production Costs. Pasture System.

## 1. INTRODUÇÃO

A pecuária de corte é uma atividade com uma importância econômica e social para a região dos Campos de Cima da Serra. Conhecer os custos e a rentabilidade da atividade auxilia na permanência da produção animal nesse bioma que sofre pressão para transição exclusiva de atividades pecuárias para atividades agrícolas.

Diversos estudos tem demonstrado que o aumento no custo dos insumos produtivos é maior que os ganhos em produtividade e/ou preço dos produtos, reduzindo as margens de lucro dos sistemas de produção. Segundo Oaigen et al. (2011), a produção de bovinos de corte no Rio Grande do Sul é heterogênea e diversificada, não havendo fórmulas ou recomendações específicas que possam ser aplicadas à maioria dos sistemas de produção. Ou seja, cada produtor deve desenvolver seu sistema de produção combinando os recursos disponíveis para atingir suas metas produtivas.

De acordo com Lopes e Magalhães (2005), a análise econômica da pecuária de corte é importante, pois o produtor passa a conhecer, com detalhes, os fatores de produção (terra, trabalho e capital).

Na busca pela eficiência, o produtor deve se profissionalizar por completo, adotando todas as técnicas, métodos e procedimentos modernos e atualizados, visando a redução de custos e a produção em escala. Tratando-se de economia de escala, podemos exemplificar que quando há aumento da capacidade de produção de uma unidade produtora, otimiza-se os recursos disponíveis sendo assim, mantem-se o custo fixo e reduz-se o custo total. Pensando nesse sentido, a análise econômica da atividade

torna-se extremamente importante, uma vez que o produtor passa a conhecer e utilizar economicamente os fatores de produção (LOPES et al., 2007).

Em virtude da nova ordem econômica, as atividades agropecuárias atingiram um nível de complexidade similar aos demais setores da economia. Requerendo do produtor um novo método e visão da administração de suas atividades e negócios, logo, a administração dos custos é uma ferramenta que vem para tecnificar a análise econômica da atividade e também ampliar a expectativa de sobrevivência do empreendimento (TAVARES et al., 2009).

O sistema de produção em análise é bastante frequente na região, refletindo a realidade produtiva local e poderá facilitar a visualização dos processos de produção e comercialização, além de identificar possíveis melhorias no sistema como um todo.

Este estudo teve como objetivo determinar a rentabilidade da terminação de novilhas à pasto em um sistema de produção no município de André da Rocha – RS, no período entre 2012 e 2018.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. SISTEMAS DE TERMINAÇÃO DE BOVINOS DE CORTE

A competitividade da pecuária de corte do Brasil depende do envolvimento dos diversos elos que formam a cadeia produtiva da carne bovina. Conhecer os diferentes sistemas produtivos torna-se fundamental para que o uso das tecnologias disponíveis esteja alinhado com o aumento da rentabilidade e da produtividade das empresas rurais (OAIGEN et al., 2011).

Analisando os níveis produtivos de outros países, pode-se notar que a eficiência desta atividade ainda não foi alcançada, apesar dos bons números de produção e comercialização da atividade em nível nacional. Alguns fatores que podem contribuir para o baixo índice de eficiência são: os baixos índices de reprodução, o baixo potencial genético, a presença de parasitas e doenças, a nutrição inadequada dos animais e a degradação de pastagens (SOARES et al., 2019).

A complexidade da produção de carne bovina faz com que cada unidade produtiva tenha seus respectivos métodos de aplicação, não havendo um único modelo,

tendo uma flexibilidade, associando aos fins e objetivos individuais de cada espaço produtivo (OAIGEN et al., 2011).

De acordo com Venturoso e Pedro Filho (2010), o sistema extensivo pode ser descrito como a criação de animais soltos (a pasto). Esse sistema necessita de grandes áreas de terra. Já insumos tecnológicos, investimentos, infraestruturas (tratores, armazéns, equipamentos em geral entre outros) e alimentação (suplementação) são limitados. A alimentação é predominantemente baseada em pastagens e os resultados esperados são mais lentos e normalmente o tipo de carne e de produtos é diferenciado (ARAÚJO, 2009).

De maneira geral, estudos na área pecuária, tem maior foco nos diferentes aspectos da terminação de bovinos de corte, como sexo e a idade dos animais, tipos raciais, nutrição e as instalações. Ou seja, poucos estudos são feitos pensando na viabilidade econômica dos sistemas de produção e dos demais fatores que nela influenciam, por exemplo, a escala de produção (LOPES et al., 2007).

As pastagens nativas, ainda tem um amplo significado econômico, considerando a produção de carne bovina no Brasil. Estão localizadas em diferentes ecossistemas das regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste e Sul. Dada a amplitude da variabilidade na fisionomia e na composição florística entre e dentro dos ecossistemas, as pastagens nativas variam desde um extrato herbáceo com gramíneas e leguminosas até um arbustivo-arbóreo com plantas de médio porte (MARTINS et al., 2005).

As atividades econômicas da pecuária de corte são classificadas por três fases: cria, recria e engorda ou terminação. Tais fases podem ser desenvolvidas de maneira isolada, parcialmente integrada ou totalmente integrada, sendo nesta última possibilidade denominada de ciclo completo (MARTINS et al., 2005).

Na fase de cria, o rebanho é constituído por fêmeas aptas à reprodução, também podendo estar incluída a recria de fêmeas para reposição de lote, para aumento do rebanho e para venda. Os machos são vendidos após o desmame, geralmente com 7 a 9 meses de idade. Comercializa-se também, bezerras desmamadas, novilhas, vacas e touros. Geralmente, as bezerras desmamadas e as novilhas jovens (1 a 2 anos) são comercializadas para reprodução, enquanto as novilhas de 2 a 3 anos, as vacas e os touros descartados destinam-se para o abate (MARTINS et al., 2005).

Quando integra-se as fases de cria e recria, diferente da fase anterior, os machos são retidos para a comercialização por volta dos 15 a 18 meses e idade. Estes são popularmente denominados novilhos ou garrotes. Já no ciclo completo, a cria, recria e engorda, assemelham-se às anteriores, no entanto, os machos são vendidos como bois gordos para abate, com idade entre 15 a 42 meses, em conformidade com o sistema de produção em uso (MARTINS et al., 2005).

Outra opção de integração são as fases de recria e engorda. Esse sistema inicia com o bezerro desmamado e finaliza com o boi gordo. Em virtude da oferta de garrotes de melhor qualidade, pode-se começar com esse tipo de animal que, juntamente com uma boa alimentação, diminui o período de recria/engorda. O mesmo também pode ocorrer com bezerros desmamados de alta qualidade. Já a fase de terminação ou engorda, de maneira isolada, vem sendo desenvolvida por um número reduzido de pecuaristas que também fazem a terminação de fêmeas. Esse cenário deve-se à expansão das áreas de pastagens cultivadas em regiões onde tradicionalmente não existiam e, por consequência, à redução da oferta de boi magro (MARTINS et al., 2005).

## 2.2. ANÁLISE ECONÔMICA DA PECUÁRIA DE CORTE

O principal componente dos custos da terminação de bovinos de corte é atribuído à aquisição de animais. No entanto, o produtor precisa estar atento a qualidade dos animais para garantir a eficiência na engorda (LOPES e MAGALHÃES, 2005).

As pastagens atuam diretamente na resposta animal, no sentido que a oferta é o que condiciona o ganho de peso e ainda, representam a forma mais prática e econômica para o fornecimento de alimentação para os bovinos. No entanto, há a necessidade de obtenção de ganhos em produtividade que diminuam os efeitos referentes à sazonalidade das forrageiras tropicais, assim, procura-se encontrar estratégias de reserva de pastagem para o período crítico do ano, viabilizando o crescimento da eficiência do ganho por hectare (CANGUSSU et al., 2010).

A bovinocultura de corte, sendo considerada uma das cadeias produtivas mais extensas e complexas, envolve uma série de fatores, desde a indústria de equipamentos e insumos até o consumidor final. Nesta cadeia, evidencia-se a importância das fazendas de gado, consideradas o elo central, assim, destaca-se a necessidade de valorizar o

planejamento, o controle, a gestão produtiva e empresarial das propriedades rurais, buscando atingir objetivos de sucesso na unidade produtora (CANGUSSU et al., 2010).

“Dentro da porteira” são feitas constantes referências ao custo de produção da atividade. O produtor deveria, antes de investir o seu capital, saber quais são os custos necessários para produzir tal atividade de consumo comercial, a receita gerada e a rentabilidade da atividade. Contudo, os estudos de custo de produção desenvolvidos desde 2002 pelo Cepea-USP explanam que, apesar do interesse sobre a gestão dos investimentos crescer nos últimos anos, grande parte dos empresários com ligação ao setor pecuário não praticam nenhum controle de custos (TAVARES et al., 2009).

As informações envolvendo os custos de produção de gado de corte podem orientar as decisões gerenciais de curto prazo, norteadas por propostas ou a introdução de políticas agropecuárias. Já a verificação da eficácia do empreendimento a longo prazo pode ser decisiva nas estratégias de negociações entre a classe produtora e os frigoríficos (TAVARES et al., 2009).

### 3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

De acordo com Yin (2001) o estudo de caso é uma estratégia de pesquisa que compreende um método que abrange tudo em abordagens específicas de coletas e análise de dados.

A unidade produtora em questão localiza-se no município de André da Rocha, no estado do Rio Grande do Sul, região dos Campos de Cima da Serra. O manejo produtivo baseia-se na terminação de novilhas adquiridas, sem o sistema de cria, sem suplementação de alimentos, apenas com pastagem de espécies nativas (campo natural-Bioma Mata Atlântica) no verão e pastagens anuais de aveia (*Avena strigosa*) e azevém (*Lolium multiflorum*) no inverno, lotes menores sem prioridade de engorda, ocasionalmente permanecem no campo nativo no inverno, com fornecimento de sal proteinado. Nas demais épocas, é fornecido apenas sal mineral e sal comum.

O manejo sanitário é realizado quando necessário. Sendo estes: o controle do carrapato (*Rhipicephalus microplus*), mosca do chifre (*Haematobia irritans*), eventuais miíases causadas pela deposição de óvulos da “mosca do berne” (*Dermatobia hominis*) e “moscas varejeiras” (*Cochliomyia hominivorax*), raramente casos de Tristeza Parasitária e intoxicação alimentar.

O sistema de gestão da propriedade é baseado em anotações manuscritas em agendas e arquivos organizados em pastas com divisão nominais de atividades separadas e guardadas em gavetas de estante de pastas suspensas, de onde foram extraídos os dados entre o período de 2012 e 2018.

A comercialização dos animais é feita nos meses de julho e agosto, dezembro e janeiro, período em que os animais se encontram em seus melhores escores corporais, devido ao acúmulo do período de maior fornecimento de pasto no inverno e verão, respectivamente. Os destinos são frigoríficos da região em torno do município, buscando a parceria com os mesmos.

Para a estrutura do cálculo dos custos de produção e análise de rentabilidade da propriedade foi utilizada as estruturas propostas por Matsunaga et al. (1976) e CONAB (2010).

Dessa maneira, os custos são agrupados, de acordo com a sua natureza em: custos fixos (aqueles cujos valores totais tendem a permanecer constantes no curto prazo); custos variáveis (gastos cujo total do período está proporcionalmente relacionado com o volume de produção); custos operacionais (compostos pelo somatório dos custos variáveis e parte dos custos fixos relacionados diretamente à implementação das atividades, por exemplo conservação, manutenção e depreciação de máquinas, equipamentos e benfeitorias); renda dos fatores (compreendida pela remuneração esperada sobre o capital fixo, imobilizado em animais e oportunidade do uso do solo) e, custos totais (compostos pelo somatório dos custos operacionais mais a remuneração atribuída aos fatores de produção).

Foram itens alocados como custos variáveis: mão de obra temporária, gastos com suplementação mineral, gastos com sanidade, compra de animais entre outras despesas e; como custos fixos: depreciação de máquinas, de equipamentos, de benfeitorias e instalações, combustíveis, energia elétrica, transporte, manutenção de instalações e equipamentos, impostos e taxas, despesas administrativas.

Para o cálculo de depreciação de equipamentos e instalações, foram considerados o valor atual do bem/equipamento, sua expectativa de vida útil no ano/ciclo de produção em análise e o valor residual de aproximadamente 10% de seu



valor monetário real após o término de sua vida útil. Sendo assim, as depreciações seguiram o metodologia linear citada por Hoffmann et al. (1987).

Para o cálculo da renda dos fatores, utilizou-se a taxa de retorno aproximada de investimento em caderneta poupança (6% ao ano) sobre o capital imobilizado nos fatores de produção, considerando essa uma taxa mínima de oportunidade de investimento do capital em outra oportunidade de negócio. Para a remuneração do uso da terra, foi utilizado o valor de arrendamento onde está localizada a propriedade, informado pelo produtor de acordo com as possibilidades de uso alternativo, sendo considerada na composição do custo apenas os juros provenientes da oportunidade de uso deste recurso financeiro.

Pela propriedade desenvolver também a sojicultura, utilizou-se o critério de rateio para a apropriação dos custos inerentes à cada atividade, considerando nessa análise, apenas a proporção destinada à bovinocultura de corte. Nesse sentido, a bovinocultura apresentou-se como atividade de menores recursos financeiros e com menor participação no uso dos recursos disponíveis, com especial importância nos insumos: terra, mão de obra, máquinas e equipamentos.

As receitas da atividade foram compostas pela venda das novilhas para abate, venda de cereais aveia e azevém provenientes das áreas destinadas à pecuária e, ganho de capital com animais em estoque, transferidos de um ciclo para outro. Os preços dos insumos agrícolas foram utilizados valores nominais, anotados pelo produtor em seus registros.

Além da composição dos custos de produção, foi realizada a análise econômica da atividade através dos indicadores: margem bruta (obtida pela subtração do custo operacional efetivo da receita bruta); margem líquida (obtida da subtração do custo total da receita bruta); resultado econômico (obtido a partir da subtração do custo total da receita total); lucratividade (obtida a partir da divisão da margem líquida pela receita total, em valor percentual); e ponto de equilíbrio (obtido pela divisão do custo total pela receita total, em valor percentual).

A análise foi realizada a partir dos ciclos de produção que seguiu o ano agrícola, iniciando em julho e finalizando em junho do ano seguinte, para o intervalo de julho de

2012 a junho de 2018. Os dados foram analisados com o apoio dos softwares Excel e Windows 2016®.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE PRODUÇÃO

A propriedade analisada está localizada no município de André da Rocha – RS, atuante no ramo da pecuária desde o ano de 1925, mesmo ano de sua fundação. A propriedade rural encontra-se em sua terceira geração e desde o início já passou por vários sistemas de produção, envolvendo a pecuária e agricultura.

Atualmente, trabalha na agricultura, com produção de soja e milho e pecuária de corte, com aquisição de novilhas de raça Angus, Hereford e Braford, predominantemente. Os animais são alimentados exclusivamente com pastagens, sendo o pasto nativo no verão e as pastagens de aveia e azevém no inverno, devido à escassez do pasto nativo pela formação de geada, presente nos Campos de Cima da Serra na estação citada.

A mão de obra é dividida em familiar e diaristas contratados. Os implementos utilizados para a pecuária são os mesmos que para a agricultura, aumentando as suas respectivas efetividades e considerando o rateio proporcional ao uso em cada atividade. São estes: tratores, roçadeiras, semeadora e uma motocicleta. Também são utilizados para as tarefas diárias os cavalos, que são fundamentais para o manejo do gado.

### 4.2. COMPOSIÇÃO DE CUSTOS E RECEITAS

Na composição dos custos variáveis o principal item está relacionado com a compra de animais, seguida da implantação e manutenção das pastagens, que são referentes às aplicações de cama de aviário, calcário entre outros, sendo estes os de maior relevância.

A Tabela 1, apresenta de forma geral, todos os custos variáveis e fixos utilizados para o desenvolvimento da atividade bovina em questão. Já na composição dos custos fixos, as depreciações de máquinas e equipamentos, benfeitorias e instalações ganham destaque, uma vez que os implementos utilizados na pecuária, correspondem a 50% de sua capacidade efetiva.

Tabela 1 – Composição de custos e receitas do sistema de produção de bovinos de corte em seis ciclos produtivos entre 2012 e 2018.

Componentes	Propriedades					
	2012/ 2013	2013/20 14	2014/ 2015	2015/ 2016	2016/ 2017	2017/ 2018
A – CUSTOS VARIÁVEIS						
I – DESPESAS DE CUSTEIO	-	-	-	-	-	-
a) Alimentação	-	-	-	-	-	-
Implantação/manutenção de pastagens	19.210,00	18.540,00	21.510,00	22.300,00	23.120,00	24.500,00
b) Mão de obra temporária	4.200,00	6.450,00	3.200,00	3.500,00	4.800,00	1.200,00
c) Sal mineral	500,00	400,00	400,00	600,00	650,00	650,00
d) Sanidade	5.900,00	6.050,00	6.420,00	6.100,00	6.200,00	6.520,00
e) Compra de animais	50.530,00	37.210,00	195.372,90	54.605,00	162.753,83	87.693,80
TOTAL CUSTOS VARIÁVEIS	80.340,00	68.650,00	226.902,90	87.105,00	197.523,83	120.563,80
B – CUSTOS FIXOS	-	-	-	-	-	-
II – DEPRECIAÇÕES	-	-	-	-	-	-
a) Dep. de máquinas e equipamentos	18.557,00	17.182,00	15910	14731	13640	12.630,00
b) Dep. de melhorias e instalações	19.769,00	18.305,00	16.949,00	15.693,00	14.531,00	13.455,00
III – INSUMOS FIXOS	-	-	-	-	-	-
a) Combustíveis	7.506,65	9.025,90	9.301,5	9.714,9	10.507,25	12.264,20
b) Energia elétrica	56,25	59,9	62,3	65,2	68	71,3
c) Transporte	2.511,00	2.058,42	6.720,00	3.035,06	5.979,40	4.684,66
d) Manutenção de instalações e equipamentos	560,00	640,00	690,00	450,00	8.700,00	820,00
e) Impostos e taxas	2.227,9	1.921,73	5.565,45	2.320,9	4.809,23	3.082,8
f) Despesas administrativas	580	597,5	602,3	625,3	650,4	662,3
TOTAL CUSTOS FIXOS	51.767,80	49.790,45	55.800,55	46.635,36	58.885,28	47.670,26
C – CUSTO OPERACIONAL = A + B	132.107,80	118.440,45	282.703,45	133.740,36	256.409,11	168.234,06
IV – RENDA DOS FATORES	-	-	-	-	-	-
1 – Remuneração esp. sobre o capital fixo	33.470,00	31.558,00	29.646,00	27.734,00	25.822,00	23.910,00
2 – Remuneração sobre rep. e anim. estoque	12.600,00	15.120,00	17.640,00	20.160,00	22.680,00	25.200,00
3 – Remuneração sobre oport. uso da terra	9.196,00	11.036,00	12.876,00	14.716,00	16.556,00	18.396,00
D – CUSTO TOTAL = C + V	187.373,800	176.154,45	342.865,45	196.350,36	321.467,11	235.740,06
*RECEITAS	-	-	-	-	-	-

Componentes	Propriedades					
	1 – Venda de bovinos para abate	95.250,00	188.100,00	200.250,00	141.750,00	279.450,00
2 – Animais do ciclo em estoque	275.560,00	224.530,00	348.230,00	295.320,00	348.250,00	315.220,00
3 – Outras receitas (aveia, azevém, etc.)	7853,00	8250,00	8750,00	4560,00	8533,00	4500,00

Fonte: Autoria própria.

Os mesmos também são utilizados para a agricultura, atividade que é de grande relevância na propriedade. Além das depreciações destacam-se como custos fixos os gastos em insumos fixos, principalmente o item combustíveis.

A renda dos fatores mostra uma possível remuneração sobre os bens e capitais existentes na propriedade. O maior valor observado refere-se à remuneração do capital imobilizado na atividade, seguido da remuneração dos animais em estoque e da remuneração sobre a oportunidade de uso do solo.

Na composição das receitas, os maiores valores referem-se aos estoques de animais do ciclo, que ficam para a venda futura e, em seguida, o valor das vendas do ciclo, que são os animais destinados ao abate. Na Tabela 2, observa-se valores de composição dos custos unitários dos ciclos produtivos do período entre 2012 e 2018.

Tabela 2 – Valores da composição do custo unitário e receita total no sistema de bovinos de corte para seis ciclos produtivos entre 2012 e 2018.

Componentes	2012/ 2013	2013/ 2014	2014/ 2015	2015/ 2016	2016/ 2017	2017/ 2018
Custo variável (R\$/kg)	1,89	1,05	2,97	1,64	2,20	1,84
Custo fixo (R\$/kg)	1,22	0,76	0,73	0,88	0,66	0,73
Custo operacional total (R\$/kg)	3,11	1,81	3,70	2,52	2,86	2,57
Renda dos fatores (R\$/kg)	1,30	0,88	0,79	1,18	0,73	1,03
Custo total (R\$/kg)	4,40	2,69	4,48	3,69	3,59	3,59
Receita total (R\$/kg)	8,90	6,42	7,29	8,31	7,10	7,56

Fonte: Autoria própria.

Na Tabela 2 pode-se evidenciar a importância de cada componente dos custos de produção por unidade produzida (R\$/Kg). Os custos variáveis (R\$/Kg) apresentaram-se maiores do que os custos fixos. Já a renda dos fatores teve oscilações devido principalmente ao número de animais em estoque, e conseqüentemente, valor do capital imobilizado na transferência de um ciclo para outro. Na análise comparativa

entre os ciclos, nota-se que a atividade vem reduzindo suas margens, especialmente nos últimos três ciclos.

### 4.3. Resultado econômico

Na Tabela 3 são apresentados alguns indicadores do resultado econômico da atividade. A partir da Tabela 3, pode-se verificar todos os indicativos econômicos, dando ênfase para os bons resultados de rentabilidade média do período estudado que foi de 30,84% e lucratividade de 63,63%. O ponto de equilíbrio médio foi de 49,23%.

De acordo com ARAÚJO (2009), na análise dos parâmetros relacionados à rentabilidade em um sistema de produção de bovinos no Mato Grosso do Sul, o índice de lucratividade apresentou o valor de 20,47% (o que representa o valor agregado após a cobertura dos custos totais). Quanto à rentabilidade, um estudo desenvolvido por LOPES e MAGALHÃES (2005), mostra os valores em um confinamento de 1000 bovinos de 21,61%, no estado de MG.

Tabela 3 – Diferenças entre receita e componentes do custo e resultado econômico da atividade no sistema de bovinos de corte para seis ciclos produtivos entre 2012 e 2018.3.2.4 Composição dos custos da propriedade e seus resultados econômicos

Componentes	2012/ 2013	2013/ 2014	2014/ 2015	2015/ 2016	2016/ 2017	2017/ 2018
RECEITA TOTAL (R\$/ano)	378.663,00	420.880,00	557.230,00	441.630,00	636.233,00	496.120,00
Saldo sobre o Custo Variável (R\$)	298.323,00	352.230,00	330.327,10	354.525,00	438.709,17	375.556,20
Saldo sobre o Custo Operacional (R\$)	246.555,20	302.439,55	274.526,55	307.889,64	379.823,89	327.885,94
Saldo sobre o Custo Total (R\$)	191.289,20	244.725,55	214.364,55	245.279,64	314.765,89	260.379,94
Investimento Inicial (R\$)	767.986,90	778.122,26	788.257,62	798.392,98	808.528,34	818.663,70
Margem Bruta (RB – COEf)	284.881,20	337.926,55	307.385,55	338.313,64	407.994,89	353.970,94
Margem Líquida (RB – COT)	246.555,20	302.439,55	274.526,55	307.889,64	379.823,89	327.885,94
Resultado Econômico (RT – CT)	191.289,20	244.725,55	214.364,55	245.279,64	314.765,89	260.379,94
Lucratividade (ML/RT*100)	65,11%	71,86%	49,27%	69,72%	59,70%	66,09%
Rentabilidade (%) = RE/II*100	24,91%	31,45%	27,19%	30,72%	38,93%	31,81%

Componentes	2012/ 2013	2013/ 2014	2014/ 2015	2015/ 2016	2016/ 2017	2017/ 2018
Margem Líquida (R\$/kg) prod. no ciclo	5,80	4,61	3,59	5,79	4,24	5,00
Ponto de Equilíbrio % (CT/RT*100)	49,48%	41,85%	61,53%	44,46%	50,53%	47,52%

RB = Receita bruta (soma das receitas); COEf = Custo operacional efetivo; COT = Custo Operacional; RT = Receita total; CT = Custo total; ML = Margem líquida; RE = Resultado Econômico; II = Investimento inicial.

Fonte: Autoria própria.

Segundo um estudo de caso desenvolvido por LOPES et al. (2007), no estado de Minas Gerais, o ponto de equilíbrio em um confinamento de bovinos foi de 41.705,99@.

Porém, deve-se ressaltar que o sistema de produção da propriedade estudada baseia-se em vegetação nativa, tendo custos muito baixos, tornando assim, os indicadores mais rentáveis, outro fator a ser comentado, é que o sistema de terminação de bovinos, utilizado na propriedade é de maior retorno em menor período de tempo comparado com um sistema de ciclo completo, justificando também os resultados.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa atingiu os objetivos propostos, descrevendo os itens que constituem as receitas do sistema de produção e os componentes dos custos de produção, obtendo a resultado econômico da atividade.

Através do estudo de caso, pode-se concluir que a propriedade em questão possui boas perspectivas, pois apresentou indicadores positivos em sua análise econômica. Ao remunerar todos os fatores de produção o negócio vislumbra sustentabilidade no médio e longo prazo, tendo poucos gastos desnecessários e bom retorno econômico.

No entanto, por realizar apenas a etapa de terminação, é dependente da aquisição e qualidade dos animais provenientes de outros sistemas de produção. Ou seja, está vulnerável às condições de oferta e preços de mercado de novilhas para reposição. Mesmo assim, a região oferece oportunidades de compra de animais para viabilizar o negócio nos próximos anos.

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO, M. J. Fundamentos de Agronegócios. 2. ed. São Paulo, SP: Atlas, 2009.

- CANGUSSU, A. S. R. et al. Análise da viabilidade econômica de sistemas de produção de bezerros desmamados na região do norte de minas gerais. *Acta Veterinaria Brasilica*, v. 4, n. 4, p. 267-277, 2010.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. Custos de Produção Agrícola. Brasília, Conab, 2010, 60p.
- HOFFMANN, R.; ENGLER, J.J.C.; SERRANO, O.; THAME, A. C. M.; NEVES, E.M. Administração da Empresa Agrícola. São Paulo: 6. ed. Pioneira, 1987, 326p.
- LOPES, M. A. e MAGALHÃES, G. P. Análise da rentabilidade da terminação de bovinos de corte em condições de confinamento: um estudo de caso. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 57, n. 3, p. 374-379, 2005.
- LOPES, M. A. et al. Efeito da escala de produção na rentabilidade da terminação de bovinos de corte em confinamento. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 31, n. 1, p. 212-217, jan./fev., 2007.
- MARTINS, I. C. et al. Sistemas de produção de gado de corte no Brasil: uma descrição com ênfase no regime alimentar e no abate. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA EMBRAPA GADO DE CORTE MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Outubro, 2005.
- MATSUNAGA, M.; BEMELMANS, P. F.; TOLEDO, P. E. N.; DULLEY, R. D.; OKAWA, H.; PEDROSO, I. A. Metodologia de custo de produção utilizada pelo IEA. *Boletim Técnico do Instituto de Economia Agrícola. Agricultura em São Paulo*, v. 23, p.123-139, 1976.
- MEDEIROS, J. A. Agribusiness – Contabilidade e Controladoria. Guaíba: Agropecuária, 1999, 108p.
- OAIGEN, R. P. et al. Competitividade interna na bovinocultura de corte no Estado do Rio Grande do Sul. *Ciência Rural*, v. 41, n. 6, p. 1102-1107, 2011.
- SOARES, A. S. et al. Bovinocultura: caracterização do sistema produtivo no distrito Macaúba, Araguatins (TO). *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, v. 12, n. 3, p. 901-920, 2019.
- TAVARES, E. C. N. et al. Rentabilidade econômica da bovinocultura de corte no estado de goiás. In: 53º Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural – SOBER. Anais... Porto Alegre, 2009.
- VENTUROSO, L. J.; PEDRO FILHO, F. S. Estudo de caso da bovinocultura de corte em Rolim de Moura, mediante análise SWOT. *Revista em Agronegócios e Meio Ambiente*, v. 3, n. 2, p. 41-66, maio/ago. 2010.



YIN, R. K. Estudo de caso: planejamento e métodos. 2ª Ed. Porto Alegre. Editora: Bookmam. 2001.

# CAPÍTULO VIII

## A IDEOLOGIA DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, NEOLIBERALISMO E GEOPOLÍTICA: DA APROPRIAÇÃO DO DISCURSO AO DOMÍNIO DOS RECURSOS NATURAIS

### THE IDEOLOGY OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT, NEOLIBERALISM AND GEOPOLITICS: FROM THE APPROPRIATION OF DISCOURSE TO THE CONTROL OF NATURAL RESOURCES

DOI: 10.51859/AMPLA.MAC3468-8

Bruno Lourenço Siqueira<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Professor da Universidade Estadual de Goiás (UEG), Unidade Universitária de Itumbiara (GO). Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Uberlândia – UFU.

#### RESUMO

A crise ambiental impõe uma série de estudos e de políticas que visem a redução dos impactos ambientais negativos. O conceito de Desenvolvimento Sustentável (DS) possibilitou uma série de reflexões quanto à exploração dos recursos naturais e de propostas para melhor conciliar desenvolvimento econômico à preservação ambiental. Contudo, a falta de precisão do conceito e dos reais objetivos do DS permitiu ao neoliberalismo, enquanto forma hegemônica de organização política e econômica dos Estados, a apropriação do conceito, do discurso e das propostas ambientais. O objetivo desse artigo é analisar a ideologia do desenvolvimento sustentável enquanto estratégia geopolítica do capitalismo na fase neoliberal. A ideologia do DS, sob a égide dos interesses capitalistas na fase neoliberal, introduziu valores que tentam transparecer neutros e universais, em prol da preservação da natureza, mas, acaba escondendo os reais objetivos do sistema, tais como: a ampliação das possibilidades de lucro, expansão da atividade econômica e continuidade na desigualdade social e tecnológica entre as nações ricas e pobres.

**Palavras-chave:** Desenvolvimento Sustentável. Ideologia. Geopolítica.

#### ABSTRACT

The environmental crisis requires a series of studies and policies aimed at reducing negative environmental impacts. The concept of Sustainable Development (SD) has enabled a series of reflections on the exploitation of natural resources and proposals to better reconcile economic development with environmental preservation. However, the lack of precision in the concept and real objectives of SD has allowed neoliberalism, as the hegemonic form of political and economic organization of states, to appropriate the concept, discourse and environmental proposals. The aim of this article is to analyze the ideology of sustainable development as a geopolitical strategy of capitalism in the neoliberal phase. The ideology of SD, under the aegis of capitalist interests in the neoliberal phase, has introduced values that try to appear neutral and universal, in favor of preserving nature, but end up hiding the real objectives of the system, such as: expanding the possibilities for profit, expanding economic activity and continuing social and technological inequality between rich and poor nations.

**Keywords:** Sustainable development. Ideology. Geopolitics.



## 1. INTRODUÇÃO

A crise ambiental evidenciada na segunda metade do século XX é o resultado da exploração predatória dos recursos naturais com o foco na produção e consumo em massa de mercadorias. Tal crise ambiental se tornou, num primeiro momento, em alerta de estagnação econômica e, em seguida, converteu-se em oportunidade de expansão do próprio sistema capitalista. É mais uma contradição do sistema capitalista, que subverte uma fraqueza estrutural e a transforma em uma estratégia de crescimento produtivo e aumento do lucro.

Destarte, a elaboração de políticas que perpassam a questão ambiental é tão fundamental hodiernamente que a elaboração de uma crítica à episteme dessa temática se faz urgente, sobretudo, com vistas inicialmente à revisão da literatura e a construção de discursos ambientalmente “corretos” que se apresentam como valores neutros e universais.

Dentre as várias problemáticas ligadas à questão ambiental, evidencia-se nesse artigo o conceito e a ideologia do Desenvolvimento Sustentável (DS), bem como os valores e diretrizes que ele apresenta, sendo assim, sobressaem as seguintes questões: Parte da ideologia ligada ao conceito de DS atende quais interesses reais e quais são os países que estão à frente dessa construção paradigmática? Numa sociedade capitalista, com todas as suas contradições enquanto sistema totalizante e totalizador, como a crise ambiental foi apropriada para a reprodução do capital? A questão ambiental e a crise ambiental são parte de embates geopolíticos?

Diante disso, o objetivo geral desse artigo é analisar a ideologia do desenvolvimento sustentável enquanto estratégia geopolítica do capitalismo na fase neoliberal. Destarte, faz-se necessária a revisão sintética da Geopolítica e seu papel no mundo globalizado; a realização crítica da discussão ambiental do século XX, sobretudo na sua fase neoliberal; por fim, compreender a força ideológica e paradigmática do discurso ambientalista na Geopolítica dos Estados Nacionais.

## 2. GEOPOLÍTICA – VELHOS OBJETIVOS E “NOVAS” ESTRATÉGIAS

Tratar-se-á de forma sucinta nessa seção o resgate da origem e o conceito de geopolítica enquanto base para a compreensão da apropriação do conceito e da

ideologia do DS pelo neoliberalismo para endossar novas formas de dominação e reprodução do capital.

É sabido que os fundamentos teóricos da Geopolítica permaneceram obscurecidos por muito tempo na Geografia por conta de seu histórico e ligação com as teorias racistas e nacionalistas desenvolvidas na primeira metade do século XX. Segundo Castro (2010 p. 20) “a escola de geopolítica alemã (...) forneceu a justificativa intelectual para o autoritarismo do III Reich e para o expansionismo alemão”.

Para a Geografia, os conteúdos com rigor crítico e científico voltados à temática da Geopolítica apenas foram retomados décadas após o fim da Segunda Guerra Mundial. Especialmente em decorrência do fim da Guerra Fria, com a globalização e com as disputas de minorias étnico-religiosas no interior do território, a geografia política voltou a ter relevância nos meios acadêmicos de maior prestígio (CASTRO, 2010).

O termo Geopolítica é uma subdivisão da Geografia, cujos conteúdos direcionam-se à análise espacial das relações de poder. Nas palavras de Becker (2012, p.119) é impossível “pensar a Geopolítica hoje sem considerar a imbricação da Ciência e Tecnologia com as estruturas sociais do poder e sem considerar as práticas e movimentos sociais atuantes em diferentes escalas.”

A compreensão das relações de poder perpassam, inevitavelmente, pelo entendimento das técnicas de controle da vida do homem, desde o seu corpo à coletividade dos homens. Contudo, exercer o domínio sobre os homens não é o único recurso que as relações de poder engendradas pela sociedade capitalista necessitam para sua manutenção e expansão.

Inequívoco afirmar que o recurso humano é a força motriz de todo sistema social, político e econômico, tanto como força de trabalho quanto simples consumidor, ainda assim, a vida do homem (do sujeito e de toda população) ocupa e usa determinado território. Em outros termos, as relações de poder se manifestam social e espacialmente. Em vista disso, a realidade social somente se desenvolve a partir do uso do território, sendo que esse uso pode ser descentralizado ou não, cotidiano ou fortuito, partindo das microrrelações às macrorrelações de poder, reciprocamente.

Becker (2012) expõe que o valor estratégico do espaço não se resume mais aos recursos e posições geográficas. Ele se torna condição da reprodução generalizada e, como tal, o espaço do poder. Ademais, nas palavras da autora:

A macrofísica do poder – o Estado, a corporação multinacional, a ordem militar – dominou os processos da escala global, planetária, e não atua apenas nela, mas em todas. Por seu turno, não pode ser isolada de processos ocorrentes nas demais escalas. A escala geográfica como princípio de organização é um princípio integrador, focalizando os vários processos em curso de forma integrada, bem como a forma como se manifestam em diferentes ordens de grandeza. (BECKER, 2012, p. 129)

Diante disso, o uso do território (da cidade, da região, do país, etc.), por sua vez, introduz uma lógica de dominação social, que sob o baluarte do capitalismo, transformam tudo em mercadoria, em especial, o espaço. Mas, não é qualquer espaço. É o território entendido como espaço utilizado, base material e simbólica (CASTRO, 2010).

Sendo assim, tanto as práticas da psicopolítica<sup>1</sup> quanto da biopolítica<sup>2</sup> permitem ao capitalismo em sua fase neoliberal um conjunto de ações e controles mais eficientes dos territórios. A geopolítica enquanto tecnologia espacial de poder, na sua fase atual, também adquire sutileza e certa invisibilidade.

Ao invés de guerras e disputas territoriais, o neoliberalismo opta pela ação geopolítica, imposta por Estados Nacionais e empresas globais, ocupando-se do domínio do corpo (biopolítica) e da psique (psicopolítica) dos homens e, desse modo, explorar todos os recursos dos territórios sem os desgastes e impactos políticos, sociais e econômicos de outrora.

E uma das principais estratégias do neoliberalismo é apropriar, ressignificar e difundir conceitos e temas ligados à questão ambiental, invisibilizando sua ideologia e transformando-os em conhecimentos e práticas incontestáveis para uma grande parcela da população com vistas à reprodução do capital.

Desse modo, a próxima seção abordará brevemente o histórico da crise ambiental, as características da sociedade sob a égide do neoliberalismo, o contexto da

<sup>1</sup> Sobre o conceito e os desdobramentos da *psicopolítica*, ver mais em: HAN, Byung-Chul. *Psicopolítica*. Trad. Alfredo Bergés. Barcelona, Espanha: Helder Editorial, 2018.

<sup>2</sup> Sobre *biopolítica*, ver mais em: FOUCAULT, Michel. *Nascimento da Biopolítica: curso no Collège de France (1978-1979)*. Trad. Eduardo Brandão. São Paulo: Martins Fontes, 2008.

elaboração do conceito de DS e, por fim, a discussão da ideologia do DS como parte da estratégia da geopolítica atual.

### 3. A QUESTÃO AMBIENTAL, IDEOLOGIA DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E O NEOLIBERALISMO

A questão ambiental do século XX pode ser compreendida partindo da “crise ambiental” à solução capitalista. Nesse sentido, cabe apontar o contexto e a forma de apropriação pelo capitalismo da prerrogativa da temática ambiental, bem como desvendar as intencionalidades oriundas dos discursos, saberes e práticas ambientais engendradas por esse sistema social, político e econômico, sejam eles originados dos agentes de Estado, da comunidade científica ou da sociedade civil organizada.

Vale ressaltar, não se nega o esforço dos mais variados membros da sociedade (cientistas, empresários, famílias, etc.) que se empenham em mudar o pensamento e as práticas de uma sociedade de consumistas para uma sociedade de consumidores mais conscientes de suas ações e impactos ao meio ambiente. Contudo, tecer a crítica à produção de saberes e práticas ligadas à questão ambiental torna-se fundamental uma vez que, de modo geral, a ideologia do desenvolvimento sustentável pode ser vista por muitas pessoas quase um dogma.

Para Campello (2013) o debate sobre os temas ecológicos tem caráter geopolítico, ao mesmo tempo carece de questionamentos e análise crítica. Consoante a esse pensamento, Martins e Pianovski (2013) afirmam que a questão ambiental passa a fazer parte do temário da geopolítica quando surgem os primeiros estudos sobre a escassez de recursos naturais e também sobre o acelerado crescimento populacional no mundo, principalmente nos países subdesenvolvidos.

Assim, a associação do crescimento populacional e a escassez de recursos conduziu o trabalho do Clube de Roma, um grupo formado em 1968 por empresários, economistas e cientistas, culminando no documento intitulado “Limites do Crescimento”. Esse documento propunha a necessidade de “crescimento zero” da economia mundial, bem como a manutenção da estrutura e distribuição industrial daquele momento no mundo (MARTINS e PIANOVSKI, 2013).

Dessa forma,

O discurso ambientalista aparece em um contexto geopolítico marcado pelo “medo” da explosão demográfica e do crescimento econômico da periferia mundial. Essa discussão difundiu que os recursos naturais, historicamente apropriados pelas potências coloniais e suas corporações econômicas poderiam se extinguir. Nessa lógica, surge também a ideia de governança global sobre os danos ambientais, sendo imposta como uma política necessária a todos, evitando que os países centrais assumissem os danos de uma predação histórica secular dos recursos naturais em seus territórios e também nas ex-colônias. (CAMPELLO, 2013, p. 2-3)

Nessa lógica, o que fica evidente é que a questão ambiental passa a ser um ponto fundamental na geopolítica, sobretudo para os países de industrialização clássica. Em outras palavras, para os países centrais da economia capitalista era necessário ter a prerrogativa do discurso ambientalista tanto para garantir a manutenção da estrutura industrial vigente e da divisão internacional do trabalho, quanto da minoração da responsabilidade histórica da exploração predatória dos recursos naturais em diferentes territórios.

É nesse contexto em 1987, a Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento publica o Relatório Brundtland, intitulado como “Nosso Futuro Comum”, no qual prega o mercado como gestor do meio ambiente e o Estado como regulador das compensações econômicas. Destarte, o DS se origina nesse relatório com o objetivo de ser uma estratégia de desenvolvimento do capitalismo na sua fase neoliberal (OLIVEIRA, 2008).

De modo complementar, para compreender o neoliberalismo, Bauman (2008) expõe a sociedade atual no qual transformou os indivíduos, ao mesmo tempo, em consumidores e mercadorias. Dito de outra forma, todos somos “consumidores e os objetos de consumo” (BAUMAN, 2008, P.19). Desta forma, Bauman chama esse fenômeno de sociedade de consumidores.

Na sociedade de consumidores, ninguém pode se tornar sujeito sem primeiro virar mercadoria, e ninguém pode manter segura sua subjetividade sem reanimar, ressuscitar e recarregar de maneira perpétua as capacidades esperadas e exigidas de uma mercadoria vendável. A “subjetividade” do “sujeito”, e a maior parte daquilo que essa subjetividade possibilita ao sujeito atingir, concentra-se num esforço sem fim para ela própria se tornar, e permanecer, uma mercadora vendável. A característica mais proeminente da sociedade de consumidores – ainda que cuidadosamente disfarçada e encoberta – é a transformação dos consumidores em mercadorias; [...]. (BAUMAN, 2008, p. 20)



Consoante a isso, para que o sujeito se converta em mercadoria ele procura se destacar ante às massas de sujeitos também transformados em mercadoria. Desta forma, o sujeito faz publicidade de si, constrói e divulga uma imagem – estética e de comportamento – que julga ter mais valor e aceitação ao público de “consumidores” que almeja.

É uma luta por visibilidade e destaque, em outras palavras, é a busca por sucesso e popularidade, que por sua vez, transformará o sujeito em “mercadoria” desejável. Por outro lado, Bauman (2008, p.21) afirma que na sociedade de consumidores “a invisibilidade equivale à morte”, ou seja, uma morte social no qual o sujeito terá pouquíssimas possibilidades de concretizar interações e relações sociais hoje fundamentadas por diversas redes sociais virtuais.

Outro ponto crucial do texto de Bauman é sobre a mudança de uma sociedade de produtores, vigente e predominante até as primeiras décadas do século XX, no qual havia ainda uma estreita relação do capital e trabalho, para uma sociedade de consumidores. A mudança é qualitativa e radical.

Destarte, para Siqueira e Melo (2023) havia anteriormente na sociedade de produtores o fetichismo da mercadoria (como já denunciava Marx<sup>1</sup>), ou seja:

o desejo pela mercadoria era o desejo de uso do objeto em si, hoje, com a sociedade de consumidores houve uma mudança no objeto a ser consumido, no qual o foco não é mais o objeto comprado (bem material), mas o que ele representa simbolicamente no status social de interesse. Compra-se o símbolo mais do que o objeto, dito de outra forma, o valor simbólico é superior ao valor de uso do objeto comprado. (SIQUEIRA; MELO, 2023, p. 41)

E é justamente nesse sentido que Bauman irá descrever o fetichismo da subjetividade como uma forma atual de mascarar a realidade da sociedade de consumo. A satisfação da sociedade de consumidores está na ostentação de mercadorias que representam valores simbólicos, como por exemplo, uma determinada marca de celular ou de perfumes. Para este autor, na sociedade de consumidores, o fetichismo da subjetividade se baseia numa ilusão, numa mentira, pois não há permanências na objetivação do consumo porque tudo é transitório e efêmero.

<sup>1</sup> Para saber mais sobre o caráter fetichista da mercadoria, ver: MARX, K. A mercadoria. In: \_\_\_\_\_. O capital: crítica da economia política. Trad. Rubens Enderle. São Paulo: Boitempo, 2013, p.113-158.

O objeto comprado não elimina o desejo, pois este é insaciável ante à transitoriedade dos valores simbólicos. Portanto, com o fetichismo da subjetividade os consumidores são fieis aos signos e aos valores imateriais (status e sucesso, por exemplo) e não aos objetos em si, sua função real de uso (SIQUEIRA; MELO, 2023). Em outras palavras:

A objetivação da subjetividade consiste em atribuir novos valores simbólicos às mercadorias, desta forma busca-se satisfazer algum desejo impulsionado pelo consumo de um objeto e sua imediata representação simbólica, geralmente acompanhada com a sensação de ganho de status, pertencimento, visibilidade e notoriedade. Exemplificando, se desejo ter a sensação de aumento de respeito e/ou aceitação num determinado grupo ou classe social, compro um iPhone. (SIQUEIRA; MELO, 2023, p. 42)

Destarte, a estratégia do capitalismo na fase atual é a substituição dos produtos o mais rápido possível para a realização também acelerada do ciclo da reprodução do capital. A substituição dos objetos por outros novos se dá não pelo mau funcionamento ou fim da vida útil, mas pela incorporação de novos valores simbólicos ou ainda pela obsolescência programada.

Enfim, a estratégia industrial é produzir uma mercadoria cuja durabilidade seja proposital e temporalmente reduzida e, assim, induzir à substituição pela compra de um novo produto e, desta forma, amplia-se a produção, o consumo e, conseqüentemente, a reprodução do capital.

Consoante ao pensamento de Bauman, que afirma:

O consumismo dirigido para o mercado tem uma receita para enfrentar esse tipo de inconveniência: a troca de uma mercadoria defeituosa, ou apenas imperfeita e não plenamente satisfatória, por uma nova e aperfeiçoada. A receita tende a ser rerepresentada como um estratagema a que os consumidores experientes recorrem automaticamente de modo quase irrefletido, a partir de um hábito aprendido e interiorizado. Afinal de contas, nos mercados de consumidores-mercadorias, a necessidade de substituir objetos de consumo “defasados”, menos que plenamente satisfatórios e/ou não mais desejados está escrita no desing dos produtos e nas campanhas publicitárias calculadas para o crescimento constante das vendas. A curta expectativa de vida de um produto na prática e na utilidade proclamada está incluída na estratégia de marketing e no cálculo de lucros: tende a ser preconcebida, prescrita e instilada nas práticas dos consumidores mediante a apoteose das novas ofertas (de hoje) e a difamação das antigas (de ontem). (BAUMAN, 2008, p. 31)

Compreende-se, portanto, que os fundamentos da sociedade de consumidores estão pautados na busca incessante do valor simbólico que as mercadorias são

associadas, em outras palavras, pretensamente espera-se que o ato de consumo realize determinado desejo e ganho de potência, de status, de visibilidade, tão buscados pelos consumidores-merdadoras.

Consoante a esse modelo de sociedade de consumo, para Marques, Pagani, Dias (2001), o conceito de DS cumpre o papel de um dispositivo ideológico e de controle social.

Primeiramente, por meio da assimilação do conceito pelo discurso ambiental, de acordo com os interesses da ideologia social dominante, assumidos ingenuamente por uma parcela significativa da comunidade ambientalista e pela sociedade em geral. A apropriação do conceito pelos grupos que controlam política e economicamente a sociedade têm feito com que, sutilmente, através da manipulação ideológica, o foco dos fatores que realmente devam integrar o objeto da sustentabilidade do processo de desenvolvimento seja insistentemente distorcido, de modo que a dimensão ambiental possa se subordinar à racionalidade econômica que, por sua vez, vêm comandando até então a dinâmica da civilização contemporânea. Desta forma, verifica-se que o conceito de desenvolvimento sustentável têm sido assimilado pelo discurso ecológico em função da lógica econômica e não, como seria de se esperar, que ele fosse assimilado pelo discurso econômico em função da lógica ambiental. (MARQUES; PAGANI; DIAS, 2001, p. 158-159)

E ainda, os autores supracitados afirmam que a imprecisão e a multiplicidade de significados atribuídos ao conceito de DS levaram ao uso indiscriminado do conceito, cujos desdobramentos não são positivos, tais como o desgaste teórico, que por sua vez produz um clichê, e ainda, abre a possibilidade de apropriação do discurso por grupos e setores sociais sem comprometimento com a problemática ambiental (MARQUES; PAGANI; DIAS, 2001).

Segundo Viseu, Meneghetti, Seifert (2012, p. 575), ao parafrasearem Mészáros, o poder da ideologia,

[...] consiste em criar sistemas culturais, políticos e imaginários que legitimam a exploração, fomentam as ilusões e alienam os indivíduos em relação às formas destrutivas, assim como o sistema de produção capitalista se reproduz explorando os indivíduos, destruindo as condições naturais e eliminando as possibilidades de que as relações humanas sejam de fato a centralidade do processo civilizatório. Nesse caso, sobressai que uma das mais importantes formas ideológicas do capitalismo tardio é o desenvolvimento sustentável.

Concordante a esse pensamento, Del Gaudio, Freitas e Pereira (2015, p. 108-109) “o desenvolvimento sustentável como ideologia, é um processo de produção de sentidos e consensos em torno de uma visão social de mundo hegemônica, que faz

perdurar a relação predatória com a natureza e os homens.” Dessa forma, para esses autores, a Ideologia do Desenvolvimento Sustentável (IDS) leva a sociedade a aceitar e reproduzir ideias de dominação.

As interpelações da IDS ocasionam, de um lado, a aceitação das propostas de resolução da crise afeitas às classes dominantes, tais como a cobrança pelos “serviços ambientais” e a instituição de novas formas de valorização do capital, por meio do comércio de carbono, dos mecanismos de desenvolvimento limpo, pelas certificações etc. De outro, geram um medo crescente e asfixiante de esgotamento dos recursos nos sujeitos, induzindo ao controle das ações cotidianas do vizinho, colega de trabalho, parentes, a fim de evitar o “desperdício” que, certamente, produzirá a escassez absoluta. A interligação entre essas duas formas reforça ambos os lados a partir de uma concepção hegemônica do ambiente e da crise. (DEL GAUDIO; FREITAS; PEREIRA, 2015, p. 102)

Afinado a esse pensamento, Becker apud Campello (2013) afirma que a questão ecológica é tecnológica, geopolítica e, conseqüentemente, ideológica, que por sua vez, o processo de apartheid tecnológico que pode acentuar a nova ordem mundial simbolizada pela oposição Norte / Sul.

As estratégias de poder e a mercantilização dos elementos da natureza fazem parte de um ‘jogo’ denominado por Porto-Gonçalves (2006) como ‘geopolítica da biodiversidade’. [...] A mercantilização dos elementos da natureza através de mercados fictícios em bolsas de valores e o controle de patentes ‘tecno(eco)lógicas’ por corporações de nações poderosas vêm contribuindo para a persistência do abismo existente entre o centro e a periferia na atual conjuntura global. (CAMPELLO, 2013, p.3)

O que Campello (2013) destaca sobre a geopolítica atual, partindo dos pensamentos tanto de Becker quanto de Porto-Gonçalves, é que a discussão sobre as questões ligadas ao meio ambiente, tal como a IDS, foi a maneira mais eficiente de introduzir uma nova forma de dominação do centro à periferia, sobretudo impondo soluções caras por meio das “tecnologias verdes”.

O capitalismo se mantém forte e se reinventa através de um neoliberalismo ‘esverdeado’ o desenvolvimento sustentável repaginado de economia verde exige necessariamente domínio de tecno(eco)logias – e implantá-los na periferia mundial como forma de mercantilizar os elementos da natureza, perdurar as perversidades e os ganhos exorbitantes da especulação do capital financeiro, controlar recursos estratégicos e se apropriar da biodiversidade dos países menos desenvolvidos, e, por fim, manter as disparidades da divisão internacional do trabalho. (CAMPELLO, 2013, p.8)

A título de exemplo, a relação dos 10 maiores fabricantes de painéis fotovoltaicos por volume de vendas deixa claro o amplo domínio chinês no setor. Primeiramente, das 10 líderes de mercado, 7 são chinesas. Além disso, das 3 empresas não chinesas, somente uma (First Solar -USA) não possui operação de manufatura na China<sup>1</sup>. E ainda, quatro gigantes lideram o mercado global de energia eólica. Juntas, a espanhola Siemens Gamesa, a dinamarquesa Vestas, a chinesa Goldwind e a norte-americana GE responderam por 53% das vendas de turbinas eólicas do setor no ano passado<sup>2</sup>.

Em outras palavras, o investimento em tecnologias limpas já implica num apartheid tecnocientífico entre os países centrais e os periféricos, cujas consequências de ordem geopolítica é a manutenção das desigualdades sociais e econômicas entre as nações.

Assim, a elaboração de discursos que possuem como tônica a crise ambiental traz no seu interior um conjunto de dispositivos de controle e dominação, ou seja, é uma parte fundamental da geopolítica das nações desenvolvidas, principalmente sob a égide do neoliberalismo.

Diante do exposto, a emergência para a execução de políticas ambientais que busquem solucionar os impactos do uso predatório dos recursos naturais cria um contexto político e econômico aparentemente neutro, cujos valores de preservação ambiental sinalizam para uma pauta global em comum. Em outras palavras, sob as vestes de cuidado com o meio ambiente, os países desenvolvidos e os grupos empresariais mascaram os reais interesses que são: a manutenção das relações desiguais de produção e de trabalho, controle e gestão dos recursos naturais e a ampliação do lucro.

A ideologia do desenvolvimento sustentável converteu-se em um instrumento de dominação geopolítica, primeiro pelo discurso catastrófico ou alarmista que ameaça a sobrevivência das gerações futuras, produzindo um sentimento coletivo de preservação do meio ambiente. E depois, propondo soluções paradigmáticas que reforçam o consumo de mercadorias e tecnologias consideradas “verdes”, ou

---

<sup>1</sup> Fonte: <https://sunwise.com.br/as-maiores-empresas-de-energia-solar-do-mundo>.

<sup>2</sup> Fonte: <https://exame.com/negocios/quatro-gigantes-lideram-mercado-global-de-turbinas-eolicas>

ambientalmente “sustentáveis”. Por fim, essas tecnologias consideradas ambientalmente corretas introduz uma nova forma de colonialismo ante às velhas estruturas da divisão internacional do trabalho.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Compreender o conceito de Desenvolvimento Sustentável numa perspectiva crítica permite lançar novas formas de produzir conhecimento, bem como apontar para outras possibilidades de organização social, política e econômica.

Diante do exposto nesse trabalho, o neoliberalismo se apropriou dos discursos da questão ambiental, ressignificando-os de acordo com seus interesses, partindo das esferas de decisão intergovernamental, tais como os grandes encontros da ONU, onde são reunidos os chefes de Estados e os representantes dos grupos empresariais com o foco na proposição de caminhos para uma economia capitalista sustentável.

A IDS mascara as intencionalidades reais no jogo geopolítico das nações desenvolvidas que são: a apropriação e exploração dos recursos naturais com vistas à reprodução do capital; manutenção do baixo nível de desenvolvimento social e econômico das nações subdesenvolvidas; manutenção da dependência (centro-periferia) pelo endividamento a partir da necessidade de compra do pacote tecnológico oriundo das nações desenvolvidas; divisão desigual das responsabilidades ambientais, entre outros.

Sendo assim, cabe aos países menos desenvolvidos refletir sobre os discursos ambientais oriundos dos países desenvolvidos e avançar numa produção de conhecimentos e de práticas emancipatórias, tanto numa escala local quanto nacional, cujo interesse real nas questões ambientais seja ambientalmente correta e socialmente justo.

#### REFERÊNCIAS

- BAUMAN, Zygmunt. Vida para consumo: A transformação das pessoas em mercadoria. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 2008.
- BECKER, Bertha K. A Geografia e o Resgate da Geopolítica. Espaço Aberto. PPGG - UFRJ, V. 2, N.1, p. 117-150, 2012. ISSN 2237-3071

- BECKER, Bertha et al. (orgs). Tecnologia e Gestão do Território. Rio de Janeiro: Ed. UFRJ, 1988.
- BECKER, Berta K. A Geopolítica na Virada do Milênio: Logística e Desenvolvimento Sustentável In: CASTRO, I. E., GOMES, P. C. C. e CORRÊA, R. L. (org.) Geografia: Conceitos e Temas. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1995, p. 271-307.
- CASTRO, Iná Elias de. Geografia e Política: Território, escalas de ação e instituições. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.
- CAMPELLO, Marcelo. Questão ambiental e a nova geopolítica das nações: Impactos e Pressões sobre a Amazônia Legal. Rev. Espaço Aberto, PPGG, vol. 3, nº2, UFRJ, Rio, 2013, 21p.
- DEL GAUDIO, Rogata Soares. FREITAS, Eliano de Souza Martins. PEREIRA, Doralice Barros. Desenvolvimento sustentável e ideologia: interpelações. Lutas Sociais, São Paulo, vol.19 n.35, p.98-111, jul./dez. 2015. p. 98-111.
- FOUCAULT, Michel. Nascimento da Biopolítica: curso no Collège de France (1978-1979). Trad. Eduardo Brandão. São Paulo: Martins Fontes, 2008.
- HAN, Byung-Chul. Psicopolítica. Trad. Alfredo Bergés. Barcelona, Espanha: Helder Editorial, 2018.
- MARQUES, Hélio César F. PAGANI, Maria Inez. DIAS, Romualdo. O risco de transformação do Conceito de Desenvolvimento Sustentável em um Novo Dispositivo de Controle Ideológico para a Questão Ambiental. HOLOS Environment. Vol.1, Nº. 2, 2001. p. 150-161.
- MARTINS, Marcos Antônio Fávaro. PIANOVSKI, Diego. A dimensão geopolítica da questão ambiental. REVISTA ELETRÔNICA PRO-DOCÊNCIA/UEL. Edição Nº. 5, Vol. 1, jul-dez. 2013. p. 25-43.
- OLIVEIRA, Leandro Dias de. A geopolítica do desenvolvimento sustentável em questão: reflexões sobre a conferência do Rio de Janeiro (ECO-92). ANAIS 1º SIMPGEO-SP, Rio Claro, 2008, p.137-147.
- SIQUEIRA, Bruno Lourenço; MELO, Letycia Lisboa. Bauman e a vida para o consumo. In: FONTGALLAND, Isabel Lausanne (org.). Geoprocessamento e geoeconomia: análises multidisciplinares - Volume 2. Campina Grande/PB: Amplla, 2023. DOI: 10.51859/amplla.gga3385-3.
- VIZEU, Fábio. MENEGHETTI, Francis Kanashiro. SEIFERT, Rene Eugênio. Por uma crítica ao conceito de desenvolvimento sustentável. Cad. EBAPE.BR, v. 10, nº 3, artigo 6, Rio de Janeiro, Set. 2012. p. 569-583.



## CAPÍTULO IX

## ORIENTAÇÕES AOS OVINOCULTORES PARA USO DO MÉTODO FAMACHA E REALIZAÇÃO DE AVALIAÇÃO DO ESCORE DE CONDIÇÃO CORPORAL EM OVINOS

## ADVICES FOR SHEEP FARMERS TO USE THE FAMACHA METHOD AND BODY CONDITION SCORE IN SHEEP

DOI: 10.51859/AMPLLA.MAC3468-9

Elísio de Camargo Debortoli <sup>1</sup>  
 Thaís Campos de Freitas <sup>2</sup>  
 Ana Lúcia Barreto da Costa <sup>3</sup>  
 Edriane Mara Sbardelotto <sup>4</sup>  
 Joilson Gradin <sup>5</sup>

<sup>1</sup> Professor Associado do Departamento de Zootecnia e Ciências Biológicas da Universidade Federal de Santa Maria – Campus Palmeira das Missões

<sup>2,3,4</sup> Zootecnista. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – IFRS

<sup>5</sup> Tecnólogo em Gestão Ambiental. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – IFRS

## RESUMO

Trata-se de um relato de projeto de extensão denominado “De olho no olho: orientações aos ovinocultores para uso do método FAMACHA e da avaliação do escore de condição corporal no manejo sanitário do rebanho ovino” foi elaborado e desenvolvido no Instituto Federal do Rio Grande do Sul – Campus Sertão com o objetivo de servir de apoio extracurricular aos estudantes interessados em uma complementação de sua formação na área de ovinocultura, além de integrar a comunidade acadêmica ao mundo do trabalho. O projeto contou com duas etapas, sendo a primeira de treinamento dos discentes e a segunda com a realização de uma oficina de divulgação tecnológica. Com a realização do projeto pode-se notar a importância do incentivo para adoção de novos métodos de manejo na produção de ovinos.

**Palavras-chave:** Ovinocultura. Nutrição Animal. Tratamento Seletivo.

## ABSTRACT

The extension project “Keeping an eye on the eye: advices for sheep farmers on the use of the FAMACHA method in the health handle of sheep flocks” was designed and developed at the Instituto Federal do Rio Grande do Sul – Campus Sertão with the objective of providing extracurricular support to students interested in complementing their knowledge about sheep production, integrating witch academic community in the world of work. The project had two stages, the first of which was training students and the second with the holding of a technological dissemination workshop. With the realization of the project, was possible to check the importance of incentive to adoption of new management methods in sheep production.

**Keywords:** Animal Nutrition. Selective Treatment. Sheep Farming.



## 1. INTRODUÇÃO

A ovinocultura é uma das atividades que vem ganhando importância nos últimos anos devido ao crescimento no consumo de carne e leite desta espécie, além de incentivos a sua criação por pequenos e médios produtores, como é o caso da Associação de Ovinocultores do Município de Capão Bonito do Sul/ RS (Assovino). A ideia desta ação de extensão surgiu da possibilidade de parceria com a Assovino na qual, um aluno egresso do curso de Zootecnia do IFRS – Campus Sertão, faz parte da diretoria da Associação. Além disso, a existência de alunos do curso de Zootecnia com interesse na área de ovinocultura, oriundos da região dos Campos de Cima da Serra viabilizou e facilitou o contato logístico com a comunidade alvo. Sendo assim, é de fundamental importância que os estudantes tenham conhecimento e consigam realizar práticas rotineiras utilizadas na produção desses animais e, na transmissão de tais conhecimentos aos ovinocultores, no intuito de garantir que estes procedimentos sejam utilizados da forma correta, garantindo o bem-estar animal e melhores índices produtivos.

Os representantes da Assovino informaram que a média do rebanho por propriedade é de aproximadamente 70 ovinos e que havia a necessidade de esclarecimento sobre a importância da identificação individual dos animais para a implementação de práticas de manejo. O grupo ainda não utilizava o método FAMACHA e nem realizava avaliação da condição de escore corporal. Então, elaborou-se uma proposta de treinamento aos ovinocultores para uso do método e avaliação do escore de condição corporal em seus rebanhos.

A criação de pequenos ruminantes depende de um manejo eficiente, devido, principalmente, ao prejuízo causado por parasitos em animais susceptíveis. O tratamento seletivo com o método FAMACHA é o melhor exemplo da implantação de um sistema que engloba o entendimento do efeito da população parasitária em refugia e a redução da resistência no mundo todo, gerando uma nova realidade no campo, capacitando profissionais e diferenciando o controle sanitário (MOLENTO et al., 2013).

O controle de parasitoses gastrointestinais em pequenos ruminantes possibilita buscar um mercado que prioriza a saúde e o bem-estar animal, reduzindo concentrações

de drogas no ambiente e, conseqüentemente, melhora da qualidade de carne e leite e buscar a certificação e rastreabilidade para ovinos (MENDES et al., 2020).

O projeto de extensão “De olho no olho: orientações aos ovinocultores para uso do método FAMACHA e da avaliação do escore de condição corporal no manejo sanitário do rebanho ovino” foi elaborado e desenvolvido no Instituto Federal do Rio Grande do Sul – Campus Sertão com o objetivo de servir de apoio extracurricular aos estudantes interessados em uma complementação de sua formação na área de ovinocultura e de interação com os ovinocultores da Assovino.

Devido ao uso desenfreado de drogas antiparasitárias, os parasitas desenvolveram resistência a alguns medicamentos, sendo necessário o desenvolvimento de novos métodos para diminuir o uso de anti-helmínticos, métodos esses que tem como objetivo diminuir a concentração dessas drogas na carne, no leite e no meio ambiente, então desenvolveu-se o método FAMACHA, que tem como principal objetivo identificar animais resistentes, resilientes e sensíveis à infecção parasitária, ocorrendo a seleção e otimização do tratamento com animais infectados (MOLENTO et al., 2004).

O método FAMACHA consiste na avaliação da coloração da mucosa ocular do animal por meio de uma cartela com diferentes graus de cores da mucosa conjuntiva, auxiliando na classificação do grau de anemia em que o animal se encontra, a cartela possui uma variação na pigmentação das mucosas de 1 a 5 e, quando conciliado com outros métodos ele tem uma eficácia mais apurada.

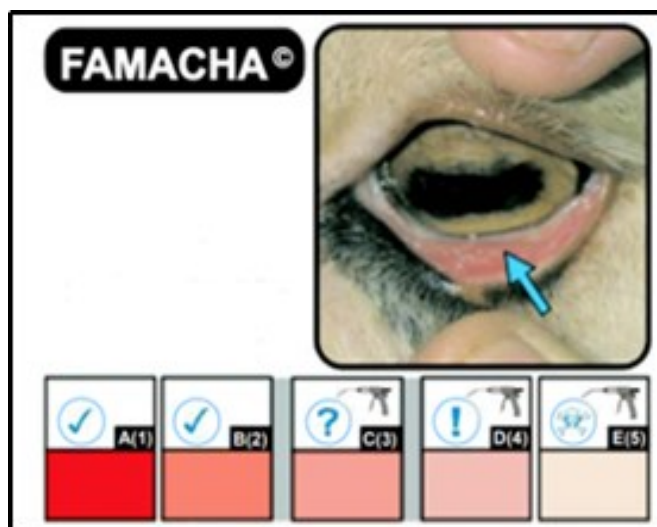
O método foi introduzido no Brasil no ano de 2000, sendo verificado a sua eficácia por profissionais na área de sanidade animal. A palavra FAMACHA foi criada a partir das iniciais do autor do método, o sul-africano Dr. Francois Malan, que deram origem ao acrônimo FAMACHA.

A resistência anti-helmíntica tem estimulado pesquisadores à buscar alternativas de controle parasitário. Nesse sentido, os métodos seletivos e que apresentem boa sensibilidade para identificar os animais que necessitam receber o tratamento químico são importantes alternativas aos métodos tradicionais (FERNANDES et al., 2015).

O cartão FAMACHA (Figura 1) apresenta cinco classificações de tonalidades da cor vermelha da conjuntiva ocular, variando do grau 1 ao grau 1, onde o grau 1

apresenta coloração vermelho vivo, indicando animal saudável, o grau dois é um vermelho rosado, grau três rosa, grau quatro rosa pálido e o grau cinco apresenta coloração branca, indicando animal anêmico (CHAGAS et al., 2007).

Figura 1 – Cartão FAMACHA.



Fonte: Chagas et al. (2007).

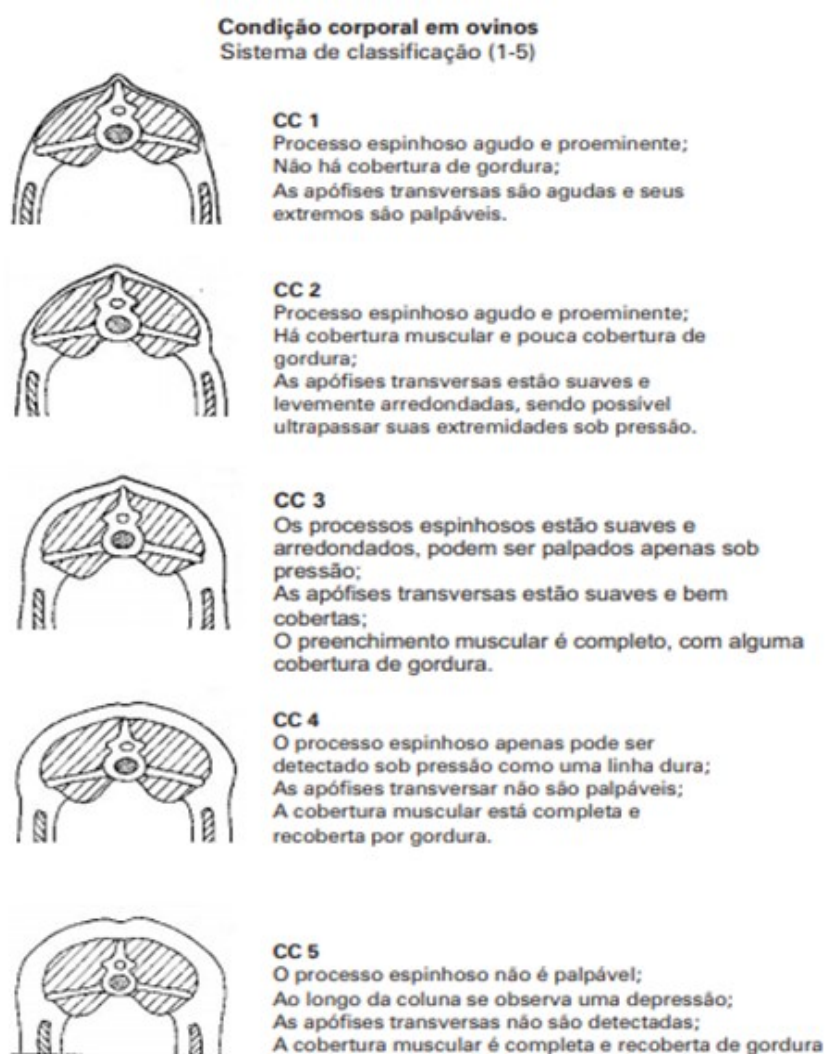
A avaliação do escore de condição corporal (ECC), tem como objetivo indicar o estado nutricional do animal, através da palpação da cobertura muscular e adiposa na lombar do animal, a partir dessa avaliação é possível saber quais medidas de manejo nutricional devem ser tomadas (MACHADO et al., 2008).

A avaliação de escore de condição corporal (ECC), é uma técnica rápida e fácil de diagnosticar o estado nutricional do rebanho ovino, principalmente durante o manejo reprodutivo. O ECC está relacionado com a nutrição do animal e consequentemente com a sua produtividade. A pesagem dos animais não é um parâmetro preciso, pois nem sempre um animal pesado apresenta boa condição corporal. Também, esta avaliação não deve ser apenas visual, pois a lã pode interferir na detecção do método, sendo necessária a palpação das regiões do recomendadas. É indicado fazer todo mês principalmente em épocas estratégicas do ciclo produtivo, como por exemplo: monta, terço final de gestação, parição e desmame.

A condição corporal dos animais está diretamente relacionada à produção de carne, leite e lã; à reprodução e à sanidade do animal. Também está diretamente relacionado a uma maior sobrevivência de cordeiros. A partir desse diagnóstico, é possível tomar medidas adequadas para cada estágio produtivo do ovino. A condição

corporal é obtida através da palpação da parte superior e lateral da região lombar da coluna vertebral. Devendo ser examinados os seguintes pontos: a saliência ou contorno dos processos dorsais e transversos das vértebras lombares; a quantidade de gordura e músculo abaixo dos processos transversos, julgado pela dificuldade com que os dedos têm acesso a parte ventral dos processos e a quantidade de músculo e gordura entre os processos transversos e dorsais. Esse método também apresenta uma variação de 1 a 5, onde o escore 1 refere-se ao animal muito magro e o escore 5 ao animal muito gordo, conforme Figura 2.

Figura 2 – Classificação de escores de condição corporal (1 a 5).



Fonte: Moraes, Souza e Jaume (2005).

## 2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E RELATO DE EXPERIÊNCIAS

O projeto contou com duas etapas, sendo a primeira de treinamento dos discentes e a segunda com a realização de uma oficina de divulgação tecnológica.

No primeiro semestre de 2019, a ação de extensão focou suas atividades na fundamentação teórica sobre o método e treinamento dos discentes para a aplicação do método FAMACHA e contagem de Ovos Por Grama de Fezes (OPG) nos ovinos do setor de ovinocultura do IFRS – Campus Sertão (Figura 3).

Figura 3 – Manejo dos ovinos no IFRS – Campus Sertão.



Fonte: Dados da pesquisa (2019).

As atividades práticas contemplaram a aplicação do método FAMACHA (Figura 4), avaliação do escore de condição corporal dos ovinos (Figura 5) e vermifugação dos animais com grau FAMACHA 4 (Figura 6). Tais atividades foram realizadas no setor de ovinocultura do IFRS – Campus Sertão, no setor de Zootecnia II, com uma amostra de 27 animais com 25 avaliações (uma vez por semana em cada animal) durante os meses de fevereiro a outubro de 2019. Dessa maneira, foi possível avaliar a eficiência na aplicabilidade do uso do método FAMACHA, associado à avaliação de escore de condição corporal, além de envolver os alunos nas atividades de manejo sanitário de ovinos e desenvolver habilidades para uso do método nos animais. As Figuras 4, 5 e 6 demonstram a rotina de avaliações realizadas na primeira etapa do projeto.

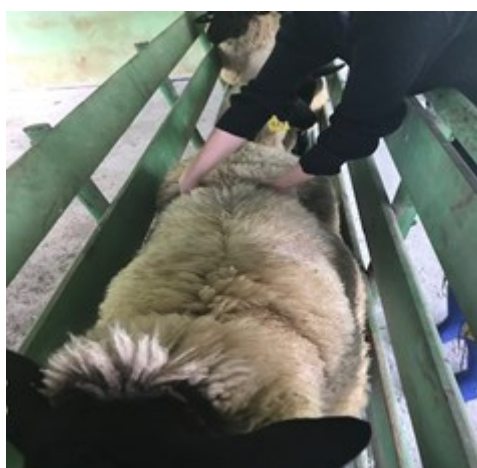


Figura 4 – Uso do método FAMACHA.



Fonte: Dados da pesquisa (2019).

Figura 5 – Treinamento para avaliação do escore de condição corporal dos ovinos.



Fonte: Dados da pesquisa (2019).

Figura 6 – Vermifugação de ovino com grau FAMACHA 4.



Fonte: Dados da pesquisa (2019).

Na segunda etapa da ação, iniciou-se o planejamento das demais atividades da ação de extensão. Nos meses de julho e agosto foi realizado o contato com os representantes da Assovino e definidas as atividades que seriam realizadas com os produtores nos meses de setembro, outubro e novembro. No mês de setembro foi



realizado um levantamento de interessados na oficina junto à Assovino. No mês de outubro foi realizada a oficina de capacitação dos produtores para o uso do método FAMACHA no controle sanitário do rebanho ovino e no mês de novembro foi apresentado o feedback da ação de extensão e distribuídos os folders orientativos aos ovinocultores.

No dia de campo realizado com os produtores (Figura 7) foram explanadas as vantagens de adotar o método FAMACHA na propriedade, principalmente em associação com outros métodos, como o ECC e a vermifugação apenas dos animais com ECC abaixo do recomendado para sua categoria animal e estágio fisiológico e FAMACHA igual ou superior à 3.

Figura 7 – Produtores realizando a avaliação dos animais



Fonte: Dados da pesquisa (2019).

Um folder orientativo foi elaborado e distribuído aos ovinocultores, juntamente com cartões FAMACHA durante a realização da oficina. Neste folder explicava-se o passo a passo para a realização da avaliação de ECC e do método FAMACHA.

### 3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a realização do projeto pode-se notar a importância do incentivo para adoção de novos métodos de manejo nutricional e sanitário dos ovinos, que sejam práticos, eficientes visando melhorar a resistência do animal em relação ao ambiente produtivo e o resultado econômico da atividade.

Sendo assim, torna-se evidente a importância do manejo integrado na ovinocultura e os benefícios produtivos obtidos a partir do controle zootécnico do rebanho, buscando proporcionar melhor desempenho produtivo e sanitário, além de evitar o uso indiscriminado de antihelmínticos e aprimorar as estratégias de seleção dos animais.

## REFERÊNCIAS

- CHAGAS, A. C. S.; OLIVEIRA, M. C.S.; CARVALHO, C. O.; MOLENTO, M. B. Método Famacha®: Um recurso para o controle da verminose em ovinos. Circular Técnica N. 52, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos, SP, 2007.
- FERNANDES, M. A.; GILAVERTTE, S.; BUZATTI, A.; SPRENGER, L.; SILVA, C.; PERES, M.; MOLENTO, M. B.; MONTEIRO, A. Método FAMACHA para detectar anemia clínica causada por *Haemonchus contortus* em cordeiros lactentes e ovelhas em lactação. Pesquisa Veterinária Brasileira. v. 36 n. 6, p. 525-530, 2015.
- MACHADO, R.; CORRÊA, R. F.; BARBOSA, R. T.; BERGAMASCHI, M. A. C. M. Escore de condição corporal e sua aplicação no manejo reprodutivo de ruminantes. Embrapa Pecuária Sudeste – Circular Técnica 57. São Carlos, Dez, 2008.
- MENDES, J. P.; TSUZUKI, T. T.; FERREIRA, M. B.; GARCIA, W. R.; VALENTIM, J. K.; PIETRAMAL, R. T. R. *Haemonchus contortus* e Medidas Estratégicas de Controle para Ovinos. Ensaios, v. 24, n. 2, p. 105-110,
- MOLENTO, M. B.; VERÍSSIMO, C. J.; AMARANTE, A. F. T.; VAN WYK, J. A.; CHAGAS, A. C. S.; ARAÚJO, J. V.; BORGES, F. A. Alternativas para o controle de nematoides gastrintestinais de pequenos ruminantes. Arquivos do Instituto Biológico, São Paulo, v. 80, n. 2, p. 253-263, 2013.
- MOLENTO, M. B.; TASCA, C.; GALLO, A.; FERREIRA, M.; BONONI, R.; STECCA, E.. Método Famacha como parâmetro clínico individual de infecção por *Haemonchus contortus* em pequenos ruminantes. Ciência Rural, Santa Maria, v. 34, n. 4, p.1139 – 1145, 2004.
- MORAES, J. C. F.; SOUZA, C. J. H.; JAUME, C. M. O. Uso da avaliação da condição corporal visando máxima eficiência produtiva dos ovinos. Bagé, RS. 2005.

## CAPÍTULO X

## IMPACTOS DO USO DE AGROTÓXICOS EM ORGANISMOS NÃO-ALVOS: UMA REVISÃO

## IMPACTS OF PESTICIDE USE ON NON-TARGET ORGANISMS: A REVIEW

DOI: 10.51859/AMPLA.MAC3468-10

Francisco David Nascimento Braga<sup>1</sup>  
 Andressa Marcelly Silvestre Pereira<sup>1</sup>  
 Kadidja Ianne do Vale Almeida<sup>1</sup>  
 Talles Rodrigo Barbosa de Aquino<sup>2</sup>  
 Daniel Valadão Silva<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Ambiente, Tecnologia e Sociedade. Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA.

<sup>2</sup> Mestrando do Programa de Pós Graduação em Administração. Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA.

<sup>3</sup> Professor do Programa de Pós-Graduação em Ambiente, Tecnologia e Sociedade. Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA.

## RESUMO

Um dos mais importantes setores econômicos do Brasil é o agronegócio. Com o destaque que o mercado brasileiro ocupa na produção de *commodities*, há uma preocupação com as práticas deletérias à saúde humana e ao bem-estar ambiental, problema recorrente no modelo agroindustrial, dentre eles a crescente utilização de agrotóxicos. Este estudo objetivou pesquisar sobre agrotóxicos e seus principais impactos no ambiente e em organismos não-alvos. Trata-se de uma revisão de literatura realizada através da pesquisa nas bases de dados da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) e da Web of Science ocorrida no período de outubro a novembro de 2023. Concluiu-se que os efeitos dos agrotóxicos não se limitam apenas ao controle de pragas nocivas as lavouras, há um amplo risco de danos irreparáveis ao solo, a água, ao ar, aos animais e aos seres humanos.

**Palavras-chave:** Agrotóxico. Ambiente. Saúde.

## ABSTRACT

One of the most important economic sectors in Brazil is agribusiness. Given the prominence of the Brazilian market in the production of commodities, there is concern about practices detrimental to human health and environmental well-being, a recurring issue in the agro-industrial model, including the increasing use of pesticides. This study aimed to investigate pesticides and their main impacts on the environment and non-target organisms. It is a literature review conducted through research in the databases of the Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel (Capes) and Web of Science, from October to November 2023. It was concluded that the effects of pesticides are not limited to controlling harmful pests in crops; there is a broad risk of irreparable damage to the soil, water, air, animals, and humans.

**Keywords:** Pesticide, Environment, Health.

## 1. INTRODUÇÃO

Um dos mais importantes setores econômicos do Brasil é o agronegócio, sendo responsável por 24,8% do PIB do país em 2022 (BRASIL, 2023). Com o destaque que o mercado brasileiro ocupa na produção de *commodities*, há uma preocupação com as práticas deletérias à saúde humana e ao bem-estar ambiental, problema recorrente no modelo agroindustrial (Pineda *et al.*, 2023).

A busca pela expansão da produtividade agrícola trouxe grandes transformações para este setor, dentre eles a crescente utilização de agrotóxicos. Dados do último Censo Agropecuário mostraram um crescimento significativo no uso destes produtos no Brasil, incluindo o país na lista das nações que mais fazem uso dessas substâncias. (IBGE, 2017).

Mesmo que seu objetivo seja a proteção das culturas contra pragas e doenças, as consequências de seu uso em organismos não-alvos levantam uma preocupação importante (Carvalho; Pivoto, 2011). Esses compostos trazem prejuízos significativos para a biodiversidade, a estabilidade dos ecossistemas agrícolas e até mesmo para a saúde humana. Ainda, o uso frequente e indiscriminado destes produtos no ambiente pode levar à acumulação de resíduos no solo, aumentando ainda mais seus efeitos nocivos (Pineda *et al.*, 2023).

Este estudo objetivou pesquisar sobre agrotóxicos e seus principais impactos no ambiente valendo-se da pergunta norteadora “Quais os riscos do uso de agrotóxicos para os organismos não-alvos?”. Com isso buscamos fomentar a discussão sobre os efeitos deletérios deste importante, porém perigoso, produto agrícola no equilíbrio ambiental.

## 2. METODOLOGIA

Trata-se de uma revisão de literatura realizada através da pesquisa nas bases de dados da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) e da Web of Science ocorrida no período de outubro a novembro de 2023. Utilizou-se os descritores “agrotóxicos” e “não-alvos” com o operador booleano “AND”.

Foram selecionados estudos escritos nos idiomas português, inglês e espanhol, publicados na última década, disponíveis eletronicamente na íntegra e que respondessem de forma satisfatória a pergunta norteadora desta pesquisa.

Foram excluídos monografias, teses e artigos que, após criteriosa leitura de seus resumos, divergiam da temática proposta. Também foram desconsiderados artigos duplicados nas bases de dados utilizadas.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram encontrados a soma de 159 artigos durante a pesquisa inicial. Após a aplicação dos critérios de tempo, idioma e disponibilidade, foram selecionados 61 produções científicas. Por fim, com a exclusão dos artigos duplicados e a leitura dos títulos e resumos, 9 artigos foram selecionados para compor esta discussão e elucidar o problema desta pesquisa.

#### 3.1. HISTÓRICO DO USO DE AGROTÓXICOS NO BRASIL

Foi a descoberta da agricultura que permitiu o surgimento e o desenvolvimento da sociedade como a conhecemos hoje. A expansão dos cultivos trouxe para o campo uma ampla disponibilidade de alimento, tornando um ambiente ideal para muitas espécies, como insetos, roedores, fungos e erva-daninhas. Estes, por sua vez, trazem grandes prejuízos para a quantidade e qualidade da produção agrícola e seu controle é uma preocupação importante para os produtores rurais (Lima; Silva; Iwata, 2019).

Desde tempos antigos há registros do uso de substâncias químicas para o controle de pragas. Em 2.500 a.C, os sumérios já se valiam do uso de enxofre para a proteção das lavouras. Em 400 a.C povos chineses usavam extratos obtidos a partir da queima de algumas plantas para controlar infestações de piolhos e fungos (Braibante; Zappe, 2013).

Mas foi somente durante a Revolução Industrial, influenciado por fatores como a mecanização do campo, o avanço de estudos na área química e a busca pelo aumento da produção de alimentos, que surgiu o primeiro produto conhecido como agrotóxico, um fungicida chamado Bordeaux Mixture (Moura, 2018).

Durante a década de 1940, com a chegada das tecnologias agrícolas no Brasil e o crescimento dos investimentos para a produção rural, o Estado passou a incentivar e disseminar o uso de agrotóxicos como ferramenta para o aumento das lavouras. O país teve então um salto exponencial no uso destas substâncias químicas e, em

contrapartida, não houve cuidados quanto a regulamentação dos agrotóxicos e tampouco estudos sobre seus efeitos no ambiente e na saúde (Costa; Pires, 2015).

Em 1989, com a criação da Lei 7.802/89, conhecida como a lei dos agrotóxicos, o Brasil passou a ter um controle mais rigoroso quanto a concessão de registros para insumos agrícolas no país. Além disso, a lei também versa sobre regras para a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos e de seus componentes (Brasil, 1989).

Contudo, observa-se que ainda se faz necessário o aumento do rigor para obtenção de liberação de novos agroquímicos no Brasil, além de uma fiscalização mais efetiva na segurança da aplicação (Costa; Pires, 2015).

### 3.2. AGROTÓXICOS E SEUS IMPACTOS NO AMBIENTE

Assim como todos os seres vivos, as lavouras também dependem de boas condições de ar, água e de solo. Entretanto, diversas técnicas de cultivo propiciou a inserção de uma vasta gama de substâncias sintéticas no meio ambiente (Steffen; Steffen; Antonioli, 2013).

O uso frequente, excessivo e sem os cuidados necessários fazem com que os agrotóxicos causem danos irreversíveis ao solo e a diversos organismos que dele dependem. Quando as substâncias químicas presentes nos agrotóxicos entram em contato com o meio ambiente, elas passam por uma série de mudanças físicas, químicas e biológicas que vão determinar seu mecanismo de ação e seus efeitos no ecossistema (Costa; Pires, 2015).

Processos como o escoamento superficial, a lixiviação, evaporação para a atmosfera e as condições meteorológicas no momento da aplicação contribuem para que resíduos de agrotóxicos contaminem não apenas os locais de uso, mas toda a região em torno das plantações (Braibante; Zappe, 2013).

A aplicação dos produtos químicos nas lavouras não atinge apenas as pragas que visam combater, mas expõe mamíferos, aves, insetos e diversos outros animais aos seus danos, causando um desequilíbrio ambiental. Como exemplo, Carneiro *et al.* (2015)

alerta que o uso de inseticidas tem afetado significativamente as abelhas, importantes polinizadores, com isso há um comprometimento da reprodução de plantas que dependem desse mecanismo.

O mesmo autor versa ainda sobre os impactos dos agrotóxicos na microfauna. Ao atingirem bactérias, fungos e protozoários não-alvos, os agrotóxicos causam um desequilíbrio biogeoquímico no solo que podem acarretar diversos problemas futuros, entre eles a sustentabilidade dos sistemas agrícolas. Pineda *et al.* (2022) revela que o uso indiscriminado dos agrotóxicos pode modificar a colonização microbiana do solo, interferindo na decomposição da matéria orgânica e na fixação do nitrogênio, afetando diretamente na fertilidade do solo. Além disso, também está sendo observado um aumento na resistência bacteriana, dificultando o controle de colônias nocivas as lavouras e até a saúde humana.

### 3.3. AGROTÓXICOS E A SAÚDE HUMANA

À medida que os agrotóxicos se acumulam e contaminam principalmente o solo e a água, é inevitável que esses resíduos cheguem ao ser humano e causem danos. Estima-se que mais de 380 mil pessoas sejam contaminadas por agrotóxicos anualmente no Brasil. E esse número pode ser ainda maior, já que há um grande problema de subnotificação destes casos (Queiroz *et al.*, 2019).

Piccoli *et al.* (2019) lista diversas alterações patológicas que são resultados da interação nociva dos agrotóxicos com o organismo humano, destacando principalmente problemas imunológicos, hematológicos, hepáticos, neurológicos, malformações congênitas e tumores.

Cremonese *et al.* (2013) observou que em microrregiões com maior consumo *per capita* de agrotóxicos, há um aumento no número de nascimentos antes de 22 semanas de gestação, o que pode acarretar diversos problemas, inclusive a morte do recém-nascido.

Um estudo epidemiológico feito por Neves e Bellini (2013) evidenciou que o sexo masculino é o mais atingido por intoxicações decorrentes dos pesticidas, atribuído ao fato dos homens serem maioria nas atividades laborais dos plantios e lavouras. Os autores observaram ainda o aumento no número de casos de tentativa de suicídio, sendo atrelado a uma possível consequência de intoxicação crônica camuflada.



Jobim *et al.* (2013) evidenciou que em microrregiões com alto consumo de agroquímicos também houve uma maior prevalência de óbitos decorrentes de neoplasias.

Corroborando com este achado, Pluth *et al.* (2019) sugeriu uma relação entre o uso desses químicos com aumento no número de casos de neoplasias de testículo, mama, esôfago, rim, tireoide, lábio, cabeça, pescoço e ossos.

Um efeito da intoxicação crônica por agrotóxicos bastante observado é o surgimento da Doença de Parkinson, além de outras doenças neurodegenerativas (Nogueira *et al.*, 2020).

Há ainda uma vasta variedade de outros estudos que relacionam a exposição à agrotóxicos com diversos danos a saúde humana. Com isso, fica claro que o uso abusivo de substâncias agroquímicas é um problema de saúde pública.

#### 4. CONCLUSÃO

A importância do agronegócio na economia brasileira faz com que a busca pelo aumento da produtividade, e conseqüentemente do lucro, cresçam cada vez mais. Com isso, cada vez mais tem se recorrido aos agrotóxicos, que se tornou um importante produto agrícola e grande aliado deste mercado.

Porém, os efeitos dos agrotóxicos não se limitam apenas ao controle de pragas nocivas as lavouras, há um amplo risco de danos irreparáveis ao solo, a água, ao ar, aos animais e aos seres humanos, tornando necessário uma discussão da relação risco/benefício de sua aplicabilidade.

Há uma necessidade de crescimento no controle e fiscalização de toda a cadeia do agrotóxico, desde a liberação para a produção até o descarte dos resíduos, para garantir um uso com mínimo efeito negativo para os ecossistemas envolvidos.

#### REFERÊNCIAS

- Braibante, M. E. F., Zappe, J. A. A química dos agrotóxicos. *Quim. Nova*, 34(1), 10-15. 2012.
- Brasil. Presidência da República, Subchefia para Assuntos Jurídicos. Lei nº 7802 de 11 DE JULHO DE 1989. sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino dos resíduos e

embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências. Brasília, DF. 1989.

Carneiro, F. F. et al. Dossiê ABRASCO: um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde. Rio de Janeiro: EPSJV; São Paulo: Expressão Popular. 624 p. 2015.

Carvalho, N, L.; Pivoto, T. S. Ecotoxicologia: conceitos, abrangência e importância agrônômica. Revista Eletrônica do PPGEAmb-CCR//UFSM, v. 2, n. 2, p. 176-192, 2011.

Costa, L. F., Pires, G. L. P. Análise histórica sobre a agricultura e o advento do uso de agrotóxicos no Brasil. Anais do Encontro Toledo de Iniciação Científica Prof. Dr. Sebastião Jorge Chammé; Centro Universitário Antônio Eufrásio de Toledo de Presidente Prudente. 12(12). 2016.

Cremonese C, Freire C, Meyer A, Koifman S. Exposição a agrotóxicos e eventos adversos na gravidez no Sul do Brasil, 1996-2000. Cad. Saúde Pública. 2013.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Agropecuário 2017. Rio de Janeiro: IBGE, 2017.

Jobim PFC, Nunes LN, Giugliani R, Cruz IBM. Existe uma associação entre mortalidade por câncer e uso de agrotóxicos? Uma contribuição ao debate. Ciências e Saúde Coletiva. 2013.

Lima, A. F., Silva. E. G. A., Iwata, B. F. Agriculturas e agricultura familiar no Brasil: uma revisão da literatura. Revista Retratos de Assentamentos, 22(1), 50-68. 2019.

Moura, R. M. Humanos versus natureza: a origem das questões fitossanitárias que levaram ao uso dos agrotóxicos. Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica, 15(2), 23-36. 2018.

Neves PDM, Bellini M. Intoxicações por agrotóxicos na mesorregião norte central paraense, Brasil - 2002 a 2011. Ciências e Saúde Coletiva. 2013.

Nogueira, F. A. M., Szwarcwald, C. L. & Damacena, G. N. Exposição a agrotóxicos e agravos à saúde em trabalhadores agrícolas: o que revela a literatura?. Revista Brasileira de Saúde Ocupacional. 2020.

Piccoli, C., Cremonese, C., Koifman, R., Koifman, S. & Freire, C. Occupational exposure to pesticides and hematological alterations: A survey of farm residents in the south of Brazil. Ciências e Saúde Coletiva. 2019.

Pineda, Adriana Marcela Ruiz et al. Da produção aos impactos na saúde e no ambiente: uma análise dos sistemas alimentares de Brasil, Colômbia e Panamá. Ciências e Saúde Coletiva, v. 28, p. 1101-1112, 2023.

Pluth, T. B., Zanini, L. A. G. & Battisti, I. D. E. Pesticide exposure and cancer: an integrative literature review. *Saúde Em Debate*. 2019.

Queiroz, P. R., Lima, K. C., Oliveira, T. C., Santos, M. M., Jacob, J. F. & Oliveira, A. M. B. M Notifiable Diseases Information System and human poisoning by pesticides in Brazil. *Brazilian Journal of Epidemiology*, 22, 1–10. 2019.

Steffen GPK, Steffen RB, Antonioli ZI. Contaminação do solo e da água pelo uso de agrotóxicos. *Tecno-Lógica*. 2013.

# CAPÍTULO XI

## CONTROLE DE QUALIDADE DE QUEIJOS: REVISÃO DE LITERATURA SOBRE A PREVALÊNCIA DE BACTERIAS RESISTENTES

### CHEESE QUALITY CONTROL: LITERATURE REVIEW ON THE PREVALENCE OF RESISTANT BACTERIA

DOI: 10.51859/AMPLLA.MAC3468-II

Francisco Sérvulo de Oliveira Carvalho <sup>1</sup>  
 Uliana Karina Lopes de Medeiros <sup>2</sup>  
 Caio Augusto Martins Aires <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Nutricionista e Biotecnologista. Mestre em Ambiente, Tecnologia e Sociedade (UFRESA). Pós-Graduando em Biotecnologia e Recursos Naturais (UFC). Pós-Graduando em CeT de Alimentos (IFRN).

<sup>2</sup> Engenheira Química. Doutora em Engenharia Química (UFRN). Professora da Pós-Graduação em CeT de Alimentos do Instituto Federal do Rio Grande do Norte (IFRN).

<sup>3</sup> Biomédico. Doutor em Medicina Tropical (FIOCRUZ – RJ). Professor Titular e Chefe do Laboratório de Microbiologia Clínica da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA).

#### RESUMO

O controle de qualidade dos queijos é um papel fundamental na garantia da segurança dos alimentos. Uma parte crucial desse controle é a microbiologia, que envolve uma variedade de bactérias que podem desempenhar funções importantes na fermentação e maturação do produto. No entanto, achados na literatura apontam a presença de bactérias indesejadas e resistentes aos antibióticos, o que torna uma preocupação de saúde pública. Esta revisão de literatura aborda esse tema, explorando vários tópicos relacionados. Primeiramente, destacamos a importância do controle de qualidade na produção de queijos e apresentamos os métodos tradicionais e modernos utilizados nesse processo. A microbiologia dos queijos é discutida em detalhes, identificando as bactérias comumente envolvidas e sua influência no sabor e textura do produto. Analisando os mecanismos pelos quais as bactérias desenvolvem resistência, apresentando como elas surgem e se espalham no ambiente. Exploramos estudos e pesquisas que investigaram a prevalência de bactérias resistentes em queijos, destacando os

resultados e tendências observadas; discutindo fatores que contribuem para a resistência bacteriana em queijos, incluindo práticas agrícolas, métodos de produção e uso de bactérias. Além disso, analisando as implicações da presença de bactérias resistentes para a saúde pública e para a indústria alimentícia. Considerando as estratégias existentes para controlar e reduzir a resistência bacteriana, como boas práticas de fabricação e uso de antibióticos. Finalmente, é sugerido possíveis pesquisas futuras, destacando lacunas no conhecimento e áreas. Esta revisão oferece uma visão abrangente do cenário atual e dos desafios associados à prevalência de bactérias resistentes no controle de qualidade de queijos.

**Palavras-chave:** Qualidade de queijos; Segurança alimentar; Análise microbiológica; Resistência bacteriana.

#### ABSTRACT

The quality control of cheeses plays a fundamental role in ensuring food safety. A crucial part of this control is microbiology, involving a variety of bacteria that can play

important roles in the fermentation and maturation of the product. However, findings in the literature point to the presence of unwanted bacteria that are resistant to antibiotics, posing a public health concern. This literature review addresses this theme, exploring various related topics. Firstly, we emphasize the importance of quality control in cheese production and present the traditional and modern methods used in this process. The microbiology of cheeses is discussed in detail, identifying the commonly involved bacteria and their influence on the flavor and texture of the product. Analyzing the mechanisms through which bacteria develop resistance, elucidating how they emerge and spread in the environment. We explore studies and research investigating the prevalence of resistant bacteria in cheeses, highlighting the observed results and trends; discussing factors

contributing to bacterial resistance in cheeses, including agricultural practices, production methods, and bacterial use. Additionally, analyzing the implications of the presence of resistant bacteria for public health and the food industry. Considering existing strategies to control and reduce bacterial resistance, such as good manufacturing practices and the use of antibiotics. Finally, possible future research is suggested, highlighting knowledge gaps and areas for exploration. This review provides a comprehensive overview of the current landscape and challenges associated with the prevalence of resistant bacteria in cheese quality control.

**Keywords:** Quality of cheeses; Food safety; Microbiological analysis; Bacterial resistance.

## 1. INTRODUÇÃO

O controle de qualidade na produção de queijo é a base para garantir a segurança e a confiabilidade dessa classe de produtos lácteos para os consumidores em todo o mundo (ANDRADE *et al*, 2020; EMBRAPA, 2020). Dentro deste domínio, o mundo da microbiologia desempenha um papel vital, sendo composto por um conjunto diversificado de bactérias que exercem influência significativa já que podem ser usados durante o processo de fabricação do queijo, contribuindo para o seu sabor, textura e qualidade geral (BENAVIDES-SÁNCHEZ *et al*, 2022). No entanto, a literatura apresenta uma preocupação emergente, a prevalência de estirpes bacterianas indesejáveis e resistentes, que representam um desafio crítico para a saúde pública (CARDOZO *et al*, 2022).

Explorando o universo da cadeia produtora de queijos, torna-se evidente que as medidas de controle de qualidade servem como eixo no processo geral, buscando desempenhar um papel fundamental de controle, por meio de metodologias tradicionais (ANDRADE *et al*, 2020). Desde a coagulação do leite ao processo de envelhecimento, ocorre uma infinidade de processos microbiológicos, influenciados por diversas bactérias, no entanto, no meio desta intrincada interação, existe uma tendência preocupante, o aumento de estirpes bacterianas que apresentam resistência aos

tratamentos antimicrobianos convencionais (BENAVIDES-SÁNCHEZ *et al*, 2022; EMBRAPA, 2020).

Analisando criticamente os mecanismos através dos quais estas estirpes bacterianas adquirem e propagam resistência, é possível visualizar a sua prevalência e impacto no ambiente (HAMMAD *et al*, 2022). Ressaltando os resultados de estudos e iniciativas de investigação que examinam a presença destas bactérias relacionadas a problemas de saúde humana, por apresentar a ineficiência de tratamentos medicamentosos (antibióticos) contra microrganismos que são encontrados em infecções hospitalares (KUNADU *et al*, 2018).

Na sua essência, esta revisão procura dissecar as implicações multifacetadas colocadas pela existência de bactérias resistentes no domínio da produção de queijo. Estas implicações vão além do domínio da indústria alimentar, estendendo-se ao domínio da saúde pública (TORRES, 2022). Além disso, procura destacar as estratégias que existem, ou que podem ser desenvolvidas, para mitigar o aumento da resistência bacteriana no processo de produção de queijo, salvaguardando a saúde do consumidor e a integridade dos produtos lácteos.

## 2. MÉTODOS DA PESQUISA

O presente estudo constitui uma revisão integrativa de caráter qualitativo a respeito da relação entre controle de qualidade de queijos e a prevalência de bactérias resistentes. Foi realizado um levantamento bibliográfico nas seguintes bases de dados: Biblioteca Virtual em Saúde (BVS), Scientific Electronic Library Online (SciELO), National Library of Medicine (PubMed) e Google Acadêmico. Além das cartilhas e orientações regidas pela ANVISA, Ministério da Saúde, e Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (*Food and Agriculture Organization* – FAO).

Foram utilizados os descritores “Qualidade de queijos”, “Segurança alimentar”, “Análise microbiológica”, somadas a “Resistência bacteriana” no intervalo de anos entre 2017 - 2023.

A inclusão dos artigos, foi mediante o título, se o assunto estava relacionado ao tema do trabalho e se os resumos eram concordantes com a proposta da revisão. Sendo totalizados 20 artigos usando os descritores nas plataformas citadas acima, respeitando

o intervalo de anos e se dispunham do texto completo, somados as cartilhas e orientações dos órgãos fiscalizadores já descritos.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1. INTRODUÇÃO AO CONTROLE DE QUALIDADE DE QUEIJOS

O controle de qualidade de queijos é um preâmbulo essencial para entender a intrincada teia de processos envolvidos na produção de queijos de alta qualidade; este aspecto crítico da indústria alimentar desempenha um papel vital na garantia da segurança dos alimentos e na entrega de produtos que atendem a padrões mais elevados (ANDRADE *et al*, 2020). O controle de qualidade não é apenas uma medida reativa, mas sim uma abordagem proativa para identificar e mitigar riscos potenciais desde as fases iniciais da produção até o produto final (BENAVIDES-SÁNCHEZ *et al*, 2022; SILVA, 2022).

Ao explorar a importância do controle de qualidade na produção de queijos, é possível visualizar uma jornada que começa na seleção criteriosa de ingredientes, começando pela qualidade do leite, a frescura dos cultivos e a higiene durante a manipulação inicial, que são fatores cruciais (CARDOZO *et al*, 2022; SILVA, 2022). A manutenção desses padrões elevados estende-se aos métodos de processamento, desde a coagulação e prensagem até o período de maturação, onde o queijo desenvolve suas características distintivas (BENAVIDES-SÁNCHEZ *et al*, 2022).

Métodos tradicionais e modernos são usados nesse processo, destacando a necessidade de adaptação às demandas crescentes da indústria; enquanto práticas antigas resguardam as restrições e o sabor característico de certos queijos, as inovações tecnológicas permitem um controle mais preciso e eficiente em larga escala. A combinação dessas abordagens contribui para a diversidade e excelência na produção de queijos (ANDRADE *et al*, 2020).

No centro de controle de qualidade está a microbiologia, uma disciplina crucial que examina as interações entre diferentes cepas bacterianas e seu impacto no produto final. O controle preciso desses microrganismos é essencial para evitar contaminações indesejadas e garantir a consistência na qualidade do queijo (ANVISA, 2001; CARDOZO *et al*, 2022). Essa prática de análise, estabelece o cenário para uma exploração mais



profunda das práticas e desafios associados ao controle de qualidade dos queijos, delineando a complexidade subjacente a este processo essencial na indústria láctea (BENAVIDES-SÁNCHEZ *et al*, 2022; TORRES, 2022).

### 3.2. MICROBIOLOGIA DE QUEIJOS E BACTÉRIAS ENVOLVIDAS

Como dito anteriormente, a microbiologia desempenha um papel central na produção de queijos, influenciando diretamente suas características organolépticas e texturais (ANDRADE *et al*, 2020; BENAVIDES-SÁNCHEZ *et al*, 2022). É uma análise responsável por examinar a comunidade microbiana apresentando no processo de fermentação e maturação do queijo, que envolve uma diversidade de bactérias; dentre as bactérias envolvidas, destacam-se as bactérias lácticas, que desempenham um papel crucial na acidificação do leite durante a coagulação. Essa acidificação contribui para a formação da estrutura do queijo, conferindo-lhe sabor e textura diferentes (ROSARIO *et al*, 2020; TORRES, 2022).

Além das bactérias lácticas, outros microrganismos desempenham papéis específicos na formação do perfil sensorial do queijo; bactérias do gênero *Propionibacterium*, por exemplo, são fundamentais na maturação de queijos suíços, como o *Emmental* e o *Gruyère*, contribuindo para a formação de buracos específicos e para o desenvolvimento de sabores complexos (PRATES *et al*, 2017). A microbiologia dos queijos, portanto, não influencia apenas as características físicas do produto, mas também desempenha um papel determinante na diversidade e nas consequências dos queijos produzidos em diferentes regiões e estilos (ANDRADE *et al*, 2020; SILVA, 2022).

Contudo, o controle preciso dessa comunidade microbiana é essencial para garantir a consistência na qualidade do queijo, adotando práticas e cuidados, desde a seleção de cepas específicas até o monitoramento rigoroso durante o processo de produção, são cruciais para evitar contaminações indesejadas e garantir que as bactérias desempenhem suas funções desejadas (QUEIROZ *et al*, 2018). Assim, a compreensão aprofundada da microbiologia de queijos não apenas melhora a qualidade do produto final, mas também permite inovações na criação de novos sabores e estilos de queijos (PRATES *et al*, 2017; QUEIROZ *et al*, 2018).

### 3.3. PREVALÊNCIA DE BACTÉRIAS RESISTENTES EM QUEIJOS

A prevalência de bactérias resistentes em queijos é um aspecto a ser abordado, considerando o impacto potencial na segurança alimentar e na eficácia de tratamentos antimicrobianos (KWAK *et al*, 2023). Estudos e pesquisas têm investigado extensivamente a presença dessas cepas resistentes, revelando uma interação complexa entre fatores ambientais, práticas agrícolas e métodos de produção; a compreensão dessa prevalência é essencial para desenvolver estratégias de controle de qualidade na indústria de laticínios (HAMMAD *et al*, 2022; KUNADU *et al*, 2018).

Pesquisas indicam que a presença de cepas de bactérias resistentes em queijos varia consideravelmente, dependendo de diversos fatores, entre eles, destaca-se o uso de antibióticos na criação de animais, uma prática comum na indústria pecuária (ENDRES, 2022). O contato direto entre animais e o ambiente de produção de queijos pode facilitar a transferência de cepas resistentes para o produto final; além disso, práticas confortáveis de higiene e manipulação durante o processo de fabricação também foram identificadas como potenciais riscos para a prevalência dessas bactérias resistentes (KUNADU *et al*, 2018).

Os resultados dessas pesquisas não apenas evidenciam a importância da vigilância constante, mas também destacam a necessidade de estratégias preventivas (CNA, 2002; QUEIROZ *et al*, 2018). A implementação de boas práticas agrícolas, o controle rigoroso do uso de antibióticos na pecuária e a adoção de medidas de higiene aprimoradas durante a produção de queijos são passos fundamentais para reduzir a prevalência de bactérias resistentes (SILVA, 2022). Essas ações não apenas protegem a qualidade do produto final, mas também são importantes para a mitigação dos riscos associados à resistência bacteriana na indústria de laticínios (PRATES *et al*, 2017).

### 3.4. RESISTÊNCIA BACTERIANA: MECANISMOS E IMPLICAÇÕES

A resistência bacteriana é uma preocupação crescente e complexa na indústria alimentar, incluindo no contexto da produção de queijos. Essa resistência refere-se à capacidade de bactérias se tornarem insensíveis, ou seja, resistentes aos efeitos de antibióticos e outros agentes antimicrobianos (HAMMAD *et al*, 2022; HAMMER *et al*, 2019; WHO, 2021). Múltiplos mecanismos protegidos para o desenvolvimento dessa

resistência, criando desafios significativos para o controle de qualidade na produção de alimentos, a compreensão desses mecanismos é crucial para mitigar os riscos associados.

Dentre os principais mecanismos de resistência bacteriana, destaca-se a mutação genética e a transferência horizontal de genes; a mutação genética pode levar ao desenvolvimento de características que conferem resistência a antimicrobianos, enquanto a transferência horizontal de genes permite que as bactérias adquiram genes de resistência de outras espécies bacterianas (HAMMAD *et al*, 2022; KWAK *et al*, 2023). Esses mecanismos, muitas vezes, ocorrem em resposta à exposição repetida a antibióticos, seja na produção de alimentos ou em ambientes clínicos.

As implicações da resistência bacteriana na produção de queijos são vastas e impactam tanto a segurança dos alimentos quanto a eficácia dos tratamentos antimicrobianos (SILVA, 2022). A presença de bactérias resistentes pode comprometer a qualidade do produto final, aumentando os riscos de contaminação e doenças transmitidas pelos alimentos (ANVISA, 2001; QUEIROZ *et al*, 2018). Além disso, a resistência bacteriana pode complicar a abordagem de infecções bacterianas em humanos, caso essas bactérias entrem na cadeia alimentar (KUNADU *et al*, 2018).

### 3.5. FATORES CONTRIBUINTES PARA A RESISTÊNCIA BACTERIANA

Os fatores que apresentam para a resistência bacteriana na produção de queijo são complexos e multifacetados, envolvendo elementos desde práticas agrícolas até métodos específicos de processamento (SILVA, 2022). Uma das principais contribuições é o uso estendido de antibióticos no gado leiteiro, origem da matéria prima para a produção dos queijos; essa prática é comum para promover o crescimento e prevenir doenças em animais (CNA, 2022). A exposição frequente a esses agentes antimicrobianos pode estimular o desenvolvimento de cepas bacterianas resistentes, que então podem ser específicas para o ambiente de produção de queijos (SALEH *et al*, 2023).

Além disso, práticas confortáveis de higiene e manipulação durante o processo de fabricação de queijos também desempenham um papel significativo na resistência bacteriana, ou seja, o não uso das boas práticas de higiene sanitária corretamente, essa destaca-se aos pequenos produtores. A contaminação cruzada, seja por falta de higiene

adequada ou ao contato com superfícies contaminadas, pode introduzir protetores resistentes no produto final (ANVISA, 2001; QUEIROZ *et al*, 2018). O ambiente de produção de queijos, muitas vezes complexo e propício ao desenvolvimento bacteriano, requer medidas rigorosas para garantir a ausência de bactérias resistentes (ENDRES, 2022).

Outro fator importante é a pressão seletiva exercida pelos próprios processos de produção. A exposição repetida de bactérias a subprodutos antimicrobianos pode criar um ambiente propício ao desenvolvimento de cepas resistentes (HAMMER *et al*, 2019). Portanto, a compreensão desses fatores é crucial para o desenvolvimento de estratégias de controle de qualidade na produção de queijos.

Por isso, a necessidade de abordagens estratégicas para lidar com a resistência bacteriana em queijos é evidente. A implementação de boas práticas de produção, a redução do uso inadequado de antibióticos na pecuária e a promoção de pesquisas contínuas são fundamentais (KWAK *et al*, 2023). Essas estratégias visam não apenas preservar a integridade dos produtos lácteos, mas também mitigar os riscos associados à resistência bacteriana, contribuindo para uma produção de alimentos mais segura e sustentável.

### 3.6. IMPACTO NA SAÚDE PÚBLICA E NA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA

A resistência microbiológica representa uma séria ameaça tanto para a saúde pública quanto para a indústria alimentícia. No âmbito da saúde pública, a presença de bactérias resistentes em alimentos, incluindo queijos, pode comprometer a eficácia dos tratamentos antimicrobianos em infecções humanas (BrCAST, 2023; HAMMER *et al*, 2019). Essa resistência cria desafios significativos no tratamento de doenças transmitidas por alimentos, podendo resultar em complicações no processo de cura e até mesmo em aumentos nos índices de morbidade e mortalidade (ENDRES, 2022).

Além dos impactos na saúde pública, a resistência microbiológica na indústria alimentícia tem implicações diretas na qualidade e segurança dos produtos. A presença de cepas bacterianas resistentes em queijos pode resultar em contaminações persistentes, desafiando os protocolos tradicionais de controle de qualidade (KUNADU *et al*, 2018). A indústria enfrenta não apenas a pressão de garantir a segurança dos alimentos produzidos, mas também a necessidade de se adaptar a métodos mais

avançados de detecção e controle para lidar com cepas resistentes emergentes (KWAK *et al*, 2023; PRATES *et al*, 2017).

O impacto econômico na indústria alimentícia é outro aspecto significativo. A reputação de uma marca ou produtor pode ser prejudicada por incidentes de contaminação bacteriana, levando a perdas financeiras substanciais. A implementação de medidas rigorosas de controle de qualidade torna-se, portanto, uma prioridade para mitigar esses riscos e preservar a confiança dos consumidores (CNA, 2022).

Diante desse cenário desafiador, a colaboração entre a indústria, pesquisadores e reguladores é essencial. Estratégias inovadoras, como o desenvolvimento de protocolos de produção mais sustentáveis e o investimento em pesquisa para entender e abordar os mecanismos de resistência, são cruciais para garantir a segurança alimentar e a eficácia contínua dos tratamentos antimicrobianos na saúde humana (KWAK *et al*, 2023).

### 3.7. ESTRATÉGIAS DE CONTROLE E MITIGAÇÃO DA RESISTÊNCIA BACTERIANA

O controle e mitigação da resistência bacteriana na produção de queijos exigem a implementação de estratégias abrangentes que abordem tanto as práticas agrícolas quanto os métodos específicos de processamento. Uma abordagem fundamental envolve a promoção do uso responsável de antibióticos na pecuária, reduzindo a pressão seletiva que impulsiona o desenvolvimento de cepas resistentes. Isso implica em práticas de administração mais criteriosas, escolha criteriosa de agentes antimicrobianos e a busca de alternativas sustentáveis para manter a saúde dos animais (HAMMER *et al*, 2019; (KWAK *et al*, 2023).

A adoção de boas práticas de produção é crucial para controlar a disseminação de bactérias resistentes durante o processo de fabricação de queijos. Isso inclui rigorosas medidas de higiene, a implementação de protocolos de segurança alimentar e a garantia de que as instalações de produção atendam aos padrões sanitários necessários. Ao reduzir o risco de contaminação cruzada, essas práticas contribuem significativamente para a preservação da qualidade do queijo final (ANVISA, 2001; QUEIROZ *et al*, 2018).

Além disso, estratégias inovadoras baseadas em avanços tecnológicos podem ser empregadas. O desenvolvimento de métodos de detecção mais sensíveis e rápidos permite uma vigilância mais eficaz, identificando precocemente cepas resistentes (KWAK *et al*, 2023). A aplicação de técnicas como a sequenciação genômica também oferece uma compreensão mais profunda da diversidade bacteriana, facilitando a implementação de medidas específicas e direcionadas (HAMMER *et al*, 2019; KUNADU *et al*, 2018).

A sensibilização e educação dos produtores e profissionais da indústria alimentícia são peças-chave nessas estratégias. Isso envolve a disseminação de informações sobre práticas responsáveis de uso de antibióticos, a importância da higiene na produção e a compreensão dos riscos associados à resistência bacteriana. Ao cultivar uma cultura de responsabilidade e conscientização, a indústria pode efetivamente contribuir para a preservação da eficácia dos tratamentos antimicrobianos e a produção sustentável de alimentos, incluindo queijos de alta qualidade (ENDRES, 2022).

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A prevalência de bactérias resistentes no domínio da produção de queijo, ou de qualquer cadeia produtora de alimentos, constitui uma preocupação urgente, que exige atenção e medidas imediatas.

O ponto culminante desta revisão da literatura enfatiza a importância de protocolos rigorosos de controle de qualidade no processo de fabricação de queijos. Destacando a natureza em constante evolução das paisagens microbianas, esta revisão sublinha a necessidade de investigação e desenvolvimento contínuos, centrando-se em estratégias inovadoras para reduzir o surgimento e a proliferação de novas estirpes bacterianas resistentes.

Abordar estas preocupações não é apenas fundamental para preservar a integridade e segurança dos alimentos, mas também para defender os padrões de saúde pública, garantindo a confiança dos consumidores na segurança dos alimentos que consomem.

Seguindo em frente, torna-se evidente que a colaboração interdisciplinar é necessária. Aproveitar a experiência de microbiologistas, cientistas alimentares,

especialistas agrícolas e profissionais de saúde será fundamental na concepção de abordagens holísticas para combater o aumento da resistência bacteriana. Ações de educação e saúde devem ser mais bem trabalhadas com os produtores dos gados leiteiros.

Além disso, tal como esta revisão delineou, a disseminação do conhecimento e a implementação de melhores práticas nos processos de fabricação industrial e/ou caseiro podem desempenhar um papel fundamental na mitigação da prevalência de bactérias resistentes no queijo.

Adotar estas ideias e impulsionar esforços concertados, contribuirá sem dúvida, para uma indústria ou pequeno produtor de queijo mais segura e resiliente, salvaguardando assim a qualidade dos produtos e a saúde pública.

## REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. RDC 12/2001: RESOLUÇÃO-RDC Nº 12, DE 2 DE JANEIRO DE 2001. 1 p. Disponível em: [https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2001/res0012\\_02\\_01\\_2001.html](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2001/res0012_02_01_2001.html). Acesso em: 22 out. 2023.
- ANDRADE, Ana Paula Colares de et al. Evaluation of the physical and chemical parameters of Minas Frescal and Ricotta cheese marketed in Fortaleza, Ceará. *Revista Ciência Agronômica*, [S.L.], v. 51, n. 2, 2020. GN1 Genesis Network. <http://dx.doi.org/10.5935/1806-6690.20200022>.
- BENAVIDES-SÁNCHEZ, Diego Alejandro et al. Approaching the sensory profile of Paipa cheese, the Colombian ripened cheese with protected designation of origin. *Brazilian Journal Of Food Technology*, [S.L.], v. 25, 2022. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1981-6723.14121>.
- BRCast. Brazilian Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing - BrCAST Tabelas de pontos de corte para interpretação de CIMs e diâmetros de halos, 2023.
- CARDOZO, Marita Vedovelli et al. Raw milk cheese as a potential infection source of pathogenic and toxigenic food born pathogens. *Food Science And Technology*, [S.L.], v. 41, n. 2, p. 355-358, 2021. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/fst.37919>.
- CNA. Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil. Lácteos: Reconhecimento e busca por novos mercados, 2022. Disponível < <https://cnabrazil.org.br/publicacoes/lacteos-reconhecimento-e-busca-por-novos-mercados> > Acesso em 27 de setembro de 2023.



- EMBRAPA. Cadeia produtiva do leite no Brasil: produção primária. Org. Denis Teixeira da Rocha; Glauco Rodrigues Carvalho; João Cesar de Resende. CIRCULAR TÉCNICA 123. Juiz de Fora MG, agosto, 2020.
- ENDRES, Creciana Maria. Microbiologia do leite de ovelha e queijos produzidos no sul do Brasil: um estudo sobre a microbiota, qualidade microbiológica e resistência a antimicrobianos de *Staphylococcus* spp. isolados. 2022. 72 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciência e Tecnologia dos Alimentos, Instituto de Ciência e Tecnologia dos Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2022. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/255253>. Acesso em: 15 set. 2023.
- HAMMAD, Ahmed M. et al. Pathogenome comparison and global phylogeny of *Escherichia coli* ST1485 strains. *Scientific Reports*, [S.L.], v. 12, n. 1, 2 nov. 2022. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-022-20342-0>.
- HAMMER, P. et al. Characterization of coagulase-negative staphylococci from brining baths in Germany. *Journal Of Dairy Science*, [S.L.], v. 102, n. 10, p. 8734-8744, out. 2019. American Dairy Science Association. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2018-15610>.
- KUNADU, Angela Parry-Hanson et al. Microbiological quality and antimicrobial resistance characterization of *Salmonella* spp. in fresh milk value chains in Ghana. *International Journal Of Food Microbiology*, [S.L.], v. 277, p. 41-49, jul. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2018.04.025>.
- KWAK, Hyerim et al. Characterization of KMSP1, a newly isolated virulent bacteriophage infecting *Staphylococcus aureus*, and its application to dairy products. *International Journal Of Food Microbiology*, [S.L.], v. 390, p. 110119, abr. 2023. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2023.110119>.
- PRATES, Denise da Fontoura et al. Microbiological quality and safety assessment in the production of moderate and high humidity cheeses. *Ciência Rural*, [S.L.], v. 47, n. 11, p. 0-0, 26 out. 2017. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20170363>.
- QUEIROZ, Murilo Mariz et al. Hygienic-sanitary quality of Minas fresh cheese sold in the city of Botucatu, São Paulo. *Arquivos do Instituto Biológico*, [S.L.], v. 84, 1 fev. 2018. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1808-1657000292016>.
- ROSARIO, Anisio Iuri Lima dos Santos et al. Everybody loves cheese: crosslink between persistence and virulence of shiga-toxin *Escherichia coli*. *Critical Reviews In Food Science And Nutrition*, [S.L.], v. 61, n. 11, p. 1877-1899, 10 jun. 2020. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/10408398.2020.1767033>.

- SALEH, Mariana Marques et al. Bacteriological quality and antimicrobial resistance of *Staphylococcus* spp. and *Escherichia coli* isolated from organic and conventional fresh cheese. *Food Science And Technology*, [S.L.], v. 43, 2023. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/fst.54922>.
- SILVA, Cristiane Rodrigues. Microbiologia do leite de ovelha e queijos produzidos no sul do Brasil : um estudo sobre a microbiota, qualidade microbiológica e resistência a antimicrobianos de *Staphylococcus* spp. isolados. 2022. 154 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2022. Disponível em: [repositorio-bc.unirio.br:8080/xmlui/bitstream/handle/unirio/13467/TESE%20Cristiane%20Rodrigues%20Silva.pdf?sequence=1](https://repositorio.bc.unirio.br:8080/xmlui/bitstream/handle/unirio/13467/TESE%20Cristiane%20Rodrigues%20Silva.pdf?sequence=1). Acesso em: 15 out. 2023.
- TORRES, Marcus Vinícius da Silva. Estudo de parâmetros Físico-Químicos e Microbiológicos de queijos coalho industrializados e artesanais, comercializados na Região Metropolitana de Recife-PE. 2022. 42 f. TCC (Graduação) - Curso de Química Industrial, Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/47708/1/TCC%20Marcus%20Vin%3%adcius%20da%20Silva%20Torres.pdf>. Acesso em: 12 ago. 2023.
- WHO (World Health Organization, 2021). Antimicrobial resistance. Disponível em < <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/antimicrobial-resistance> > Acesso em 26 de setembro de 2023.

## CAPÍTULO XII

EDUCAÇÃO AMBIENTAL COMO CONTROLE DA  
LEISHMANIOSE VISCERAL CANINA: REVISÃOENVIRONMENTAL EDUCATION AS CONTROL OF CANINE  
VISCERAL LEISHMANIASIS: REVIEW

DOI: 10.51859/AMPLA.MAC3468-12

Beatriz Costa Pereira<sup>1</sup>Camila Ferreira Ramos<sup>1</sup>Sarah Ruas Aguiar<sup>2</sup>Brenda Emanuely Magalhães de Freitas<sup>2</sup>Thaislane Maria Lima Duarte<sup>2</sup>Cristina Maria Lima Sá-Fortes<sup>3</sup><sup>1</sup> Graduando do curso de Zootecnia. Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG<sup>2</sup> Zootecnista. Graduação pela Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG<sup>3</sup> Professor Associado do Instituto de Ciências Agrárias. Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG

## RESUMO

No Brasil e no mundo a leishmaniose visceral é um importante problema de saúde pública, muitas vezes negligenciado, mas com aumento da incidência após a migração do meio rural para as regiões urbanas, que apresentam características de baixa qualidade de saneamento, moradia adequada e deterioração do meio ambiente. O protozoário do gênero *Leishmania* é o responsável pela doença no cão e no humano e o vetor são insetos fêmeas de flebotomíneos que transmitem através da picada. Os cães são o reservatório doméstico principal e fonte de transmissão do protozoário para humanos e outros cães. Os sinais clínicos nos cães são inespecíficos e semelhantes a outras patologias e o diagnóstico é difícil e pode ser realizado através de testes sorológicos, parasitológicos e moleculares. O controle do vetor é preconizado como umas das principais ações de combate à leishmaniose e a educação ambiental da população é fundamental para que ocorra o entendimento do ciclo da doença e a importância do manejo ambiental e as principais formas de prevenção e controle da doença. Sendo assim, o objetivo desta revisão foi descrever os aspectos epidemiológicos, as características do vetor e do ciclo biológico da leishmania, o reservatório canino e como a educação ambiental da população pode atuar no combate à doença.

**Palavras-chave:** Ambiente. Cão. Saúde. Zoonose.

## ABSTRACT

In Brazil and around the world, visceral leishmaniasis is an important public health problem, often neglected, but with an increase in incidence after migration from rural areas to urban regions, which present characteristics of low quality of sanitation, adequate housing and deterioration of the environment. The protozoan of the genus *Leishmania* is responsible for the disease in dogs and humans and the vector is female sandfly insects that transmit through bites. Dogs are the main domestic reservoir and source of transmission of the protozoan to humans and other dogs. Clinical signs in dogs are non-specific and similar to other pathologies and diagnosis is difficult and can be performed through serological, parasitological and molecular tests. Vector control is recommended as one of the main actions to combat leishmaniasis and environmental education of the population is essential for understanding the disease cycle and the importance of environmental management and the main forms of prevention and control of the disease. Therefore, the objective of this review was to describe the epidemiological aspects, the characteristics of the vector and the biological cycle of leishmania, the canine reservoir and how environmental education of the population can act in combating the disease.

**Keywords:** Environment. Dog. Health. Zoonosis.

## 1. INTRODUÇÃO

A leishmaniose visceral canina e humana, conhecida como calazar, é um grave problema de saúde pública no Brasil e no mundo, com ampla distribuição mundial, ocorrendo nas Américas, Europa, Ásia, África e Oriente Médio (WHO, 2023), atualmente com grande ocorrência nas áreas urbanas com menor qualidade de saneamento e qualidade de vida humana e animal (Almeida; Werneck, 2014). No Brasil, a leishmaniose visceral ocorre em seres humanos de faixas etárias variadas, mas tem-se verificado um maior acometimento de crianças menores de 10 anos em regiões endêmicas (Brasil, 2014).

O protozoário *Leishmania infantum* é o responsável pela leishmaniose visceral canina que é uma zoonose, que causa em seu hospedeiro diversos sintomas clínicos muitas vezes semelhantes a outras doenças infecciosas dificultando o diagnóstico. Os principais sintomas verificados em cães são febre, conjuntivite, úlceras no focinho, orelhas, caxeiquia, esplenomegalia, uveíte, linfadenomegalia, apatia, diarreia, epistaxe, crescimento exagerado das unhas, alterações dermatológicas diversas (Salzo, 2008). Além dos sintomas clínicos inespecíficos, os exames parasitológicos, sorológicos e moleculares (Ikeda-garcia; Marcondes, 2007), não são específicos e sensíveis com resultados muitas vezes que dificultam a conclusão da avaliação clínica inicial e combate à doença.

O vetor responsável pela transmissão é o flebotomíneo *Lutzomyia longipalpis* e o cão doméstico é considerado o principal reservatório urbano de infecção humana. O controle do vetor é preconizado pelo Ministério da Saúde (Brasil, 2014) como uma das principais ações de combate à leishmaniose. Para tal a educação ambiental da população é uma das formas que pode auxiliar na redução dos nascedouros e na manutenção das larvas, que tem os resíduos sólidos orgânicos e locais com pouca iluminação ambientes ideais para sua proliferação.

Para um melhor controle da leishmaniose visceral é necessário ações integradas ambientais e a compreensão do ciclo da doença, em todos os seres vivos que estão inseridos na dinâmica da leishmaniose, para que seja possível a realização de um plano de ação unificado e com consequente melhor resultado das medidas adotadas. Sendo assim, esta revisão teve como objetivo descrever os aspectos epidemiológicos, as características do

vetor e do ciclo biológico da leishmania, o reservatório canino e como a educação ambiental da população pode atuar no combate à doença.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. LEISHMANIOSE VISCERAL: ASPECTOS EPIDEMIOLÓGICOS

A leishmaniose visceral (LV) é uma doença grave na maioria dos casos, com poucas opções de tratamento, que pode acometer órgãos e vísceras como fígado, baço, gânglios e medula óssea do sistema linfematopoiético e com menor incidência rins e pulmões (Conceição-Silva; Alves, 2014). É classificada como uma zoonose e descrita como um problema crônico de saúde pública, negligenciado nas áreas tropicais de acordo com a Organização Mundial da Saúde (WHO, 2023). A LV está presente em todos os continentes, com exceção à Antártida e a Oceania (WHO, 2023). No Brasil, em muitos estados é considerada uma doença endêmica, com origem rural, mas em processo de urbanização, desde a década de 80, com a migração da doença para as cidades, havendo registro das primeiras epidemias nas cidade de Teresina, posteriormente em Natal e São Luiz, distribuindo para as demais regiões do país (Werneck, 2010).

Na população humana e canina a LV é causada pelo protozoário *Leishmania infantum chagasi* e transmitida pela picada das fêmeas de flebotomíneos do gênero *Lutzomyia* que, adquirem o parasito ao picar reservatórios infectados. Há maior ocorrência da doença nas populações urbanas negligenciadas pela serviço público, com incidência de pobreza, ocupação desordenada, destruição ambiental, condições precárias de saneamento básico e baixo nível educacional (Almeida; Werneck 2014; Brasil, 2013). Segundo Brasil (2013), a transmissão autóctone da LV foi relatada nos últimos anos em todas as regiões do Brasil.

O cão, na área urbana, devido a sua integração com o ser humano, sendo assim sua proximidade no ambiente domiciliar, é o principal reservatório doméstico da *Leishmania Infantum chagasi*, no entanto, há infecção em gatos (Costa et al., 2010) e roedores (Freitas, 2010), sem ainda estudos quanto a epidemiologia. No ambiente silvestre os reservatórios são as raposas (*Lycalopex vetulus* e *Cerdocyon thous*) e os marsupiais (*Didelphis albiventris*) (Brasil, 2006).

## 2.2. CICLO BIOLÓGICO DA LEISHMANIA SP E CARACTERÍSTICAS GERAIS DO VETOR

Os protozoários do gênero *Leishmania*, são parasitas intracelulares obrigatórios, possuem o ciclo biológico heteroxênico, com os canídeos silvestres e domésticos como hospedeiros vertebrados primários principais e humanos como secundários e o vetor invertebrado o inseto da espécie *Lutzomyia longipalpis* (Silva, 2007).

Nos invertebrados a *leishmania sp.* possui a forma de promastigotas e são encontradas no intestino do vetor, possui a forma alongada, um flagelo e um núcleo e nos vertebrados estão na forma oval amastigota. O vetor fêmea do fletomíneo ingere a forma amastigota quando pica o mamífero e que é modificado no estômago para forma promastigota, com multiplicação e posterior inoculação em um novo hospedeiro. Na corrente sanguínea do hospedeiro os macrófagos fagocitam o parasita, que transformam em amastigota e realizam sua divisão e liberação de novos contaminantes no sangue atingindo os órgãos do sistema linfematopoiético (Santos Gomes et al., 2000).

Os flebotomíneos são insetos popularmente conhecidos no Brasil como asa branca, asa dura, birigui, mosquito palha, tatuquira entre outros, da ordem Diptera da família *Psychodidae*, gênero *Lutzomyia*, caracterizados pelo pequeno porte (2-3 mm), corpo revestido de pelos e escamas, coloração acastanhada, pousam com as asas entreabertas e voam em pequenos saltos, com distribuição mais relacionada às regiões com temperaturas mais altas (Brasil, 2014). O ciclo de vida do vetor consiste numa fase de ovo, com seis a nove dias até a eclosão, posteriormente ocorrem quatro estágios em larva, com duração média de 14 e 19 dias, uma fase de pupa, com 9 dias e uma fase adulta, com o ciclo completo em 35 dias (Rangel et al., 1986).

As fêmeas adultas do flebotomíneo *Lutzomyia longipalpis* possuem atividade crepuscular e noturna e são as responsáveis pela transmissão da LV, pois ela que realiza a picada e sugam o sangue necessário à sua reprodução. A saliva do inseto é inserida na sucção do sangue e sua ação é inibir o processo de coagulação sanguínea e agregação plaquetária, permitindo o fluxo do sangue para alimentar o inseto, facilitando a transmissão da *Leishmania* para o hospedeiro (Valenzuela, 1999). Apesar de poucos

estudos alguns autores citam que a transmissão da *Leishmania* pode ocorrer através da troca pela placenta e/ou por via venérea (Boggiatto *et al.*, 2011; Naucke; Lorentz, 2012).

### 2.3. O RESERVATÓRIO CANINO DOMÉSTICO

Na região urbana o cão é o principal reservatório da LV, por isso é imprescindível compreender a doença nestes animais e seu ciclo no ambiente para que medidas efetiva de prevenção e controle da LV possam ser adotadas. Com relação ao ciclo da transmissão da doença, Feitosa *et. al.* (2000) citam que os cães favorecem a infestação por *Leishmania* pelo inseto vetor, pois há maior incidência de parasitismo na pele dos cães quando comparado aos seres humanos.

Uma das grandes dificuldades da LV canina é o diagnóstico, que pode ser realizado a partir de métodos parasitológicos, sorológicos e moleculares (Ikeda-garcia; Marcondes, 2007). Os exames não são 100% específicos e sensíveis com resultados muitas vezes que dificultam a conclusão da avaliação clínica inicial. Aliado a esta questão, há ainda uma variedade de sintomas clínicos que dificultam a determinação do diagnóstico, pois estes podem assemelhar à diversas outras patologias infecciosas (Ikeda-garcia; Marcondes, 2007). Os principais sintomas clínicos verificados são febre, conjuntivite, úlceras no focinho, orelhas, caxequia, esplenomegalia, uveíte, linfadenomegalia, apatia, diarreia, epistaxe, crescimento exagerado das unhas, alterações dermatológicas diversas (Salzo, 2008).

Os cães possuem evoluções muito diferenciadas da doença, em alguns casos pode levar rapidamente à óbito e em outros o animal pode permanecer assintomático na maior parte de sua vida (Feitosa *et. al.*, 2000). Todas estas variações auxiliam em muito na manutenção de reservatórios da *Leishmania* no ambiente urbano, pois grande parte dos cães podem não apresentar nenhum sintoma da doença. O uso da coleira com deltametrina 4% e repelentes em locais endêmicos em todos os cães residentes em cidades endêmicas é uma maneira de auxiliar no controle do contato do vetor com o cão, diminuindo a incidência da doença (Silva, 2017).



## 2.4. EDUCAÇÃO AMBIENTAL COMO MEDIDAS DE PREVENÇÃO E CONTROLE DA LEISHMANIOSE

Doenças transmitidas por vetores normalmente possuem o meio ambiente como um fator essencial em sua disseminação. Alterações no ecossistemas locais rural ou urbano decorrente de mudanças climáticas e ambientais globais tornam maior o problema de saúde pública de doenças transmitidas por vetores, como a Leishmaniose (Brasil, 2008). O controle da transmissão do protozoário tem no combate ao vetor a medida mais importante, e complexa, mas a fase de larva em que há o desenvolvimento em ambientes ricos em matéria orgânica e de baixa luz tem-se conduzido estratégias de educação populacional para redução desta população. A urbanização desequilibrada das cidades, com consequente modificação ambiental e em muitos casos condições precárias da vida humana, é o ambiente perfeito para a propagação do vetor *Lutzomyia longipalpis* que tem nestas condições de baixa insalubridade e ricos em matéria orgânica, o local perfeito para crescimento.

O Manual de Vigilância e Controle da Leishmaniose Visceral do Ministério da Saúde (Brasil, 2014) descreve que a educação da população é um dos fatores fundamentais para que o controle seja efetivo, dentre as informações apresentadas podemos citar: limpeza de quintais e terrenos; eliminação da matéria orgânica em local adequado, evitando assim ambientes que propiciem o desenvolvimento das larvas do vetor; realizar a podas das árvores e manter a grama aparada para uma maior incidência de luz; colocar o lixo orgânico caseiro em sacos bem fechados e nas vias públicas apenas no dia e horário da coleta estabelecida pela prefeitura da cidade; evitar manter animais como galinhas no ambiente urbano e caso existam manter o abrigo das aves com limpeza periódica. A importância de desenvolver ações de manejo ambiental é propiciar a destruição dos locais de desenvolvimento das formas imaturas do vetor (ovos, larvas e pupa).

Ferreira et al., (2020), verificaram que as características de moradia influenciam diretamente a transmissão das leishmanioses, e que na população estudada, o peridomicílio de 21,42% dos indivíduos pesquisados há a presença de terreno baldio; 94,28% apresentam mata, reflorestamento e criação de animais em geral, principalmente, galinhas (75,71%), porco (34,28%), vaca/cavalos (2,85%), pássaros

(2,85%) e pato (4,28%); o cão está presente em 88,57% das residências, sendo que 8,06% dos moradores citam que o animal está doente. Segundo os autores os animais domésticos, são fonte de alimento para as fêmeas do vetor, atraem o inseto e disseminam com maior facilidade sua população. No estudo acima verificou-se baixo conhecimento da população com relação à LV onde 65,71% desconhecem a forma e o período de transmissão (78,57%) e 70% desconhecem qual animal pode apresentar a doença e como combater o vetor.

Educar a população sobre o meio ambiente em que vivem e sua participação ativa na melhoria do bem-estar de todos é fundamental no que diz respeito ao combate e prevenção de doenças, para que possam ter decisões assertivas que facilitem o processo de mudança para o combate da Leishmaniose (Braz, 2018). Barbosa (2021), em seu estudo sobre o conhecimento da população em relação a LV no Espírito Santo, verificou que uma parcela significativa relacionou os focos de água parada à reprodução do vetor da LV e esta informação equivocada torna ainda mais difícil a adoção de medidas de controle da enfermidade. Como toda doença infecciosa de transmissão vetorial, faz-se necessário a educação da população com informações que a eliminação, o controle, do vetor é a principal ação profilática para evitar a proliferação do flebotômíneo e que o controle ambiental através do manejo correto da matéria orgânica sobre o solo, terrenos baldios ou abandonados, é o caminho que deve ser adotado por todos e não apenas pela o ente público (Moura; Rocha, 2012).

### 3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A leishmaniose visceral canina e humana é uma doença negligenciada pela entidade pública. Há grande incidência desta doença no Brasil que tem como vetor o mosquito gênero *Lutzomyia*, que tem no ambiente tropical, quente e em locais de ocupação urbana desordenada e com baixa qualidade de vida humana, o ambiente perfeito para sua disseminação e transmissão da Leishmaniose. A educação da população sobre a doença é o principal meio de controle do vetor, através da melhoria ambiental do espaço domiciliar urbano, através da limpeza dos quintais, uso de coleiras com deltametrina nos cães que é o reservatório da doença, propiciando assim, o controle da enfermidade no ambiente urbano.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, A. S.; WERNECK, G.L. Prediction of high-risk areas for visceral leishmaniasis using socioeconomic indicators and remote sensing data. *Int. J. Health Geogr.*, v. 13, n. 13, 2014. Disponível em: <<https://tinyurl.com/yc3esyk4>>. Acesso em: 20 de set. de 2023.
- BARBOSA, V. S. Educação e saúde pública: perspectivas da população do estado do espírito santo sobre a leishmaniose visceral. Trabalho de conclusão de curso. Santa Teresa, ES. Instituto Federal do Espírito Santo. 38p. 2021.
- BOGGIATTO, Paola Mercedes *et al.* Transplacental transmission of *Leishmania infantum* as a means for continued disease incidence in North America. *PLoS neglected tropical diseases*, San Francisco, v. 5, n. 4, p. e1019, Apr. 2011.
- ELSHEIKHA, Hany. Leishmaniosis in dogs and cats. **The Veterinary Nurse**, v. 7, n. 5, p. 260-267, 2016.
- BRASIL, R. P. The dispersion of *Lutzomyia longipalpis* in urban areas. *Rev Soc. Bras. Med. Trop.*, Uberaba, v 46, n.3, p.263-264, May-June 2013. Disponível em: <<https://tinyurl.com/5n7z4mbt>> Acesso em: 05 set. de 2023.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância Epidemiológica. Manual de vigilância e controle da leishmaniose visceral. – 1. ed., 5. reimpr. – Brasília: Ministério da Saúde, 2014.
- BRAZ, Paulo Henrique et al. Educação em saúde para alunos do primeiro ano do ensino fundamental sobre a leishmaniose em seres humanos e animais. *Pubsaúde*, 1, a003, 2018.
- CONCEIÇÃO-SILVA, F.; ALVES, C. R., Leishmanioses do continente americano [online]. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 511 p, 2014.
- COSTA T. A. C.; ROSSI C. N.; LAURENTI M. D. et al. Ocorrência de leishmaniose em gatos de área endêmica para leishmaniose visceral. *Braz J Vet Res Anim Sci*, v. 47, n. 3, p. 213-217, 2010.
- Feitosa MM, Ikeda FA, Luvizotto MCR, Perri SHV. Aspectos clínicos de cães com leishmaniose visceral no município de Araçatuba, São Paulo (Brasil). *Clín Vet.* 2000; 28:36-44
- FREITAS, T. P. T. A ecoepidemiologia das leishmanioses: levantamento de flebotomíneos em Cuiabá e investigação quanto a participação de roedores e marsupiais em Rondonópolis, Mato Grosso. 2010. Dissertação (Mestrado)- Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá.

- IKEDA-GARCIA, F.A.; MARCONDES, M. Métodos de diagnóstico da leishmaniose visceral canina. *Clínica Veterinária*, São Paulo, ano 12, n. 71, p.34-42, 2007.
- MOURA, Alexandre Sampaio; ROCHA, Regina Lunardi. Endemias e epidemias: dengue, leishmaniose, febre amarela, influenza, febre maculosa e leptospirose. Núcleo de Educação em Saúde Coletiva – NESCON/ UFMG, Belo Horizonte, 2012.
- NAUCKE, Torsten J.; LORENTZ, Susanne. First report of venereal and vertical transmission of canine leishmaniosis from naturally infected dogs in Germany. **Parasites & vectors**, London, v. 5, n. 1, p. 67, Apr. 2012.
- RANGEL, E. F. et al. Biology of *Lutzomyia intermedia* Lutz & Neiva, 1912 and *Lutzomyia longipalpis* Lutz & Neiva, 1912 (Diptera, Psychodidae), under experimental conditions. I. Feeding aspects of larvae and adults. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 81: 431-438, 1986.
- SALZO, P.S. Aspectos dermatológicos da leishmaniose canina. *Nosso clínico*, São Paulo, ano 11, n.63, p.30-34, 2008.
- SANTOS-GOMES, G.M.; CAMPINO, L.; ABRANCHES, P. Canine experimental infection: intraderm a linoculation of *Leishmania infantum* promastigotes. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*,95p.2000.
- SILVA, S. C. P. F., Impacto do uso de coleiras impregnadas com deltametrina a 4% na prevenção da leishmaniose visceral canina, no município de Juatuba, Minas Gerais. Dissertação de mestrado. UFMG. 112p. 2017.
- VALENZUELA, J. G.; ROWTON, E. D. & RIBEIRO, J. M. Toward an understanding of the biochemical and pharmacological complexity of the saliva of a hematophagous sand fly *Lutzomyia longipalpis*. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, 96: 15.155-15.160, 1999.
- WERNECK G.L. Expansão geográfica da leishmaniose visceral no Brasil. *Cad. Saúde Pública*. v. 26, n. 4, p. 644-645, 2010. Disponível em:<<https://tinyurl.com/5ekbt6mv>>. Acesso em: 20 de set. de 2023.
- WHO 2023. Leishmaniasis. World Health Organization, Geneva. Disponível em: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs375/en/>>

## CAPÍTULO XIII

## MONITORAMENTO AMBIENTAL DOS FOCOS DE CALOR NO MUNICÍPIO DE QUIRINÓPOLIS, GOIÁS

## ENVIRONMENTAL MONITORING OF HOTSPOTS IN THE MUNICIPALITY OF QUIRINOPOLIS, GOIÁS

DOI: 10.51859/AMPLA.MAC3468-13

Márcio Sebastião de Oliveira <sup>1</sup>  
 Hellen Araújo Nunes de Oliveira <sup>2</sup>  
 Vítor Hugo de Freitas <sup>3</sup>  
 Pedro Rogerio Giongo <sup>4</sup>  
 Cristiana Paula Vinhal <sup>5</sup>

<sup>1</sup> Engenheiro Agrônomo. Faculdade de Agronomia, "Manoel Carlos Gonçalves" da Fundação Pinhalense de Ensino de Espírito Santo do Pinhal – SP. Mestrando em PPG Ambiente e Sociedade, UEG- Campus Sudoeste, sede Quirinópolis-GO.

<sup>2</sup> Graduanda em Engenharia civil. Faculdade Quirinópolis – FAQ, Quirinópolis -GO.

<sup>3</sup> Graduando em Agronomia. Faculdade Quirinópolis – FAQ, Quirinópolis -GO.

<sup>4</sup> Engenheiro Agrônomo, Doutor em ciências, Irrigação e Drenagem, Instituto de Ciências Agrárias e Sustentabilidade. Universidade Estadual de Goiás – UEG. pedro.giongo@ueg.br

<sup>5</sup> Pedagoga. Mestre em Ambiente e Sociedade, Universidade Estadual de Goiás- Campus Sudoeste, sede Quirinópolis-GO.

## RESUMO

Este trabalho tem como objetivo analisar o comportamento espacial e densidade dos focos de calor (incêndios/queimadas) no município de Quirinópolis, entre os anos de 2018 a 2022. Os dados de focos de incêndio foram obtidos por sensores ativos embarcados em satélite disponível no banco de dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – BDQueimadas/INPE, e têm sido amplamente utilizados para identificar áreas onde ocorrem incêndios. Com base nessas informações, a dinâmica temporal/espacial dos focos de queimadas pôde ser destacada por meio da análise dos dados geográficos e o processamento no software QGIS v 3.32. O índice de *Kernel*, foi usado para determinar a intensidade específica dos focos de queimada, observando que as densidades de incêndio são mais altas nas áreas centrais do município. A espacialização dos focos de calor, permitiu a definição de frequências de maior intensidade bem como a identificação dos meses de julho,

agosto e setembro como aqueles com maior frequência de ocorrência dos eventos. O cruzamento das informações geográficas ainda permitiu identificar que os focos de queimadas, ocorreram com maior número de vezes (73 focos) na classe do uso e ocupação no bioma *mosaico de usos* (dados do MapBiomias), seguido da classe de cana-de-açúcar, com 60 focos. As ferramentas de geoprocessamento associados ao banco de dados geográficos permite o conhecimento e à identificação de locais de ocorrência de incêndios, permitindo medidas preventivas e/ou mitigadoras adequadas em termos de prevenção e combate a incêndios.

**Palavras-chaves:** Focos de queimadas. Uso e cobertura da terra. Densidade Kernel. MapBiomias.

## ABSTRACT

This work aims to analyse the spatial behavior and density of hotspots (fires/burnings) in the

municipality of Quirinópolis between 2018 and 2022. The fire outbreak data was obtained by active sensors embedded in a satellite available in the database of the National Institute for Space Research - BDQueimadas/INPE and has been widely used to identify areas where fires occur. Based on this information, the temporal/spatial dynamics of fire outbreaks could be highlighted by analysing the geographic data and processing it in the QGIS v 3.32 software. The *Kernel* index was used to determine the specific intensity of the hotspots, noting that fire densities are higher in the central areas of the municipality. The spatialization of the hotspots made it possible to define the frequencies of greater intensity and

to identify the months of July, August and September as those with the highest frequency of occurrence. Cross-referencing the geographic information also made it possible to identify that the most fires (73 fires) occurred in the use and occupation class in the *mosaic of uses* biome (Mapbiomas data), followed by the sugarcane class, with 60 fires. The geoprocessing tools associated with the geographic database allow for the knowledge and identification of places where fires occur, allowing for appropriate preventive and/or mitigating measures in terms of fire prevention and firefighting.

**Keywords:** Fires. Land use and cover. Kernel Density. MapBiomias.

## 1. INTRODUÇÃO

Historicamente, os processos de incêndio ocorreram devido a causas naturais ou provocadas pelo homem. O fogo propaga-se através da vegetação composta por pequenos arbustos, gramas, que durante a estação da seca, através das condições adequadas do solo, das características climáticas (clima, topografia, litologia, temperatura, humidade, radiação, solo, vento, composição atmosférica e precipitação) e características do terreno de cada região, transformam em combustível para as queimadas.

Relataram Torres et al. (2017) que, em escala regional, o clima é o principal fator de controle sobre as principais características dos incêndios devido ao seu teor de umidade, seguido pelo tipo de vegetação encontrada. Além disso, o uso do solo e a topografia influenciam a frequência, a taxa de propagação e o tamanho das áreas queimadas.

Na época seca, o fogo se alastra a uma velocidade incrível, sem controle, devastando tudo a sua frente. Nesse sentido, aponta Lourenço, et al. (2012), que os incêndios florestais causam cada vez mais impactos nas regiões do globo, são nos períodos de estação seca, onde a vegetação encontra em processo de dessecação.

E os fatores de causas citados por Vettorazzi, et al. (1998) são: incêndios criminosos; focos de incêndios causados por cigarros; prática de pequenas fogueiras;

prática de cultos religiosos; e descontrole do fogo usado para queimada da cana-de-açúcar e limpeza de pastos em áreas vizinhas.

O uso do fogo mudou a vida das pessoas, permitindo-lhes cozinhar, ter luz noturna e caçar animais. Elas aprenderam a plantar e, atualmente, utilizam o fogo para realizar plantações, o que custa pouco e causa incêndios de grande proporções.

Segundo Monitor do Fogo do (MAPBIOMAS BRASIL,2020), o cerrado foi o bioma mais afetado pelo fogo em julho de 2023, em destaque do monitor do fogo em seu boletim mensal. A área de queimada do mês de julho, foi de 681.109,9 hectares, correspondente a 28,9% dos tipos de uso e cobertura afetados no Brasil, com um aumento de 10% em relação à variação média anterior

Para a Análise geográfica dos padrões de comportamento do fogo, foi utilizado o Mapa de Kernel. Para Silva et al. (2013), este interpolador é utilizado para gerar uma superfície contínua por meio de dados amostrais, geralmente pontos.

Nesta perspectiva, “a função de kernel fornece a intensidade pontual de toda a área de estudo, possibilitando constatar as áreas mais críticas” (SILVA et al,2013, p.171). Para a aplicação da densidade de Kernel, foi adotado dois parâmetros de estimativa básicos. São eles: o raio de influência (R) e a função de estimativa (K).

Existem vários serviços que monitoram as queimadas no País, é possível encontrar gráficos que mostram quanto o fogo têm danificado cada Bioma. Segundo o levantamento do Monitoramento dos Focos Ativos por região do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) <http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/queimadas/portal/>, para comparação do total de focos ativos detectados pelo satélite de referência AQUA Tarde, correspondente ao ano de 2023 para o mês de setembro com 106.757 focos de queimada, o que equivale ao bioma cerrado a 35.895 focos, Focos por bioma 33,6% no período anual de 2023.

De acordo com EMBRAPA (2021), Os incêndios podem ser desencadeados pela falta de cuidado no controle de fogo para limpeza de áreas agrícolas e fogos para recreação.

Cavaran (2007) destaca que os relâmpagos, queima de entulhos, gases emitidos pelos escapamentos de máquinas e equipamentos, queimadas com fins agrícolas,



cigarros jogados negligentemente e incêndios criminosos, são muitas vezes causadores dos incêndios florestais.

Em relação aos incêndios florestais, Pivello (2006) sugere que os incêndios antrópicos geralmente são iniciados em julho ou início de agosto, porque é quando a maioria dos agricultores queima os resíduos das colheitas e preparam suas terras para novos plantios, fazendo com que o fogo “escape”. Ou quando os fazendeiros queimam deliberadamente pastagens nativas para estimular o crescimento da grama seca e fornecer folhas frescas para o gado nesta estação de escassez.

Desta maneira, os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) auxiliam no processamento de dados, cartografando a dinâmica territorial, a fim de monitorar e quantificar os fenômenos que se manifestam por meio de diferentes processos associados a causas naturais e/ou antrópicas.

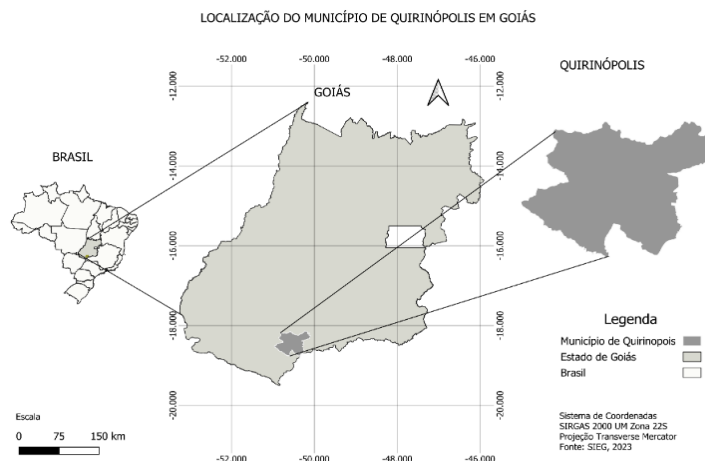
Neste sentido, a importância do mapeamento dos focos de incêndios está atrelada ao monitoramento dessas áreas, identificando tendências e causas das modificações no uso e ocupação do solo, possibilitando o estabelecimento de políticas públicas e ações preventivas voltadas à proteção e recuperação dos remanescentes florestais, visando a preservação da biodiversidade da fauna e flora.

Diante do exposto e considerando que as queimadas são cada vez mais recorrentes no cenário brasileiro, o presente trabalho objetivou mapear e analisar os focos de incêndio, com a série de dados entre 2018 a 2022, no município de Quirinópolis-GO, bem como a verificação das frequências de ocorrência e os usos do solo com maior número e densidade de ocorrência.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

A área selecionada corresponde ao Município de Quirinópolis – GO, com uma população estimada em 48.447 mil habitantes (IBGE 2022), e área total de 3.792 km<sup>2</sup>, conforme Figura 1.

Figura 1 – Mapa de Localização do município de Quirinópolis – GO.



O mapeamento das áreas foi desenvolvido utilizando SIG com o *software* QGIS (QGIS 3.32). Os dados estão georreferenciados no sistema de coordenadas Universal Transversa de Mercator (UTM), fuso 22S e no sistema de referência SIRGAS 2000.

O estudo foi realizado com o uso de banco de dados geográficos nos formatos vetoriais e raster. A delimitação da área por meio do polígono Municipal foi obtida do download dos arquivos vetoriais (formato *shapefile*) no repositório georreferenciado do Portal Sieg- Sistema Estadual de Geoinformação.

A distribuição dos focos de calor para a região de Quirinópolis, foram gerados através dos dados “Banco de Dados Queimadas (BD Queimadas)”, que estão disponíveis no Banco de Queimadas, localizado na rede no site <https://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/>.

Para esse estudo foi utilizado o satélite AQUA\_M-T (Manhã-Tarde) como referência, cujos dados diários de focos detectados são usados para compor a série temporal ao longo dos anos. O satélite AQUA-M-T, lançado em maio de 2002, pode detectar frentes de fogo com dimensões a partir de 30 m de extensão por 1 m de largura, segundo o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2018). Em seguida, com o auxílio de softwares de informações geográficas, QGIS, foi modelado o padrão de distribuição do conjunto de ponto, através do estimador de densidade de Kernel.

Para a descrição da metodologia do mapa de calor Kernel, foi adotado como roteiro de apresentação as rotinas: 1) definição do raio (R); função k escolhida; 3)

procedimentos realizados no QGIS para a geração da densidade Kernel; 4) determinação do número de classes e seu intervalo para o raster; e 5) finalização do mapa de calor.

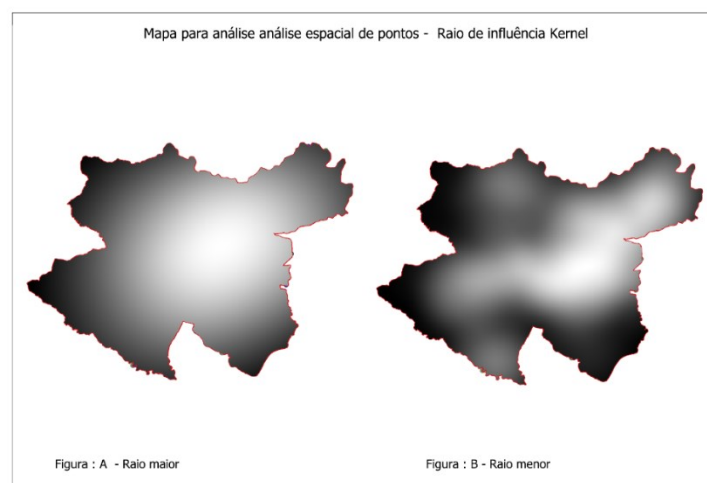
Para o valor do raio utilizou-se o algoritmo de “Matriz de Distância” do QGIS 3.32, para determinar a distância média, desvio padrão, distância mínima e máxima de cada um dos pontos. Ao testar o raio de influência Kernel com a matriz de distância a fim de gerar um valor único entre as distâncias apresentadas, foi feita a subtração dos valores da média da distância média ( $\underline{X}$ ) pela média do desvio padrão ( $\underline{X} \sigma$ ) de todos os pontos como mostra a equação 1. Os valores foram gerados por meio de uma matriz de distâncias.

$$R = \underline{X} \pm \underline{X} \sigma \quad (1)$$

Onde:  $\underline{X}$  média da distância média;  $\underline{X} \sigma$  média do desvio padrão.

De posse dos dados de média da distância média com 30.925,70m e a média do desvio padrão de 14.679,05m, seguiu-se para o teste do valor do raio (R). Consequente como resultado da soma entre as duas variáveis  $R + (30.925,70 + 14.679,05 = 45.604,75\text{m})$  e com a subtração  $R - (30.925,70 - 14.679,05 = 16.246,65\text{m})$ . Para esse estudo, com base no melhor resultado apresentado (Figura 2), utilizou-se a menor distância (R-), obtida por meio da média da distância média, subtraída pela média do desvio, e aplicou-se a função Quártica referente ao indicador de Kernel, ponderando com maior peso os pontos mais próximos.

Figura 2 - Mapa de análise do raio de influência Kernel com o raio maior A= (45.604,75m) e menor B= (16.246,65m).



Para a renderização de classes, o raster através do método Jenks utilizou-se a ferramenta “*pixel* raster para pontos”, e com o *hetmap* foi gerado uma nuvem de pontos. Do qual em propriedade da simbologia foi graduado em gradientes de cores, e em modo quebra Natural (*Jenks*).

Utilizando este método, foi criado um mapa graduado com 5 níveis de densidade variando segundo a cor e o tom figurado: vermelho significa densidade muito alta, com média de distância dos pontos; cor Laranja indica alta densidade com média de distância dos pontos; densidade média amarela com média de distância dos pontos; verde com tonalidade mais clara significa baixa densidade com média de distância dos pontos e verde com tonalidade mais escura significa densidade muito baixa com média de distância dos pontos.

Para a reclassificação por Quebras Naturais do mapa final, o *pixel* de raster para pontos foi reclassificado por tabela, gerando as classes.

Os dados de uso da cobertura do solo foram utilizados imagens do MapBiomias para geração de mapas uso da terra nas séries temporal de 2018 a 2022, de modo a permitir uma análise do uso da cobertura da terra. Esses mapas anuais são gerados a partir de imagens LANDSAT 5 e 8, com resolução espacial de 30 metros, permitindo análises com escala de 1:80.000. Assim, cada *pixel* das imagens do MapBiomias é classificado, entre 27 classes de uso da terra. (MAPBIOMAS,2019).

No software QGIS, primeiramente projetou-se o sistema de coordenadas, antes em graus para um sistema de coordenadas métrico, SIRGAS 2000 UTM, fuso 22S, onde foi possível realizar cálculos estatísticos. Após essa etapa, reclassificou-se as camadas geradas a partir dos códigos disponibilizados pelo MapBiomias

Após a formulação do banco de dados, os focos de queimadas foram sobrepostos ao uso do solo (Mapbiomas), identificando assim a frequência e quantitativos de focos por classe de uso do solo, na escala temporal e espacial.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No período de análise espaço-temporal foram detectados 276 focos, sendo que o ano de 2020 é o mais expressivo com 98 focos. Esse quantitativo representou cerca de 35,50% do total de focos de queimada registrados mensalmente em todos os anos de estudo. Neste mesmo período, observou-se também um maior número de detecções

no mês de agosto e setembro com 26 focos cada mês. No ano de 2019, o número de focos foi de 67 e o mês de setembro teve maior quantitativo de registros (24 focos), Tabela 1. Observa ainda que o mês de novembro apresenta baixas ocorrências de incêndios, podendo ser atribuído ao período de verão marcado pelo alto índice pluviométricos (chuvas).

Constatou-se uma grande ocorrência de focos de queimadas, no período, com destaque para os meses de julho, agosto e setembro, quando há uma elevada quantidade de focos, o mesmo acontece com o trabalho Oliveira et al. (2018), em seus estudos de Mapeamento de focos de queimada no município de Juara/MT nos anos de 2016 e 2017, que encontrou que os focos de queimada são em maior quantidade nos meses de julho, agosto, setembro e outubro.

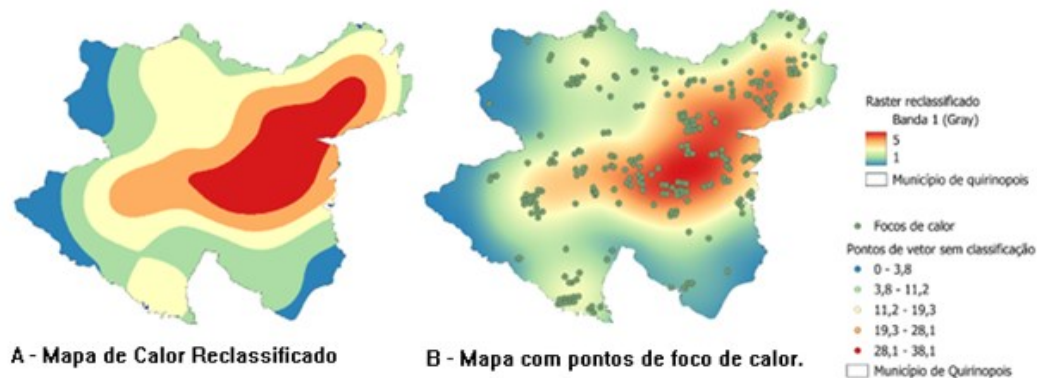
Tabela 1 - Número de focos de calor, registrados por mês nos anos de 2018 a 2022 no município de Quirinópolis - GO.

MÊS	2018	2019	2020	2021	2022	Total mês
Janeiro	1		3	1	2	7
Fevereiro	2	7	4	4	3	20
Março	2	5	7	1	2	17
Abril	5	3	4			12
Mai				3		3
Junho		11	4			15
Julho	4	12	8	9	4	37
Agosto	7	2	26	1	4	40
Setembro	21	24	26	15	3	89
Outubro	2	2	11	3	1	19
Novembro		1	3		2	6
Dezembro	2		2	6	1	11
Total ano	46	67	98	43	22	276

Fonte: BDQueimadas/INPE, e organização própria

Com o mapeamento de densidade dos focos, por meio do índice de Kernel, verifica que os focos de queimada apresentam concentrados na porção central a leste do município, exemplo dos anos de 2018 e 2022, representados no mapa de análise espacial de pontos (Figura 3). Ainda na Figura 3, nota-se que a densidade muito alta, em tom de vermelho, foi registrada restritamente na região central voltada estendendo-se para o leste. As densidades de focos são gradativamente diminuídas do centro para as extremidades, mostrando que há uma clara tendência de menor número de focos nas bordas do município.

Figura 3 - mapa das classes de zonas do índice Kernel (A), e dos pontos de focos de calor do período de 2018 a 2022 no município de Quirinópolis, GO.

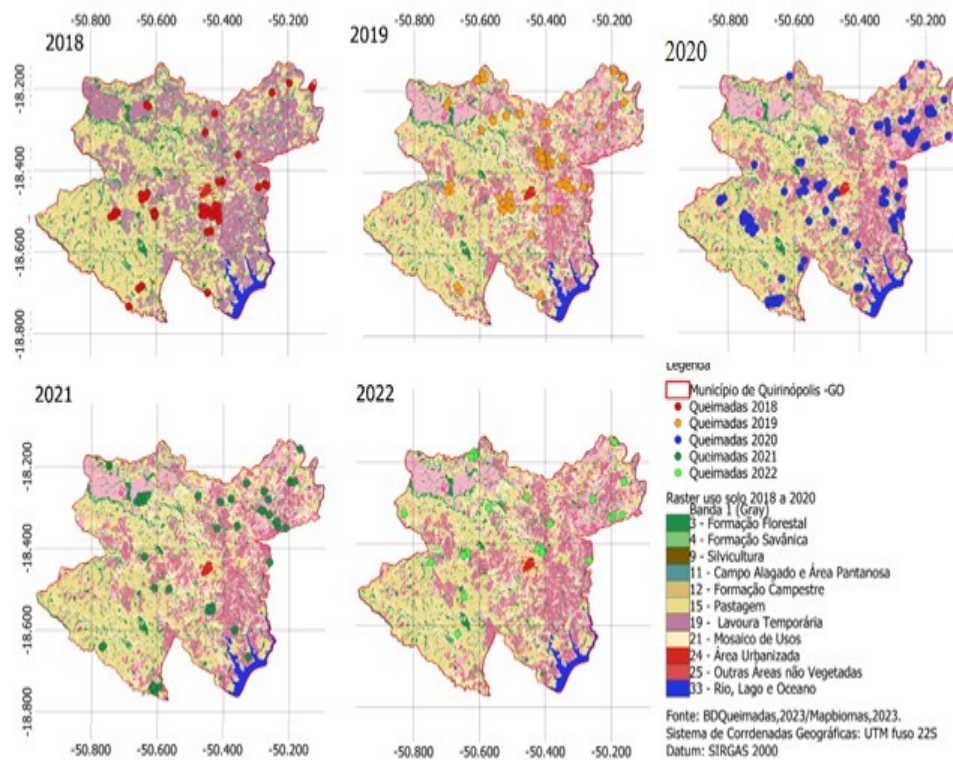


Fonte: Autoria própria.

Para sobrepor o uso do solo e as ocorrências de incêndios, foi utilizado o geoprocessamento, dos anos avaliados de 2018 a 2022 (Figura 3).

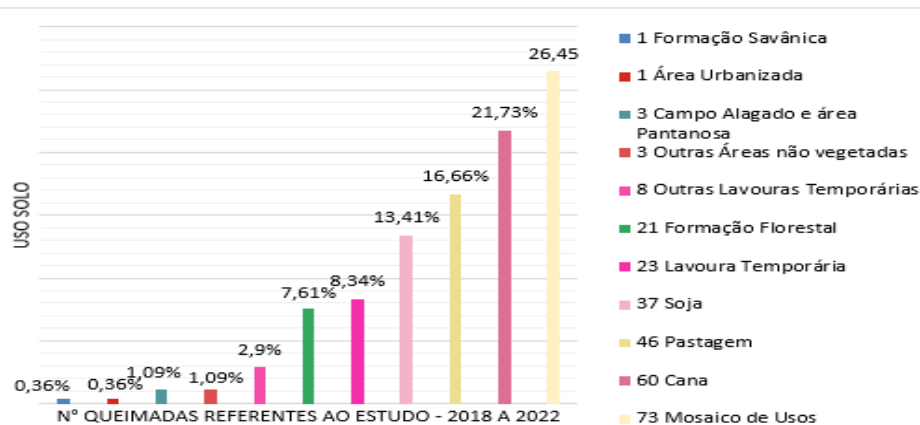
Conforme o relatório do IBGE (2022), em 2010, o município de Quirinópolis ocupava o primeiro lugar na produção de cana-de-açúcar no estado de Goiás, com uma área plantada de 43,2 mil hectares e uma produção de 3.715,2 mil toneladas. É importante destacar que a cana-de-açúcar também se destaca por apresentar a maior incidência de incêndios em 2019, devido ao acúmulo de palha, que a torna extremamente seca e propensa à propagação de fogo, e também por representar a maior área cultivada, o que a torna mais vulnerável conforme pode ser verificada na Figura 4, onde é possível verificar a distribuição de focos de calor, por classe de uso de solo.

Figura 4 - Mapa dos focos de calor e uso do solo para o município de Quirinópolis nos anos de 2018 a 2022.



Fonte: Autoria própria.

Figura 5 - Distribuição percentual dos focos de calor para as classes de uso do solo, para os anos 2018 e 2022 no município de Quirinópolis – GO



Fonte: Autoria própria.

Em 2018, a área do Mosaico de Uso (usos dos solos temporários), era de 49.507,16ha (Tabela 1), aumentou 55,05% em relação ao ano de 2019, ano em que a cana-de-açúcar passou a ser a maior ocupação do solo no município. Em 2022 houve uma ligeira queda em relação a 2021, e o percentual foi de 4,30%. O percentual de focos de queimadas para a série temporal é de 73 (Figura 4), correspondente a 26,45% do total de 276 focos.



**Tabela 2:** Número de focos de CALOR correspondente a área de uso e ocupação da terra para o município de Quirinópolis, nos anos de 2018 a 2022.

Classe**	2018 ha	F.*	2019 ha	F.*	2020 ha	F.*	2021 ha	F.*	2022 ha	F.*	Total uso
3	33.330,39	5	29.983,20	4	30.036,31	6	29.729,81	6	28.991,56		21
4	1.597,55	1	516,84		487,13		407,74		464,12		1
9	344,98		171,38		172,91		177,58		178,43		
11	10.709,11	1	8.112,63		8.108,17	2	7507,1		8.152,01		3
12	945,01		341,18		335,46		266,53		661,68		
15	151.085,85	9	125.902,06	10	122.116,6	21	117.161,5	2	113.170,9	4	46
19	121.511,29	23									23
20			69.145,31	20	75.262,35	20	75.030,22	13	79.572,95	7	60
21	49.507,16	6	89.921,67	16	88.170,46	31	93.884,95	14	89.856,33	6	73
24	1.466,19	1	1.179,40		1.200,20		1.204,95		1.244,10		1
25	1.011,84		731,55	1	892,37		1.283,16	1	4.584,76	1	3
33	7.398,71		7618,86		7.593,98		7.339,17		6.769,86		
39			33.161,03	13	34.130,00	14	34.635,24	6	36.071,62	4	37
41			12.117,40	3	10.396,57	4	10.274,55	1	9.184,18		8
+	378.908,08	46	378.902,5	67	378.902,5	98	378.902,5	43	378.902,5	22	276

Fonte: BDQueimadas/INPE, MapBiomass, e organização própria.

\*F. = Focos

\*\*Classes de Usos do Solo- 3: Formação Florestal; 4- Formação Savânica - 9: Silvicultura - 11: Campo Alagado e Área Pantanosa - 12: Formação Campestre - 15: Pastagem - 19: Lavoura Temporária -20: Cana -21: Mosaico de Usos - 24: Área Urbanizada -25: Outras Áreas não Vegetadas - 33: Rio, Lago e Oceano - 39: Soja -41: Outras Lavouras Temporárias.

Os tipos de uso do solo do município são considerados de aptidão agrícola para a cana-de-açúcar, atualmente utilizadas com pastagens e agricultura, e tem como área de uso 113.170,9ha de *pastagem*, seguido por 89.856,33ha de *Mosaico de Usos* e 89.856,33ha de cana-de-açúcar.

A cana-de-açúcar em 2019, com área plantada de 69.145,31ha, mantém índice de queda médio de 5,71%, em área cultivada. Enfim a área de *Mosaico de Usos* e *cana-de-açúcar*, somam juntas aproximadamente 118.652,47ha, e apresentaram 133 focos de queimadas do total de 276, ou seja, 48,48% do total de registros, quase metade da área atingida pelo levantamento de estudo.

## 4. CONCLUSÕES

Foram detectados 276 incêndios no município de Quirinópolis no período de 2018 a 2022. Os meses de julho, agosto e setembro apresentam os maiores quantitativos de focos de calor, e coincidem com o período de clima seco, ventos moderados a altos além de atividades de mecanização e colheitas.

Os maiores índices de ocorrência de focos de calor foram registrados nas classes do solo, *uso temporários e Cana-de-açúcar*, que são as classes que ocupam a maior extensão de uso no município, essas classes tiveram 48% de ocorrência dos focos de calor.

O georreferenciamento e tratamento de imagem por geotecnologias tem se mostrado uma ferramenta prática e confiável, com o auxílio do software QGIS, e tem proporcionado conhecimento sobre as características do ambiente e tratamento de dados geográficos.

Como medidas mitigadoras para diminuir os efeitos dos incêndios, é possível identificar as áreas de maior propensão aos focos, por meio dos dados de geoprocessamento, associado aos cuidados das práticas agrícolas de preparos de solo entre outros fatores naturais e artificiais que levam a formação de energia estática, térmicas além da biomassa seca que podem desencadear incêndios. Recomenda-se, portanto, atenção especial nos meses secos, quando os picos de estresse hídrico e os incêndios são mais frequentes. A monitorização anual permanente, também deve ser realizada para identificar e acompanhar estas áreas críticas, tornando-se uma excelente ferramenta de prevenção.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Estadual de Goiás, campus sudoeste com sede em Quirinópolis, pelo incentivo e apoio a realização e divulgação científica. O primeiro autor agradece ainda a esposa Ivone Araújo Nunes de Oliveira por apoio incondicional e realização dos trabalhos.

## REFERÊNCIAS

- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas. Cidades. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/go/quirinopolis/pesquisa/>. Acesso em: 09 de novembro 2023.
- INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Portal do Monitoramento de Queimadas e Incêndios. Disponível em: <http://www.inpe.br/queimadas>. Acesso em 14 novembro 2023.
- LOURENÇO, L.F, S.; BENTO-GONÇALVES, A.; CASTRO, A.; NUNES, A.; & VIEIRA, A. Causas de incêndios florestais em Portugal continental. Análise estatística da

investigação efetuada no último quinquênio (1996 a 2010). Cadernos de Geografia. n. 30-31, p. 61-80, 2012.

MAPBIOMAS. Projeto MapBiomias – Coleção 7 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil, Disponível em: <http://mapbiomas.org>. Acesso em: 09 de novembro 2023.

OLIVEIRA, L. A.; JASPER, A. Mapeamento de focos de queimada no município de Juara/MT nos anos de 2016 e 2017: construção de banco de dados para análises ambientais regionais. Revista Destaques Acadêmicos, v. 10, n. 3, 2018.

PROJETO MAPBIOMAS. Mapeamento de cicatrizes de fogo no Brasil - Coleção 2. Disponível em: <https://plataforma.brasil.mapbiomas.org/monitor-do-fogo>. Acesso em: 09 de novembro 2023.

SILVA, C. A representação espacial e a linguagem cartográfica. Grupo Acadêmico Produção do Território e Meio Ambiente na Amazônia-GAPTA/UFPA, 2013.

SILVA, T. B.; ROCHA, W. J. S. F.; ANGELO, M. F. Quantificação e análise espacial dos focos de queimada no Parque Nacional da Chapada Diamantina–BA. Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto-SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, v. 13, 2013.

TORRES, F. T. P.; ROQUE, M. P. B.; LIMA, G. S.; MARTINS, S. V.; & FARIA, A. L. L. D. Mapeamento do risco de incêndios florestais utilizando técnicas de geoprocessamento. Floresta e Ambiente, v. 24, 2017.

## CAPÍTULO XIV

LOGÍSTICA DE ESCOAMENTO DA PRODUÇÃO  
AGRÍCOLA NO ESTADO DE GOIÁSLOGISTICS OF DISPOSAL OF AGRICULTURAL PRODUCTION  
IN THE STATE OF GOIÁS

DOI: 10.51859/AMPLA.MAC3468-14

Gabriela de Assis Santana <sup>1</sup>Patrícia Costa Silva <sup>2</sup>Adriana Rodolfo da Costa <sup>2</sup>Josué Gomes Delmond <sup>2</sup>Tainara Mendes de Almeida <sup>3</sup>Brenner Cabalheiro dos Santos <sup>4</sup>Marcos Vinícius da Silva <sup>5</sup>

<sup>1</sup> Engenharia de Produção. Especialista em Gestão Estratégica nos Agronegócios e suas Tecnologias. Universidade Estadual de Goiás – UEG, Unidade de Santa Helena de Goiás- GO.

<sup>2</sup> Professores Doutores em Agronomia do Departamento de Engenharia Agrícola. Universidade Estadual de Goiás – UEG, Unidade de Santa Helena de Goiás- GO.

<sup>3</sup> Engenheira Agrônoma e Especialista em Gestão Estratégica nos Agronegócios e suas Tecnologias. Universidade Estadual de Goiás – UEG, Unidade de Santa Helena de Goiás- GO.

<sup>4</sup> Mestre em Agronomia. Universidade Estadual de Goiás – UEG, Unidade de Ipameri- GO.

<sup>5</sup> Pós doutorando Departamento de Produção Vegetal, Universidade Federal de Alagoas– UFAL- AL.

## RESUMO

A extensão territorial, o clima e a abundância de recursos naturais impulsionaram a trajetória da agropecuária brasileira levando o país a passar de importador de alimentos para se tornar um grande fornecedor mundial. O estado de Goiás e a região Centro Oeste como um todo acompanhou esse movimento com um intenso processo de modernização caracterizado principalmente pela introdução de novas tecnologias de produção e gestão que tem capacidade de aumentar a velocidade de processamento e distribuição da produção. A logística vem se tornando exigência fundamental para o aperfeiçoamento organizacional das cadeias produtivas que precisam melhorar seus resultados a fim de se manterem competitivas no cenário nacional e internacional. Compreender os fatos e números nos ajudam a entender os acertos e vislumbrar problemas como oportunidades para a elaboração de planos de ações futuras rumo à

sustentabilidade. Este trabalho foi estruturado como uma pesquisa bibliográfica de cunho explorativo que tem por objetivo contextualizar e abordar discussões a respeito das alternativas logísticas para o escoamento da produção agrícola no estado de Goiás.

**Palavras-chave:** Agronegócio. Gestão de fluxo. Modal de Transporte.

## ABSTRACT

The territorial extension, the climate and the abundance of natural resources boosted the trajectory of Brazilian agriculture, taking the country from importing food to becoming a major world supplier. The state of Goiás and the Midwest region as a whole followed this movement with an intense modernization process characterized mainly by the introduction of new production and management technologies that have the capacity to increase the speed of processing and

distribution of production. Logistics has become a fundamental requirement for the organizational improvement of production chains that need to improve their results in order to remain competitive in the national and international scenario. Understanding the facts and figures helps us understand the successes and envision problems as opportunities for drawing up future action plans towards

sustainability. This work was structured as exploratory bibliographical research that aims to contextualize and address discussions about logistical alternatives for the flow of agricultural production in the state of Goiás.

**Keywords:** Agribusiness. Flow management. Mode of Transport.

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil vem se destacando e expandindo suas fronteiras diante do mercado mundial de alimentos. Contini e Aragão (2020) analisaram dados da produção brasileira de grãos e carne bovina em relação à produção global e constataram que, em dez anos, houve um salto de US\$ 20,6 bilhões para US\$ 100 bilhões, destacando-se os produtos com carne, soja, milho, algodão e produtos florestais. Além disso, os autores calcularam a contribuição da produção brasileira de grãos e carne bovina em relação à produção global dessas mesmas commodities, concluindo que os produtos do setor primário oriundos do Brasil alimentam cerca de um décimo da população do planeta o que pode chegar a aproximadamente 800 milhões de pessoas a nível mundial (CRUZ; SIQUEIRA, 2021).

O processo de desenvolvimento do setor agrícola da região Centro-Oeste foi analisado por Bezerra e Cleps Júnior (2004) e nesse contexto, os autores concluíram que a região Centro-Oeste e o estado de Goiás têm participação estratégica na expansão agrícola brasileira devido ao seu processo intensivo de modernização da agricultura. A incorporação de terras e áreas de fronteira agrícola contribuíram para a consolidação da região como uma importante área produtora de grãos para o mercado interno e externo (SANTOS e OLIVEIRA, 2022).

Com a crescente expansão e modernização dos setores produtivos, a logística, antes tida como diferencial competitivo passou a ser peça chave obrigatória no desenvolvimento não só do setor agrícola, mas também das demais empresas de todos os setores (BALLOU, 2016). Fica assim, claro que a logística agrícola precisa de constantes investimentos que visem aumentar a eficiência da distribuição dos produtos a fim de continuar crescendo e não perder expressividade em relação ao mercado

exterior. Oferecer um produto com preço final justo para o cliente e dentro do preço de mercado será sempre um desafio a ser enfrentado mediante constantes investimentos em pesquisa e tecnologia para a produção.

O presente trabalho foi estruturado como uma pesquisa bibliográfica de cunho explorativo que teve como objetivo abordar discussões a respeito das alternativas logísticas para fomentar o escoamento da produção agrícola no estado de Goiás seguindo as exigências do mercado interno e externo de alimentos.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. A PRODUÇÃO AGRÍCOLA NO BRASIL

O atendimento das necessidades populacionais por alimentos deve ser harmonioso e atender aos critérios da sustentabilidade, isto inclui, satisfazer as demandas atuais sem comprometer a habilidade das gerações futuras de também terem suas necessidades atendidas. Neste contexto, o Brasil tem cada vez mais demonstrado sua capacidade de desempenhar um papel relevante cumprindo o slogan nacional de ser “o celeiro do mundo” (SANTOS e OLIVEIRA, 2022).

O país vem constantemente se superando, mostrando grandes evoluções nas exportações de produtos do agronegócio e conquistando novos mercados em diversas partes do mundo. O crescimento da produção agropecuária é surpreendente e a produção de grãos se sobressai pelo seu crescimento exponencial com participação em mais de 4% do comércio mundial do agronegócio. O país, sem sombra de dúvidas é um dos líderes mundiais nesse setor e possui reais previsões para continuar crescendo a taxas iguais ou até mesmo superiores as atuais (MARINHO; CASTILHO, 2018).

A agricultura brasileira sofreu uma tremenda transformação nas últimas quatro décadas, passando da agricultura familiar para a exportação de commodities agrícolas tropicais em larga escala. O Brasil é o maior produtor global de proteína animal e de grãos e ainda detém a primeira colocação na produção de suco laranja, açúcar e café e as principais colocações em outros produtos como frutas, algodão, cacau, entre outros (BUAINAIN et al., 2014).

O deslocamento da fronteira agrícola brasileira, principalmente para a região do Cerrado, com grãos, e em menor proporção para a região do Semiárido, com

fruticultura, foi um importante fator para a definição do Brasil no cenário mundial. Buainain et al. (2014) afirmaram que o novo padrão de produção exige mecanismos mais complexos de tecnologia e de gestão, a fim de atender os parâmetros de competitividade e sustentabilidade requeridos pelo mercado internacional.

De acordo com o Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2022), a estimativa do Valor Bruto da Produção Agropecuária (VBP), com base nos dados divulgados em janeiro, foi de R\$ 1,204 trilhão, isso equivale a um aumento de 4,3% em relação a 2021 (R\$ 1,154 trilhão). O crescimento do valor das lavouras foi de 10,3% e a pecuária teve retração de 8,6%. A contribuição das lavouras ao VBP é de 72%, e da pecuária, 28%. A participação do agronegócio no Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro foi de 21,6% em 2017 (IMB, 2022).

O país apresenta diversas cadeias completas de produção. Como exemplos, Cunha et al. (2019) citaram o segmento de insumos (máquinas agrícolas e tratores, fertilizantes, defensivos, sementes, reprodução animal, melhoramento genético, etc.), segmento de produção agrícola (que contempla as principais culturas e animais produzidos no mundo), a cadeia processadora e de distribuição informática associada ao agronegócio, dentre outros. Estes constituem e caracterizam um amplo e diversificado sistema que reúne um número considerável de produtos que são estruturados em uma cadeia completa, passando por vários segmentos.

## 2.2. A PRODUÇÃO AGRÍCOLA NO ESTADO DE GOIÁS

O desenvolvimento agrícola da região Centro-Oeste e conseqüentemente do estado de Goiás se intensificou a partir de 1930, com o objetivo de atender ao mercado consumidor de produtos agrícolas da região Sudeste passando assim, a integrar a nova dinâmica capitalista do país como uma região capaz de contribuir, por meio do fornecimento de bens primários, para a consolidação do capital industrial (BEZERRA e CLEPS JÚNIOR, 2004).

A partir 1970, ocorreu uma acentuada modificação regional e territorial na cadeia. Essas mudanças giraram principalmente em torno da inserção da mecanização na produção agropecuária. O incremento das exportações de grãos e carnes, que ainda eram incipientes se tornaram estímulo para a modernização e a expansão do capitalismo no campo. Com o progresso dos Complexos Agroindustriais, o Centro-Oeste, Goiás e a



microrregião sudoeste de Goiás, tornaram-se área de produção agroindustrial e foram integrados na nova dinâmica econômica do país. Diante desse cenário foi que surgiram os principais polos que até hoje sustentam o desenvolvimento e se espalham pela região, tendo como principais atividades agropecuárias a produção de soja, algodão, milho, carne bovina, suína, frango, etanol e açúcar (VIEIRA e SILVA, 2018).

Goiás ocupa atualmente, a segunda posição no ranking de economia mais forte do Centro-Oeste Brasileiro e a nona colocação dentre as maiores economias do país. Em 2020, o PIB goiano teve um incremento de R\$ 15,5 bilhões, totalizando R\$ 224,1 bilhões, o que lhe atribuiu o sexto lugar em termos de variação do PIB, dos estados Brasileiros. Também em 2020, a agropecuária goiana deslançou 9,9% em volume tendo uma elevação de R\$ 7,8 bilhões nos valores correntes (IMB, 2022).

Bonfin et al. (2013) analisaram a logística da soja no estado de Goiás e observou que a soja em grão produzida no Estado de Goiás possui quatro destinos principais: exportação, produção de óleo, produção de farelo e produção de biodiesel. Os resultados obtidos também evidenciaram que, desses quatro destinos, a exportação é o principal, e a China, o maior comprador. O autor ressaltou que a maior parte da produção de soja de Goiás é exportada na forma de produto primário o que inviabiliza a agregação de valor à produção, visto que tais produtos poderiam ser processados internamente e comercializados com um maior valor agregado.

O estado de Goiás tem apresentado bom desenvolvimento em sua matriz exportadora nos últimos anos. Em 2021, de acordo com o IMB (2022), as exportações atingiram US\$ 9,3 bilhões e as importações 5,6 bilhões. Tais dados ilustram a supremacia dos produtos exportados e demonstram que Goiás tem capacidade competitiva em recursos naturais, para cada vez mais explorar a produção de commodities do setor primário dando destaque para aqueles commodities agrícolas e minerais como os complexos de soja, milho, carne, cobre e ferroligas.

Goiás se firma como importante estado provedor de diversos produtos que abastecem o país, e ainda uma parte significativa da produção agropecuária goiana se destina a exportação, tanto em forma de matéria-prima, quanto de alimentos processados, fazendo com que as participações dos produtos do agronegócio nas exportações goianas, atingissem 77,82% em outubro de 2022 em paralelo com o mesmo

período de 2021 e com saldo superavitário de US\$ 613 milhões. Os dados divulgados pelo Ministério da Economia que colocam em destaque o setor do agronegócio, afirmaram que em novembro de 2022, Goiás registrou US\$ 1, 018 bilhão em exportações e R\$ US\$ 405 milhões em importações (IMB, 2022).

Dentre os principais produtos exportados por Goiás em 2021 de acordo com IMB (2022), órgão jurisdicionado à Secretaria Geral da Governadoria do Estado de Goiás (SGG-GO) apontou superioridade dos complexos soja 46,12%, minério 20,20% e carne 19,01% nas exportações do estado.

O alto crescimento do setor industrial, o desenvolvimento do setor agropecuário e de minérios, o desempenho setor de serviços e comércio são os principais fatores que, juntamente com a localização estratégica como centro de distribuição para o resto do país, contribuem para que Goiás seja uma das maiores economias entre os estados brasileiros (SANTOS e OLIVEIRA, 2022).

### 2.3. A LOGÍSTICA NO BRASIL E NO ESTADO DE GOIÁS

A logística apresenta uma definição bastante abrangente. É considerada por Christopher (2002) como um processo de gerenciamento estratégico para a aquisição, a movimentação e a armazenagem de insumos, componentes e produtos acabados, incluindo os fluxos de informações correlatas. De acordo com o autor, o processo ocorre por meio da organização de seus canais de marketing, que procuram atender aos pedidos a um custo baixo, de forma a maximizar a lucratividade presente e futura.

Para Bowersox e Closs (2001), a logística controla, com ferramentas de gestão, as áreas funcionais das empresas desde um projeto de rede, localização das instalações, sistema de informação, estoque, armazenagem, transporte, manuseio de materiais e o processo de criação de valor para o cliente. Ainda definem a logística como processo de planejamento, implementação e controle a procura de eficiência da movimentação dos materiais, estoque, produtos, serviços e informações dentro de toda cadeia produtiva do início (processo) ao fim (produto acabado e gastos) com o propósito de suprir as exigências dos clientes.

Giovine (2010) afirmou que a logística assume cada vez mais uma importância vital para as empresas e os negócios, tornando-se um fator estratégico em todos os

setores da cadeia de suprimentos no atendimento eficaz das necessidades dos clientes, e na contribuição para a maior competitividade das empresas.

O gerenciamento dentro da logística abrange três pilares: o gerenciamento de estoque agregando valor de tempo ao colocar o produto a disposição do cliente no momento certo conforme a necessidade, o gerenciamento do transporte em que é agregado o valor de lugar que é quando o produto é disponibilizado no local de demanda e por fim, o gerenciamento de informações, acrescentado de valor no acompanhamento do processo para quando o produto é baseado de acordo com a coleta, processamento e interpretação das informações necessárias para atender as expectativas, pedidos e despachos para que os clientes, sejam eles internos ou externos (BALLOU, 2006).

A logística no Brasil atravessa um período de mudanças pela busca de eficiência. Esse processo está pautado principalmente a termos de procedimentos burocráticos e de mecanismos de infraestrutura. Dalmas (2000) colocou o transporte como elemento principal da infraestrutura física complementando ainda que essa atividade é a responsável por 64% dos dispêndios logísticos organizacionais. A mesma autora ressalta que os problemas de transporte são frequentemente advindos da escolha de objetivos econômicos, como o aumento da produtividade, e/ou não-econômicos como a ascensão dos padrões sociais. Esses propósitos podem ser opostos entre si, ou até mesmo divergentes, mas a busca pelo equilíbrio entre ambos é primordial para a especialização de uma região.

Rodrigues et al. (2018) corroboraram os dados de Dalmas (2000) quando afirmaram que a distribuição proporcionada pela Matriz de Transportes Brasileira é principalmente voltada ao modo de transporte rodoviário, que detém cerca de 63% do transporte no país. Isso mostra claramente que praticamente não houve evolução no período e que muito ainda tem que ser feito para minimizar os impactos negativos desse modal sobre o meio ambiente e os custos logísticos.

## 2.4. ENTRAVES LOGÍSTICOS NA DISTRIBUIÇÃO DA PRODUÇÃO AGRÍCOLA DO ESTADO DE GOIÁS

A logística é responsável pelas estratégias que tratam da movimentação de itens, das funções relacionadas a suprimentos e operações de apoio, promovendo a exploração das vantagens inerentes pela especialização dos esforços produtivos de cada

região geográfica. Cabe a esse setor tentar solucionar os problemas existentes no âmbito de recolhimento pós colheita, uma vez que ao mesmo tempo em que há aumento da produção, o país perde em quantidade e qualidade, tanto pela falta de unidades armazenadoras como pela precariedade de infraestrutura (EMBRAPA, 2015).

Desde 2012, quando a safra de grãos do estado de Goiás fechou em 18,37 milhões de toneladas e a capacidade de armazenagem de grãos do estado era de 13,16 milhões de toneladas já havia um déficit considerável de armazéns no estado. Isso vem sendo recorrente com o passar dos anos. Silva Neto (2016) apontou que seria necessário a construção de armazéns e silos para atender toda a produção, além de ter o espaço disponível para possíveis importações, ou até mesmo safras recordes sem previsão.

A falta de armazém na propriedade impede o agricultor de reter o seu produto para comercializá-lo quando o mercado oferecer melhores preços. O armazenamento em condições inadequadas resulta em prejuízos como perdas pela deterioração dos grãos. De acordo com a CONAB (2021) a capacidade total de armazenamento de produtos agrícolas em um país deve ser aproximadamente 20% maior do que a sua produção. No Brasil, na safra de 2018/19, esse percentual alcançou apenas 70,2% da produção brasileira de grãos (produção foi de 242,0 milhões de toneladas e capacidade estática era de 169,8 milhões de toneladas). Já na safra 2019/20, representou 67% (253,7 milhões de toneladas produzidas e 170,1 milhões de capacidade estática).

A maioria dos produtores de grãos condiciona sua safra em armazéns de terceiros (governamentais, da iniciativa privada ou de cooperativas) e até mesmo diretamente nas carretas ou caminhões (estoque em trânsito). O tempo que a soja permanece armazenada, proporciona perdas em seu peso, em razão das condições de temperatura e de umidade. Fica claro que além de não haver capacidade de estocagem suficiente em Goiás, a má distribuição geográfica dos armazéns provoca problemas na distribuição da produção agrícola no estado e impedem que haja eficiência no transporte (BONFIN et al., 2013).

No Brasil, grande parte da produção de grãos é transferida das regiões originadoras para os portos e locais de consumo por via rodoviária. A Própria CONAB (2021) que remove todos os estoques públicos sob sua responsabilidade afirma que utiliza esse modal, no entanto, essas operações, envolvem percursos de longa distância,

situação em que o uso da rodovia é menos competitivo do que outros modais. É sabido que as condições precárias de conservação das estradas oneram o valor do frete e acarretam perda física das mercadorias, comprometendo ainda mais a rentabilidade da atividade agrícola.

De acordo com pesquisa realizada em 2018 pela Confederação Nacional do Transporte (CNT), a malha rodoviária brasileira possui 1,563 milhões de quilômetros, dos quais apenas 12,4% é pavimentada e maior parte das rodovias pavimentadas é de pista simples (92,7%). Esses dados mostram que existe intensa sobrecarga da malha e conseqüentemente agravamento do risco de acidentes.

O modal rodoviário ainda é o principal meio utilizado para o transporte da produção agrícola do estado de Goiás. Bonfin et al. (2013) salientou que esse modal não é o mais adequado para o transporte, pelas seguintes razões: a pequena capacidade em comparação a outros, custo operacional elevado, mal estado de conservação dos veículos, precariedade da infraestrutura rodoviária brasileira, entre outras.

O maior problema do modal rodoviário é que grande parte da malha está em situações precárias, devido à ausência de manutenção e investimentos em pavimentação. De acordo com pesquisa realizada em 2019 pela Confederação Nacional do Transporte (CNT), 51% da malha rodoviária federal pavimentada de todo o País apresenta algum problema, sendo considerados regular, ruim ou péssimo, e esse número se agrava mais ainda nas rodovias estaduais, chegando a 71,7%. Desse modo, são gerados inúmeros prejuízos, não só para o setor de transportes, mas também para a indústria que sofre com este empecilho para que sua produção chegue de maneira adequada em todo o país.

Silva (2021) relatou que nas rodovias federais, estaduais e municipais da microrregião de Goiás tem-se um intenso fluxo de caminhões graneleiros transportando grãos, óleo vegetal, biocombustível, leite resfriado, cana-de-açúcar, entre outros produtos, fazendo com que as rodovias de pista simples apresentem alguns trechos irregulares, resultando em intenso fluxo de escoamento da produção agropecuária e que nem sempre recebem manutenção adequada. A BR-364 é responsável pelo escoamento da produção da região aos principais portos brasileiros, pois interliga Jataí ao porto goiano da Hidrovia Tietê-Paraná, em São Simão.

No sul de Goiás, fica o Complexo Portuário de São Simão, situado à margem direita do Rio Paranaíba. Nele, grandes empresas transportam soja, farelo de soja e milho. Além de se concentrarem também o transporte de carvão, adubo, madeira e areia. De acordo com o IMB (2022), este porto tem alta relevância devido ao fato de se passarem por ele boa parte dos produtos que prevalecem na pauta goiana de exportação. As mercadorias vão de São Simão até Pederneiras ou Anhembi-SP em barcas e depois seguem por modal ferroviário ou rodoviário até o porto de Santos-SP.

A alternativa de utilização Porto de São Simão através da Hidrovia Paranaíba-Tiête-Paraná também foi citada por Bonfin (2013). Entretanto, este autor relatou entraves a uma maior utilização dessa hidrovia devido aos problemas de infraestrutura que ainda persistem, como eclusas insuficientes e necessidade de uma combinação de modais para sua viabilidade. Fora essa questão, foi citado que a produção de outros estados também é transportada por meio dessa rota e a soja produzida em Goiás precisa enfrentar concorrência, o que acaba, por sua vez, restringindo a capacidade de escoamento do Porto.

O porto de Itaqui, no Maranhão seria uma alternativa interessante para o escoamento da produção. A posição geográfica desse porto em relação à China, geraria uma redução de dois dias no tempo necessário para transportar a soja até aquele país, no entanto o acesso a esse porto deveria ser feito pela Ferrovia Norte-Sul que ainda não foi concluída (BONFIN, 2013).

A bacia hidrográfica dos rios Tocantins e Araguaia abrange territórios dos estados de Goiás, Tocantins, Pará, Maranhão, Mato Grosso e Distrito Federal. É formada por diversos rios, sendo os principais o rio Araguaia, o rio Tocantins e o rio das Mortes. A Hidrovia Araguaia, tem extensão de 2.115 km, dos quais 1.818 são navegáveis. Possui um regime de águas baixas entre junho e novembro, com restrições de navegação, devido os bancos de areia e pedrais. Oliveira (2016) afirmou que caso sejam construídas as barragens das eclusas de Santa Isabel (PA) e Araganã (TO), como também o derrocamento de pedrais e as drenagens, a navegação no rio pode ser viável o ano inteiro.

A viabilização da Hidrovia do Araguaia também permitiria o acesso aos portos da Região Norte. Todavia, pesa uma série de restrições ambientais que dificultam a utilização dessa Hidrovia (BONFIN, 2013).

A Ferrovia Norte Sul (FNS), também faz parte da infraestrutura da região sudoeste do estado de Goiás. Sua projeção vai do Município de Barcarena, estado do Pará, até o município de Rio Grande, Rio Grande do Sul, com 4.787 km de extensão, em bitola larga. Em território goiano, a FNS terá 991 km passando pelas regiões norte, central e sudoeste, nos municípios de Rio Verde e Santa Helena de Goiás (MARINHO e CASTILHO, 2018).

De acordo com o IMB (2022), o Estado de Goiás está contemplado em diversos projetos ferroviários de grande importância para o país. A Ferrovia Norte Sul conecta Goiás à Região Norte do país a partir de Anápolis, onde também há uma ligação com a Ferrovia Centro Atlântica, que abrange a região sudeste do Estado e o Distrito Federal chegando ao Porto de Santos (SP). Em início de obras, a Ferrovia de Integração Centro-Oeste ligará Mara Rosa (GO) a Água Boa (MT) e faz parte do projeto da Ferrovia Transcontinental. Planejada para ter aproximadamente 4.400 km de extensão em solo brasileiro, interligando os oceanos Atlântico, no Brasil, e Pacífico, no Peru, propiciando uma possibilidade logística para cargas oriundas do Oriente Médio e Ásia, onde está o principal parceiro comercial do país (China).

O modal ferroviário também se constitui em outra opção para o transporte da soja, por meio da Ferrovia Centro Atlântica e da Ferrovia Norte-Sul. O aspecto que mais dificulta a utilização da Ferrovia Centro Atlântica é sua concessão à iniciativa privada visto que a empresa que a opera não demonstra interesse em escoar a soja goiana tendo suas atividades voltadas para o transporte de produtos industriais, agroindustriais, líquidos e minerais. Existe uma prática preços abusivos com detenção de monopólio do transporte na região (BONFIN, 2013).

Atualmente, o território goiano é servido por 685 km de trilhos, que fazem parte da Ferrovia Centro-Atlântica (FCA), subsidiária da VALE e sucessora da antiga Estrada de Ferro Goiás e da Rede Ferroviária Federal. Essa concessionária ferroviária percorre com seus trilhos a região sudeste do estado, passando por Catalão, Ipameri, Leopoldo de Bulhões, chegando até Anápolis, Senador Canedo e indo até a Capital Federal. A Centro-

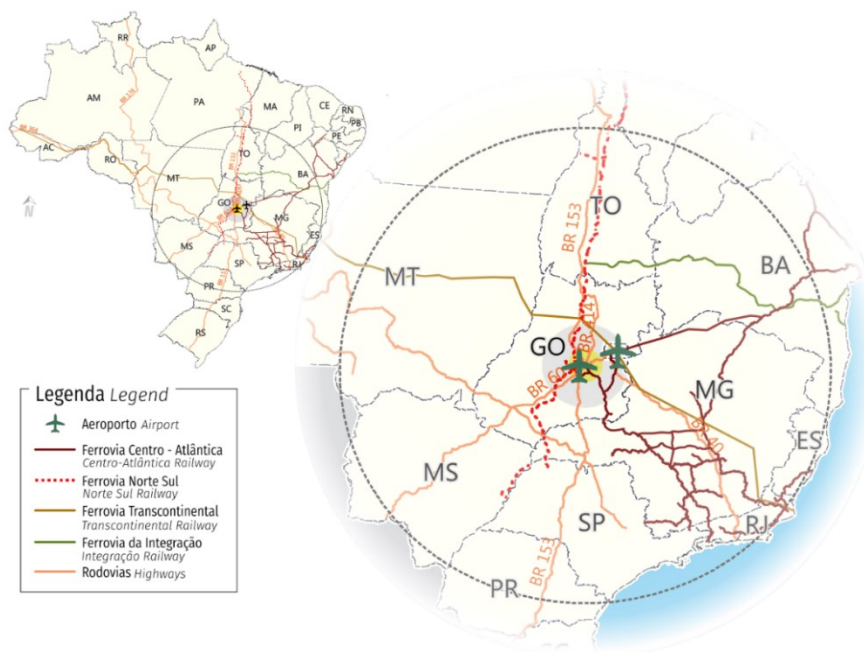


Atlântica propicia o escoamento de boa parte da produção econômica goiana, embora tenha sua capacidade de transporte limitada (SUÊVO RODRIGUEZ, 2017).

Os principais portos brasileiros, Santos e Paranaguá, estão localizados em partes urbanizadas do país, o que dificulta o acesso a esses portos. No pico da colheita, os veículos frequentemente enfrentam filas para conseguir entrar nos pátios pequenos dos portos. A infraestrutura portuária não tem o calado adequado e precisam de maiores e melhores berços. Os terminais portuários privados são poucos e não possuem infraestrutura são planejados de acordo com a capacidade das próprias empresas que não tem interesse em arcar com os custos de um terminal maior para prestar serviços. Sendo assim, em alguns casos é necessário utilizar os terminais públicos, cujos custos são ainda mais elevados e acarretam aumento do prazo médio de espera para embarque da soja (BONFIN, 2013).

A plataforma Logística Multimodal de Goiás esta elucidada na figura 4 mostrando as principais rotas de escoamento da produção no estado. Nota-se que a maior parte da produção se movimenta no estado pelo modal rodoviário e que em boa parte da região sequer existe possibilidade de se realizar o transporte por outro meio.

Figura 4- Classificação das características operacionais relativas por modal de transporte



Fonte: IMB (2022).

No montante das políticas públicas Bonfin (2013) constatou que existem alguns projetos que atuam nos gargalos de infraestrutura do estado de Goiás: iniciativas facilitadoras a mecanismos de financiamento para a construção de armazéns próprios, incentivo da sojicultura nas regiões norte e nordeste do Estado, onde já há uma estrutura de armazenagem ociosa, a conclusão da Ferrovia Norte-Sul e a viabilização da Hidrovia do Araguaia. No entanto, tratam-se de projetos desintegrados, que existem há vários anos e que ainda não foram finalizados. Portanto, não há nenhum plano estratégico integrado na gestão logística em Goiás que busque resolver os entraves de infraestrutura que essa cadeia enfrenta ou mesmo aprimorá-la.

De acordo com a EMBRAPA (2013), a liberação de uma verba de R\$ 25 bilhões para a construção de armazéns e silos no Plano Safra 2013/2014 foi uma das medidas adotadas pelo governo para ampliar a capacidade de armazenagem. Entretanto, é sabido que somente a disponibilização dos recursos não é o bastante. Para dar fim ao déficit atual e produzir esse aumento de capacidade a indústria necessita de investimentos constantes por parte também dos produtores que precisam encontrar benefícios no investimento individual. O que se observa é que o próprio produtor vê como obstáculo o pagamento deste investimento pensando na coletividade, visto que a atividade de armazenagem ainda não é considerada viável e rentável.

### 3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desempenho do setor agropecuário nos últimos anos foi um sucesso. A energia que empurra esse processo para frente continua em expansão. A integração do setor com a indústria e com os serviços tem como desafio continuar avançando tanto em produtividade quanto em qualidade da produção a fim de atender as exigências do mercado interno e externo.

Está cada vez mais claro que o bloco de atividades, inovações e investimentos comandados pelo setor continuará a ser uma alavanca para o crescimento brasileiro. Entretanto, do ponto de vista regional, existem situações bastante diversas, que devem ser entendidas adequadamente.

O estado de Goiás é um exemplo clássico de um estado com potencial gigantesco para competir com as maiores economias do país. No entanto ainda existe um longo caminho a ser percorrido. Estudos no que concerne ao âmbito do desenvolvimento da

logística de produção irá permitir o desenvolvimento de um plano logístico amplo em prol do escoamento dos produtos agrícolas de forma mais eficiente minimizando os custos e perdas na produção agrícola.

Formular políticas públicas que possam lidar com a situação exige, antes de tudo, um esforço de pesquisa e reflexão. Além da categoria do produto, as das suas características propriamente ditas, o planejamento estratégico deve elaborar ações que levem em consideração os fatores intrínsecos como o estoque, o fluxo, a sazonalidade, a infraestrutura, o armazenamento, o transporte, entre tantos outros.

Para manter e expandir a produtividade no campo é necessário e fundamental aprimorar a gestão e otimizar a logística no agronegócio por meio de ações, investimentos, estudos e discussões. Não existem dúvidas de que tal aperfeiçoamento será fator estratégico decisivo para enfrentar os desafios do setor agropecuário no Brasil frente as exigências do mercado internacional e conseqüentemente aumentar a eficiência da produção como um todo.

## REFERÊNCIAS

- BALLOU, R. H. Gerenciamento da cadeia de suprimentos/logística empresarial - 5. ed. - Porto Alegre: Bookman, 616 p. 2006.
- BEZERRA, L. M. C.; CLEPS Jr., J. O DESENVOLVIMENTO AGRÍCOLA DA REGIÃO CENTRO - OESTE E AS TRANSFORMAÇÕES NO ESPAÇO AGRÁRIO DO ESTADO DE GOIÁS. Caminhos De Geografia, v. 5, n. 12, 2004.
- BONFIM, Y. P. F.; SOARES, V. da R., CAETANO, M, A logística e o agronegócio em Goiás: o caso da soja, REGE - Revista de Gestão, v. 20, n. 4, 2013, p. 557-573, 2013.
- BOWERSOX, D. J.; CLOSS, D. Logística empresarial: o processo de integração na cadeia de suprimento. São Paulo: Atlas, 2001.
- BUAINAIN, A. M.; PEDROSO, M. T. M.; VIEIRA JUNIOR, P. A.; SILVEIRA, S. L. F.; NAVARRO, Z. Quais os riscos mais relevantes nas atividades agropecuárias? In: BUAINAIN, A. M.; ALVES, E.; SILVEIRA, J. M. da; NAVARRO, Z. (Ed.). O mundo rural no Brasil do século 21: a formação de um novo padrão agrário e agrícola. Brasília, DF: Embrapa, 2014. p. 175-208.
- CHRISTOPHER, M. Logística e gerenciamento da cadeia de suprimento: estratégias para a redução de custo e melhoria dos serviços. São Paulo: Pioneira, 2002.

- CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. Perdas em transporte e armazenagem de grãos: panorama atual e perspectivas. Organizadores Paulo Cláudio Machado Júnior e Stelito Assis dos Reis Neto. 197 p. Brasília, DF: Conab, 2021. Disponível em: <http://www.conab.gov.br>
- CONTINI, E.; ARAGÃO, A. "O Agro Brasileiro Alimenta 800 Milhões de Pessoas". Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/59784047/o-agro-brasileiro-alimenta-800-milhoes-de-pessoas-diz-estudo-da-embrapa>. Acesso em: 06 set. 2022
- CRUZ, L. F.; SIQUEIRA, T. de S. A exportação da soja brasileira e sua importância no PIB nacional. XII FATECLOG - gestão da cadeia de suprimentos no agronegócio: desafios e oportunidades no contexto atual FATEC - Mogi das Cruzes/SP - Brasil 18 e 19 de junho de 2021.
- CUNHA, F. J. K.; MENDES, L. M. A. G. ZAMBONINI, J. G. A. O uso da tecnologia como aporte ao agronegócio. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 04, Ed. 09, v. 05, p. 22-35. Setembro de 2019.
- DALMÁS, S. R. da S. P.; LOBO, D. da S.; FREIRE DA ROCHA JR, W. A Logística de Transporte Agrícola Multimodal da Região Oeste Paranaense. Informe GEPEC, [S. l.], v. 13, n. 2, p. 154–169, 2000.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2013. Problemas pós-colheita podem reduzir a competitividade do grão brasileiro. Disponível em: [http://www.cnpso.embrapa.br/noticia/ver\\_noticia.php?cod\\_noticia=885](http://www.cnpso.embrapa.br/noticia/ver_noticia.php?cod_noticia=885). Acesso em: 08 out 2022.
- GIOVINE, H.; CHRIST, D. Estudo sobre processos de armazenagem de grãos – um estudo de caso - Região de Francisco Beltrão - PR. Ciências Sociais Aplicadas em Revista, [S. l.], v. 10, n. 18, p. p. 139–152, 2012.
- IMB-Instituto Mauro Borges de Estatísticas e Estudos Socioeconômicos, Sobre Goiás Goiás - Visão Geral. Publicado em 17 Novembro 2022. Disponível em: [https://www.imb.go.gov.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=2363:agricultura-e-industria-crescem-em-goias-durante-pandemia&catid=8&Itemid=208](https://www.imb.go.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=2363:agricultura-e-industria-crescem-em-goias-durante-pandemia&catid=8&Itemid=208). Acesso em: 20 nov 2022.
- MAPA. Valor Bruto da Produção Agropecuária de 2022 é estimado em R\$ 1,2 trilhão. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/valor-bruto-da-producao-agropecuaria-de-2022-e-estimado-em-r-1-2-trilhao>. Acesso em: 20 set. 2022.
- MARINHO, R. H. R.; CASTILHO, D. O sentido corporativo da Ferrovia Norte-Sul no centro-norte de Goiás. Caderno de Geografia, v. 28, n. 55, 2018.

- OLIVEIRA, A. C. D. de. Os benefícios da implantação da hidrovia Araguaia Tocantins para o transporte de mercadorias. 2016. 25 f. TCC (Graduação) - Curso de Tecnologia em Logística, Universidade Federal do Tocantins, Araguaína, 2016.
- RODRIGUES, K. C. OLIVEIRA E. C., MELILLO, P. H. et al. Logística e gestão do transporte: a influência do transporte no custo logístico de uma indústria de rações. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 03, Ed. 10, v. 09, p. 82-106 outubro de 2018.
- SANTOS, L. R. O; OLIVEIRA, B. S. Goiás em dados 2022. Goiânia: Instituto Mauro Borges de Estatísticas e Estudos Socioeconômicos. 2022.
- SILVA, J. S. The technification of the field in the goian municipalities of agribusiness. Research, Society and Development, [S. l.], v. 10, n. 13, p. e153101320578, 2021.
- SUÊVO RODRIGUEZ, H. A Importância da Estrada de Ferro para o Estado de Goiás. Revista UFG, Goiânia, v. 13, n. 11, 2017.
- VIEIRA, E. T.; SILVA, J. C. A. O crescimento dos complexos agroindustriais na microrregião do sudoeste de Goiás e seus reflexos no desenvolvimento regional. Revista Competitividade e Sustentabilidade, [S. l.], v. 5, n. 1, p. 45–63, 2018.

## CAPÍTULO XV

VIABILIDADE CLIMÁTICA PARA A PRODUÇÃO DE  
CITROS NO MUNICÍPIO DE VOTUPORANGA-SPCLIMATE FEASIBILITY FOR CITRUS PRODUCTION IN THE  
MUNICIPALITY OF VOTUPORANGA-SP

DOI: 10.51859/AMPLA.MAC3468-15

Lucimere Maria da Silva Xavier <sup>1</sup>  
 António Fanuel Boa <sup>2</sup>  
 Dayane Gomes da Silva <sup>3</sup>  
 Dércia Teresa Eugénio Macuácuá <sup>4</sup>  
 Amilcar Dina Julião Neves <sup>5</sup>  
 Louves Lourino Manhique <sup>6</sup>

<sup>1</sup> Doutoranda em Agronomia. Programa de Pós-Graduação em Agronomia – UFPB

<sup>2</sup> Mestrando em Agronomia. Programa de Pós-Graduação em Agronomia – UFPB

<sup>3</sup> Mestra em Agronomia. Programa de Pós-Graduação em Agronomia – UFPB

<sup>4</sup> Graduada em Agronomia. Universidade Eduardo Mondlane – UEM

<sup>5</sup> Graduado em Agronomia. Universidade Eduardo Mondlane – UEM

<sup>6</sup> Graduado em Agronomia. Universidade Eduardo Mondlane – UEM

## RESUMO

A citricultura é uma indústria agrícola de elevada importância para o Brasil, e sua produção contribui significativamente para o setor do agronegócio no país, com distribuição tanto para mercado interno quanto para exportação. Os fatores agroclimáticos, tais como temperatura, precipitação, umidade e entre outros, desempenham um papel crucial na produção de frutas cítricas, nesse sentido, essa pesquisa objetivou determinar a melhor época para o desenvolvimento e a produtividade dos citros nos últimos quinquênio, no município de Votuporanga-SP. O município de Votuporanga, apresenta condições agroclimáticas desfavoráveis para a produção de citros, principalmente em condição de sequeiro.

**Palavras-chave:** Citricultura. Bioclima. Produtividade.

## ABSTRACT

Citrus farming is an agricultural industry of great importance for Brazil, and its production contributes significantly to the agribusiness sector in the country, with distribution for both the domestic market and export. Agroclimatic factors, such as temperature, precipitation, humidity and others, play a crucial role in the production of citrus fruits, in this sense, this research aimed to determine the best time for the development and productivity of citrus in the last five years, in the municipality of Votuporanga-SP. The municipality of Votuporanga has unfavorable agroclimatic conditions for citrus production, mainly in rainfed conditions.

**Keywords:** Citrus farming. Bioclimate. Productivity.

## 1. INTRODUÇÃO

O agronegócio brasileiro possui uma grande importância nacional e mundial, cujo destaque é impulsionado pelas pesquisas científicas e tecnológicas, o qual consolida o Brasil como um dos maiores produtores e exportadores de alimento no mundo (ZANUZZI et al., 2021). Os cítricos, são umas das frutíferas mais importantes e são cultivadas globalmente, cuja produção situa-se em torno dos 100 milhões de toneladas. Dentre as espécies cítricas, o Brasil é o país que mais produz laranjas e sucos de laranja em todo o mundo, a China se destaca como a maior produção de toranjas e tangerinas, e o México na produção de limões e limas (FAO, 2021; USDA, 2023). Em território nacional, o estado de São Paulo com 77,5%, destaca-se com a maior produção de citros, seguido por Minas Gerais com 5,6% e Paraná com 4,6% (IBGE, 2019; SILVA-DE PAULA et al., 2022).

Devido à sua extensão global e valor econômico, os gêneros *Citrus* são os mais conhecidos da família Ruteaceae, que se destaca na indústria farmacêutica, cosmética e alimentícia, distinguindo seu consumo in natura ou processado, bem como na fabricação de óleos essenciais e vitamina C (ácido ascórbico) (CARVALHO et al., 2021; APPELHANS et al., 2021). Além disso, nos citrinos contêm uma ampla gama de metabólitos primários, incluindo aminoácidos, ácidos orgânicos e açúcares; metabólitos secundários, dos quais incluem carotenóides, polifenóis, como flavonoides, e compostos voláteis (TIETEL et al., 2020).

Os citros, caracterizam-se por plantas frutíferas que se adaptam a diversas classes de solos, desde que o mesmo seja fértil, profundo e bem drenado (KRUG et al., 2023). Ainda, podem ser cultivadas em diferente zonas climáticas variando desde temperada, tropical, subtropical, árida e semiárida (PASSOS et al., 2018), contudo, as condições ambientais exercem grande influência no vigor e longevidade das plantas, principalmente durante os estágios de crescimento da planta, especificamente na frutificação, que afetam a qualidade e a quantidade de frutos (RASEIRA et al., 2023). O clima é considerado o fator mais importante para a produção de citrinos no mundo, dos quais, suas alterações causam efeitos deletérios na floração e em frutos jovens que ocasionam a morte, e em frutos maduros geralmente são danificados quando são submetidos a temperaturas elevadas ou a geada (COSTA et al., 2019).



A temperatura elevada em conjunto com os outros fatores, pode causar queimaduras solares, quebra de metabólitos, retardamento vegetativo da planta, abortamento de folhas, flores e frutos, durante a fase da colheita, a temperatura pode acelerar ou retardar este processo e diminuir a acidez dos açúcares totais, a rigidez dos frutos e o amolecimento da polpa, o que limita o rendimento e a qualidade da colheita. Como resultado, a temperatura mínima normalmente excede  $-4^{\circ}\text{C}$ , e a temperatura ideal é de  $25$  a  $30^{\circ}\text{C}$ , onde a fotossíntese ocorre mais rapidamente, já a temperatura máxima é acima de  $35^{\circ}\text{C}$  (ABOBATTA, 2019).

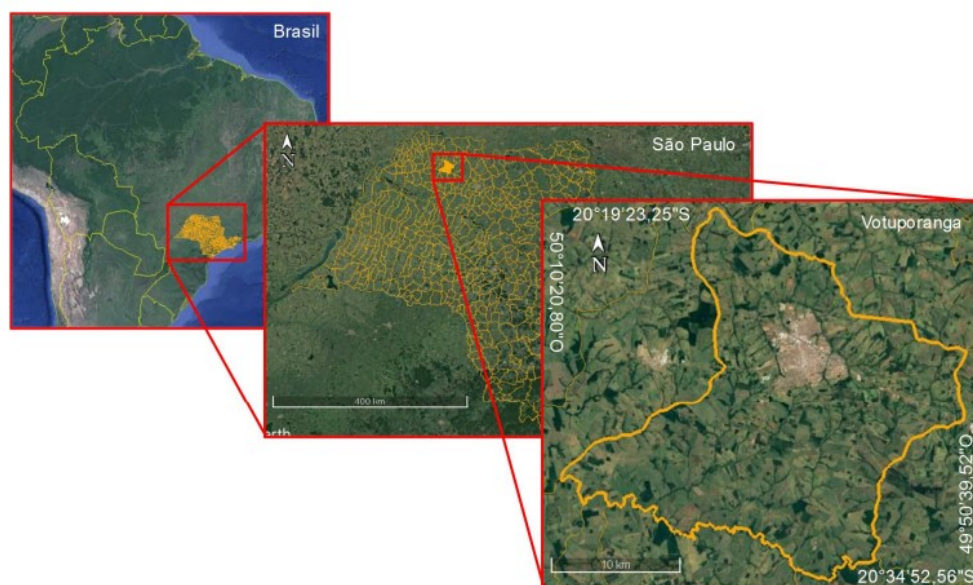
No geral, a altitude adequada para os citrinos varia em torno de  $20$  a  $500$  m e desenvolve bem em regimes pluvial com uma distribuição anual de  $1.000$  a  $1.800$  mm. No entanto, em precipitações inferiores a  $700$  mm, como ocorrem no semiárido brasileiro, é necessário a suplementação desse déficit hídrico com irrigação, já a umidade relativa varia aproximadamente em torno de  $80\%$ . Apesar disso, não há limitação climática para a citricultura no Brasil, cujas, as condições climáticas são considerados fatores estratégicos para a produção de citros, o que os torna altamente competitivo e alavanca a produção em cenário global (RIBEIRO et al., 2006; MACEDO JUNIOR et al., 2009; PASSOS et al., 2018; BORGES et al., 2021).

O município de Votuporanga é comumente conhecido pelas condições climáticas favoráveis à produção agrícola, das quais incluem a citricultura. A região dispõe de um clima tropical com inverno seco e ameno, e verão quente chuvoso, com temperaturas média anual em torno de  $24,4^{\circ}\text{C}$ , precipitação média de aproximadamente  $1.298$  mm por ano (RIBEIRO et al., 2006; BERTOLOZZI, 2019; CHIODI et al., 2021). Analisar os fatores bioclimáticos é essencial para a produção citrícola, pois o diagnóstico bioclimático leva em consideração diversos fatores, como temperatura, precipitação e umidade, para determinar a aptidão de uma região para a produção de citros. Assim, mediante os indicadores climáticos ótimos para o desenvolvimento e produtividade dos citros no município de Votuporanga, objetivou-se neste trabalho avaliar a sustentabilidade agroclimática para produção de citros por meio de um estudo visando a identificação da época favorável para maior desenvolvimento e produtividade de citros neste município.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Para condução da pesquisa, recorreu-se ao estudo dos elementos climáticos durante o quinquênio 2017-2021, referentes ao valor médio da Temperatura máxima ( $T_{max}$ -°C), Temperatura mínima ( $T_{min}$ -°C), Umidade relativa do ar (UR-%) e precipitação (P-mm), oriundos do banco de dados meteorológicos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) referente ao município de Votuporanga-SP. Os dados obtidos para o presente estudo referem-se à delimitação do município de Votuporanga, que está situada no noroeste do estado de São Paulo, sobre as seguintes coordenadas geográficas de 20° 25' 13" latitude Sul, 49° 58' 42" longitude Oeste, e uma altitude de 499 metros (Figura 1).

Figura 1 – Delimitação do município de Votuporanga-SP



Fonte: BERTOLOZZI, 2019.

Com vista a identificação do melhor período agroclimático para produção de citros, foram avaliadas as respostas fenológicas em relação às condições meteorológicas por meio da estimativa do crescimento vegetativo (CV), floração (FL), frutificação (FR) e desenvolvimento dos frutos (DF), onde as épocas foram classificadas como favoráveis (F) e desfavoráveis (D) de acordo com os padrões climáticos ideais para o cultivo de citros.

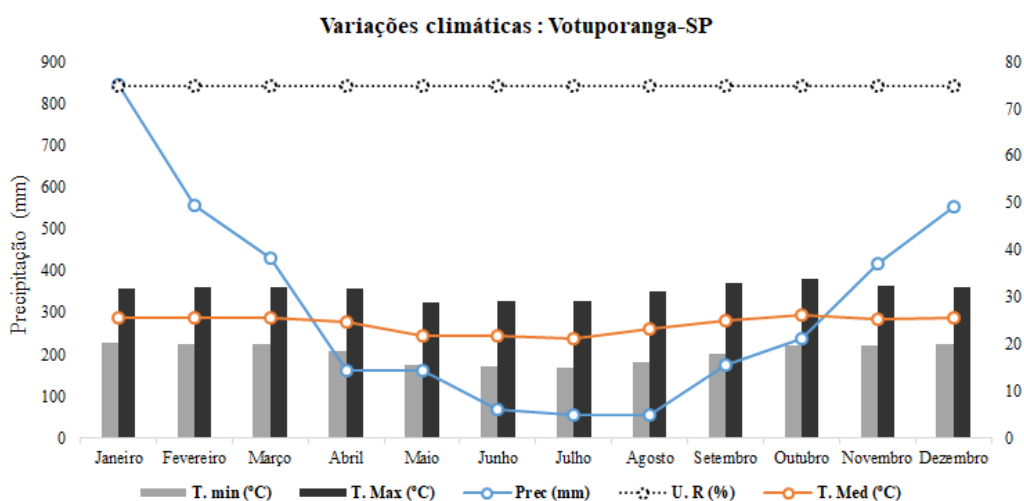
Para caracterização das épocas favoráveis, foram considerados os intervalos climáticos proposto por MATTOS JUNIOR et al., (2005), na qual, refere-se que os citros

desenvolvem-se melhor em climas com temperatura entre 23 e 32 °C, e que acima de 40 °C e abaixo de 13 °C, a taxa de fotossíntese diminui, o que acarreta perdas de produtividade, e a umidade relativa do ar em torno de 60-80%, com uma precipitação ideal de 1500 a 1800 mm, bem distribuídos.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados da variação climática indicam que durante o quinquênio 2017-2021, o município de Votuporanga obteve uma precipitação muito baixa para produção de citros mostrando ser um ambiente desfavorável para o CV, FL, FR e DF (Figura 2).

Figura 2 – Variações climáticas 2017-2021, Votuporanga-SP



No que concerne ao crescimento vegetativo (tabela 1), as variações climáticas do município indicam que os meses de setembro e outubro apresentaram temperaturas relativamente altas e no mês de julho as temperaturas reduziram acentuadamente, interferindo negativamente no desenvolvimento vegetativo dos citros, no entanto, no município apresentou uma umidade relativamente adequada ao CV. Em relação a floração e frutificação, durante todo quinquênio o mês de julho mostrou-se uma época desfavorável para a florescência e posteriormente a frutificação, sendo que nos demais meses do ano, apresentou características agroclimáticas favoráveis para o florescimento e o processo de formação dos frutos.

Os meses de setembro e outubro são desfavoráveis para o desenvolvimento dos frutos porque apresentam temperaturas acima do recomendado. Portanto, o planejamento agroclimático adequado para a produção e o desenvolvimento, deve-se

levar em consideração que as fases de floração e frutificação não ocorrem entre esses meses, sendo assim evita perdas de quantidade e qualidade dos frutos devido aos desnivelamentos térmicos que ocorrem nessa época do ano. Todavia, nos demais períodos do ano o município apresenta características climáticas ideais, exceto a precipitação, para o desenvolvimento dos frutos, dessa forma como alternativa poderia complementar com a irrigação.

Tabela 1. Classificação da viabilidade agroclimática do município de Votuporanga-SP

Mês	CV				FL				FR				DF			
	Tmax	Tmin	UR	P	Tmax	Tmin	UR	P	Tmax	Tmin	UR	P	Tmax	Tmin	UR	P
Janeiro	F	F	F	D	F	F	F	D	F	F	F	D	F	F	F	D
Fevereiro	F	F	F	D	F	F	F	D	F	F	F	D	F	F	F	D
Março	F	F	F	D	F	F	F	D	F	F	F	D	F	F	F	D
Abril	F	F	F	D	F	F	F	D	F	F	F	D	F	F	F	D
Maio	F	F	F	D	F	F	F	D	F	F	F	D	F	F	F	D
Junho	F	F	F	D	F	D	F	D	F	F	F	D	F	F	F	D
Julho	F	D	F	D	F	F	F	D	F	D	F	D	F	F	F	D
Agosto	F	F	F	D	F	F	F	D	F	F	F	D	F	F	F	D
Setembro	D	F	F	D	F	F	F	D	F	F	F	D	D	F	F	D
Outubro	D	F	F	D	F	F	F	D	F	F	F	D	D	F	F	D
Novembro	F	F	F	D	F	F	F	D	F	F	F	D	F	F	F	D
Dezembro	F	F	F	D	F	F	F	D	F	F	F	D	F	F	F	D

CV-Crescimento vegetativo; FL- Floração; FR-Frutificação; DF-Desenvolvimento dos frutos; F- Época favorável e D-Época desfavorável; Tmax- Temperatura máxima em graus Celcius; Tmin- Temperatura mínima em graus Celcius; UR- umidade relativa do ar em percentagem; P- Precipitação em milímetros.

O efeito climático sobre a qualidade dos frutos de citros é basicamente produto das chuvas e do acúmulo de calor da floração até a colheita (AULAR et al., 2017). As áreas cultivadas com precipitações inferiores a requerida, bem como uma distribuição pluviométrica irregular ao longo do ano, resultam em períodos com déficit hídrico, e consequentemente, acarretam o estresse hídrico nas plantas, o que torna-se uma das principais ameaças ao crescimento e produção das culturas mundialmente (KUNERT et al., 2016; VÁZQUEZ et al., 2017). Nesse sentido, pode-se inferir que o município de Votuporanga representa um alto risco de perda de produtividade devido às baixas precipitações que registram ao longo do ano.

O uso de tecnologias agrícolas e o desenvolvimento de cultivares resistentes ao estresse hídrico podem ser uma das alternativas para lidar com os fatores climáticos do

município. A irrigação constitui uma ferramenta indispensável para o incremento da produtividade, e o uso racional dessa ferramenta em pomares cítricos assegura maiores floradas e retenção de frutos, proporcionando inúmeros benefícios (COELHO et al., 2020), por essa razão, pela baixa precipitação verificada ao longo do quinquênio no município (Figura 2), a adoção de sistemas convencionais de irrigação pode favorecer maiores incrementos na produtividade dos frutos.

A ocorrência de temperaturas e precipitações inapropriadas nos meses anteriores à colheita influenciam significativamente no crescimento vegetativo e na produção de frutos, contudo, os impactos mais severos são verificados entre o florescimento e a “queda fisiológica”, comparada com a fase de maturação em que os citros são menos sensíveis a deficiência. Essa deficiência propicia a redução do crescimento dos frutos já desenvolvidos, com alteração de sua qualidade (redução da porcentagem de suco e da acidez) (DOORENBOS; KASSAM, 1994).

Caputo, (2012) avaliando o desempenho horticultural de doze cultivares de laranja, cultivadas na região sudoeste do estado de São Paulo, constatou-se que as laranjeiras apresentam padrões distintos de crescimento vegetativo dependendo do tipo climático da região de cultivo, as plantas vegetam praticamente durante todo o ciclo anual devido às altas temperaturas e à disponibilidade hídrica.

## 4. CONCLUSÕES

O município de Votuporanga não possui condições agroclimáticas favoráveis para produção de citros, principalmente em regime de sequeiro. A adoção de tecnologias de irrigação e o uso de cultivares resistentes à baixa disponibilidade hídrica constitui uma solução.

## REFERÊNCIAS

- ABOBATTA, W.F. Influence of climate change on citrus growth and productivity (effect of temperature). **Adv Agric Technol Plant Sci**, v. 2, p. 180036, 2019.
- APPELHANS, M.S.; BAYLY, M. J.; HESLEWOOD, M.M.; GROppo, M.; VERBOOM, G.A.; FORSTER, P.I.; KALLUNKI, J.A.; DURETTO, M.F. A new subfamily classification of the Citrus family (Rutaceae) based on six nuclear and plastid markers. **Taxon**, v. 70, n. 5, p. 1035-1061, 2021.

- AULAR, J.; CASARES, M.; NATALE, W. Factors affecting citrus fruit quality: Emphasis on mineral nutrition. **Científica**, v. 45, n. 1, p. 64-72, 2017.
- BERTOLOZZI, R. Análise das ilhas de calor urbano no município de Votuporanga-SP= analysis of heat islands in the municipality of Votuporanga-SP. 2019. Mestrado em Ciências ambientais. Universidade Brasil, Fernandópolis-SP, 2019.
- BORGES, A.L.; GIRARDI, E.A.; SOUZA, L.D.S.; LUCIANO, D.S.S. Calagem e adubação para os citros (laranjeiras, limeiras-ácidas e tangerineiras). Recomendações de calagem e adubação para abacaxi, acerola, banana, citros, mamão, mandioca, manga e maracujá, **Embrapa**, v.1, c.9, p165-168,2021.
- CAPUTO, M.M. Avaliação de doze cultivares de laranja doce de maturação precoce na região sudoeste do Estado de São Paulo, 2012. Tese de Doutorado em Fitotecnia- USP. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz- Piracicaba-SP. p.84, 2012.
- CARVALHO, S.A.; GIRARDI, E.A.; MOURÃO FILHO, F.A.A.; FERRAREZI, R.S.; COLETTA FILHO, H.D. Advances in citrus propagation in Brazil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 41(6), e-422, 2019.
- COELHO, E.F.; COELHO FILHO, M.A.; SIMÕES, W.L.; COELHO, Y.S. Irrigação em citros nas condições do nordeste do Brasil. **Citrus Research & Technology**, v. 27, n. 2, p. 0-0, 2020.
- COSTA, L.F.S.; FERREIRA, E.M.; JUNQUEIRA, P.H.; LOBO, L.M.; MUNIZ, C.O.; ISEPON, J.S. Características físicas, químicas e produtividade de laranja ‘Pera’ em função da aplicação de aminoácidos em cobertura. **Revista Trópica: Ciências Agrárias e Biológicas**, v. 10, n. 1, 2019.
- FAO. 2021. **Citrus Fruit Statistical Compendium 2020**. Disponível em :<<http://www.fao.org/economic/est/est-commodities/citrus-fruit/en/>>: Acesso em 12 setembro 2023.
- FURTADO, F. L.; CHIODI, J.E.; PESSOA, Y.C.C.; LIMA, F.M.; OLIVEIRA, A.G. DIAGNÓSTICO BIOCLIMÁTICO PARA PRODUÇÃO DA LARANJA VALÊNCIA NO MUNICÍPIO DE ERECHIM-RS. Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC, p.1-5, 2021.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção Agrícola Municipal. 2019. Disponível:< <https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/1613> >: Acesso em: 08 Setembro de 2023.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa. Disponível em :< <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inmet?r=bdmep/bdmep>>: Acesso em: 06 Setembro de 2023.

- KRUG, A.V.; PAPALIA, D.G.; MARQUES, A.L.L.; HINDERSMANN, J.; SOARES, V.M.; GRANDO, D. L.; MOURA-BUENO, J.M.; TRAPP, T.; ROZANE, D.E.; NATALE, W.; BRUNETTO, G.; Proposition of critical levels of nutrients in citrus leaves, grown in a subtropical climate, for fresh market fruit production, **Scientia Horticulturae**, v.317, 2023.
- KUNERT, K.J.; VORSTER, B.J.; FENTA, B.A.; KIBIDO, T.; DIONISIO, G.; FOYER, C.H. Drought stress responses in soybean roots and nodules. **Frontiers in Plant Science**, 7, 1-7, 2016.
- MACEDO JUNIOR, C.; ASSAD, E.; MARIN, F. Zoneamento agrícola de riscos climáticos da laranja no Estado de São Paulo. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 16. Embrapa Milho e Sorgo, 2009.
- MATTOS JUNIOR, D.; NEGRI, J. D.; FIGUEIREDO, J. O.; POMPEU JUNIOR, J. Citros: principais informações e recomendações de cultivo. São Paulo: Instituto Agrônomo de Campinas, 9 p. (Boletim Técnico, 200), 2005.
- PASSOS, O.S.; BASTOS, J.; GIRARDI, D.; GURGEL, E.; GARCIA, F.; OLIVEIRA, M.V.; FILHO, R.S.; WALTER. Citrus Industry in Brazil with Emphasis on Tropical Areas, 10.5772/intechopen.80213, 2018.
- RASERA, J.B.; SILVA R.F.D.; PIEDADE S.; MOURÃO FILHO F.A.A.; DELBEM, A.C.B.; SARAIVA, A.M.; SENTELHAS, P.C.; MARQUES, P.A.A. Do Gridded Weather Datasets Provide High-Quality Data for Agroclimatic Research in Citrus Production in Brazil? **AgriEngineering**. 5(2), p.924-940, 2023.
- RIBEIRO, R.V.; MACHADO, E.C.; BRUNINI, O. Ocorrência de condições ambientais para a indução de florescimento de laranjeiras no Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.28, p.247-253, 2006.
- SILVA-DE PAULA, M.C.M.; DE CARVALHO, D.U.; DA CRUZ, M.A.; LONGHI, T.V.; TAZIMA, Z.H.; BEHLAU, F.; DE CARVALHO, S.A.; LEITE, R.P.JR. Agronomic Performance of Sweet Orange Genotypes under the Brazilian Humid Subtropical Climate. **Horticulturae**, v.8, p.254, 2022
- TIETEL, Z.; SRIVASTAVA, S.; FAIT, A.; TEL-ZUR, N.; CARMI, N.; RAVEH, E. Impact of scion/rootstock reciprocal effects on metabolomics of fruit juice and phloem sap in grafted Citrus reticulata. **PLoS ONE** 15(1): e 0227192, 2020.
- USDA - UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Citrus: World Markets and Trade. Jul 2023. Disponível em:<<https://www.fas.usda.gov/data/citrus-world-markets-and-trade>>: Acesso em: 09 Set 2023.
- VÁZQUEZ, M.N.; RODRÍGUEZ, J.D.A.; HERNÁNDEZ, M.C.P.; GRANDAL, M.B. Estres hídrico y salino en cítricos. Estrategias para la reducción de danos/water and



saline stress on citrus. Strategies for reducing plant damages. **Cultivos Tropicales**, 38, 65-74, 2017.

ZANUZZI, C.M.S.; FOGUESATTO, C.R.; TONIAL, G.; PIVOTO, D.; SELIG, P.M. Knowledge management practices in an agribusiness chain: differences between farmers who are members of agricultural cooperatives and suppliers of firms. **International Journal of Social Economics**, v. 11, pág. 1629-1645, 2021.

## CAPÍTULO XVI

# A UTILIZAÇÃO DA EICHORNIA CRASSIPES (BARONESA), NA PRODUÇÃO DE COMPOSTOS ORGÂNICOS E BIOSURFACTANTE

## THE USE OF EICHORNIA CRASSIPES (BARONESS), IN THE PRODUCTION OF ORGANIC COMPOUNDS AND BIOSURFACTANT

DOI: 10.51859/AMPLA.MAC3468-16

Ana Paula Barbosa Cavalcanti <sup>1</sup>  
 Itamar Victor de Lima Costa <sup>2</sup>  
 Virginia da Silva Batista <sup>3</sup>  
 Leidson Ramos de Souza <sup>4</sup>  
 Júlio César Vasconcelos dos santos <sup>5</sup>  
 Eliana Cristina Barreto <sup>6</sup>  
 Angelo Just da Costa e Silva <sup>7</sup>

<sup>1</sup> Engenheira Química e Mestranda em Desenvolvimento de Processos Ambientais pela Universidade Católica de Pernambuco - UNICAP, Recife-PE, Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-5001-7082>

<sup>2</sup> Engenheiro Ambiental e Mestrando em Desenvolvimento de Processos Ambientais pela Universidade Católica de Pernambuco. <https://orcid.org/0009-0001-0653-5992>

<sup>3</sup> Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento de Processos Ambientais – UNICAP, Recife-Pe, Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-8007-09>

<sup>4</sup> Engenheiro Ambiental e Mestrando em Desenvolvimento de Processos Ambientais pela Universidade Católica de Pernambuco. ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-5431-578X>

<sup>5</sup> Licenciado em Biologia e Mestrando em desenvolvimento de processos ambientais pela Universidade Católica de Pernambuco. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0776-6493>

<sup>6</sup> Professora Adjunta da Universidade Católica de Pernambuco e Universidade de Pernambuco. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0842-779X>

<sup>7</sup> Professor Assistente da Universidade de Pernambuco e Universidade Católica de Pernambuco. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0759-6439>

### RESUMO

As macrófitas aquáticas são, de forma geral, plantas terrestres, que durante seu processo de evolução, adaptaram-se a ecossistemas aquáticos, apresentando características de vegetais terrestres e uma grande capacidade para adaptação em diferentes ambientes aquáticos. Elas se proliferam em mananciais gerando uma série de perturbações. O resíduo gerado pela retirada pode ser utilizado tanto na compostagem (folhas), onde obteve bons resultados nos parâmetros analisados e também

na produção de biossurfactantes; pois possuem saponinas presente em suas raízes.

**Palavras-chave:** Baronesas. Resíduo. Compostagem. Biossurfactantes. Micelas.

### ABSTRACT

Aquatic macrophytes are, in general, terrestrial plants, which during their evolution process, adapted to aquatic ecosystems, presenting characteristics of terrestrial plants and a great capacity for adaptation in different aquatic

environments. They proliferate in water sources, generating a series of disturbances. The residue generated by the removal can be used both in composting (leaves), where it obtained good results in the analyzed parameters and also in the production of biosurfactants; as they have saponins present in their roots.

**Keywords:** Baronesses. Residue. Composting. Biosurfactants. Micelles.

## 1. INTRODUÇÃO

As macrófitas aquáticas são, de forma geral, plantas terrestres, que durante seu processo de evolução, adaptaram-se a ecossistemas aquáticos, apresentando características de vegetais terrestres e uma grande capacidade para adaptação em diferentes ambientes. Também se caracterizam por serem plantas que habitam desde brejos até ambientes verdadeiramente aquáticos. São de suma importância nos ecossistemas aquáticos, por fornecerem a base da cadeia alimentar de ambientes aquáticos. Além disso, atuam como liberadores de nutrientes, absorvendo os nutrientes do sedimento por suas raízes e liberando-os na água.

As macrófitas apresentam uma alta capacidade filtradora e despolidora dos mananciais, sendo de grande importância em rios e lagoas de uso humano (Pott, 2000).. Entretanto, quando existe alta descarga de matéria orgânica e poluição em mananciais, essa vegetação acaba se proliferando, gerando transtornos nas mais diversas atividades econômicas; como ocorrido nos municípios de Paulo Afonso e Glória na Bahia, onde os prejuízos chegaram na casa dos R\$ 15 milhões (GOIS, Azael 2019).

Essas plantas são retiradas aos montes dos mananciais, como ocorrido no açude de Apipucos onde foram retiradas cerca de 50 toneladas diariamente, e são direcionadas a aterros. Entretanto, se esse resíduo, pode ser aproveitado através de processos simples; tanto as folhas como as raízes.

## 2. MACRÓFITAS

### 2.1. TIPOS

Classificam-se de acordo com sua forma biológica, cujas diferenças estão relacionadas com as adaptações de distribuição e profundidade da água (SILVA, MARQUES E LOLIS, 2012; XAVIER ET AL., 2021).

## 2.2. CLASSIFICAÇÃO DAS MACRÓFITAS AQUÁTICAS DE ACORDO COM SUA FORMA BIOLÓGICA (ESTEVES, 1998; PEDRALLI, 1990):

- **Anfíbia:** capaz de viver tanto em área alagada como fora da água, geralmente modificando a morfologia da fase aquática para a terrestre quando o nível da água baixa;
- **Emergente:** enraizada no sedimento, com uma parte submersa e outra emersa;
- **Flutuante fixa:** enraizada no sedimento, possuindo folhas flutuantes;
- **Flutuante livre:** não enraizada no sedimento, podendo ser levada pela correnteza, pelo vento ou até por animais;
- **Submersa fixa:** enraizada no sedimento, caules e folhas submersos, geralmente emergindo a flor para fora da água;
- **Submersa livre:** não enraizada no fundo, totalmente submersa, geralmente emergindo somente as flores;
- **Epífita:** ocorre sobre outras plantas aquáticas.

## 2.3. QUAIS IMPACTOS CAUSADOS?

### 2.3.1. Impactos positivos:

As macrófitas aquáticas são plantas essenciais ao perfeito equilíbrio dos ambientes aquáticos, dando sustentabilidade a um elevado número de organismo, diminuindo a turbulência das águas e sedimentando os materiais em suspensão, principalmente em locais onde a mata ciliar foi suprimida (MOURA; FRANCO; MATALLO, 2009).

### 2.3.2. Impactos negativos:

A proliferação descontrolada das macrófitas aquáticas é resultado do constante aumento da poluição, com despejo de esgoto doméstico, fertilizantes agrícolas e efluentes industriais diretamente nos corpos hídricos (XAVIER; *et al.* 2021).

### 2.3.3. Casos de proliferação

Diversos casos de proliferação dessa vegetação são registrados todos os anos, causando uma série de transtornos nas mais diversas atividades econômicas que dependem de algum manancial.

Observe a seguir dois casos registrados através dos meios de comunicação e que tiveram certa repercussão:

#### 2.3.4. Baronezas no Açude de Apipucos

O açude de Apipucos fica localizado na porção oeste do Recife, no bairro de Apipucos, Pernambuco. Ele foi construído com o intuito de controlar as enchentes do Rio Capibaribe; sendo posto como sub-bacia do Capibaribe. Sendo rodeado por grandes populações passou a ser alvo de descarte de resíduos e de efluentes domésticos, elevando seus níveis de contaminação (Pedroza-Júnior, H. S, 2015).

Com o elevado nível de poluição a proliferação das Baronezas foi inevitável. Em 2015, a prefeitura da cidade do Recife realizou uma operação de limpeza do açude, retirando diariamente cerca de 50 toneladas de resíduos (Diário de Pernambuco, 2015).

#### 2.3.5. Baronezas em Paulo Afonso e Glória

Esse caso se passou no ano de 2019, no mês de abril e foi registrado pelo CBHSF (Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco).

Gois, Azael (2019), membro da assessoria de comunicação do CBHSF, apurou que diversos transtornos foram causados por causa da proliferação e acúmulo da vegetação ao longo da bacia do rio São Francisco, dentre eles fechamento de grande parte dos estabelecimentos costeiros, queda no turismo, comprometimento da pesca e suspensão do abastecimento de água.

Ainda segundo Gois, Azel (2019), a Associação Aquicultura do Rio São Francisco, o prejuízo acumulado, somando os diversos setores econômicos, supera os R\$ 15 milhões. No município de Glória 27 produtores entre pequenos e médios abandonaram a piscicultura alegando a impossibilidade de repor a produção média.

Esse caso ganhou uma elevada proporção o que levou o Ministério Público Federal (MPF), juntamente com o Ministério Público da Bahia (MPB) a solicitar a inclusão instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (INEMA) e da Empresa Baiana de Águas e Saneamento (EMBASA) numa ação movida pela Instituto Vale do São Francisco (IVASF) (CAVALCANTE, Juciana, 2019).

O resultado foi uma liminar concedida pela justiça federal, levando em consideração o alto risco ambiental e econômico, estipulando um prazo de 20 à 60 dias

para que todos os envolvidos na ação tomassem as providências cabíveis, sob pena de multa diária de R\$ 50 mil (CAVALCANTE, Juciana, 2019).

### 3. SOLUÇÕES PARA O RESÍDUO

Os casos acima demonstram o quanto a proliferação dessa espécie de planta aquática pode gerar transtornos ambientais, econômicos e sociais. Ambos também demonstram a quantidade de resíduo que é gerado. Como visto, no caso de Apipucos, segundo reportagem do Diário de Pernambuco, 50 toneladas foram retiradas diariamente.

Todo esse resíduo retirado tanto no caso de Paulo Afonso e Glória, como no caso do Recife foram destinados a aterros sem terem nenhuma utilização. Entretanto esse resíduo, passando por alguns processos pode ser utilizado como fertilizante orgânico e na produção de biossurfactantes, como será demonstrado a seguir.

#### 3.1. COMPOSTAGEM

Segundo Valente, B.S. *et al* (2019), a compostagem é um processo de decomposição controlada onde microrganismos produzem enzimas que degradam a matéria orgânica, gerando subprodutos, tais como água, amônia, dióxido de carbono e outros compostos orgânicos; além da liberação de oxigênio por ser uma reação exotérmica.

De acordo com ARAÚJO, Camila *et al* (2020), esse processo pode ser aeróbio ou anaeróbio. Ou seja, pode ter a adição ou o regime de oxigênio; com microrganismos que necessitem ou não de oxigênio. Pode existir também a junção dos dois modelos, esse chamado de compostagem mista.

No fim do processo de compostagem é obtido um produto chamado de composto orgânico rico em nutrientes que pode servir de fertilizante para plantas; tendo em vista que os microrganismos necessitam dos mesmos micronutrientes que as plantas (ZUCCONI e BERTOLDI, 1987).

### 3.1.1. Prospecção tecnológica

É interessante dizer que vários países do mundo vêm investindo em tecnologias que melhorem cada vez mais a eficiência e o monitoramento dos processos de compostagem (ARAUJO; CERQUEIRA; CARNEIRO, 2020).

Em uma pesquisa feita no banco europeu de patentes (EPO-Espacenet), entre julho e janeiro de 2019, foram encontradas cerca de 15.170 patentes relacionadas a processos de compostagem. Dentre todos os países o que se destaca é a China com um total de 12.131 patentes, seguida por Japão (561) e República da Coreia (553) (ARAUJO; CERQUEIRA; CARNEIRO, 2020).

O Brasil figurava nas últimas posições com um total de 18 patentes registradas, o que demonstra poucos investimentos em tecnologias voltadas à compostagem; que pode ser um caminho para se utilizar resíduos orgânicos gerados nas mais diversas atividades.

### 3.1.2. Metodologia

Existem diferenças entre a compostagem convencional e compostagem feita com Baronesas. A compostagem feita especificamente com a baronesas possui alguns critérios de manejo. Depois de retirado dos mananciais, os resíduos precisam ser triturados até se transformarem em partículas entre 2 a 5 centímetros. Esse processo ajuda na aceleração da decomposição da matéria.

Após o processo de trituração o resíduo é levado para um espaço coberto onde é montado em pilhas ou leiras, tendo revolvimento diariamente, ajudando na oxigenação da composteira e perda da umidade do material. Isso levará o composto com menos de 50% da umidade para ter uma melhor eficiência na aplicação; caso não seja possível manter o material em um local coberto será necessário proteger com lonas plásticas para evitar o contato com água da chuva, tendo em vista que a baronesa é uma macrófita aquática e naturalmente tem a capacidade de armazenar uma quantidade de água considerável.

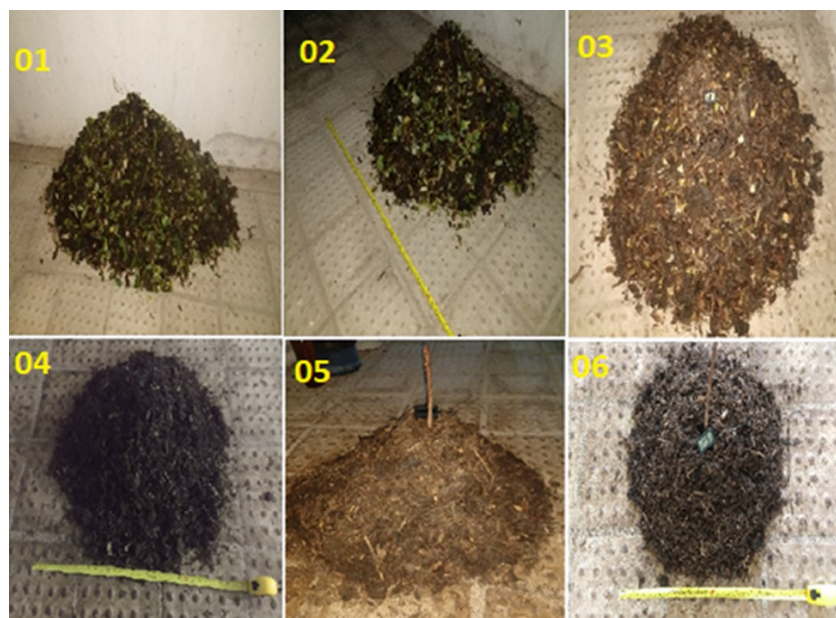
### 3.1.3. Processos de compostagem e eficiência

Num experimento separando 80 kg (oitenta quilogramas) de material para formar a pilha, com 1,40m (um metro e quarenta centímetros) de base e 0,50m



(cinquenta centímetros) de altura, a figura 1 mostra o desenvolvimento da pilha nos 40 dias em que mostra melhor qualidade para aplicação do adubo.

Figura 1 - Formação do composto em pilha.



Fonte: Autoria Própria.

### 3.1.4. Parâmetros

Com aferição de temperatura e revirando a pilha diariamente para influenciar a aeração foi retirado amostras para acompanhamento de PH e perda de umidade. No período dos testes também era verificado os aspectos físicos dessa leira; a cada 10 (dez) dias eram congeladas amostras para verificar os parâmetros químicos apresentados na tabela 1.

Tabela 1 – Parâmetros da composteira

<b>PARÂMETROS DA COMPOSTEIRA</b>				
<b>TEMPO (DIAS)</b>	<b>TEMPERATURA (°C)</b>	<b>VOLUME(M³)</b>	<b>pH</b>	<b>UMIDADE</b>
<b>1</b>	<b>29,3</b>	<b>1,03</b>	<b>7,04</b>	<b>92,60%</b>
<b>40</b>	<b>26,5</b>	<b>0,06</b>	<b>6,52</b>	<b>42,77%</b>
<b>90</b>	<b>25,06</b>	<b>0,03</b>	<b>6,44</b>	<b>42,75%6</b>

Fonte: Autoria Própria.

Conforme a IN SDA N° 23/2005 a umidade máxima 50%, nitrogênio mínimo 1% e PH mínimo 6, no entanto o composto obtido atende aos critérios exigidos na instrução normativa como mostra a tabela 2 abaixo.

Tabela 2 - Resultados da análise química.

RESULTADOS DA ANÁLISE QUÍMICA			
DIAS	MÉTODO	NITROGÊNIO %	POTÁSSIO g/100ml
1	PILHA	0,34%	0,214
40	PILHA	2,74%	0,505
90	PILHA	1,91%	0,292

Fonte: Aatoria Própria.

Com o propósito de aperfeiçoamento do sistema de compostagem, foi utilizado o software PYTHON para criar uma modelagem para os principais parâmetros de uma composteira em pilha ou leira.

Vendo os gráficos de modelagem abaixo tem-se a linha azul como modelo e os pontos vermelhos como experimento, o ideal é que o  $R^2$  se aproxime de 1 para que sua composteira tenha o maior desempenho possível.

Na modelagem da **temperatura** o ideal é que todas as aferições sejam feitas sempre no mesmo horário, pois dependendo da temperatura ambiente vai interferir na temperatura da composteira. A aferição tem que ser feita diariamente e em seguida o revolvimento da pilha para ajudar na aeração até chegar à estabilidade da temperatura da composteira.

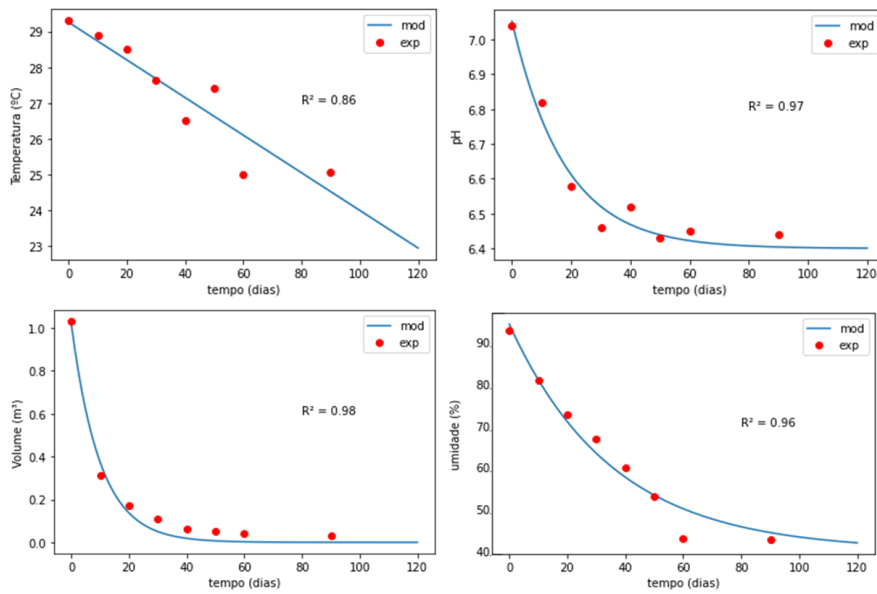
O modelo de **volume** tem uma linha exponencial que vai levar a estabilidade da composteira, com isso a conferência das medidas da composteira tem que ser verificada periodicamente para manter o padrão da modelagem ideal da composteira.

Periodicamente é necessário que o **Ph** da composteira seja verificado para monitorar se o composto estará na faixa de desenvolvimento ideal com sua estabilidade.

O modelo ajuda a prever a **umidade** que a composto vai chegar ao fim do ciclo, com isso é preciso monitorar a característica da umidade da composteira que com a perda da umidade o volume vai reduzindo isso leva a composteira chegar a uma estabilidade sem problemas futuros com o composto.

Os gráficos abaixo mostram eficiência do processo da composteira exclusiva de macrófitas:

Figura 2 - Parâmetros.



Fonte: Autoria Própria.

### 3.1.5. Aplicação

Aplicando o composto em uma horta domiciliar mostra que em pouco tempo já se percebe a diferença do coentro com o uso do adubo, a parte sem adubo onde só tem o solo natural uma parte das sementes do coentro não germinaram, no solo com a aplicação do composto é nítido a eficiência do adubo na germinação das sementes na figura 3 o lado esquerdo mostra o solo natural e o lado direito mostra o solo com a aplicação do adubo orgânico.

Figura 3 - Aplicação.



Fonte: Autoria Própria.

### 3.1.6. Operação

Levando em consideração a simulação acima citada, entendeu-se que a operação para se ter a utilização do resíduo gerado pela retirada das baronesas do manancial deve consistir em quatro etapas básicas, sendo:

- Retirada: A retirada da vegetação pode ser de maneira manual, mecanizada ou ambas, visando minimizar os impactos e ter agilidade na operação;
- Transporte: Após a retirada o resíduo deve ser levado, por caminhões, ou outros veículos que possam fazer o transporte, até a estação de triagem;
- Triagem: Pode-se dizer que a baronesa pode ser dividida em duas partes, as folhas e a raiz. Nesse caso, ambas as partes podem ser utilizadas. Dessa forma, a triagem se caracteriza pela separação das folhas e raízes e também da destinação aos demais resíduos que não podem ser utilizados na compostagem, como plásticos e outros.
- Processos: Depois de feita a triagem as folhas podem ser direcionadas a trituração e compostagem e as raízes para centros de pesquisa para produção e/ou estudo de biossurfactantes.

## 3.2. CONCEITO

Denominam-se biossurfactantes os compostos que são subprodutos metabólicos tanto de origem animal quanto vegetal e que apresentam estrutura e característica análoga aos surfactantes sintéticos. Os biossurfactantes podem ser produzidos por diversos tipos de microrganismo e possuem diferentes propriedades de superfície e estrutura química (ROSSMANN, 2008; KREPSKY, 2004). Os biossurfactantes são capazes de formar diversas estruturas tais como micelas, vesículas esféricas ou irregulares, estruturas lamelares, entre outras (DESAI e BANAT, 1997). As saponinas são uma classe de biossurfactantes que estão presentes em uma ampla variedade de espécies de planta e um exemplo é a *Eichornia crassipes*, conhecida vulgarmente como baronesa, apresentam propriedades surfactantes, ou seja, diminuem a tensão superficial e apresentam alta capacidade de emulsificação, tendo ainda estrutura e característica semelhante aos surfactantes sintéticos. Biossurfactantes são substâncias anfipáticas, podendo sua porção hidrofílica ser constituída de carboidratos,

aminoácidos, ácido carboxílico, álcool, fosfato ou ainda de um peptídeo cíclico. Já sua porção hidrofóbica pode ser constituída por ácidos graxos de cadeia longa, ou de hidroxiácidos, ou ainda por alfa-álquil-beta-hidroxi ácido graxos (PEIXOTO, 2008; LIMA, 2007).

### 3.2.1. Características do biossurfactante

O que determina a capacidade de utilização dos biossurfactantes são três importantes características: a capacidade de formar agregados moleculares (micelas), a sua capacidade de diminuir a tensão superficial e a sua capacidade de emulsificação.

#### ❖ **Formar agregados (MICELAS)**

Na prática, quando os surfactantes são misturados com compostos aquosos a tensão superficial diminui através da presença dessa substância pois as moléculas de surfactantes alongam-se e se arrumam formando agregados a fim de diminuir a repulsão entre os grupos hidrofóbicos e a substância aquosa. A concentração mínima para formação das micelas é justamente o Concentração Micelar Crítica (RIZZATTI; ZANETTE; MELLO, 2009).

#### ❖ **Capacidade de emulsificação**

Refere-se a habilidade que a substância (biossurfactantes) têm em misturar/estabilizar dois líquidos imiscíveis dispersos um sobre o outro, criando uma interface. A interface é estabilizada quando existe a presença de componentes tensoativos no meio, como é o caso dos biossurfactantes (HEERES et al., 2014). Quando acontece a emulsificação a partir de tensoativos, misturas de óleo e água, consiste na inserção do tensoativo ao meio, comumente em agitação, com concentrações acima da concentração micelar crítica (CMC). O tensoativo é então encaminhado para superfície óleo-água originada pela agitação, produzindo a diminuição da quantidade de micelas e formando uma camada de tensoativo sobre as gotículas formando assim a emulsão.

#### ❖ **Possui a capacidade de reduzir a tensão superficial**

A tensão superficial é outra importante propriedade desse composto que pode ser definido como a falta de equilíbrio nas ligações entre as moléculas em uma superfície, variando de acordo com o volume do líquido e o número de moléculas tensoativas presente ao meio. Os biossurfactantes são substâncias adsorvente graças à

sua natureza hidrofóbica-hidrofílica, que termodinamicamente diminuem a energia livre da superfície por unidade de área necessária para criar uma nova superfície, a quantidade está diretamente associada à tensão superficial e interfacial (JAHAN et al., 2020).

### 3.2.2. Vantagens

Por agredir o meio ambiente e a saúde da população por meio de contaminação, vem se buscando alternativas para substituir os surfactantes sintéticos e uma saída é o investimento biotecnológico na produção de biosurfactantes, pois eles revelaram ter características e eficiência bem semelhantes aos sintéticos (Nitschke e Pastore, 2002; Mulligan et al., 2014). Algumas das vantagens da substituição são:

- Ter baixa toxicidade, tornando o produto mais seguro para ser usado na indústria farmacêutica, alimentícia etc;
- Alta biodegradabilidade, os micro-organismos conseguem com mais facilidade ter os biosurfactantes como substrato para obtenção de energia ao invés dos surfactantes sintéticos;
- Possui maior tolerância a condições adversas como: temperatura, pH e força iônica;
- Ser produzido através de fontes renováveis e resíduos agroindustriais;
- Utilizado para fazer a biorremediação em locais que sofreram impactos ambientais.

### 3.2.3. Biosurfactantes de baronesa para a biorremediação de áreas contaminadas

O maior mercado para biosurfactantes está na indústria petrolífera, onde podem ser amplamente utilizados na recuperação avançada de petróleo (MEOR - Microbial Enhanced Oil Recovery), na remoção e mobilização de resíduos oleosos, na tecnologia de biorremediação e na remoção de metais pesados (ALMEIDA et al., 2016).

A remediação de áreas poluídas por petróleo tornou-se uma necessidade, abrindo caminho para o desenvolvimento de tecnologias mais ecológicas para eliminar contaminantes. A biorremediação é um conjunto de tecnologias que permite a biodegradação de contaminantes dispersos incorretamente no meio ambiente. Os

biossurfactantes têm sido aplicados com sucesso como agentes de remediação em ambientes aquáticos e terrestres (SILVA FILHO *et al.*, 2020)

Os estudos dos biossurfactantes começaram em 1960 e a utilização destes compostos se estendeu nas últimas décadas como uma alternativa atraente aos surfactantes sintéticos aliada às preocupações ambientais e à nova legislação de controle ambiental (SILVA *et al.*, 2014).

O aguapé (*Eichhornia crassipes*) é uma macrófita aquática pertencente à família Pontederiaceae. Esta espécie possui importância ecológica porque possui a capacidade de atuar como biofiltro, acumular metais pesados e produzir compostos de interesse biotecnológico (Almeida *et al.*, 2015). Assim, considerando a ampla distribuição desta espécie e seu caráter renovável, trabalhos estão sendo desenvolvidos para investigar suas propriedades tensoativas para utilização desta macrófita na aplicação de remediação de poluentes hidrofóbicos (SILVA FILHO., *et al* 2020).

O biossurfactante *Eichhornia crassipes* apresentou excelentes resultados, com valores de tensão superficial inferiores a 25,00 mN/m em todas as condições avaliadas de pH, salinidade, temperatura e tempo de aquecimento a 90 °C, demonstrando a alta estabilidade do biotensoativo no estudo.

A Concentração Micelar Crítica do biossurfactante vegetal foi de 1,4 kg/m<sup>3</sup>, e a tensão superficial foi de 25,84 mN/m naquele ponto. Os índices de emulsificação obtidos foram promissores para todos os óleos, principalmente para o óleo de motor, atingindo quase 70,0% de emulsificação. Estes resultados estão dentro da faixa de índice de emulsificação de 32% a 100% encontrada por Almeida *et al.* (2017) com uso de biossurfactantes vegetais. Além disso, as atividades de emulsificação são significativas quando comparadas às relatadas por Lima *et al.* (2016), utilizando *Eichhornia crassipes* (Mart.) coletadas de águas contaminadas com óleo, para avaliar seu potencial para produção de biossurfactantes, obtiveram redução da tensão superficial para 51,03 mN/m e índice de emulsificação de 52,0 % (SILVA FILHO., *et al* 2020).

A capacidade de um biossurfactante dispersar óleos é de extrema importância no tratamento de ambientes contaminados por hidrocarbonetos, pois esta propriedade acelera a mobilização do óleo ao romper as gotículas, aumentando a área superficial do óleo em contato com microrganismos degradantes (FREITAS *et al.* , 2016). O



biossurfactante contido no extrato da planta *E. crassipes* apresentou resultados consideráveis com percentuais de 100% de dispersão de manchas de óleo em água do mar de forma semelhante ao biossurfactante bruto de *Candida guilliermondii* UCP0992 estudado por (SARUBBO et al., 2016).

As propriedades tensoativas bem como os resultados de remoção dos petroderivados acima mencionados demonstraram a viabilidade de aplicação deste biossurfactante vegetal como aditivo aos processos de remediação. O extrato vegetal apresentou concentração significativa de saponina. O biossurfactante de *Eichhornia crassipes* é caracterizado como um ácido graxo insaturado contendo hidroxila (SILVA FILHO., et al 2020).

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como visto acima, a *Eichornia crassipes* (Baronesa) possui uma função muito importante nos ecossistemas aquáticos. Em contrapartida, ações antrópicas causam a proliferação e conseqüentemente vários transtornos tais como o bloqueio do abastecimento, fechamento de pontos turísticos, dificuldades na pescam entre outros.

A retirada dessa vegetação gera toneladas de resíduos. Resíduos esses que são direcionados a aterros sanitários; em alguns casos para lixões. Entretanto, como visto acima as folhas apresentaram bom rendimento na produção de biocompostos (fertilizantes), através do processo de compostagem. Como também as raízes na produção de biossurfactantes, que através de testes se mostraram com potencial de redução da tensão superficial e alto potencial de emulsificação.

#### REFERENCIAS

ARBER, A. Water plants: a study of aquatic angiosperms. Cambridge: Cambridge University Press, 1920.

BARONESAS são retiradas do Açude de Apipucos. Disponível em: <https://www.diariodepernambuco.com.br/noticia/vidaurbana/2015/05/barone-sas-sao-retiradas-do-acude-de-apipucos.html>. Acesso em: 3 out. 2023.

DE OLIVEIRA ARAÚJO, Camila Cruz; CERQUEIRA, Gabriela Silva; CARNEIRO, Cristine Elizabeth Alvarenga. Prospecção Tecnológica para Processos de Compostagem de Resíduos Orgânicos. Cadernos de Prospecção, v. 13, n. 4, p. 1177-1177, 2020.

- Desai, J. D.; Banat, I.M.; *Microbiol. Mol. Biol. Rev.* 1997, 61, 47. ESTEVES, F. A. *Fundamentos de Limnologia*. 2ª edição. Interciência: Rio de Janeiro – RJ. 1998.
- HEERES, A. S. et al. *Microbial advanced biofuels production: Overcoming emulsification challenges for large-scale operation. Trends in Biotechnology*, v. 32, n. 4, p. 221–229, 2014.
- HERBETS, Ricardo André et al. *Compostagem de resíduos sólidos orgânicos: aspectos biotecnológicos. Revista Saúde e Ambiente*, v. 6, n. 1, p. 41-50, 2005.
- HUTCHINSON, G.E. *A treatise on limnology. Limnological botany*. New York: John Wiley & Sons, 1975. v. 3, 660p.
- IRGANG B. E.; PEDRALLI, G.; WAECHTER, J. L. *Macrófitas aquáticas da Estação Ecológica do Taim, Rio Grande do Sul, Brasil. Roesleria*, v. 6, n. 1, p. 935 – 404, 1984.
- JAHAN, R. et al. *Biosurfactants, natural alternatives to synthetic surfactants: Physicochemical properties and applications. Advances in Colloid and Interface Science*, v. 275, 2020.
- KREPSKY, Natascha. *Produção de Biossurfactantes por Consórcio Bacterianos Hidrocarboclasticos*. 2004. 140p. Dissertação (Mestrado). *Biologia Marinha Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, Niterói*, 2004.
- Leidson Ramos de Sousa(1)Elisabeth Laura Alves de Lima(2)Sérgio Carvalho de Paiva(3)Valderice Pereira Alves Baydum(4), III-005 - PRODUÇÃO DE COMPOSTO ORGÂNICO A PARTIR DA BIOMASSA DA PISTIA STRATIOTES (ALFACE D'ÁGUA): ESTUDO DE CASO AÇUDE XARÉU, FERNANDO DE NORONHA (PE), ABES 2023.
- LIMA, Crintian Jacquer Bolner. *Produção de biossurfactantes por Pseudomonas aeruginosa empregando óleo de soja residual*. 2007. 190p. tese (Doutorado). Apresentada ao programa de Pós-Graduação em Engenharia Química- Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais, Uberlândia, 2007.
- MOURA, M. A. M.; FRANCO, D. A. S.; MATALLO, M. B. *Manejo integrado de macrófitas aquáticas. Divulgação Técnica Biológico, São Paulo*, v. 71, n. 1, p.77-82, 2009.
- MULLIGAN, C. N.; SHARMA.S. K.; MUDHOO, A.; MAKHIJANI, K. *Green chemistry and biosurfactant research*. In: MULLIGAN, C. N.; SHARMA.S. K.; MUDHOO, A. (ed.). Taylor & Francis Group, 2014. *Biosurfactants: Research Trends and Applications*. Ch. 1, p. 1-30.
- NITSCHKE, M.; PASTORE, G. M. *Biossurfactantes: propriedades e aplicações. Química Nova*. v. 25, n. 5, p. 772- 776, 2002.
- PEDRALLI, G. *Macrófitas Aquáticas: Técnicas e Métodos de Estudos. Estudos de Biologia*. n. 26, Curitiba: EDUCAR, 24p. 1990.

- PEDRALLI, G. Macrófitas aquáticas: técnicas e métodos de estudos. Est. Biol., v. 26, p. 5-24, 1990.
- PEDROZA-JÚNIOR, H. S. et al. TÍTULO: OFICINAS DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL E SUSTENTABILIDADE PESQUEIRA NO AÇUDE DE APIPUCOS, REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE.
- PEIXOTO e MELO. Bioprosperação de microrganismos do gênero Pseudomonas produtores de biossurfactantes, 2008. 98p. Dissertação (Mestrado)-Instituto de Ciências Biomédicas- Universidade de São Paulo, São Paulo, São Paulo, 2008.
- PÉREZ, G.R. Fundamentos de limnologia neotropical. Medellín: Editora da Universidade de Antioquia, 1992. 529 p.
- PIRES, Isabela Cristina Gomes; DA ENCARNAÇÃO FERRÃO, Gregori. Compostagem no Brasil sob a perspectiva da legislação ambiental. 2017.
- POTT, Vali Joana, Arnildo Pott. Plantas Aquáticas do Pantanal. Brasília : Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000.
- RIZZATTI, I. M.; ZANETTE, D. R.; MELLO, L. C. Determinação potenciométrica da concentração micelar crítica de surfactantes: uma nova aplicação metodológica no ensino de química. Química Nova, v. 32, n. 2, p. 518–521, 2009.
- ROSSMANN, Maíke. Otimização da produção e Propriedades Tensioativas de Biossurfactantes em meio a base de melão e maniveira. 2008. 112p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, Viçosa, 2008.
- SILVA, D. S.; MARQUES, E. E.; LOLIS, S. F. Macrófitas aquáticas: “vilãs ou mocinhas”? Interface. n. 4, 2012.
- SILVA FILHO, Alexandre A.P et al. Application of Biosurfactant Obtained from Eichhornia Crassipes in the Removal of Petroderivate in Sand and Water from the Sea. CHEMICAL ENGINEERING, v. 79, 2020.
- THOMAZ, S. M.; ESTEVES, F. A. Comunidades de macrófitas aquáticas. In: ESTEVES, F. A. (Org.). Fundamentos de limnologia. Rio de Janeiro: Interciência, 2011. 790 p.
- WETZEL, R. G. Limnologia. Barcelona: Ediciones Omega, 1981. 679 p.
- XAVIER, J. O.; CAMPOS, M. C. S.; RIBEIRO, S. T. M.; MOTA, H. R. Macrófitas Aquáticas. Caracterização e importância em reservatórios hidrelétricos. Cemig. Belo Horizonte. 2021. 96p.
- XAVIER, Juliana; et al. Macrófitas Aquáticas- Caracterização e Importância em Reservatórios Hidrelétricos. 1ª Edição, Belo Horizonte: Cemig 2021.

## CAPÍTULO XVII

INFLUÊNCIA DA LUMINOSIDADE NA GERMINAÇÃO  
EM SEMENTES DE CINCO ESPÉCIES AGRICULTÁVEISINFLUENCE OF LUMINOSITY IN THE GERMINATION OF  
SEEDS OF FIVE AGRICULTURAL SPECIES

DOI: 10.51859/AMPLA.MAC3468-17

Andressa Morais Amâncio <sup>1</sup>  
Jéssica Figuera Oliveira <sup>2</sup>  
Bruno Oliveira Cardoso <sup>3</sup><sup>1</sup> Graduada em Licenciatura em Ciências Biológicas. Universidade do Estado da Bahia – UNEB<sup>2</sup> Mestranda em Modelagem e Simulação de Biosistemas. Programa de Pós-Graduação em Modelagem e Simulação de Biosistemas – UNEB<sup>3</sup> Mestrando em Modelagem e Simulação de Biosistemas. Programa de Pós-Graduação em Modelagem e Simulação de Biosistemas – UNEB

## RESUMO

A incidência ou ausência de luz também exerce um impacto significativo na germinação, bem como no subsequente crescimento e desenvolvimento das plântulas. A pesquisa foi realizada no Laboratório II de Ciências Biológicas, do Departamento de Ciências Exatas e da Terra "DCET", Universidade do Estado da Bahia, em Alagoinhas - BA, entre fevereiro e março de 2020. Foram estudadas cinco espécies sendo elas: (*Lactuca sativa* L.), de nome comum alface-cultivada, (*Coriandrum sativum* L.), de nome comum coentro, (*Zea mays* L.), de nome comum milho-verde, (*Phaseolus vulgaris* L.), de nome comum feijão-comum e (*Piper nigrum* L.), de nome comum pimenta-preta. Para conduzir o experimento, foram utilizadas 30 sementes de cada espécie e foram cultivadas em caixas de papelão, utilizando algodão como substrato e sendo irrigadas com água por meio de um borrifador. Além disso, foi aplicado um método de interferência, no qual uma das caixas foi mantida sob condições de iluminação, enquanto a outra foi cultivada em total ausência de luz. Os resultados das análises do experimento revelam algumas diferenças significativas no processo de germinação das sementes sob diferentes condições de luz. Notou-se que as sementes cultivadas na ausência de luz germinaram de

maneira mais rápida em comparação com as sementes cultivadas sob a presença de luz. No experimento, ficou claro que as plantas cultivadas na ausência de luz não realizaram a síntese de clorofila, uma vez que a produção de clorofila é estimulada quando os fitocromos estão na forma ativa (fve).

**Palavras-chave:** Fisiologia Vegetal. Fitocromo. Plântula. Radícula.

## ABSTRACT

The incidence or absence of light also has a significant impact on germination, as well as the subsequent growth and development of seedlings. The research was accomplished at Laboratory II of Biological Sciences of the Department of Exact and Earth Sciences "DCET", Bahia State University, in Alagoinhas - BA, between February and March 2020. Five species were studied: (*Lactuca sativa* L.), common name cultivated lettuce, (*Coriandrum sativum* L.), common name coriander, (*Zea mays* L.), common name green corn, (*Phaseolus vulgaris* L.), common name common bean and (*Piper nigrum* L.), common name black pepper. To conduct the experiment, 30 seeds of each species were used and were grown in cardboard boxes, using cotton as substrate, and irrigated

with water using a spray bottle. while the other was grown in total absence of light. The result of the experiment analyses reveal some significant differences in the seed germination process under different light conditions. It was noted that seeds grown in the absence of light germinated faster compared to seeds grown in the presence of light. In the experiment, it was

clear that plants grown in the absence of light did not carry out chlorophyll synthesis, since chlorophyll production is stimulated when phytochromes are in the active form (fve).

**Keywords:** Plant Physiology. Phytochrome. Seedling. Radicle.

## 1. INTRODUÇÃO

De acordo com Souza (2008), a germinação é um fenômeno biológico que os botânicos podem descrever como o reinício do crescimento do embrião, seguido da ruptura da camada protetora pelo crescimento da radícula. No entanto, do ponto de vista dos especialistas em tecnologia de sementes, a germinação é definida como o processo no qual as estruturas vitais do embrião emergem e se desenvolvem, demonstrando sua habilidade de originar uma plântula saudável quando exposto a condições ambientais favoráveis.

Para Popinigis (1985), a germinação das sementes é influenciada pela combinação do seu estado fisiológico e das condições ambientais, sendo que cada tipo de planta requer condições específicas em relação à quantidade de água, temperatura, exposição à luz e profundidade de plantio para que o processo de germinação ocorra com sucesso.

De acordo com Ghera *et al.*, (1992), a germinação representa um conjunto de processos fisiológicos que se inicia com a embebição e culmina na protrusão da radícula, constituindo a fase mais vulnerável e crucial no ciclo de vida das plantas. No entanto, esse processo germinativo pode ser influenciado por fatores tanto internos (inerentes à própria semente, como longevidade e viabilidade) quanto externos (condições ambientais, incluindo luz, temperatura, disponibilidade de água e oxigênio).

A presença ou ausência de luz também exerce um impacto significativo na germinação, bem como no subsequente crescimento e desenvolvimento das plântulas, conforme destacado por Socolowski e Takaki (2007). De acordo com Floss (2006), a ocorrência de crescimento requer uma taxa de fotossíntese superior à taxa de respiração, ressaltando assim a importância da luz para permitir que as plantas realizem

a fotossíntese, assegurando tanto a germinação das sementes quanto o seu crescimento.

Existem diferentes respostas das sementes à luz durante o processo de germinação. Algumas espécies necessitam da presença de luz para germinar, o que é conhecido como fotoblastismo positivo, conforme observado por Labouriau (1983). Em contrapartida, em outras espécies, o comportamento germinativo é mais favorável na ausência de luz, sendo denominado fotoblastismo negativo.

Além dessas categorias, há sementes que são indiferentes à luz, ou seja, não apresentam sensibilidade à sua presença ou ausência. A maioria das sementes cultivadas tem a capacidade de germinar tanto na presença quanto na ausência de luz, embora sementes não fotoblásticas possam requerer a presença de luz quando mantidas em condições ambientais desfavoráveis (FLORIANO, 2004).

O fato de as plantas responderem a estímulos luminosos indica sua capacidade de perceber a luz, e esse processo é mediado pelo fotorreceptor chamado fitocromo. O fitocromo é um pigmento proteico fotorreceptor que tem uma alta absorção de luz nas faixas vermelha e vermelho-distante, mas também é sensível à luz azul. Esse fotorreceptor desempenha um papel crucial no desenvolvimento vegetativo e reprodutivo das plantas, influenciando eventos como a germinação de sementes e o processo de floração, como mencionado por Taiz e Zeiger (2013).

Portanto, a luz é um fator ambiental essencial para o desenvolvimento das plantas, pois suas variações e intensidades têm um impacto direto nas diferentes etapas do ciclo de vida das plantas, afetando sua capacidade de crescer, florescer e se reproduzir de maneira eficaz (AMARAL, 2011). Este trabalho avaliou o processo de germinação das sementes de cinco espécies agricultáveis, cultivadas na presença e na ausência de luz conferindo os efeitos do método de interferência utilizando no processo as respectivas diásporas de (*Lactuca sativa* L.), (*Coriandrum sativum* L.), (*Zea mays* L.), (*Phaseolus vulgaris* L.) e (*Piper nigrum* L.).

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. SUCESSO PROPAGATIVO E SUA RELAÇÃO COM O CONHECIMENTO DA GERMINAÇÃO DAS DIÁSPORAS

É de grande importância conduzir estudos que ofereçam informações sobre a qualidade das sementes, especialmente no que se refere à padronização e ao aprimoramento de métodos de análise mais eficientes (BRASIL, 1992). A avaliação da qualidade das sementes é realizada por meio da adoção de metodologias padronizadas, que incluem testes de germinação, pureza, vigor e sanidade (COPELAND; MCDONALD, 1985).

A influência da luz, tanto em termos quantitativos quanto qualitativos, desempenha um papel significativo em muitos aspectos do crescimento e desenvolvimento das plantas (HEYER *et al.*, 1995). A luz é essencial para a germinação de sementes de algumas espécies, que são chamadas de fotoblásticas positivas, enquanto outras são fotoblásticas negativas, ou seja, germinam melhor sob condições de limitação de luz. Existem também as sementes classificadas como indiferentes, que não apresentam sensibilidade à luz. A classificação das sementes com base em sua sensibilidade à luz é fundamental para a condução dos testes de germinação (MAYER; POLJAKOFF-MAYBER, 1989).

O cultivo representa uma das alternativas cruciais para prevenir a extinção de espécies, e a compreensão dos fatores que influenciam o processo de germinação de sementes desempenha um papel fundamental na domesticação e no cultivo (VIEIRA; ALVES, 2003)

Para Nassif *et al.* (1998), dentre os diversos estudos realizados, compreender os fatores que afetam a germinação das sementes desempenha um papel fundamental na compreensão dos mecanismos relacionados à propagação que ocorre em diferentes espécies. Esses fatores são numerosos, mas a luz e a temperatura são amplamente reconhecidas como os mais influentes. Portanto, os estudos básicos sobre germinação de sementes são de grande importância, pois não apenas fornecem orientações para outros estudos, mas também contribuem com informações valiosas para o manejo das culturas agrícolas, proteção das espécies contra a ameaça de extinção, para a



recomposição da paisagem e para a conservação da biodiversidade (ARAÚJO NETO *et al.*, 2003; LABOURIAU, 1983; CABRAL *et al.*, 2003; ANDRADE, 1995).

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada no Laboratório II de Ciências Biológicas, do Departamento de Ciências Exatas e da Terra "DCET", Universidade do Estado da Bahia, em Alagoinhas - BA, entre fevereiro e março de 2020.

Foram estudadas cinco espécies sendo elas: (*Lactuca sativa* L.), de nome comum alface-cultivada, (*Coriandrum sativum* L.), de nome comum coentro, (*Zea mays* L.), de nome comum milho-verde, (*Phaseolus vulgaris* L.), de nome comum feijão-comum e (*Piper nigrum* L.), de nome comum pimenta-preta. As sementes foram adquiridas em uma loja departamental de agropecuária localizada no município de Alagoinhas-BA, no mês de fevereiro de 2020. As sementes foram cultivadas em caixas de papelão, utilizando algodão como substrato e sendo irrigadas com água por meio de um borrifador. Além disso, foi aplicado um método de interferência, no qual uma das caixas foi mantida sob condições de iluminação, enquanto a outra foi cultivada em total ausência de luz.

Para conduzir o experimento, foram utilizadas 30 sementes de milho-verde (*Zea mays* L.), 30 de feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.), 30 de coentro (*Coriandrum sativum* L.), 30 de pimenta-preta (*Piper nigrum* L.) e 30 de alface-cultivada (*Lactuca sativa* L.), distribuídas em ambas as caixas, que foram subdivididas em 5 compartimentos, cada um identificado com o nome da respectiva semente (Figura 1e 2). Após a montagem das caixas e a distribuição das sementes, o experimento foi mantido sob cuidados específicos. As caixas foram irrigadas regularmente com água, e observações foram registradas diariamente, exceto aos sábados e domingos. As sementes não foram desinfestadas e nem foram escarificadas com nenhuma técnica.

Figura 1 – Caixas compartimentadas e identificadas com os devidos nomes das diásporas e seus respectivos tratamentos (com e sem incidência de luz)



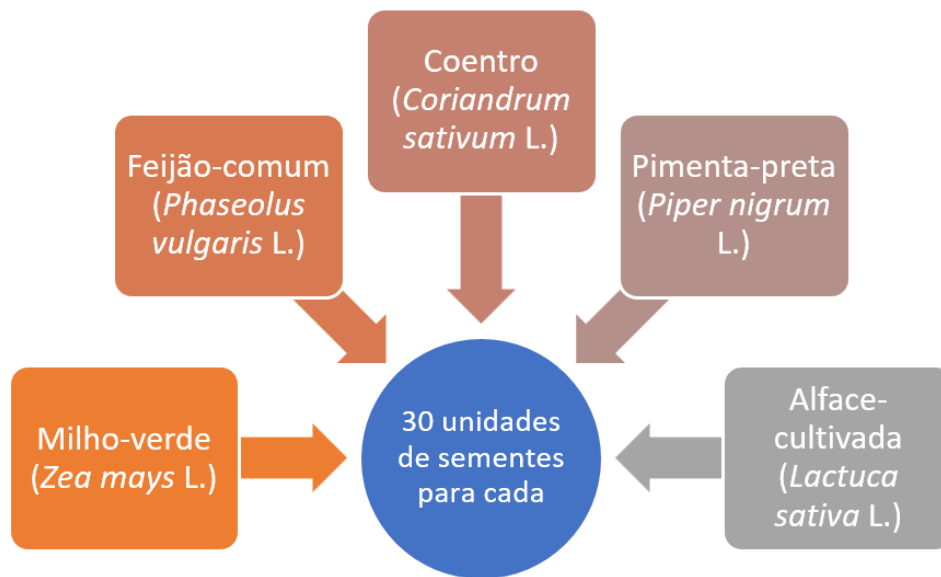
Fonte: Autoral, 2023

Uma das caixas foi mantida na bancada do Laboratório II da Universidade do Estado da Bahia, enquanto a outra foi coberta com papel celofane verde, criando assim um filtro de radiação que permite a passagem de luz na faixa de comprimento de onda entre 480-630 nm, com pico de transmissão na cor verde. Isso foi feito para impedir a entrada de luz do ambiente externo. A caixa coberta foi armazenada dentro de um armário no mesmo laboratório.

As análises foram realizadas no período de 27 de fevereiro a 6 de março de 2020, com registros diários para regar as caixas e observar o potencial de germinação das sementes. O critério de avaliação utilizado foi o aparecimento das estruturas essenciais da plântula em um estágio de desenvolvimento adequado, incluindo a radícula. Foi avaliada a porcentagem de germinação e para ser considerada germinada a semente foi utilizado o critério botânico, protrusão da radícula (LABORIAU, 1983).

O objetivo era analisar o número de sementes germinadas em ambas as caixas, para avaliar os efeitos da interferência da presença e ausência de luz. Os resultados foram posteriormente registrados em uma planilha do Excel para a elaboração de tabelas e gráficos.

Figura 2 - Representação esquemática das sementes escolhidas e sua respectiva quantidade utilizada no experimento



Fonte: Autoral, 2023

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Ao longo do desenvolvimento e da análise laboratorial do experimento para verificar a germinação, ficou evidente que as sementes cultivadas na ausência de luz apresentaram um processo de germinação mais rápido em comparação com as sementes submetidas ao tratamento de presença de luz.

Os resultados das análises do experimento revelam algumas diferenças significativas no processo de germinação das sementes sob diferentes condições de luz. Notou-se que as sementes cultivadas na ausência de luz germinaram de maneira mais rápida em comparação com as sementes cultivadas sob a presença de luz.

Figura 3 - Esquematização dos principais resultados por tipo de semente e seus respectivos tratamentos



Fonte: Autoral (2023)

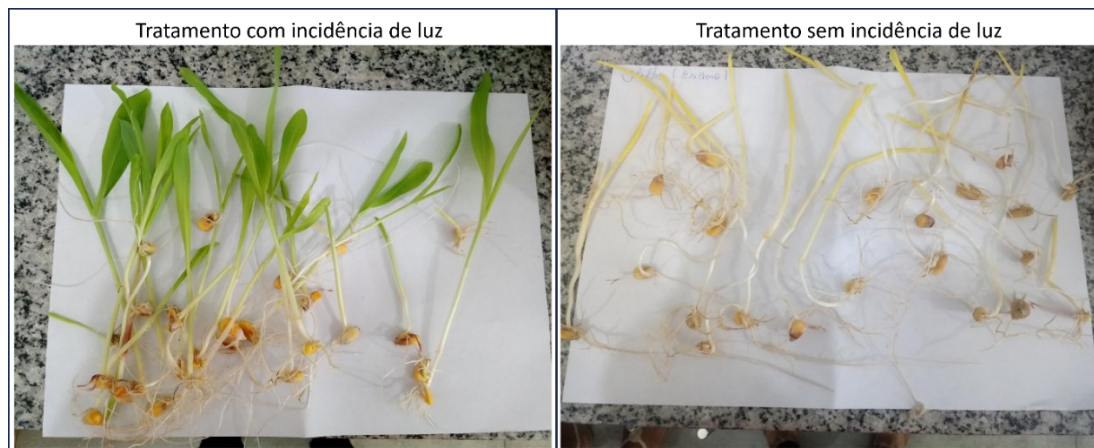
Apesar da maioria das sementes cultivadas sob a presença de luz ter um número maior de sementes germinadas, não houve uma variação significativa nos resultados em relação à quantidade de sementes germinadas. A exceção notável foi a germinação das sementes de coentro, que atingiram 15 sementes germinadas na presença de luz, enquanto nenhuma germinou na ausência de luz. Esta espécie demanda uma exposição adequada à luz solar e seu cultivo deve ocorrer em áreas abrigadas do vento. (GARDÉ; GARDÉ, 1981; SILVA, 1997).

Em todas as culturas, algumas sementes não germinaram, como no caso da pimenta-preta, que não germinou nem sob luz nem na escuridão, e do coentro, que não germinou na escuridão, apesar das condições favoráveis.

Também foi observada uma diferença notável no tamanho e no comprimento das plântulas, com aquelas cultivadas na escuridão apresentando um crescimento maior. Além disso, as plântulas expostas à luz exibiram uma coloração verde, enquanto aquelas cultivadas na escuridão apresentaram uma coloração amarelada. Os caules das

plantas que cresceram na escuridão estavam finos, compridos e enrolados, características típicas de plantas estioladas (Figura 3).

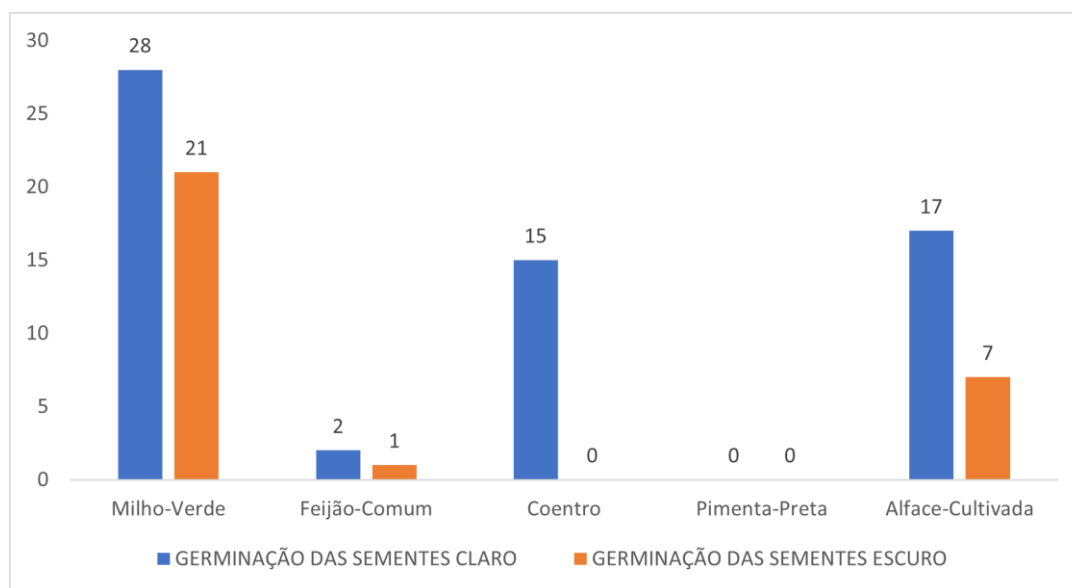
Figura 4 - Plântulas de milho-verde (*Zea mays* L.) cultivadas sob incidência de luz (plântula verde) e na ausência de luz (plântula amarelada opaca).



Fonte: Autoral, 2023

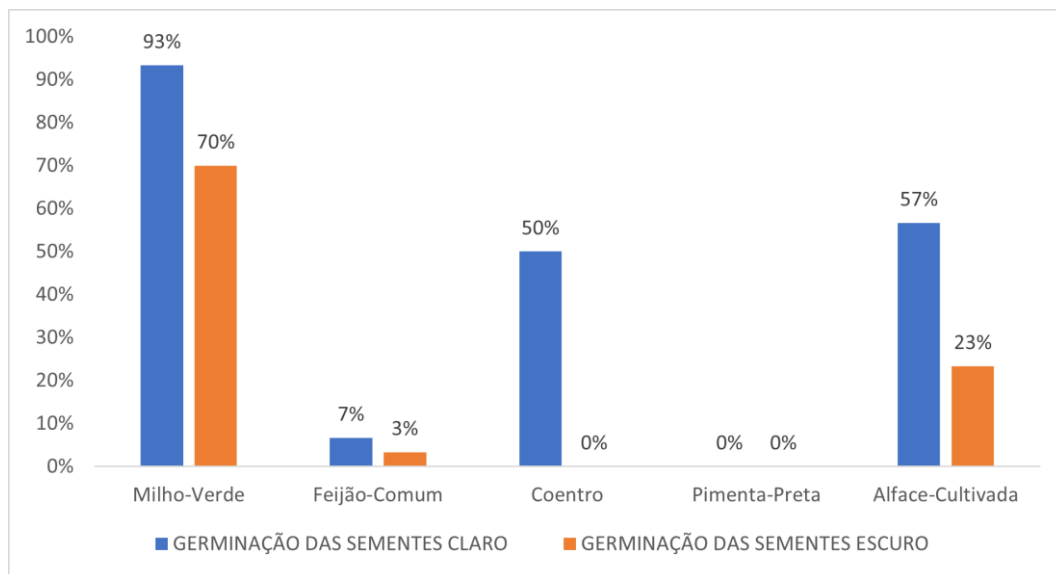
No entanto, em relação à quantidade de sementes germinadas em ambas as caixas, não houve diferença significativa entre os tratamentos, independentemente da exposição à luminosidade. Neste caso, a ausência de luz não afetou a germinação inicial das sementes, mas afetaria seu desenvolvimento posterior, uma vez que as plântulas dependem da luz para produzir seu próprio alimento após o crescimento inicial. Os dados de germinação podem ser visualizados nas figuras 4 e 5.

Figura 4 – Tabulação das cinco espécies de diásporas germinadas



Fonte: Autoral (2023)

Figura 5 – Percentual das cinco espécies de diásporas germinadas



Fonte: Autoral (2023)

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nas análises realizadas, é possível inferir que a embebição é um processo físico que envolve a absorção de água durante a germinação das sementes. Essa absorção de água pode ocorrer tanto em sementes viáveis quanto em sementes não viáveis, o que pode explicar o fato de algumas sementes não terem germinado no experimento.

No experimento, ficou claro que as plantas cultivadas na ausência de luz não realizaram a síntese de clorofila, uma vez que a produção de clorofila é estimulada quando os fitocromos estão na forma ativa (fve), permitindo a absorção de luz na faixa do vermelho e vermelho extremo (600-700nm). Isso justifica a coloração amarelada a esbranquiçado presente nas folhas das plantas germinadas no escuro, uma vez que as folhas das plantas possuem moléculas fotorreceptoras que percebem variações na qualidade e intensidade de luz e desencadeiam respostas que afetam o desenvolvimento das plantas. No escuro, o fitocromo está na forma fv, com pico de absorção no vermelho, enquanto, ao ser exposto à luz, a maior parte das moléculas de fitocromo passa para a forma fve. Assim, a forma inativa se torna ativa quando irradiada com luz vermelha (620 nm), e a forma ativa se torna inativa quando irradiada com luz vermelha-extrema (720 nm).

O fitocromo também influencia o desenvolvimento do caule, que se encontrava enrolado, uma característica de caules com estiolamento, um evento que ocorre devido à falta de luz. Quando a planta está no escuro, ela cresce mais rapidamente em busca de luz, estimulada pelo processo de ápice caulinar, que envolve a ação das auxinas, hormônios que promovem o alongamento celular. A luz inibe a concentração de auxina e promove sua migração para o lado sombreado. Portanto, nos caules, a alta concentração de auxina no lado sombreado resulta em um maior alongamento dessas células em comparação com as do lado iluminado, causando uma curvatura do caule em direção à luz. Além disso, as giberelinas também desempenham um papel estimulando o crescimento e a divisão das células em caules e raízes.

## REFERÊNCIAS

- AMARAL, L. I. V.; Os Hormônios Vegetais, 2011.
- ARAÚJO NETO, J.C., AGUIAR, I.B. & FERREIRA, V.M. 2003. Efeito da temperatura e da luz na germinação de sementes de *Acacia polyphylla* DC. *Revista Brasileira de Botânica*, 26(2): 249-256.
- ANDRADE, A.C.S. Efeitos da luz e da temperatura na germinação de *Leandra breviflora* Cong., *Tibouchina benthamiana* Cong., *Tibouchina grandifolia* Cong. e *Tibouchina moricandia* (DC) Baill. (Melastomataceae). *Revista Brasileira de Sementes*, Brasília, v.17, n.1, p.29-35, 1995.
- BRASIL, Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária. Regras para análise de sementes. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV. 1992. 365p.
- CABRAL, E.L., BARBOSA, D.C.A. & SIMABUKURO, E.A. 2003. Armazenamento e germinação de sementes de *Tabebuia aurea* (Manso) Benth. & Hook. f. ex. S. Moore. *Acta Botanica Brasilica*, 17(4): 609-617.
- COPELAND, L.O.; McDONALD, M.B. Principle of seed science and technology. New York: Chapman & Hall, 1985. 409p.
- FLORIANO, E. P. Germinação e dormência de sementes florestais. Caderno Didático nº 2, 1ª ed./ Eduardo P. Floriano. Santa Rosa, 2004.
- FLOSS, E. L. Fisiologia das plantas cultivadas: o estudo do que está por trás do que se vê. 3. ed. Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, 2006.



- GARDÉ, A.; GARDÉ, N. Culturas Hortícolas. 5ª Edição Clássica. Lisboa, George, E., Post, M.D., D.D.S. & L.L.D. (1932). Flora of Syria, Palestine and Sinai. Volume 1, American University of Beirut. Beirut, 1981.
- GHERSA, C.M., BENECH-ARNOLD, R.L.; MARTINEZ-GHERSA, M.A. 1992. The role of fluctuating temperatures in germination and establishment of *Sorghum hapelense*: Regulation of germination at increasing depths. *Functional Ecology*, 6: 460-468.
- HEYER, A.G., MOZLEY, D., LANDECHUTZE, V., THOMAS, B. GATZ, C. Function of Phytochrome A in Potato Plants as revealed through the study of transgenic plants. *Plant Physiology*, v. 109, p. 5361, 1995.
- LABOURIAU, L. G. A germinação das sementes. Washington: Secretaria Geral da Organização dos Estados Americanos, 1983.
- MAYER, A.C.; POLJAKOFF-MAYBER, A. The germination of seeds. London: Pergamon Press, 1989. 270p.
- NASSIF, S.M.L.; VIEIRA, I.G.; FERNADES, G.D. Germinação de sementes: fatores externos (ambientais) que influenciam a germinação. *Informativo Sementes*, IPEF, 1998. Disponível em: <<http://www.ipef.br/tecsementes/germinacao.html>>.
- POPINIGIS, F. Fisiologia da semente. Brasília, DF: AGIPLAN, 1985, 289p.
- SILVA, S. Coentro. 1997. Disponível em: <<http://www.agrov.com/vegetais/frutas/coentro.htm>>. Acesso em: 25 de setembro de 2023.
- SOCOLOWSKI, F.; TALAI, M. Germinação de sementes e emergência de plântulas de *Tabebuia rosea* (Bertoloni) A.P.DC. (Bignoniaceae), uma espécie exótica com potencial invasor. *Revista Árvore* V.31, n.2, p. 229-238, 2007.
- SOUZA, D.M. dos S. Influência da qualidade da luz na germinação de sementes de espécies arbóreas nativas. 2008. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia em Engenharia Florestal) – Curso de Engenharia Florestal – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2008.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. 5. ed., Artmed, 2013. 918 p.
- VIEIRA, R. F.; ALVES, R. B. N. Desafios para a conservação de recursos genéticos de plantas medicinais e aromáticas no Brasil. In: COELHO, M. F. B.; COSTA JUNIOR, P.; DOMBROSKI, J. L. D. Diversos olhares em Etnobiologia, Etnoecologia e Plantas Medicinais. Cuiabá: UNICEN Publicações, 2003. p.121-136.

# CAPÍTULO XVIII

## GEORREFERENCIAMENTO DE INFORMAÇÕES APLICADO NA PROPRIEDADE RURAL

### GEOREFERENCING OF INFORMATION APPLIED ON THE RURAL PROPERTY

DOI: 10.51859/AMPLA.MAC3468-18

Robson Lopes Cardoso <sup>1</sup>

Pedro Rogerio Giongo <sup>2</sup>

Claudia Peixoto Bueno <sup>3</sup>

Níbia Sales Damasceno Corioletti <sup>4</sup>

Rosemeire Terezinha da Silva <sup>5</sup>

José Henrique da Silva Taveira <sup>6</sup>

<sup>1</sup> Mestrando em produção animal e forragicultura, pela Universidade Estadual de Goiás (UEG), Campus São Luís de Montes Belos.

<sup>2</sup> Doutor da Universidade Estadual de Goiás, Instituto de Ciências Agrárias e Sustentabilidade. Universidade Estadual de Goiás – UEG.

<sup>3</sup> Professora do Programa de pós graduação Stricto Sensu - Produção Animal e Forragicultura da Universidade Estadual de Goiás - Campus São Luís dos Montes Belos

<sup>4</sup> Mestranda em produção animal e forragicultura, pela Universidade Estadual de Goiás (UEG), Campus São Luís de Montes Belos.

<sup>5</sup> Mestre no Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências da UEG, Tutora Educacional na Secretaria Estadual de Educação do Estado de Goiás.

<sup>6</sup> Pós-doutor em Engenharia Agrícola, Doutor em Engenharia Agrícola, Mestre em Ciência dos Alimentos, Engenheiro Agrícola e pela Universidade Federal de Lavras.

#### RESUMO

Uma informação importante e essencial para a realização de inúmeras atividades sociais e culturais é a localização geográfica, pois a partir da análise geoespacial é possível planejar, gerenciar e solucionar diversos problemas relacionados ao campo geográfico, principalmente o rural (agricultura). O georreferenciamento de imóveis rurais no Brasil começou em 2001 com o objetivo de acabar com apropriação de terreno e atributos de posição usando coordenadas de vértice que definem limites. O Sistema Geodésico Brasileiro, que localiza por satélite a localização de todas as propriedades em áreas rurais, explora dispositivos modernos de alta precisão, como o uso do Global Navigation satellite System, ou Sistema de Navegação global por Satélites (GNSS). A finalidade deste trabalho é descrever

a atividade de georreferenciamento na agricultura aplicado as propriedades rurais. Buscou-se na bibliografia compreender as dimensões proporcionadas pelo georreferenciamento rural, suas aplicabilidades, e as etapas necessárias nesse processo. Portanto, é compreensível a obrigatoriedade de georreferenciar os imóveis rurais para que possam ser legalizados mediante registro, além das informações precisas colhidas e coletadas a campo, com referência espacial.

**Palavras-chave:** Georreferenciamento; registros de imóveis; agricultura

#### ABSTRACT

An important and essential piece of information for carrying out numerous social and cultural activities is geographic location, as using

geospatial analysis it is possible to plan, manage and solve various problems related to the geographic field, especially rural areas (agriculture). Georeferencing of rural properties in Brazil began in 2001 with the aim of putting an end to land appropriation and position attributes using vertex coordinates that define boundaries. The Brazilian Geodetic System, which locates the location of all properties in rural areas by satellite, exploits modern high-precision devices, such as the use of the Global Navigation satellite System, or Global Satellite Navigation System (GNSS). The purpose of this

work is to describe the georeferencing activity in family farming applied to rural properties. Therefore, the bibliography sought to understand the dimensions provided by rural georeferencing, its applicability, and the necessary steps in this process. Therefore, the obligation to georeference rural properties so that they can be legalized through registration, in addition to the precise information gathered and collected in the field, with spatial reference, is understandable.

**Keywords:** Education. Health. Environment.

## 1. INTRODUÇÃO

No início, a referência geográfica era apenas um processo de definição dos limites e características da propriedade rural. Olhar para esse ponto como o processo de fazer mapas de atributos. Mas vamos um passo adiante: além das coordenadas bidimensionais, latitude e longitude, levantamentos topográficos também são usados para indicar altos e baixos topográficos. O georreferenciamento é uma técnica amplamente utilizada no setor agrícola. Além dos requisitos para a padronização da propriedade rural, também é imprescindível para a implantação da agricultura de precisão.

O georreferenciamento sendo um conceito particularmente útil para empresas do setor agrícola. Apesar disso, muitas pessoas que trabalham na área não sabem exatamente como ele é composto, como funciona e como utilizá-lo para aproveitar os resultados do negócio rural. Além disso, a lei também exige a medição de propriedades com mais de 100 hectares, e pequenos produtores podem precisar de georreferenciamento para aderir ao programa de governo.

O foco que está ligado a essa tecnologia é determinar a localização geográfica exata de uma propriedade rural e seu tamanho mapeando seus vértices ao redor do Sistema Geodésico Brasileiro. O georreferenciamento é conduzido por profissionais topograficamente treinados que tenham os certificados do CREA (Conselho Regional de Engenharia e Agronomia) e INCRA. Ao utilizar este recurso, é possível saber a localização exata de um imóvel dentro de uma área sem qualquer dúvida. O INCRA (**Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária**) utiliza esse método desde 2016 para garantir

a legalidade da propriedade. Também é importante obter o Certificado de Cadastro de Imóveis Rurais (CCIR).

A problemática deste trabalho trata-se de entender qual a base principal para o georreferenciamento. Sendo assim mostrando como georreferenciar é situar o imóvel rural no globo terrestre.

Justifica-se a importância que o georreferenciamento que visa atualizar as descrições dos imóveis com base no Sistema Geodésico Brasileiro e aumentar a segurança jurídica, evitando sobreposições de áreas, e não criar um meio de legitimar a aquisição de áreas de forma irregular.

A metodologia usada para análise do estudo que será utilizada através de pesquisas de livros e artigos de 2000 a 2021 e em sites do Google acadêmico e Scielo, podendo mostrar pontos de vistas de autores renomados como: Rodrigues, (2008); Virginia, (2012) e Montes, (2012) onde eles concordam que o objetivo do georreferenciamento é ter maior controle e segurança nas propriedades rurais. Foram pesquisados os seguintes tópicos: Agricultura 4.0; Utilização do georreferenciamento; Sensoriamento remoto; Cadastro ambiental rural.

Dessa forma como objetivos gerais desse trabalho está na busca bibliográfica de materiais sobre o georreferenciamento suas funções e fundamentos, georreferenciamento na agricultura e ao Cadastro Rural Ambiental.

## 2. GEORREFERENCIAMENTO DE IMOVEIS RURAIS

No início, o georreferenciamento era simplesmente o processo de definição dos limites e características de uma propriedade rural. Pense nisso como o processo de fazer um mapa geoespacial com as informações precisas das propriedades. Além das coordenadas bidimensionais, latitude e longitude, são feitas medições topográficas para indicar o relevo do terreno (YUE, 2019).

O georreferenciamento pode contar com o auxílio de tecnologia de ponta para outras finalidades: ajudar você, produtor rural, a monitorar sua produção de forma holística, identificar falhas em plantios, desenvolvimento de pragas, entre outros problemas. Portanto, eles podem ser corrigidos rapidamente e em tempo hábil. Por exemplo, economias significativas em defesas herbicidas e mão-de-obra podem ser

alcançadas combatendo os primeiros metros quadrados onde as ervas daninhas começam a aparecer (FUENTES, 2018).

O georreferenciamento é uma ferramenta utilizada pelo INCRA como meio de padronizar a identificação dos imóveis. É feito através do processo de identificação das coordenadas geográficas de um local por meio de um mapa ou imagem. O processo de georreferenciamento de uma propriedade utiliza medições topográficas para definir características relacionadas ao tamanho e localização da propriedade. Através de um processo de georreferenciação, cada propriedade define os seus limites, características e antagonismos. Essas definições são formuladas pela descrição das coordenadas dos vértices limites referenciados no Sistema Geodésico Brasileiro.

O principal objetivo do georreferenciamento é medir as dimensões e formas de um imóvel. No entanto, para que essa determinação seja padronizada, são utilizados métodos oficiais e padronizados exigidos por todos os proprietários rurais. O INCRA determinou que qualquer propriedade, seja pública ou privada, deve ser georreferenciada, se o imóvel não estiver georreferenciado, o proprietário não poderá atualizar sua relação com o cartório e o cadastro do local (FUENTES, 2018).

O georreferenciamento nas propriedades agrícolas podem serem feitos de diferentes maneiras, por exemplo, depende de qual propriedade e seu tamanho. Lugares de acesso difícil exigem diferentes métodos de análise, como drones (UAVs) para realizar a leitura de pontos e informações. O uso do GNSS portátil é mais comum em áreas onde os profissionais podem acessar sem dificuldade. Independente do caso, sendo concluída a leitura, o mapa é desenvolvido, levando em consideração os pontos de levantamento e cálculos do tamanho do imóvel (GREGÓRIO, 2010).

O georreferenciamento apresenta as características dos imóveis, no entanto, para tomar essa decisão de forma padronizada, foram adotados os métodos oficiais e padronizados exigidos para todas as propriedades rurais nacional. O INCRA determina que qualquer propriedade rural, pública ou privada, deve ser georreferenciada (VIRGINIA, 2012). A Lei nº 4.449 de 2002, que formalizou a Lei nº 5.868 de 1972, exige a referência geográfica da propriedade rural (INCRA, 2013). O mesmo decreto estipula que toda propriedade rural deve ser georreferenciada em dez anos, dependendo do tamanho da propriedade. Caso o imóvel não possua referência geográfica, o

proprietário fica impedido de atualizar sua relação com o cadastro e cadastro de locação (SCHNEIDER, 2004).

Muitas técnicas têm sido utilizadas nos mais diversos processos de georreferenciamento, com foco em diferentes objetivos. É importante aumentar as margens de lucro e aumentar a produtividade. Por isso, é necessário monitorar continuamente o terreno e contar com tecnologias que apresentem a melhor relação custo-benefício. Por exemplo, um trator pode ser usado para georreferenciar a área. Porém, o custo de utilização desse tipo de máquina para esse fim se mostrou uma grande desvantagem em relação ao custo de uso de drones (IBGE, 2009).

Além dos drones, as tecnologias mais utilizadas na área de georreferenciamento são veículos, satélites e tratores, como já citado. Contudo há um detalhe importante: o software inovador é o principal responsável pela coleta de dados, integração de satélites e conveniência para os agricultores os telefones celulares e tablets estão na palma da sua mão facilitando o seu uso (VIRGINIA, 2012).

O georreferenciamento também é muito utilizado para alocar coordenadas reais em imagens aéreas, como imagens de satélite ou imagens coletadas por veículos aéreos tripulados ou mesmo não tripulados (VANTS), neste caso é necessária a coleta de pontos de controle no local. Porém, os pontos de controle devem ter coordenadas reais, que geralmente são obtidas através do GNSS (SCHNEIDER, 2004).

Esses pontos devem ser colocados em um local facilmente identificável na imagem, como a interseção de duas estradas ou o canto de uma cerca. Outra característica desejável em relação aos pontos de controle é que eles devem estar bem distribuídos dentro da área de estudo para garantir que cada imagem tenha um registro geográfico de alta qualidade. O georreferenciamento só é útil quando a imagem tem qualidade de mapa. Caso a imagem não possua representação ortogonal, ou seja, não haja deslocamento radial, deve-se aplicar a ortorretificação adequada à imagem antes do georregistro (VIRGINIA, 2012).

## 2.1. TEMPO DE APLICAÇÃO DE GEORREFERENCIAMENTO

A Lei de Georreferenciamento (Lei nº 10.267 / 2001) passou por algumas atualizações, de acordo com o decreto de 2018, todas as propriedades rurais, independentemente do porte, devem ser georreferenciadas. O decreto introduziu novo

prazo para adequação do imóvel. Pela legislação, propriedades com mais de 100 hectares devem ser georreferenciadas. Áreas de 25 a 100 hectares devem ser georreferenciadas antes de 20 de novembro de 2023, e propriedades menores que 25 hectares devem ser georreferenciadas antes de 20 de novembro de 2025 (SCHNEIDER, 2004).

Um grande problema que precisa de atenção em relação ao georreferenciamento é a lentidão do processo. Envolve várias etapas e geralmente leva de 3 meses a um ano para ser concluído (RODRIGUES, 2008). É claro que o tempo total de leitura depende muito do tamanho e localização do imóvel, da forma de leitura do redemoinho, do tipo de leitura e da tecnologia utilizada no processo. Portanto, se você planeja aplicar os requisitos do CCIR à propriedade, como entrar em benefícios do governo ou vender a propriedade, é importante entrar no processo de georreferenciamento o mais rápido possível (MONTES, 2012).

Ressalte-se que a carência a que se refere o § 2º anterior não se aplica aos imóveis rurais (direitos de uso, consolidação regional etc.) De acordo com o item 1 do Decreto-Lei nº 2. 5.570, de 31 de outubro de 2005 (DOU 01/11/05), as ações movidas após a edição da Lei (01/11/05) deverão trazer imediatamente a descrição georreferenciada do imóvel rural, certificada pelo INCRA como não relacionada outras propriedades que você registrou se sobrepõem (YUE, 2019).

## 2.2. COMO PROSSEGUIR O GEORREFERENCIAMENTO

O uso da estação total aplicado por meio das leis de georreferenciamento determinam que para obter dados da estação total, há uma série de marcos geodésicos e devem ser implementados para suporte imediato em campo. Isso mesmo, existem dois tipos de marcos que são comumente usados como marcos base no processo de georreferenciamento eles são a Estrutura de Suporte Básico e Estrutura de suporte instantâneo (MONTES, 2012).

Para uma boa ideia da diferença entre esses dois pontos de referência, é essencial para o uso de uma estação total. Estrutura de suporte básico e um arcabouço geodésico como base para investigação e posterior correção de linhas de base durante o processamento de dados obtidos por meio de técnicas GNSS em métodos



relacionados. A precisão da coordenada de tais pontos de referência deve ser: 10 cm na horizontal; 30 cm na vertical (IBGE, 2009).

Os marcos geodésicos geralmente estão localizados no perímetro da propriedade para servir como ponto de partida para a coleta de dados da estação total. A precisão da coordenada de tais pontos de referência deve ser: 20 cm na horizontal; 60 cm na vertical. Além disso, a norma estabelece que para usar uma estação total para aquisição de dados, deve haver pelo menos 3 estações no local (GREGÓRIO, 2010).

Quando se fala em georreferenciamento de estação total, as coordenadas obtidas por meio de um datum são latitude e longitude. Isso dificulta a obtenção de medidas lineares e de área. Portanto, os dados precisam ser projetados no plano. O problema é que toda forma de projeção causa distorção dos dados. Dito isso, precisa-se aprofundar na geodésia para entender o que é um plano topográfico local e um sistema de coordenadas geodésicas cartesianas tridimensionais (RODRIGUES, 2008).

A palavra "geo" significa terra, e "referência" significa localização, como referência. O georreferenciamento é um método adotado pelo INCRA (para padronizar a identificação do imóvel rural (JÚNIOR, 2001). O processo de solicitação de georreferenciamento ficou mais fácil e os proprietários podem fazer tudo online através do Portal SIGEF - Sistema de Gestão do Território. O SIGEF é uma ferramenta eletrônica desenvolvida pelo INCRA e MDA (Ministério do Desenvolvimento Agrário) para subsidiar a governança fundiária no território nacional (MONTES, 2012). Os documentos necessários são os seguintes:

- Cópia autenticada do cartão de registro do CREA;
- Documento de qualificação profissional para serviços de georreferenciamento emitido pelo CREA;
- Cópia autenticada do cartão de inscrição do CPF;
- Um formulário de certificação preenchido.

A propriedade urbana e a propriedade rural devem ter um ponto de localização geograficamente definido na terra, ou seja, deve ter uma localização precisa. Portanto, eles devem ser georreferenciados (IBGE, 2009). É importante entender as vantagens que o georreferenciamento oferece além de endereçar propriedades (MARGARETE, 2015). O georreferenciamento fornece uma avaliação do imóvel, pois está de acordo com o

processo e pode ser vendido sem a necessidade de prorrogação do prazo para a realização de uma investigação. Para assim liberar o crédito imobiliário, qualquer instituição financeira só pode financiar imóveis que contenham documentação, pois quaisquer questões podem comprometer a rentabilidade das negociações (IBGE, 2009).

Para propriedades rurais, o georreferenciamento é obrigatório, então a vantagem é ter a propriedade formalizada e certificada pelo INCRA. Para qualquer negociação de venda, divisão, parcelamento, cessão é assegurada mediante apresentação de documentação e prestação de garantia à escritura do imóvel. Além disso, certifica que o imóvel não se sobrepõe a outros imóveis em seu cadastro georreferenciado (RODRIGUES, 2008).

Apoia-se e melhora a eficiência das normas regulatórias ambientais, além de resolver conflitos sobre o uso do solo e seu parcelamento, apoia-se o planejamento e gestão do uso do solo e apoia a padronização das atividades de medição para entender a rede fundiária do país (MARGARETE, 2015).

Embora a princípio o georreferenciamento possa parecer mais uma barreira burocrática criada pelo governo, o processo oferece uma enorme vantagem aos proprietários de terras. Entre os benefícios, destacamos a valorização do imóvel, acesso a financiamento bancário e cobertura de seguro rural (MONTES, 2012). Além disso, permite que o proprietário conheça verdadeiramente sua propriedade, resultando em melhor rastreabilidade no campo, pois com informações precisas sobre a localização e o tamanho da área, as lavouras podem ser controladas com mais eficiência (SILVA, 2003).

Haverá maior segurança tanto para a agência quanto para o proprietário, pois uma vez que o imóvel é certificado, não há chance de problemas relacionados à sobreposição de polígonos. Dito isto, ninguém conseguiu obter a certificação para polígonos que já cumpriam as leis vigentes. Por fim, a situação cartorial e cadastral da região será atualizada e, com base nesses dados, os cartórios, o Incra e a Receita Federal administrarão as informações com mais eficiência (RODRIGUES, 2008).

### 3. CADASTRO AMBIENTAL RURAL

O Cadastro Ambiental Rural, denominado CAR, visa auxiliar a administração pública na regulamentação da propriedade e propriedade rural (Lei nº 12.651 / 2012).

O CAR é um registro eletrônico obrigatório para todas as propriedades rurais e tem como objetivo integrar informações ambientais sobre as unidades de conservação permanentes do país, unidades de conservação legal, remanescentes florestais e de vegetação nativa e propriedades rurais (INCRA, 2013).

A adesão ao CAR é o primeiro passo para se obter a regularidade do ambiente da propriedade. O cadastro é um banco de dados utilizado para controlar, monitorar e combater o desmatamento de florestas e outras formas de vegetação nativa, bem como o planejamento ambiental e econômico da propriedade (INCRA, 2013).

Além de não conseguirem obter qualquer licença ambiental ou crédito rural, os proprietários também podem ser punidos com advertências ou multas. Somente o CAR pode aderir ao Programa de Regulação Ambiental (PRA), que permitirá o uso unificado das áreas protegidas permanentes. A Lei Florestal brasileira trouxe algumas mudanças que tornaram o CAR menos restritivo, portanto mais flexível e menos burocrático (PALHARES, 2009).

Não confundindo com a formalização da posse da terra, o CAR tem como foco principal a formalização ambiental da propriedade rural. Nesse sentido, vale lembrar que o Código Florestal expressamente menciona que o CAR não constitui título de propriedade, nem dispensa o cumprimento de algumas obrigações do proprietário ou ocupante, como a manutenção de informações sobre a propriedade no Cadastro Nacional Rural (CNIR) está atualizado (FUENTES, 2018).

Bem como respeitar a área mínima definida para o módulo predial em caso de eventual desmembramento. Ao contrário do CAR, embora potencialmente com outras finalidades, o CNIR é um cadastro de imóveis que tem como principal objetivo a regularização fundiária e a tributação da propriedade rural no país. O CAR também não se confunde com a licença ambiental para atividades na propriedade rural, mas é condição obrigatória para inscrição no Programa de Regularização Ambiental (PRA) (MEDEIROS, 2018).

Com ele, há um mapeamento da propriedade que se constitui em premissa lógica, portanto, para ações que reorganizem a responsabilidade ambiental, se houver, para a propriedade rural. Nesse sentido, o CAR não exige o proprietário ou possuidor rural de submeter ao processo de licenciamento ambiental qualquer atividade que

utilize recursos naturais que venha a desenvolver em seu imóvel rural que polua ou tenha potencial para causar degradação ambiental. Vale ressaltar que este cadastro é declarativo e permanente, as informações prestadas são de responsabilidade do declarante e as falsas, enganosas ou omissas estão sujeitas a penalidades criminais e administrativas (YUE, 2019).

O registro no CAR será considerado válido para todos os efeitos da lei, desde que o órgão ambiental não aborde pendências ou inconsistências nos dados fornecidos. Tal registro deve ser comprovado por recibo emitido pelo proprietário rural ou proprietário por meio do Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural (Sicar). Além do desenvolvimento do planejamento ambiental e econômico de uso e ocupação da propriedade rural, o registro na República Centro-Africana e, quando aplicável, o compromisso de formalização do meio ambiente são pré-requisitos para o acesso às cotas de reserva ambiental e aos benefícios oferecidos (MEDEIROS, 2018).

No Programa de Formalização Ambiental. Refira-se que, para além do procedimento geral de registo na República Centro-Africana, a Diretiva Normativa 2/2014 introduz regras específicas que estabelecem tratamento diferenciado para determinadas propriedades, seja por circunstâncias especiais do proprietário ou proprietários rurais, seja por para a localização específica da propriedade (FUENTES, 2018).

A simplificação de procedimentos e o estabelecimento de tratamento especial para pequenos proprietários rurais, povos e comunidades tradicionais, inclusive assentados da reforma agrária, criaram condições diferenciadas que possibilitaram a inclusão desse público-alvo de forma concreta na política (BRASIL, 2012).

Concebe um tratamento diferenciado para as pequenas propriedades rurais e cria um instrumento que pode normalizar todas as propriedades rurais. Portanto, a criação da República Centro-Africana trouxe benefícios a todos, inclusive aos pequenos proprietários rurais, que poderão manter suas atividades produtivas e ainda administrar sua propriedade conforme exigido por lei. O meio ambiente vai aumentar a quantidade e a qualidade da vegetação nativa, e o governo vai coletar todas essas informações para orientar suas políticas (MARGARETE, 2015).

### 3.1. CAR X GEORREFERENCIAMENTO

O georreferenciamento e o CAR são ferramentas essenciais para auxiliar o processo de normalização das propriedades rurais e ambientes de propriedade. Eles incluem a coleta de informações georreferenciadas sobre o imóvel com o objetivo de criar um mapa digital o qual possa ser calculado o valor de uma área de diagnóstico ambiental (PALHARES, 2009).

Fazer o georreferenciamento e para melhorar a segurança do perímetro que vai demarcar dentro do CAR, e de repente não dá desinformação nem mesmo causar problemas para delimitar a área do ambiente. Alguns lugares têm seus próprios sistemas de registro. Por exemplo, os produtores de São Paulo agora podem transmitir informações georreferenciadas diretamente ao CAR (IBGE, 2009). Outros estados, como Minas Gerais e Mato Grosso do Sul, estão implantando sistemas semelhantes ao modelo paulista. Mas para a maioria dos países, a referência geográfica é usada apenas como referência para demarcação de atributos no sistema CAR (MONTES, 2012)

## 4. SENSORIAMENTO REMOTO

A aplicação do sensoriamento remoto na agricultura se torna cada vez mais extensa. É um conjunto de tecnologias projetadas para obter informações sobre objetos na superfície da Terra. Essas informações são obtidas pelo registro da interação da radiação eletromagnética com a superfície, realizada por sensores de longo alcance (imagens de satélite) ou sensores de longo alcance (fotografias aéreas) (VIRGINIA, 2012).

Avanços em Sensoriamento Remoto Simplificam a Coleta de Dados Para profissionais que trabalham com informação geográfica. Porque, com o avanço da tecnologia, as imagens com alta resolução espacial tem sido amplamente utilizada para apoiar o planejamento Territórios, em países em desenvolvimento. Em alguns casos, levantamentos topográficos ou geodésicos no próprio lugar de áreas difíceis podem ser evitados acesso porque, atualmente, muitas resoluções espaciais as imagens já são submilimétricas, possibilitando sua aplicação nos seguintes domínios. Levantamento de recursos naturais, mapeamento temático, cartografia, precisão etc. (YUE, 2019).

O processo de georreferenciamento de imagens visa eliminar erros posicionamentos residuais, ou seja, a diferença entre as coordenadas reais (existentes

no terreno) e os presentes na imagem. Como o estágio final do processo de correção de distorção Características geométricas da imagem, devem ser executadas pelo usuário (MEDEIROS, 2018).

O sensoriamento remoto é um conjunto de tecnologias que permitem obter informações da superfície da Terra. Isso acontece através de interações eletromagnéticas com a superfície. Na ausência de contato físico, a forma como os dados são transmitidos é por meio de radiação eletromagnética. Geoprocessamento é um conjunto de técnicas e métodos para adquirir, arquivar, processar e representar dados georreferenciados (INCRA, 2013). Tudo isso tem a ver com matemática e técnicas de computação. Portanto, as duas juntas são consideradas técnicas essenciais para documentar e melhorar a eficiência do uso da terra, principalmente ao longo do tempo (FUENTES, 2018).

A agricultura de precisão, que incorpora o conceito de variabilidade de campo, é uma das áreas onde podemos aplicar essas ferramentas, pois permitem verificar onde e como ocorre essa variabilidade nas áreas agrícolas. A coleta de dados de sensoriamento remoto é realizada por sensores colocados em diferentes tipos de plataformas de carregamento. A plataforma da carregadeira pode ser de laboratório, campo, aérea ou ferroviária (SILVA, 2003).

Os sensores passivos só funcionam quando há luz solar porque dependem dela para iluminar as imagens que captam, ou seja, dependem das condições atmosféricas. Já os sensores ativos não necessitam de luz solar e, além de serem independentes das condições atmosféricas, também podem ser utilizados à noite (KRUEGER, 2005). Outra diferença entre os sensores é que os sensores passivos trabalham na região espectral (400 nm a 2.500 nm), enquanto os sensores ativos trabalham na faixa de micro-ondas. Usando sensoriamento remoto óptico e imagens de micro-ondas, você pode obter uma riqueza de informações (VIRGINIA, 2012).

## 5. AGRICULTURA 4.0

A agricultura de precisão visa tomar medidas de gestão com base no princípio de que o ambiente em que as culturas crescem não é uniforme. Para isso, analisa as características de cada região, bem e tipo cultural. Um dos princípios da agricultura de precisão é o georreferenciamento em áreas estratégicas, que pode ser feito com o

auxílio de GNSS e drones. Nesse sentido, foram levantados pontos de amostragem, permitindo sua localização espacial. Por exemplo, ao criar mapas inteligentes, a evolução (ou regressão) das pragas pode ser acompanhada de perto. Da mesma forma, o georreferenciamento também pode ser usado para obter amostras de solo em pontos marcados. A produtividade de uma área também pode ser obtida por meio dessa tecnologia (MARGARETE, 2015).

Assim, tais dados são armazenados, interpretados e intercalados com outras informações para gerar operações diferenciadas em cada ponto do imóvel, como aplicações de taxa variável. Isso permite que a agricultura de precisão resolva problemas sem exagerar ou subestimar (YUE, 2019).

Agricultura 4.0 (ou agricultura digital) é um conjunto de tecnologias digitais de ponta desenvolvidas para integrar a produção agrícola. A nova revolução agrícola envolve a tecnologia da informação. Isso facilita a inovação na produção de alimentos e na segurança alimentar – antes e depois do *'gate'*. Essa integração permite a otimização da produção agrícola em todas as etapas, do plantio à colheita. As ferramentas certas podem gerar e analisar grandes quantidades de dados para você, facilitando o seu dia a dia na fazenda. A agricultura digital funciona por meio do uso combinado de sistemas, máquinas e aplicativos. Juntas, essas ferramentas ajudam a otimizar ao máximo sua gestão e produção. Essas técnicas e ferramentas existem em vários estágios (MEDEIROS, 2018).

Atuam na análise de solo, plantio, controle de pragas, doenças e ervas daninhas. No entanto, essas tecnologias também existem em seu escritório. Afinal, eles ajudam na gestão, nos processos administrativos, no marketing, na definição do preço do pacote e muito mais. Maior rentabilidade, integração dos processos de gestão e produção, facilidade na tomada de decisões são as razões pelas quais a agricultura digital é tão importante. É indispensável, pois ajuda a reduzir custos, aproveitar melhor os insumos e, assim, aumentar a produtividade. Ao tomar decisões de forma mais rápida e objetiva, você pode passar mais tempo no campo. Além disso o trabalho é constantemente facilitado e simplificado (FUENTES, 2018).

Durante décadas, a tecnologia trouxe soluções disruptivas que transformaram processos nos mais diversos setores da economia. O agronegócio não pode ser excluído.



O trabalho rural passou por muitas evoluções e agora estamos no que se chama de Agricultura 4.0. Da biotecnologia à alta conectividade, novas ferramentas digitais podem modificar e otimizar todas as etapas do ciclo produtivo. Isso traz maior produtividade, redução de custos, agilidade e segurança alimentar ao campo (MARGARETE, 2015).

Agricultura 4.0 refere-se a um conjunto de tecnologias digitais de ponta integradas e conectadas por meio de softwares, sistemas e equipamentos, capazes de otimizar a produção agrícola em todas as etapas. Além de otimizar as operações agrícolas, os métodos utilizados hoje alavancam os equipamentos, pesquisas e sistemas que orientam os gestores rurais na tomada de decisões (INCRA, 2013).

Os drones incluem sistemas de computador, GNSS e sensores, podem operar de forma autônoma, ou seja não tripulados e controlados remotamente a partir do solo. Eles são capazes de realizar sobrevoos muito precisos para mapear as propriedades, obtendo dados que podem ser processados para geração de informações. Esses sensores (câmeras) capturam fotos e filmagens de alta definição em alturas de até 60 a até 1000 metros. O tempo de vôo autônomo é de aproximadamente 40 minutos, podendo alguns modelos já superar a duas horas, permitindo gravar imagens em uma área de 1, 10, 100 ou até mais de 800 hectares. Para fins de inspeção a uma altura de 300 metros, um drone pode capturar uma área de 6 hectares em uma única foto (INCRA, 2013).

O GNSS é um dispositivo que combina informações de longitude, latitude e altitude das informações coletadas nas propriedades rurais. Quando combinado com máquinas, abre uma ampla gama de possibilidades para automatizar e gerenciar análises (VIRGINIA, 2012).

Os dados de GNSS permitem que agricultores, pesquisadores e consultores agrícolas delimitem espaços na propriedade para analisar e lidar com infestações de pragas, insetos e ervas daninha, bem como avaliar as condições do solo. Além disso, esses registros podem ser inseridos em um repositório para análise posterior para comparação (INCRA, 2013).

Uma série de sensores detecta o ambiente em que está instalada para coletar dados relacionados à temperatura, umidade relativa, condições de irrigação, salinidade do solo e muito mais. Por exemplo, existem dispositivos com câmeras especiais que

emitem luz ultravermelha para analisar a saúde de uma planta e obter informações sobre seu estágio de desenvolvimento. Novas tecnologias e pesquisas estão surgindo a cada dia para melhorar ainda mais os resultados da Agricultura 4.0. Adoção de ferramentas de TI no campo é uma realidade irreversível (MARGARETE, 2015).

A agricultura digital tornou-se uma realidade, não apenas uma "moda", com novas ferramentas digitais para modificar e otimizar todas as etapas do ciclo de produção. Por meio da transformação digital, a agricultura incorporará cada vez mais práticas e processos de produção de precisão. Existem muitas ferramentas e informações disponíveis. Nesse momento, a gestão pode fazer toda a diferença, pois fará a diferença na análise da sua propriedade desde a safra até o mercado (MEDEIROS, 2018).

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através da análise bibliográfica, resultados positivos significativos foram alcançados no uso do georreferenciamento como auxílio agropecuário no Brasil. Com o advento do georreferenciamento, oferecer melhorias na tecnologia e os serviços que atende aos objetivos no tema deste estudo.

Muitos avanços foram conquistados, e garantidos pela legislação que adquiriram novos e aprimorados perfis com as mudanças inseridas, os sistemas e atuação do cadastro imobiliário são exemplos de crescimento expressivo e ganhos de amadurecimento no georreferenciamento e vencimento de questões cadastrais imobiliárias.

Conclui-se que, além de eficaz no posicionamento, o cadastro geográfico o levantamento e inspeção exigidos pelo INCRA, tem cooperado diretamente com os sistemas, sempre inovando e contribuindo com tecnologia mais rápida para executar os registros imobiliários que possuem maior segurança e confiabilidade. As mudanças legais obrigatórias comprovaram as possibilidades e desafios delineando novas pesquisas em áreas que se destacam no cenário de mercado.

## REFERENCIAS

BRASIL. Lei 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis 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 4.771, de 15 de setembro

de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. 2012

FUENTES, M. A. C. Arreglo Productivo e Innovativo Local (APIL) de Calzado Artesanal en Camajuaní, Cuba. *Jornal da Ciência e Tecnologia*, v. 30, n. 1, p.1-12, 2018.

GREGÓRIO, F. V. Transformação de Coordenadas Geodésicas em Coordenadas no Plano Topográfico Local pelo Métodos da Norma NBR 14166:1998 e o de Rotações e Translações. *Anais do III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação*, Recife, 2010.

IBGE. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Manual do Usuário Posicionamento por Ponto Preciso. Rio de Janeiro: IBGE, 2009.

INCRA. Manual técnico de Gestão da Certificação (SIGEF) de 2013. Disponível em: <<https://sigef.incra.gov.br/documentos/manual/>>. Acesso em 08/01/2022

JÚNIOR, L.B.S. Medindo Imóveis Rurais com GNSS. Brasília: LK-Editora, 2001.

KRUEGER, C. P. GNSS na navegação marítima. *InfoGEO*, Curitiba, ano 7, n.39, 2005.

MARGARETE, M. Georreferenciamento de Imóveis Rurais de A a Z.2015 nº 2. Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=CvsPapoeG-U&t=5751s>> Acesso em 08/01/2022.

MEDEIROS, N. Correção Geométrica de Imagens Orbitais a Partir das Coordenadas de Vértices de Imóveis Certificados pelo INCRA. *Revista Brasileira de Cartografia*, v. 70, n. 1, p.290-324, 2018

MONTES, N. R. Relatório técnico de georreferenciamento de imóvel rural (urbano) da gleba, na localidade de Arroio Fundo Papanduva SC. Curitiba, 2012.

PALHARES, M. Documentação cartorial uma peça técnica do georreferenciamento. Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia de Agrimensura. Faculdade de Engenharia de Minas Gerais. Belo horizonte. 2009.

RODRIGUES, D. D. Topografia: planimetria para Engenheiros Agrimensores e Cartógrafos. Notas de Aula. Universidade Federal de Viçosa, 2008.

SILVA, W. A. Planejamento de áreas irrigadas em assentamentos rurais utilizando os Sistemas de Informações Geográficas. 2003. 83 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica. 2003.

SCHNEIDER, W. Uso da RBMC – Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo No Georreferenciamento de Imóveis Rurais. *A Mira*, Criciúma, ano XIV, n.121, maio e junho de 2004.

VIRGINIA, E. Estrutura Fundiária Georreferenciada: implicações para o planejamento e gestão do território rural no Brasil. 2012.

YUE, T. Lithologic Classification Using Multilevel Spectral Characteristics. Journal of Applied Remote Sensing, v. 13, n. 1, p.1-19, 2019

# CAPÍTULO XIX

## ENERGIA NO MEIO RURAL: UMA ANÁLISE NA PERSPECTIVA DA SUSTENTABILIDADE NO SUDOESTE GOIANO

### ENERGY IN THE RURAL ENVIRONMENT: AN ANALYSIS FROM THE PERSPECTIVE OF SUSTAINABILITY IN SOUTHWEST GOIANO

DOI: 10.51859/AMPLA.MAC3468-19

Lidiane de Melo Nunes da Costa <sup>1</sup>  
 Josué Gomes Delmod <sup>2</sup>  
 Patrícia Costa Silva <sup>2,3</sup>  
 Adriana Rodolfo da Costa <sup>2,3</sup>

<sup>1</sup> Engenharia Agrícola. Especialista em Gestão Estratégica nos Agronegócios e suas Tecnologias. Universidade Estadual de Goiás – UEG, Unidade de Santa Helena de Goiás- GO.

<sup>2</sup> Professores Doutores em Agronomia do Departamento de Engenharia Agrícola. Universidade Estadual de Goiás – UEG, Unidade de Santa Helena de Goiás- GO.

<sup>3</sup> Professoras integrantes Plataforma Institucional de Pesquisa e Inovação em Bioinsumos da Universidade Estadual de Goiás.

#### RESUMO

O presente estudo, pretendeu analisar o panorama geral do fornecimento e consumo de energia no meio rural no estado de Goiás, focando no Sudoeste Goiano, enfatizando apresentar alternativas sustentáveis e que contorne os atuais problemas encontrados. Para a sustentação do objetivo principal, os objetivos específicos buscaram: observar a relação existente entre a disponibilidade de energia elétrica e o desenvolvimento rural; identificar os índices de geração das principais fontes alternativas no Estado de Goiás e conhecer os problemas que afetam o processo de distribuição de energia elétrica no Estado. Para a realização do presente trabalho, utilizou-se de trabalhos de estudiosos do tema, informações de órgãos do setor, artigos e publicações, de maneira a identificar, quais alternativas energéticas podem suprir as demandas da região Sudoeste do Estado de Goiás. Constatou-se que, de acordo com o panorama estudado sobre a produção de energia elétrica no Estado

de Goiás, em alguns casos em que não tenha disponibilidade, as energias de fontes alternativas são viáveis, mas até o momento, não existem investimentos que possam causar a ruptura dependência da energia gerada por fontes hidráulicas, já que não há investimos públicos significativos para a produção de outras fontes geradoras. A geração de energia de biomassa do bagaço de cana-de-açúcar tem-se destacado no estado, como uma das principais alternativas, para suprir parte das demandas energéticas, juntamente com a energia fotovoltaica que vem despertando interesse dos produtores rurais, apesar da maior parcela de energia elétrica ser gerada predominantemente de hidrelétricas.

**Palavras-chave:** Energia elétrica. Fontes alternativas. Sustentável.

#### ABSTRACT

The present study intended to analyze the general panorama of energy supply and

consumption in rural areas in the state of Goiás, focusing on Southwest Goiás, emphasizing presenting sustainable alternatives that overcome the current problems encountered. To support the main objective, the specific objectives sought to: observe the relationship between the availability of electrical energy and rural development; identify the generation rates of the main alternative sources in the State of Goiás and understand the problems that affect the electrical energy distribution process in the State. To carry out this work, we used works by scholars on the subject, information from sector bodies, articles and publications, in order to identify which energy alternatives can meet the demands of the Southwest region of the State of Goiás. It was found that, according to the panorama studied on the production of electrical energy in the State of Goiás, in some

cases where it is not available, energy from alternative sources is viable, but to date, there are no investments that could cause a break in dependence of energy generated by hydraulic sources, as there is no significant public investment in the production of other generating sources. The generation of energy from biomass from sugarcane bagasse has stood out in the state, as one of the main alternatives, to meet part of the energy demands, together with photovoltaic energy, which has been arousing interest among rural producers, despite the greater portion of electrical energy is generated predominantly from hydroelectric plants.

**Keywords:** Electricity. Alternative sources. Sustainable.

## 1. INTRODUÇÃO

A produção agropecuária, se posiciona como uma das principais geradoras de riqueza que sustenta a economia brasileira e a energia elétrica é um insumo indispensável, para o desenvolvimento de diversas atividades de produção no meio rural. A energia elétrica consumida no meio rural e nas cidades de nosso país, tem como principal fonte usinas hidrelétricas. Apesar de fontes hídricas serem utilizadas para esse tipo de produção de energia limpa, vários fatores já identificados podem prejudicar o fornecimento e a qualidade desta para os seus consumidores (TABOSA et al., 2019).

Entre os problemas que afetam a produção de energia hidrelétrica, é possível destacar, a escassez de chuvas, a degradação do meio ambiente, os programas de eletrificação que aumentam ademandas, associada a falta de novos investimentos públicos e privados no setor produtivo, dentre outros (TABOSA et al., 2019).

Goiás é um dos grandes produtores agropecuários do país, principalmente na região Sudoeste do estado, onde se concentram a produção de grãos em alta escala, cana-de-açúcar, entre outras atividades agropecuárias. Em virtude dessas características, o estado de Goiás se tornou um grande consumidor de eletricidade, pois junto com as atividades agropecuárias, veio a instalação de diversas empresas ligadas ao setor do agronegócio (CODEVASF, 2021). Soma-se a essa elevada demanda de energia elétrica pelas atividades agropecuárias, as indústrias instaladas e os pequenos

produtores da região, que utilizam a energia elétrica para fomentar a sua produção e para o conforto doméstico (CODEVASF, 2021).

Diante dessa conjuntura, exige-se o fornecimento elevado de eletricidade estável e com qualidade, para suprir as demandas dos grandes, médios e pequenos produtores da região Sudoeste. Existem muitos problemas que afetam o processo de transmissão de energia elétrica, como fatores climáticos, entre outros, prejudicando as atividades dos produtores do meio rural (ENEL, 2022).

Para que esses obstáculos sejam atenuados, uma das hipóteses é investir na produção de energias alternativas, com o aproveitamento dos recursos disponíveis na região, como por exemplo, a energia solar, eólica e a energia derivada da biomassa da cana e de outros produtos agrícolas cultivados no Estado, além de produtos oriundos dos dejetos de animais (LOSEKANN; HALLACK, 2018).

Um exemplo de energia alternativa que vem sendo explorada no estado de Goiás, é a eletricidade obtida da biomassa do bagaço da cana-de-açúcar, em que as empresas sucroalcooleiras do estado, utilizam o recurso para suprir suas próprias demandas energéticas, diminuindo dessa forma, os custos com esse insumo e ao mesmo tempo, evitando descartar esses materiais no meio ambiente (MERCANTE, 2020).

Outro fator que agrega valor à geração de energia de biomassa do bagaço da cana-de-açúcar, se refere à oportunidade que as usinas produtoras de bioeletricidade tem de vender o excedente de sua produção. A biomassa da cana-de-açúcar é um recurso renovável que possui enorme potencial para a geração de energia elétrica, sendo que o Brasil tem uma grande vantagem em gerar eletricidade dessa matéria prima, por ter uma vasta extensão territorial para o cultivo de cana-de-açúcar e várias usinas sucroenergéticas instaladas, porém concentradas em algumas regiões do país (MERCANTE, 2020).

Outra fonte geradora que vem despertando atenção no estado de Goiás, trata-se da energia fotovoltaica, que despontam como uma das tecnologias em desenvolvimento para a região, contudo, pode enfrentar contratempos nas estações chuvosas ou no período noturno, caso não tenha um dispositivo de armazenamento, que ainda tem custos elevados para os pequenos produtores do meio rural (PINA, 2021). Nesse sentido, existem diversas possibilidades de geração de eletricidade, mediante o



aproveitamento de outras matérias primas, que podem ser adotadas pelos produtores da região Sudoeste, sendo possível estabelecer projetos consorciados que alternam a produção de energia elétrica, para que o produtor rural, tenha sempre disponível para o consumo das atividades produtivas da propriedade e para a iluminação durante o período noturno (FILHO, 2019).

Por ser o meio rural um dos setores que depende da energia elétrica, é pertinente ressaltar alternativas de energia, que além de contribuírem para a sustentabilidade e a conservação do meio ambiente, se tornam um importante aliado da população rural (SOUSA et al., 2019). Neste contexto, objetivou-se analisar o panorama geral no fornecimento e consumo de energia no meio rural, com foco na Região Sudoeste de Goiás, com ênfase em apresentar alternativas mais sustentáveis e que contorne os atuais problemas encontrados.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. ENERGIA ELÉTRICA NO MEIO RURAL: PERSPECTIVAS E CONTRADIÇÕES

A energia elétrica é um dos insumos básicos para o crescimento de um país, pois a sua disponibilidade significa a melhoria da produção, tanto em níveis quantitativos, quanto em qualitativos, além de representar bem-estar para os seus usuários. Segundo Tabosa et al (2019) o acesso à energia elétrica pode ser vinculado ao crescimento de uma nação, uma vez que, fortalece a produtividade, o progresso humano, a condição de vida, o conhecimento e a eficiência de tecnologia de produção, nos meios urbano e rural.

A energia elétrica no meio rural impulsiona o desenvolvimento, fortalecimento da produtividade, aprimora processos agrícolas e favorece a economia rural. De acordo com Remussi et al. (2015), a energia elétrica unifica as capacidades competitivas do meio rural, resultando rendimentos para as várias atividades desenvolvidas. Esses mesmos pesquisadores detectaram em sua pesquisa, que o consumo de energia elétrica no meio rural, retrata características pertencentes à agricultura moderna, voltada primordialmente para tecnologias de produção, elevando a demanda por energia, ao contrário da agricultura tradicional que era movida pelo trabalho braçal.

Tabosa et al. (2019) salientaram que a energia elétrica é utilizada para o consumo das famílias e para o crescimento do agronegócio brasileiro, em razão de que, grandes produtores, necessitam de uma quantidade considerável de energia elétrica, para a produção de várias mercadorias exportadas pelo Brasil, como açúcar, milho, soja, entre outros produtos. Lauro (2020) apontou que para resolver essa situação previamente mencionada, o aproveitamento das potencialidades da eletrificação no meio rural, exige o emprego de diversos princípios indutores de desenvolvimento, não podendo se limitar a ações isoladas; pois correm o risco do não aproveitamento pleno do potencial de desenvolvimento socioeconômico do campo.

Os pequenos produtores rurais, necessitam ter acesso a energia elétrica a baixo custo, para que possam alavancar a produção e ter conforto em suas residências. As energias alternativas e renováveis podem suprir essa lacuna, ofertando energia elétrica de qualidade e baixo valor ao produtor, aproveitando os recursos disponíveis no próprio ambiente rural e ao mesmo tempo, contribuindo para a manutenção do meio ambiente. E é nesse sentido, que se encontram as vantagens de investir na geração desse tipo de energia (PINA, 2021).

De acordo com Tabosa et al (2019) para que ocorra o abastecimento universal da população, isto é, abrangendo tanto o meio urbano quanto o rural, é necessário que se produza energia elétrica com valores razoáveis, que contemple toda a população, sobretudo as comunidades rurais, em razão de parte dessa sociedade, não dispor de renda necessária para adquirir esse insumo. Há a necessidade de ofertar energia elétrica de qualidade para abastecer o meio rural com o propósito de suprir suas demandas, sejam elas domésticas ou de produção, com geração de energias limpas e sustentáveis para o homem do campo.

## 2.2. A QUALIDADE DA DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NO MEIO RURAL EM GOIÁS

Segundo Barbosa (2018), em Goiás as interrupções de energia elétrica em período longo, são determinadas por diversos fatores, como: falha operacional, fatores ambientais/climáticos, ações de terceiros, intervenções planejadas, interrupções próprias do sistema, falhas de material ou equipamento, alterações de carga ou corrente, falhas na rede elétrica, entre outros. Já as interrupções de curta duração

duram menos de três minutos e em sua maioria, são produzidas pelas geradoras, apesar de suas ocorrências prejudicarem o consumidor, não são considerados como interrupção de continuidade pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL).

Conforme observado por Barbosa (2018), nos anos de 2014, 2015 e 2016, ocorreram mais de 30% de interrupções causadas por falhas operacionais e 20% programadas; nesse mesmo período, aconteceu interrupções por falhas de materiais e equipamentos nas redes de distribuição, e ainda, por alterações de carga, tensão ou corrente. Esse mesmo autor identificou ainda, que as interrupções causadas por falhas de material ou equipamento, foram reduzidas nesse período de 2014 a 2016, porém as falhas operacionais que afetam o tempo de duração das interrupções, se manteve no mesmo nível. Já as intervenções ocasionadas por variações nos níveis de carga, tensão ou corrente de energia elétrica, elevaram se a altos patamares.

Para Lauro (2020), no Estado de Goiás, existem diversos fatores que impactam na qualidade da energia elétrica, como os ambientais, institucionais, estruturais e sazonais, pois estão diretamente relacionados à duração das interrupções. O autor afirmou ainda, que o modelo regulatório interfere na qualidade da energia elétrica, pois quando aplicados o modelo de preço máximo ou preço fixo, ocorrem com frequência os indicadores de continuidade, por não existir relação entre a qualidade dos serviços e a regulamentação dos incentivos.

No que concerne à assertiva precedente, Barbosa (2018), esclarece que a existência de empresas monopolistas na prestação de serviços de fornecimento de eletricidade, traz como consequências distorções de preço e qualidade, pois, as concessionárias e o poder público direcionam o agente a maximizar o seu lucro, não preservando a qualidade almejada do serviço, não executando todos os investimentos necessários.

### 2.3. FONTES ALTERNATIVAS DE PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

No decorrer dos anos, a política energética no Brasil, desprezou os aspectos locais e regionais, tendo como meta imutável, de acordo com Souza; Anjos (2007), o caminho do desenvolvimento produtivista, não dando importância às dificuldades que permeiam esta questão. Advertem que as políticas públicas, além de distinguir a estratégia voltada ao desenvolvimento, necessitam observar parâmetros alternativos de

energia e pesquisas relacionados ao uso de fontes renováveis e limpas, com o objetivo de atender as novas demandas da sociedade.

### 2.3.1. Biomassa: energia do bagaço da cana-de-açúcar

Desde 1990, usinas sucroalcooleiras do Estado de Goiás, passaram a consumir a energia produzida em suas próprias estruturas, gerada por meio do bagaço da cana-de-açúcar e se despontou como uma nova fonte alternativa que além de suprir as necessidades da empresa, vendem seu excedente para a Companhia Elétrica do Estado (ALVES, 2006).

O reaproveitamento do bagaço da cana-de-açúcar para geração de energia elétrica, é viável ao tema de produção de energias limpas, pois de acordo com Araújo e Ronquim Filho (2018) permite às usinas uma solução mais adequada para esse resíduo, aproveitando uma matéria que seria descartada, mas que no atual sistema é convertida em um insumo de grande valor.

Segundo Pina (2021), o estado de Goiás possui um elevado potencial para produzir eletricidade com resíduos da cana-de-açúcar, com zonas aptas para o aproveitamento da biomassa para gerar energia elétrica. Segundo essa mesma autora, no ano de 2019, já existiam trinta e seis usinas de biogás instaladas no estado, voltadas para a produção de energia elétrica.

### 2.3.2. Energia solar

De acordo com Pinho e Galdino (2014), a energia solar fotovoltaica é extraída pela conversão direta da luz do sol e transformada em eletricidade, por meio da célula fotovoltaica, produzida de material semicondutor, que realiza todo o processo de conversão. Atualmente, a geração de energia fotovoltaica no Brasil, apresenta elevada capacidade de expansão, por possuir a vantagem de um grau de uniformidade quase pleno de radiação solar que incide sobre o seu espaço físico (JÚNIOR; SOUZA, 2020).

Segundo Júnior e Souza (2020) nos anos 50, somente 4,5% da energia solar era convertida em energia elétrica pelos painéis solares, além de apresentar um custo elevado se comparado aos dias atuais. Com o desenvolvimento da tecnologia, esse índice de conversão saltou passou para 15%, com custo de 1.370 vezes mais barato. Já existem módulos que apresentam eficiência de 20%.

O potencial energético solar do Brasil, comparado a países europeus, é mais vantajoso, pois os menores potenciais aqui encontrados, se igualam aos maiores potenciais europeus, sendo que nas capitais brasileiras, a irradiação solar captada, atinge variáveis entre 4,9 kWh/m<sup>2</sup> /dia e 6 kh/m<sup>2</sup> /dia. Ademais, o Brasil possui consideráveis reservas de silício e lítio, matérias primas utilizadas para produzir células fotovoltaicas e baterias (JÚNIOR; SOUZA, 2020).

### 2.3.3. Energia eólica

A energia eólica é gerada a partir da ação do vento e já é explorada desde os tempos antigos, para a retirada de água dos poços, beneficiamento de grãos entre outras atividades 15 agrícolas. Seu ápice ocorreu na década de 70, devido à crise energética, época, em que os Estados Unidos, a Alemanha e a Dinamarca investiram elevadas quantias de recursos financeiros para pesquisas de formas alternativas; nos anos 80 (KOHLENER et al., 2020).

O desinteresse na América, na produção de energia eólica, provocou o seu encolhimento, no entanto, na Europa essa tecnologia continuou a receber investimentos tendo um significativo desenvolvimento. O Brasil, apesar de possuir relevante potencial eólico, essa forma de energia renovável, tem baixo aproveitamento (KOHLENER et al., 2020).

No Brasil a energia eólica é gerada nos seguintes estados: Bahia, Ceará, Maranhão, Minas Gerais, Pernambuco, Paraíba, Piauí, Paraná, Rio de Janeiro, Rio Grande do Norte, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Sergipe e São Paulo. Conforme Sampaio; Batista (2021), a fonte de energia eólica, evoluiu bastante nos últimos anos no País, ocupando a segunda posição como matriz energética brasileira, com mais de 600 parques eólicos em fase de operação.

A conversão de energia eólica em energia elétrica, exige extensas áreas sem obstáculo, os aerogeradores produzem ruídos, que segundo Luz (2018) podem causar incômodos nos residentes próximos de um parque eólico, como náuseas, vômitos, zumbidos, tonturas, dores de cabeça, irritabilidade, taquicardia, distúrbios do sono, entre outros problemas identificados pela literatura. Motivos pelos quais, não se tem a geração de energia eólica em muitas regiões do Brasil.

### 3. METODOLOGIA

Foi realizada pesquisa bibliográfica referente ao tema energia elétrica e as alternativas de sua geração por uma perspectiva sustentável, com a escolha de estudos teóricos que sustentam a estruturação do trabalho, com o foco direcionado para o Estado de Goiás, região do Sudoeste Goiano, em que seriam viáveis essa possibilidade e a sua importância para a economia produtiva desse espaço.

Quando foram obtidos dados no site da empresa que prestava o serviço era a Enel-GO e das demais publicações que abordam o assunto referente à energia elétrica e de energias sustentáveis como alternativas para o meio rural. A sustentação do objetivo de observar a relação entre a disponibilidade de energia elétrica e o desenvolvimento rural, foi realizada mediante revisão bibliográfica, consulta de artigos e livros.

Para identificar os índices de geração das principais fontes alternativas em Goiás, foram consultados site da Enel-GO e publicações de autores que referenciam o tema. Com o objetivo de conhecer os problemas que afetam o processo de distribuição de energia elétrica no Estado, foi amparado por meio de relatórios sobre interrupções de energia elétrica e as causas mais graves que provocam esses problemas, que serão complementados pela sustentação teórica de publicações de pesquisadores que discutem sobre o assunto.

Para artigos e publicações, foi utilizada consulta às plataformas Scielo.br e Scimedirect.com, de maneira a identificar quais alternativas energéticas podem suprir as demandas da região Sudoeste do Estado de Goiás e as possibilidades dessas hipóteses tornarem-se realidade, na contribuição do desenvolvimento do meio rural desse território.

### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 4.1. ANÁLISE: PANORAMA DAS ALTERNATIVAS DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NA REGIÃO SUDOESTE DE GOIÁS

Conforme Carlindo; Peixinho (2022), atualmente a produção de energia elétrica em Goiás é proveniente de energia hidrelétrica, com índices que ultrapassam os 75%. Além da energia gerada por fontes hidráulicas, existe um aumento de energia originada

do bagaço de cana de açúcar, resultante dos rejeitos descartados pelas usinas sucroalcooleiras

Quanto a produção de energia solar fotovoltaica, os autores mencionam que o potencial de geração, é dependente de investimentos públicos e privados para o seu avanço. Em seguida, observa-se a atual situação das fontes de geração de energia no Estado de Goiás. A geração de energia elétrica em Goiás é maior do que o consumo no estado, tendo seu excedente exportado, através das linhas do Sistema Interligado Nacional (SIN) (CARLINDO; PEIXINHO, 2022).

A energia elétrica gerada por meio da biomassa do bagaço da cana-de-açúcar, representa 12%, da produção total de energia no estado de Goiás, enquanto a energia solar fotovoltaica ainda apresenta uma geração pequena, apesar do elevado potencial encontrado no Estado. No que se refere a energia eólica, algumas regiões do estado de Goiás apresentam possível potencial, sendo necessário ainda, estudos para confirmar a viabilidade de produção, contudo, não existe nenhum parque eólico projetado para o Estado (CARLINDO; PEIXINHO, 2022).

Para a geração desse percentual de aproximadamente 75% de energia elétrica de fontes hidráulicas, além da produção de Usina hidrelétrica (UEH), contribuí para esse elevado índice, a geração vinda das Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) e Centrais Geradoras Hidrelétricas (CGHs) instaladas no Estado de Goiás (Tabela 1).

Sousa et al. (2019) identificaram que a utilização de energia fotovoltaica em pivô central no Estado de Goiás, apresenta viabilidade econômica, porém, em relação à energia originada de fontes hidrelétricas, o custo de produção é elevado em 9,98%, com lucros reduzidos em 3,07%.

**Tabela 1.** Empreendimentos geradores de energia hidroelétrica em Goiás.

UEH – Usina Hidrelétrica	PCHs – Pequena Central Hidrelétrica	CGH – Central Geradora Hidrelétrica
Potência instalada superior a 30.000 KW	Potência instalada superior a 1.000 KW e inferior ou igual a 30.000 KW	Potência instalada de até 1.00 KW

Fonte: Carlindo; Peixinho (2022) – (Adaptado pelo autor).

Para obter as respostas se o uso de energia fotovoltaica é viável para irrigação em pivô central, os autores simularam um projeto de área de 76,20ha por pivô, com o



cultivo sucessivo de soja, milho e tomate industrial, em um espaço de tempo de 25 anos (tempo de duração do sistema fotovoltaico), apresentado na Tabela 2.

Os resultados obtidos, demonstram que o projeto com energia fotovoltaica apresenta custo mais elevado, devido a diferença de investimentos, pois o sistema com energia fotovoltaica exige investimento maior no início, pois é necessário além dos custos da implantação do sistema irrigação, ainda tem os do sistema de geração fotovoltaico.

Ainda segundo Sousa et al. (2019), existe viabilidade da implantação do sistema de energia fotovoltaica em pivô central, dado que, o VPL é positivo e elevado caso não seja comparado com o sistema sem energia fotovoltaica. Da mesma forma, o LMD é também positivo, com uma receita média mensal de R\$ 5.728,54 ha ao ano, e por volta de R\$ 181,37 ha, menor do que o sistema com energia tradicional. A TIR é positiva, sendo 4,83 vezes maior do que a TMA. O Payback é menor do que o tempo de 25 anos que o projeto é conduzido, representando um terço do tempo, pois a partir do oitavo ano, os custos serão somente com a manutenção do sistema de energia fotovoltaico.

Com base nessas informações (Tabela 2), apesar da utilização de energia fotovoltaica ser economicamente viável, devido ao seu custo de produção ser maior com redução de lucro, Sousa et al. (2019) recomendaram que caso existir a disponibilidade, é aconselhável ao usuário optar pela energia elétrica tradicional.

**Tabela 2.** Indicadores econômicos (VPL – Valor Presente Líquido, LMD – Lucro Médio descontado, TIR – Taxa Interna de Retorno, Payback – tempo de recuperação do investimento, B/C – Relação Benefício/Custo) da utilização e não utilização de energia fotovoltaica em pivô central.

Indicadores	Energia Elétrica tradicional	Energia Fotovoltaica
VPL (R\$)	4.445.364,56	3.124.551,22
LMD (R% ano-1)	450.335,50	436.514,70
TIR (%)	60,31	33,85
Payback (anos)	4,67	7,36
B/C R\$	1,37	1,24

Fonte: Sousa et al., (2019).

Ainda, em respeito ao estudo sobre a energia fotovoltaica, existem algumas desvantagens a esse parâmetro de energia, Júnior e Souza (2020) esclareceram que a implantação de energia solar é um investimento alto, pois a produção de células

fotovoltaicas utiliza tecnologia de ponta. Ademais, o rendimento em campo da conversão do sistema é reduzido em razão do valor do investimento. Outro ponto observado pelos autores, é que o rendimento está subordinado às influências climáticas.

Filho (2019) classificou como alternativa, a diversificação da matriz energética, através dos sistemas híbridos de energias renováveis; cita como exemplo, a integração dos sistemas de geração solar/eólica, solar/biogás, biogás/eólica, pequena central hidrelétrica/eólica, entre outras complementações que podem ser aproveitadas. Conforme o mesmo autor, a geração associada dos sistemas híbridos, além de reduzir custos, é mais competitivo do que os sistemas tradicionais de geração de energia, pois a sua adaptação é realizada conforme as necessidades e os recursos de produção energética, disponíveis na propriedade.

Segundo Alves (2006), a produção de energia elétrica pelas usinas sucroalcooleiras traz diversos benefícios relevantes, como o suprimento de energia em tempos de crises mundiais de energia e suprir a necessidade no período da seca, em que o fornecimento das usinas hidrelétricas não é suficiente.

Pina (2021) mencionou que no ano de 2019, no estado de Goiás produziu-se 75.315,239 toneladas de cana-de-açúcar, ocupando a segunda posição na produção do país; a pesquisadora esclarece que em 17 localidades identificadas em Goiás, o potencial de produção de energia de biogás, possui potencial de gerar 65 mil vezes mais biogás do que o montante do volume de biogás produzido no restante Brasil em 2019. Com essa comprovação, fica evidente que a capacidade máxima de energia elétrica gerada da biomassa da cana-de-açúcar, tem possibilidade de elevar ainda mais os índices de produtividade, não se limitando a atual quantidade gerada.

A geração de energia hidrelétrica no Estado de Goiás predomina, mas é possível constatar a possibilidade de utilizar outras fontes de geração, como a energia de biomassa obtida por meio do bagaço da cana-de-açúcar e a energia solar. Além da cana-de-açúcar, a energia de biomassa pode ser produzida por meio de combustão ou digestão anaeróbica de diversas outras matérias primas: lenha, resíduos florestais ou agrícolas, casca de arroz, dejetos de animais, entre outros, tendo como principais derivados da biomassa, o carvão vegetal, a lenha, o etanol, o etanol celulósico, o biodiesel e o biogás (PINA, 2021).

Pina (2021), também observou que os resíduos industriais do setor sucroenergético e de alimentos, assim como do saneamento, se somados, gerariam 84,6 bilhões de m<sup>3</sup> ao ano, de biogás, com o potencial de produzir mais de 200 bilhões de kWh de energia elétrica por ano. O biogás regula a infrequência das fontes eólica e fotovoltaica, por ser uma energia gerada de forma contínua e ter baixo custo de estocagem, na forma de matéria prima ou em gás comprimido e atende as demandas por energia elétrica em regiões distantes no meio rural. Os custos do biogás gerado na produção agropecuária de forma descentralizada por meio de biodigestores, são vantajosos ao usuário do campo, em relação à energia adquirida na rede pública.

Para Soares et al. (2018), os pequenos produtores rurais, podem se beneficiar com a instalação de um biodigestor para obter suprimento de energia elétrica, utilizando biomassa originada de resíduos orgânicos dos locais de confinamento de animais, que em sua maioria são dispensados no ambiente, contaminando as fontes de água. Segundo mesmos autores, a biomassa pode ser vista como uma possibilidade para o desenvolvimento rural sustentável, se destacando como uma opção para gerar agroenergia, por meio de biodigestores modernos e fáceis de serem manejados, e com custos reduzidos, desde que haja disponibilidade de matéria prima na forma de resíduo.

Conforme as abordagens referentes à geração de energia elétrica com o uso de biomassa, ficou evidente que essa alternativa é uma aliada não somente dos grandes produtores, mas também, para os pequenos produtores, que podem obter energia elétrica sem a necessidade de fazer altos investimentos em equipamentos de tecnologia cara, pois, a renda da maioria deles não é compatível para suprir os custos nesse tipo de investimento.

Ainda existe a viabilidade de produzir energia elétrica por meio do aproveitamento dos ventos, porém, ainda não existe estudos finalizados no estado de Goiás e conhecimento de projetos com interesse em construir estruturas nas possíveis regiões com potencial de produção.

Kohler et al. (2020) esclareceram que o potencial eólico do estado de Goiás, conforme estudo de viabilidade técnica e qualidade dos ventos, as áreas com boa velocidade e distribuição, se localizam no município de São Domingos e no município de Guarani de Goiás; torres instaladas com mais de 120m de altura, propiciariam melhor

aproveitamento dos ventos dessas áreas favoráveis. De acordo com esses autores, os obstáculos para a exploração desse tipo de energia, são as dificuldades do mercado financeiro e os altos investimentos que a tecnologia utilizada para a geração de energia eólica exige; para que esse mercado atraia investidores, são necessários incentivos públicos destinados à produção de energias renováveis, que já atuam para esse objetivo.

O que se pode observar, é que os maiores investimentos na geração de energia elétrica no estado de Goiás, estão concentrados na produção de energia hidráulica, sendo que outras fontes geradoras despertam atenção, contudo não há investimentos significativos por parte do governo, como pode ser visto, no caso da energia gerada pelas usinas sucroalcooleiras, que em sua maioria, fazem investimentos próprios na construção das estruturas de produção (VENCESLAU, 2018).

A região do Sudoeste Goiano, representa uma grande parcela de contribuição na produção de energia de biomassa do bagaço de cana-de-açúcar; pois é neste território que se encontram instaladas várias usinas sucroalcooleiras de grande porte, que apresentam elevado potencial de suprir com o excedente de sua produção de energia elétrica (ÚNICA, 2020). Os investimentos em geração de energia de biomassa de cana-de-açúcar, atenderiam as demandas da região Sudoeste de Goiás por esse insumo, evitando interrupções indesejadas no fornecimento, suprindo as necessidades energéticas dos produtores do meio rural, setor que nas últimas décadas, encontram-se em elevada expansão.

Dias (2019) mencionou que a qualidade de energia elétrica para o setor industrial é maior que em outros segmentos, pelo motivo do elevado nível de automação nas indústrias, tendo como consequência, problemas com a qualidade, pois uma parada de máquinas ou avaria de equipamentos provocam grandes prejuízos financeiros para o empresário e para os produtores do meio rural.

Nesse mesmo sentido, ao considerar que atualmente no meio rural, os pequenos e grandes produtores utilizam equipamentos elétricos para beneficiar e alavancar os seus produtos, além do uso doméstico em residências rurais, é possível estender essa preocupação para esse setor, em razão de que a produção rural em muitos casos, já ocupa status de agroindústrias de pequenos, médios e grandes portes (CODEVASF,

2021). Porém, há diversos fatores que podem atrapalhar esse processo, que são sobretudo, relacionados à energia elétrica que movimenta esse setor.

Jordão et al. (2020) confirmaram essa observação, ao destacarem que existem muitas reclamações originadas da perda de equipamentos devido a interrupções e retornos bruscos de energia elétrica. A exemplo, apresenta-se o ocorrido no município de Rio Verde no sudoeste de Goiás, ocorreu 12 interrupções/retorno no mesmo dia; relatam ainda, o caso de uma produtora de leite em uma audiência pública, que alegou que a interrupção no fornecimento de energia sempre era no mesmo horário todos os dias. Esses mesmos pesquisadores afirmaram ainda que agricultura familiar, não importando a pluriatividade, trabalha para atuar profissionalmente para além da produção agrícola, transformando e comercializando seus produtos, com o objetivo de elevar a renda, assim sendo, a energia elétrica é primordial para assegurar a sua inserção em mercados competitivos. No caso de interrupções e qualidade baixa no fornecimento de energia elétrica para esse segmento, ocorrerá prejuízos financeiros e materiais.

Para confirmar sobre esses obstáculos mencionados, a respeito das quedas de energia elétrica no meio rural, são disponibilizados alguns dados coletados de relatórios da Enel-GO, durante o ano de 2022, na Tabela 3. Os principais eventos causadores das interrupções, que segundo a Enel, são considerados como eventos em situação de emergência, relacionados à fatores climáticos.

Diante de todos os problemas identificados, pressupõe-se que, uma das maiores dificuldades encontradas para o fornecimento de energia elétrica de qualidade para o meio rural, seria a falta de técnicos para exercer a mão de obra, responsável pela manutenção necessária das redes de energia. Devido à grande extensão de suas instalações, assim como, as longas distâncias a serem percorridas para solucionar adversidades ocorridas pelas intempéries naturais e daquelas provocadas pelo homem.

Conforme o que foi abordado, é possível observar que na atualidade, a energia elétrica é indispensável para o desenvolvimento do meio rural, sendo de significativa relevância para a manutenção das famílias no campo, gerando conforto e possibilidades de melhorias também para os pequenos produtores, através da facilitação de seu acesso. Frisa-se, que ademais, com base no que foi exposto pelos autores referenciados, existem duas vertentes de consumo de energia elétrica no campo: uma voltada para o

consumo doméstico e a outra direcionada às tecnologias de alta produção agropecuária, sendo que nos dois casos, ocorre a demanda pelo insumo.

Defende-se assim, a importância de se investir em sistema de proteção e energias alternativas, apesar de algumas ter alto custo de implantação, é possível recorrer a projetos viáveis que possam suprir a demanda quando existir instabilidade do sistema energético tradicional. A exemplo tem-se, o biogás que é produzido com diversos subprodutos oriundos de atividades agropecuárias, ou até mesmo, sistemas híbridos, conforme os recursos da propriedade.

A linha adotada do estudo, esclarece que a análise da produção de energia elétrica no Estado de Goiás e sua relação com o desenvolvimento econômico da região, principalmente no meio rural, revela a existência de várias alternativas energéticas que podem complementar o sistema de geração, bem como, contribuir para o avanço do desenvolvimento desse espaço.

Tabela 3 - Interrupções de energia elétrica de janeiro a setembro/2022.

N.º de interrupções por meses	Evento Causador	Período de ocorrência
10.734	Descargas nuvem-solo, descargas nuvem-nuvem, chuvas, ventos e raios	05 a 12 de janeiro
2.947	Tempestades de raios, chuvas intensas	17 a 19 de janeiro
4.371	Áreas de instabilidade, ventos fortes, chuvas e raios.	24 a 27 de janeiro
5.159	Zona de convergência, raios, chuvas, rajadas de vento forte.	30 de janeiro a 03 de fevereiro
3.281	Áreas de instabilidade, raios, nuvem-solo, descargas de nuvem, chuvas	05 a 07 de fevereiro
6.279	Áreas de instabilidade, raios, nuvem-solo, descargas de nuvem, chuvas.	07 a 11 de fevereiro
8.178	Zona de convergência, raios, nuvem-solo, descargas de nuvem-nuvem, rajadas de vento forte, chuvas.	16 a 22 de fevereiro
1.487	Áreas de instabilidade, ventos, nuvens, descargas	02 a 03 de março

N.º de interrupções por meses	Evento Causador	Período de ocorrência
	atmosféricas, chuvas, ventos fortes.	
2.653	Descargas atmosféricas, rajadas de vento forte, chuvas.	11 a 13 de março
2.230	Ventos em níveis baixos, médios e altos, formação de nuvens carregadas, rajadas de vento forte, chuvas.	26 a 28 de março
2.850	Chuva forte, raios, fortes rajadas de vento	11 a 13 de abril
357	Situação de emergência ambiental (queimadas) Decreto N.º 10.126, de 03/agosto 202	Previsão de 03 de agosto Estendida por 120 dias
1.952	Chuvas intensas, fortes rajadas de vento, descargas elétricas.	17 a 18 de setembro
6.198	Tempestade de raios, chuvas intensas, vendaval, ventos fortes	21 a 23 de setembro
1.749	Fortes rajadas de ventos, chuva intensa, descarga atmosférica.	24 a 25 de setembro
3.212	Formação de tempestades convectivas, ventos fortes	27 a 29 de setembro

Fonte: Enel (2022) – (Adaptado pelo autor).

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Estado de Goiás, sobretudo a região sudoeste, nos últimos tempos apresenta um notável crescimento nas atividades do meio rural, sendo que a energia elétrica cumpre um papel pertinente para esse evento. Contudo, o fornecimento de energia elétrica para esse setor, ainda apresenta inúmeras falhas, devido às interrupções constantes que podem causar a perda de produtos, avarias em maquinário, entre outros.

Na busca por soluções para esses obstáculos citados, o presente trabalho apresentou fontes de energias alternativas, como a energia fotovoltaica, eólica e da biomassa do bagaço da cana, que são viáveis como opções para o produtor rural, precisando ser realizado estudo específico para cada situação em razão da implantação



demandar custos elevados. Conforme os resultados obtidos no estudo, apesar de o estado de Goiás possuir um grande potencial de produzir energias alternativas para complementar as demandas.

Um exemplo da exploração de energias alternativas, refere-se à eletricidade obtida pelas usinas sucroalcooleiras do estado de Goiás, que aproveitam a biomassa do bagaço de cana-de-açúcar, produzida em suas próprias instalações para a movimentação de seus equipamentos. Da mesma forma, os pequenos e médios produtores poderiam aproveitar vários descartes de produtos em suas propriedades, como a palha do milho, os dejetos oriundos dos animais criados, entre outros, para produzir biogás, mediante a instalação de um biodigestor e gerar sua própria eletricidade.

Quanto ao uso de energia fotovoltaica, obtida por meio de luz solar, possui custos de implantação elevados, pois a tecnologia de armazenamento é muito alta, porém se instalada associada a um sistema híbrido que consegue suprir horário noturno e dias com ausência solar, ela se torna viável aos pequenos e médios produtores do meio rural.

Já a energia eólica, possui tecnologia de altos custos de implantação e no estado de Goiás ainda não existe nenhum campo em atividade, apesar de apresentar viabilidade de exploração em algumas regiões do Estado.

Um dos maiores problemas que afetam o processo de distribuição de energia elétrica no estado de Goiás, é o elevado número de interrupções elétricas, que em sua maioria são provocadas por fatores climáticos, como chuvas densas, raios, ventos fortes e por queimadas frequentes que ocorrem na época de clima seco. Não foi possível identificar se a ocorrência dessas interrupções é agravada por deficiências nos equipamentos e nas redes de transmissão de eletricidade.

Constatou-se que, de acordo com o panorama estudado sobre a produção de energia elétrica no Estado de Goiás, em alguns casos em que não tenha disponibilidade, as energias de fontes alternativas são viáveis, mas até o momento, não existem investimentos que possam causar a ruptura de forma a ficar dependente da energia gerada por fontes hidráulicas, já que não há investimentos públicos significativos para a produção de outras fontes geradoras.

## AGRADECIMENTOS

À Plataforma Institucional de Pesquisa e Inovação em Bioinsumos da Universidade Estadual de Goiás pelo apoio financeiro mediante a Convocatória Bioinsumos Nº 21/2023.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, Josias Manoel. Paradigma técnico e co-geração de Energia com bagaço de cana de açúcar em Goiás. AGRENER GD 2006 – 6 Congresso Internacional sobre Geração Distribuída e Energia no Meio Rural.
- ARAUJO, G. J. F. de; ROQUIM FILHO, A. A utilização do bagaço de cana de açúcar para a geração de energia elétrica: o estudo de caso em uma usina sucroenergética de grande porte. Revista de Agronegócio – Reagro, Jales, v.7, n.2, p. 17-29, jul./dez., 2018.
- BARBOSA, L. M. Análise econômica das compensações financeiras pagas por transgressões do limite dos indicadores de continuidade na distribuição de energia elétrica: o caso Celg (2014 a 2016) [manuscrito]: Economic analysis of the financial compensation paid for transgressions of the limit of continuity indicators in the distribution of electricity: the Celg case (2014 to 2016) / Lucas Martins Barbosa. - 2018.
- CARLINDO, S.; PEIXINHO, D. M. O processo de eletrificação de Goiás e a nova projeção para o setor. Ateliê Geográfico - Goiânia-GO, v. 16, n. 1, abr./2022, p. 165 – 184.
- Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba. Caderno de Caracterização Estado de Goiás/ Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba. - Brasília: Codevasf, 2021.
- DIAS, F. M. Revisão bibliográfica dos distúrbios que influenciam na qualidade da energia elétrica. Centro Universitário UNIFACVEST. Lages, 2019.
- ENEL Distribuição Goiás. Relatórios de Expurgos por Situação de Emergência – ISE – Goiás, 2022. Disponível em: enel.com.br. Acesso em: 30 nov. 2022.
- FILHO, A. J. T. de S. Análise da Viabilidade de Sistema Híbrido Biogás- Solar na Geração de Energia e seus Impactos nas Emissões de Gases / Aroldo José Teixeira de Souza Filho; orientador João Areia Ferreira Barbosa Júnior. – Rio Verde. 2019.
- JORDÃO, L. R.; SILVA, T. H. C.; CHAGAS, G. G. das; BARREIRA, S. Energia solar como fator de desenvolvimento rural e a produção de leite em Goiás. Desenvolvimento Regional em Debate, v. 10, 2020. Universidade do Contestado, Brasil.

- JÚNIOR, O. M.; SOUZA, C. C. de. Aproveitamento fotovoltaico, análise comparativa entre Brasil e Alemanha. *INTERAÇÕES*, Campo Grande, MS, v. 21, n. 2, p. 379-387, abr./jun. 2020.
- KOHLER, T. E. G. F.; MOREIRA L. G., BRANDÃO, S. M.; RODRIGUES, R. F. N., & DIAS, M. J. Estudo do Potencial de Geração de Energia Eólica no Estado de Goiás. *Revista Processos Químicos*. Jul / Dez de 2020.
- LAURO, Marcos Eduardo de Souza. Determinantes da duração das interrupções no fornecimento de energia elétrica no Estado de Goiás. [REOESTE] *Rev. Econ. do Centro-Oeste, Goiânia*, v.6, n.2, pp. 42-58, 2020.
- LOSEKANN, L.; HALLACK, M. C. M. *Novas energias renováveis no Brasil: desafios e oportunidades*. 2018.
- LUZ, E. P. *Simulação do ruído de aerogeradores em parques eólicos*. Trabalho de Conclusão de Curso; (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina. Santa Catarina, 2017.
- MERCANTE, A. L. P. *Geração de bioeletricidade, através do bagaço e da palha da cana-de-açúcar*. Ufscar – Araras, 2020.
- PINA, M. D’Abadia de. *Análise e tomada de decisão para avaliação de locais de produção de energia de biomassa com cana-de-açúcar no Estado de Goiás / Marlísia D’Abadia de Pina. – Goiânia: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, 2021.*
- PINHO, J. T.; GALDINO, M. A. *Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos*. CRESESB. 2014.
- REMUSSI, R.; FERNANDES, A. M.; BIEGELMEYER, U. H.; CRACO, T.; e MOTTA, M. E. V. da. Consumo de Energia Proveniente de Hidrelétricas no Meio Rural Brasileiro: Uma Visão Sustentável. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental Santa Maria*, v. 19, n. 3, set-dez. 2015, p. 83-97. *Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas – UFSM ISSN: 22361170*.
- SAMPAIO, K. R. A.; BATISTA, V. O atual cenário da produção de energia eólica no Brasil: Uma revisão de literatura. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 1, e57710112107, 2021.
- SOARES, C. M. T.; FEIDEN, A.; PLEIN, C.; PASTÓRIO, I. T. Uso do biogás no meio rural como um fator de desenvolvimento rural sustentável. *Brazilian Journal of Development Curitiba*, v. 4, n. 6, p. 3298-3317, out./dez. 2018.

- SOUSA, M. A.; JÚNIOR, J. A., EVANGELISTA, A. W. P., CASAROLI D.; MESQUITA, M. Estimativa de viabilidade econômica do uso de energia fotovoltaica em pivô central no Estado de Goiás. *Engenharia na Agricultura*, v.27, n.1, p. 22-29, 2019.
- SOUZA, Cláudio Renê Garcia de; ANJOS, Flávio Sacco dos. Impacto dos programas de eletrificação rural em comunidades rurais de Arroio Grande, RS. *Revista Extensão Rural*, DEAER/CPGExR – CCR – UFSM, Ano XIV, Jan – Dez de 2007.
- TABOSA, F. J. S.; COSTA, E. M.; FILHO, J. do A.; NETO, N. T.; ARAUJO, J. A.; SANTOS, C. P. B. dos. Análise da Demanda por Energia Elétrica no Meio Rural do Brasil. *Planejamento e políticas públicas | ppp | n. 52 | jan./jun. 2019.*
- UNICA – União da Indústria de Cana-de-açúcar. *Boletim de Geração de Bioeletricidade*. 2020.
- VENCESLAU, H. M. B. de B. *Diversificação das Aplicações do Bagaço de Cana de Açúcar / Hayssa Michely Barbosa de Barros Venceslau*. - João Pessoa, 2018.

## CAPÍTULO XX

## TECENDO CONSIDERAÇÕES SOBRE O DESCARTE DOS RESÍDUOS DE SERVIÇOS DA SAÚDE: UMA BUSCA PELA SUSTENTABILIDADE

### REPORTING CONSIDERATIONS ON THE DISPOSAL OF HEALTHCARE WASTE: A SEARCH FOR SUSTAINABILITY

DOI: 10.51859/AMPLA.MAC3468-20

Jéssica Tamyris de Freitas Cavalcanti<sup>1</sup>  
 João Vitor da Silva Chagas<sup>2</sup>  
 Fernanda Nathalia Carneiro Cunha<sup>3</sup>  
 Júlia Guedes de Lima<sup>4</sup>  
 Myrella Rayane do Nascimento Melo<sup>5</sup>  
 Eliana Cristina Barreto Monteiro<sup>6</sup>  
 Ângelo Just da Costa e Silva<sup>7</sup>

<sup>1</sup> Mestranda em Desenvolvimento de Processos Ambientais, Universidade Católica de Pernambuco- UNICAP, <https://orcid.org/0000-0001-7949-046>

<sup>2</sup> Mestrando em Desenvolvimento de Processos Ambientais, Universidade Católica de Pernambuco- UNICAP, <https://orcid.org/0009-0008-8358-9821>

<sup>3</sup> Mestranda em Desenvolvimento de Processos Ambientais, Universidade Católica de Pernambuco- UNICAP, <https://orcid.org/0009-0001-5697-3077>

<sup>4</sup> Mestranda em Desenvolvimento de Processos Ambientais, Universidade Católica de Pernambuco- UNICAP, <https://orcid.org/0009-0007-9786-7960>

<sup>5</sup> Mestranda em Desenvolvimento de Processos Ambientais, Universidade Católica de Pernambuco- UNICAP, <https://orcid.org/0009-0003-4140-9785>

<sup>6</sup> Professora Adjunta da Universidade Católica de Pernambuco e Universidade de Pernambuco. <https://orcid.org/0000-0003-0842-779X>

<sup>7</sup> Professor Assistente da Universidade de Pernambuco e Universidade Católica de Pernambuco. <https://orcid.org/0000-0002-0759-6439>

### RESUMO

Os resíduos de serviço de saúde (RSS) constituem resíduos sépticos que contêm, ou potencialmente podem conter, microrganismos de ordem patogênica. O gerenciamento e o descarte inadequado de resíduos têm produzido passivos ambientais capazes de colocar em risco os recursos naturais e comprometer a qualidade de vida das atuais e das futuras gerações. O responsável pelo estabelecimento de saúde que é gerador de tais resíduos, está a competência da implementação do Programa de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRSS). O manejo adequado e seguro

dos RSS está relacionado com a sua correta classificação e identificação adequada, conforme o que está previsto na legislação que rege o setor. Portanto, observa-se a necessidade de elaborar-se um PGRSS que oriente e defina os procedimentos e ações a serem realizadas, baseando-se, para tanto, nas características dos resíduos e nos riscos associados, priorizando, sempre que possível, a sua redução e assegurando, invariavelmente, a proteção à saúde do trabalhador e da comunidade em geral. Sem que haja um comprometimento aos recursos naturais, tanto da população atual, como para as futuras gerações.

**Palavras-chave:** Resíduos de saúde. Descarte. Sustentabilidade. Meio Ambiente

## ABSTRACT

Health service waste constitutes septic waste that contains, or potentially may contain, pathogenic microorganisms. Inadequate waste management and disposal have produced environmental liabilities capable of putting natural resources at risk and compromising the quality of life of current and future generations. The person responsible for the health establishment that generates such waste is responsible for implementing the Solid Waste Management Program. The appropriate and safe handling of health service waste is related

to their correct classification and adequate identification, in accordance with what is provided for in the legislation that governs the sector. There is a need to develop a Solid Waste Management Program that guides and defines the procedures and actions to be carried out, based on the characteristics of the waste and the associated risks, prioritizing, whenever possible, its reduction, and invariably ensuring the protection of the health of workers and the community in general. Without compromising natural resources, both for the current population and for future generations

**Keywords:** Healthcare waste. Discard. Sustainability. Environment

## 1. INTRODUÇÃO

Segundo a definição proposta pela Organização Mundial da Saúde (OMS), os resíduos de serviço de saúde constituem resíduos sépticos que contêm, ou potencialmente podem conter, microrganismos de ordem patogênica (HIDALGO et al., 2013). O gerenciamento e o descarte inadequado de resíduos têm produzido passivos ambientais capazes de colocar em risco os recursos naturais e comprometer a qualidade de vida das atuais e das futuras gerações. Podendo ser considerado e tratado como um grave problema de saúde pública, que deve representar uma participação dos estabelecimentos geradores e sociedade (SILVA et al., 2014).

A Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº 306/2004 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) e a Resolução nº 358/2005 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) definem os RSS como todo resíduo gerado em qualquer serviço prestador de assistência médica humana ou animal, e classifica-os em cinco grupos: grupo A – biológicos, grupo B – químicos, grupo C – radioativos, grupo D – comuns e grupo E – perfurocortantes (BRASIL, 2004 e 2005).

A RDC nº 306/2004, traz uma grande importância no marco regulatório, pois determina que todos os serviços de saúde devem obrigatoriamente elaborar um Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde (PGRSS). Tal plano deve ser constituído por um conjunto de procedimentos de gestão, planejados e implementados a partir de bases científicas e técnicas, normativas e legais, com o objetivo de minimizar

a produção de resíduos e proporcionar aos resíduos gerados um encaminhamento seguro, de forma eficiente, visando à proteção dos trabalhadores, à preservação da saúde pública, dos recursos naturais e do meio ambiente (BRASIL, 2004).

O gerenciamento dos RSS pode ser entendido como manejo destes, tanto dentro quanto fora dos estabelecimentos responsáveis. Esse processo vai desde a geração do resíduo até a sua disposição final. O manejo interno dos RSS é desenvolvido no interior do estabelecimento de saúde, compreendendo as seguintes etapas: geração; segregação; descarte; acondicionamento; identificação; tratamento preliminar; coleta interna; transporte interno; armazenamento temporário e externo; higienização, e segurança ocupacional (HIDALGO et al., 2013).

A execução do gerenciamento de RSS deve ser realizada de forma integral, buscando a articulação das ações normativas, operacionais, financeiras e de planejamento que um estabelecimento de saúde desenvolve, baseando-se em critérios sanitários, ambientais e econômicos para coletar, tratar e dispor os resíduos gerados (UEHARA et al., 2019). Um gerenciamento eficiente, contribuirá para a redução de resíduos infectantes e contaminantes, a minimização de ocorrências de possíveis acidentes ocupacionais, além dos benefícios atrelados à saúde pública e ao meio ambiente (HIDALGO et al., 2013).

Os resíduos de serviços de saúde (RSS), quando são gerenciados de forma inadequada pelos estabelecimentos geradores, oferecem risco potencial ao ambiente e à vida de forma geral, devido às características biológicas, químicas e físicas que lhes são características. Esse aspecto, atrelado aos grandes volumes de resíduos desses ambientes, e que são gerados diariamente por estabelecimentos diversos, tais como: hospitais, farmácias, clínicas médicas, laboratórios, clínicas odontológicas, consultórios, ambulatórios, clínicas veterinárias, entre outros, constitui uma grande preocupação aos órgãos sanitários, diante da relevância, tanto no aspecto da saúde como ambiental (VENTURA et al., 2010).

A discussão sobre o gerenciamento e o descarte dos resíduos de serviços de saúde, necessita ser amplamente discutida nos espaços políticos, escolares, acadêmicos e nos próprios serviços de saúde, tanto com os pacientes e profissionais de saúde (AMARANTES et al., 2017). Desse modo, este estudo teve como objetivo caracterizar os

resíduos, com base na legislação vigente, o processo de gerenciamento e descarte de resíduos dos serviços de saúde, além de apresentar algumas propostas e estratégias a respeito do gerenciamento de resíduos, abordando a sustentabilidade ao meio ambiente.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Os Resíduos de Serviços de Saúde (RSS), representam de 1 a 2% do total do volume de todo o montante de resíduos sólidos gerados. A segurança e o gerenciamento sustentável desses resíduos são inegociáveis e obrigatórias para manutenção da saúde pública, sendo uma responsabilidade de todos que geram tais resíduos. O gerenciamento impróprio dos RSS expõe a consideráveis riscos para pacientes, trabalhadores da saúde, a comunidade e o meio ambiente. Atualmente o gerenciamento desses resíduos constitui um grande desafio ao poder público (SILVA et al., 2014).

A disposição final oferecida para cada grupo de resíduo deve ser inserida nos Programas de Geração de Resíduos Sólidos (PGRSS) de forma detalhada. O manejo adequado e seguro dos RSS está relacionado com a sua correta classificação e identificação adequada dos sacos plásticos e recipientes que acondicionam esses resíduos. Para tanto, estes devem estar identificados de forma que permitam o reconhecimento dos resíduos descartados, para que tenham a sua destinação satisfatória dentro do aspecto regulatório.(UEHARA et al., 2019). Em sequência, serão abordadas as diferentes classificações e tipos de resíduos que são encontrados em estabelecimentos prestadores de serviços de saúde.

### 2.1. RESÍDUOS DE CLASSE A : RESÍDUOS INFECTANTES

Como reitera Brasil (2005), as principais definições da Resolução número 306 de 07 de dezembro de 2004 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária e a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA número 358 de 29 de abril de 2005, que em aspectos gerais dispõe sobre o tratamento e disposição final de resíduos de serviços de saúde e apresenta outras providências, o grupo A é classificado como: Resíduo Biológico-Infecante, são os resíduos com a possível presença de agentes



biológicos que, por suas composições de maior virulência ou concentração, podem apresentar risco de infecção. O grupo A se divide nos seguintes subgrupos:

A1: descarte de vacinas de microrganismos vivos ou atenuados; meios de cultura e instrumentais utilizados para transferência, inoculação ou mistura de culturas; resíduos de laboratórios de manipulação genética; sobras de amostras de laboratório contendo sangue ou líquidos corpóreos, recipientes e materiais resultantes do processo de assistência à saúde. A2: carcaças, peças anatômicas, vísceras e outros resíduos provenientes de animais submetidos a processos de experimentação com inoculação de microrganismos, e com risco de disseminação, que foram submetidos ou não a estudo anatomopatológico ou confirmação diagnóstica. A3: peças anatômicas (membros) do ser humano; produto de fecundação sem sinais vitais com peso menor que 500 gramas ou estatura menor que 25 centímetros, ou idade gestacional menor que 20 semanas que não tenham valor científico ou legal e não tenham sido requisitados pelo paciente ou familiares. A4: kits de linhas arteriais, endovenosas e dialisadores, quando descartados; filtros de ar e gases aspirados de área contaminada; membrana filtrante de equipamento médico-hospitalar e de pesquisa, ou similares; sobras de amostras de laboratório e bolsas transfusionais vazias ou com volume residual pós-transfusão. A5: órgãos, tecidos, fluidos orgânicos, materiais perfurocortantes ou escarificantes e demais materiais resultantes da atenção à saúde de indivíduos ou animais, com suspeita ou certeza de contaminação por príons (BRASIL, 2005).

Segundo Brasil (2005), os resíduos infectantes que devem obrigatoriamente receber tratamento antes de sair do laboratório são culturas, estoques de microrganismos e instrumentais utilizados para transferência, inoculação ou mistura dos mesmos; resíduos de manipulação genética; resíduos de fabricação de produtos biológicos, como culturas de tecidos exceto os hemoderivados; vacinas de agentes vivos ou atenuados; bolsas transfusionais contendo sangue, rejeitadas por contaminação, má conservação ou vencidas; sobras de amostras de laboratório contendo sangue ou líquidos corpóreo, o que ocasionalmente não é praticado nos serviços de saúde (ADUAN, 2014).

Resíduos infectantes sólidos coletados em sacos para autoclavagem; precisam ficar semiabertos durante o tratamento para redução ou eliminação da carga

microbiana compatível com Nível III de Inativação; após resfriamento, os sacos serão fechados e acondicionados no interior de sacos brancos para resíduos infectantes; lacrados e identificados pelo preenchimento dos campos da etiqueta; armazenados em recipiente rígido até a coleta. Assim sendo, de acordo com Brasil (2005), os resíduos infectantes líquidos, acondicionados em frascos resistentes a autoclavagem; preenchimento não superior a 2/3 de sua capacidade e com a tampa colocada sobre o frasco, de modo a permitir a saída do ar; tratamento com Nível III de Inativação; após resfriamento, o conteúdo dos frascos poderá ser eliminado no sistema de coleta de esgoto; enxaguar a pia após descarte (BRASIL, 2005)

Considerando Aduan (2014), os resíduos A1, independentemente de terem sido tratados nos hospitais, normalmente são enviados para a incineração, como não são devidamente separados acaba tendo o descarte indevido e acarretando um aumento de custos. A maior parte dos resíduos biológicos não são reaproveitados no Brasil (ADUAN, 2014).

## 2.2. RESÍDUOS DE CLASSE B: RESÍDUOS QUÍMICOS

Resíduos contendo substâncias químicas que podem apresentar risco à saúde pública ou ao meio ambiente, dependendo de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade e toxicidade. Ex: medicamentos apreendidos, reagentes de laboratório, resíduos contendo metais pesados dentre outros (CARLSON, 2007).

Compreendem também os produtos hormonais, antimicrobianos, citostáticos, antineoplásicos, imunossupressores, digitálicos, imunomoduladores, antirretrovirais, medicamentos controlados pela Portaria MS 344/98. Ainda, pertencem ao Grupo B os resíduos de saneantes, desinfetantes, desinfestantes; resíduos contendo metais pesados; reagentes para laboratório, inclusive os recipientes contaminados por estes; efluentes de processadores de imagem (reveladores e fixadores); efluentes dos equipamentos automatizados utilizados em análises clínicas; e demais produtos considerados perigosos, conforme classificação da NBR 10.004(9) da ABNT (tóxicos, corrosivos, inflamáveis e reativos) (COSTA e FELLI, 2012).

A utilização de substâncias químicas, com princípios ativos com características de periculosidade é, muitas vezes, imprescindível na assistência ao paciente no ambiente hospitalar, que pode ser apresentada na forma medicamentosa ou não. Seu

uso pode comprometer a saúde dos trabalhadores que as manipulam, a saúde da população e agredir outras formas de vida no meio ambiente. Mas, as substâncias químicas constituem instrumentos de trabalho necessários para a assistência à saúde (COSTA e FELLI, 2012).

Para cada tipo de resíduo existe um procedimento apropriado para manusear, acondicionar, identificar, armazenar, transportar, tratar e dispô-los, conforme o grau de periculosidade característico da substância química ativa. Mecanismos de segregação e tratamento que busquem a minimização e a recuperação desses materiais podem proporcionar a economia das despesas relacionadas ao tratamento e disposição final deles (CARLSON, 2007).

Os resíduos químicos pertencentes ao Grupo B, com características de periculosidade, quando não forem submetidos a processo de reutilização, recuperação ou reciclagem, devem ser submetidos a tratamento e disposição final específicos (COSTA e FELLI, 2012).

Para cada um desses resíduos existe um procedimento apropriado para manusear, acondicionar, identificar, armazenar, transportar, tratar e dispô-los, conforme o grau de periculosidade característico da substância química ativa. Mecanismos de segregação e tratamento que busquem a minimização e a recuperação desses materiais podem proporcionar a economia das despesas relacionadas ao tratamento e disposição final dos mesmos (CARLSON, 2007).

Os resíduos químicos sem características de periculosidade não necessitam de tratamento prévio. Quando no estado sólido podem ter disposição final em aterro licenciado e quando no estado líquido podem ser lançados em corpo receptor ou na rede pública de esgoto, desde que atendam respectivamente as diretrizes estabelecidas pelos órgãos ambientais, gestores de recursos hídricos e de saneamento competentes (COSTA e FELLI, 2012).

### 2.3. RESÍDUOS DE CLASSE C : RESÍDUOS RADIOATIVOS

O progresso de tecnologias e avanço na ciência contribuíram significativamente para a melhoria das condições de qualidade de vida da população desde o início do século XX. Dentro dessas perspectivas, é merecido um importante destaque com contribuição da física moderna no que diz respeito à evolução das práticas médicas.

Foram inseridas novas formas de diagnóstico e terapia para diversas doenças, onde pode-se citar o câncer. A manipulação de materiais radioativos nos serviços de saúde gera resíduos que precisam ser gerenciados para a manutenção da segurança do ser humano e meio ambiente (UEHARA, 2011).

Os resíduos radioativos são classificados como Resíduos de Classe C. Dentro dos aspectos e marcos regulatórios, a Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), define que são considerados rejeitos radioativos quaisquer materiais resultantes de atividades humanas que contenham radionuclídeos em quantidades superiores aos limites de isenção especificados na norma CNEN-NE 6.02, os quais a reutilização é imprópria ou não prevista, sendo todos os resíduos contaminados com radionuclídeos (FREITAS et al., 2023).

No Brasil, a maior parte dos rejeitos gerados é de baixo nível de radiação, nas formas sólidas e líquidas. Como rejeitos sólidos citam-se papéis, vestuários, pós, ferramentas e demais utensílios contaminados. Os rejeitos líquidos são usualmente soluções aquosas e orgânicas contendo radionuclídeos. Porém, quando esse material não é recolhido, armazenado e tratado corretamente, pode provocar uma série de acidentes, como o que foi visto em Goiânia, no ano de 1987, onde envolveu o manuseio do céσιο 137 (SOUZA et al., 2020).

O gerenciamento dos rejeitos radioativos gerados nos estabelecimentos prestadores de serviços de saúde é composto por etapas sucessivas, abrangendo desde a geração até a deposição (disposição final) dos resíduos. As etapas desse gerenciamento são: Segregação na origem; Acondicionamento; Pré-tratamento; Caracterização primária e identificação; Eliminação; Coleta e transporte interno; Armazenamento; Registros e manutenção de inventário; transporte externo; entrega a um dos institutos da CNEN ou a empresas autorizadas a execução dessa atividade (UEHARA, 2011).

O manejo seguro dos resíduos pertencentes ao Grupo C: é representado pelo símbolo de substância radioativa, rótulo de fundo amarelo, desenho e contornos pretos, inscrição: Rejeito radioativo, indicando o principal risco, nome do elemento radioativo, tempo de decaimento, data da geração e nome da unidade geradora. Quando

caracterizar perfurocortante, manter: Perfurocortante, mais Resíduo Infectante ou Químico (ERDTMANN, 2004).

Os rejeitos radioativos sólidos deverão ser acondicionados em recipientes metálicos, não manuais, forrados internamente com saco plástico resistente e identificados. Os líquidos deverão ter o seu acondicionamento em frascos de até dois litros ou em bombonas de material compatível com o líquido armazenado, ser resistente, rígido e estanque, tampa rosqueada, vedante, serem acomodadas em bandejas de material inquebrável e com uma profundidade suficiente para manter a com segurança o volume total do rejeito e ser identificado (NETO et al., 2008).

O transporte interno deve ser provido de proteção lateral para acomodar o suporte com alça, recipiente com sistema de blindagem com tampa para acomodação de sacos de rejeitos radioativos, devendo ser monitorado a cada operação de transporte e, se necessário, sofrer a descontaminação. O armazenamento para o decaimento deve ser seguro até atingir níveis que permitam liberá-lo como resíduo não radioativo. Os abrigos devem ser identificados e de acesso reduzido somente aos funcionários do gerenciamento de resíduos (ERDTMANN, 2004).

Um dos grandes agravantes a respeito dos resíduos radioativos é que não existe nenhum sistema que consiga detectar a presença da radiação ionizante, onde ela é inodora, incolor, inaudível e não pode ser palpável. Sendo de grande importância que o gerenciamento desse tipo de resíduo possa garantir a proteção dos trabalhadores em relação a possíveis contaminações durante eventual exposição, ou até o manuseio inadequado do material radioativo e dos rejeitos gerados, visando a preservação da saúde pública e do meio ambiente (SOUZA et al., 2020).

## 2.4. RESÍDUOS DE CLASSE D : RESÍDUOS COMUNS

Os Resíduos Comuns são aqueles que não apresentam risco biológico, químico ou radiológico à saúde ou ao meio ambiente, podendo ser equiparados aos resíduos domiciliares (BRASIL, 2005). São exemplos de resíduos de classe D gerados em unidades de serviço de saúde: luvas, esparadrapos, algodão, compressas de gaze, equipos de soro e outros similares que não tenham tido contato com sangue ou fluidos corporais, papéis de uso sanitário, fraldas, materiais de uso de escritório, resíduos de jardinagem, entre outros que possuam características similares, e estejam listados na RDC 33/2003.

Os resíduos comuns exigem menos despesas para sua eliminação, quando comparados aos resíduos clínicos, chega a ser 20 vezes menor. Além de que, os resíduos de saúde são compostos por enormes volumes de materiais reutilizáveis e recicláveis. Apenas uma parte desses resíduos de saúde requer uma atenção e tratamento especial. A implementação e desenvolvimento de programas de reutilização e reciclagem de resíduos, pode servir como um meio de redução das quantidades crescentes de geração de resíduos e custos de tratamento (HIDALGO et al.,2013).

A respeito da disposição final dos resíduos de classe D, estes são passíveis de reciclagem, as cinzas provenientes de incineradores e outros resíduos sólidos inofensivos, oriundos de processos de equipamento de tratamento de resíduos comuns, devem ser encaminhados para aterro sanitário de resíduos urbanos. Esse aterro deve estar devidamente licenciado pelo órgão ambiental competente (BRASIL,2005).

O aproveitamento dos resíduos de classe D em serviços de saúde é uma forma de contemplar as normas e diretrizes legais, tendo em vista que as operações de segregação dos diversos tipos de resíduos são fundamentais para o cumprimento dos objetivos de um sistema eficiente de gerenciamento de RSS, previstos na RDC n. 306 da Anvisa(2004), a Resolução Conaman. 358 (2005).

A aplicação da logística reversa é uma excelente alternativa para o manejo dos resíduos de classe D( inertes e passíveis de reutilização) nos ambientes de saúde. Uma vez que esses resíduos não apresentam prejuízos à saúde da população e ao meio ambiente. Podendo ser enviados a serviços de reciclagem, onde serão transformados em novos produtos, que podem retornar às unidades de saúde ou destinados a outros processos produtivos ( ZAJAC et al.,2016).

## 2.5. RESÍDUOS DE CLASSE E: RESÍDUOS PERFUROCORTANTES

Os resíduos pertencentes ao grupo E, são classificados como perfurocortantes ou escarificantes, e são compostos por bisturis, lancetas, lâminas de barbear, agulhas, ampolas de vidro, lâmpadas e similares. Este tipo de resíduo é gerado principalmente por setores de saúde como hospitais e clínicas, mas também em ambiente domiciliar, por aqueles que utilizam medicamentos injetáveis (SANTOS, 2018).

Estudos relacionados à prevenção de acidentes perfurocortantes tiveram início na década de 80 quando se instalou a epidemia de AIDS (Síndrome da Imunodeficiência

Adquirida) no Brasil, e devido a acidentes recorrentes por profissionais que atuam na área de saúde, medidas foram adotadas como a conscientização dos riscos, e dos fatores que favorecem o acontecimento dos mesmos, como a alta demanda de pacientes e a necessidade de agir com rapidez, a obrigatoriedade dos EPIs, vacinação contra hepatite B (FREITAS et al., 2020).

O maior grupo responsável pela geração dos resíduos classe E em ambiente domiciliar, são os portadores de Diabetes Mellitus, por conta das aplicações de insulina fracionada de três a quatro vezes ao dia, o que é um grande problema, pois a ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária) respalda apenas o descarte pelos estabelecimentos da área de saúde, que exige que as unidades disponham do Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde, e por conta disso, o descarte em ambiente domiciliar acaba sendo realizado de maneira incorreta (SANTOS, 2018).

O descarte correto dos materiais perfurocortantes é feito pelos coletores corretos em recipientes rígidos resistentes à punctura, ruptura e vazamento, com tampa e devidamente identificados, sendo de estrita proibição o seu reaproveitamento. Os recipientes devem ser descartados quando atingirem 2/3 da sua capacidade. Devem ser mantidos em suportes próprios, em uma altura que seja possível visualizar sua abertura. Quando a marca tracejada for atingida, o descarte deverá ser feito em sacos branco leitosos devidamente identificados com o símbolo de risco biológico (MOURA, 2016).

## 2.6. Possíveis alternativas para redução de danos de resíduos gerados em estabelecimentos de saúde

No ano de 2020, o mundo viveu o cenário da pandemia da COVID-19, onde foram aplicadas dinâmicas de proteção aos riscos biológicos de transmissibilidade da então doença, que era desconhecida. A produção de resíduos de saúde teve um aumento, por conta das medidas de segurança com uso de EPIs descartáveis (máscaras, toucas, capotes, luvas etc.), distanciamento social e restrições de funcionamento em diversos setores econômicos. Com a retomada das atividades presenciais, em meados de 2022, os parâmetros de produção de resíduos de saúde, se equipara ao antes do período pandêmico.

Segundo dados levantados pela Abrelpe (2022), no Brasil durante o ano de 2022, houve um total de aproximadamente 81,8 milhões de toneladas, o que corresponde a

224 mil toneladas diárias. Com isso, cada brasileiro produziu, em média, 1,043 kg de resíduos por dia. A coleta de RSS que é executada pela maioria dos municípios brasileiros é feita de forma parcial, o que contribui significativamente para o desconhecimento sobre a quantidade total gerada e o destino real dos RSS no Brasil.

Os custos para a disposição e acondicionamento final dos resíduos se tornaram cada vez mais elevados. Tendo em vista a grande quantidade produzida pelos estabelecimentos geradores. Com efeitos, poderia haver uma maior mobilização, interesse e esforços dos estabelecimentos de saúde para reduzir a quantidade de resíduos e seus impactos causados. Apesar do aumento da quantidade gerada e dos diferentes grupos de RSS existentes, o gerenciamento destes tem tomado proporções relevantes às instituições de saúde (VENTURA et al., 2010).

O cumprimento às normas regulamentadoras por parte dos estabelecimentos de saúde, relativo à separação eficiente dos RSS na origem, podem contribuir significativamente para a redução do volume de resíduos infectantes e contaminantes, e da incidência de acidentes ocupacionais, além de outros benefícios à saúde pública e ao meio ambiente. Alguns benefícios e vantagens de uma adequada segregação, tais como: Redução dos riscos ,impedindo que os resíduos biológicos contaminem outros tipos de resíduos. Resíduos comuns (classe D) passam a ser reutilizados e reciclados, dentro e fora dos estabelecimentos. Diminuição de custos, pois haverá o encaminhamento do resíduo para tratamento especial (HIDALGO et al.,2023).

A título de demonstração sobre a prática dessas atividades, o setor da Farmácia Hospitalar, sob supervisão do farmacêutico Dr<sup>o</sup> Márcio Tiago, no Hospital Regional Público dos Caetés, na cidade de Capanema, no estado do Pará, Brasil, cuja administração é realizada pelo Instituto Nacional de Desenvolvimento Social e Humano – INDSH, conseguiu de uma forma simples e eficiente diminuir os impactos sobre os resíduos de classe D gerados na unidade hospitalar.

Com a aplicação de uma estratégia eficiente, no reaproveitamento dos resíduos comuns, foi realizado a descaracterização dos recipientes e sua higienização adequada, para a sua posterior utilização. Dado o exemplo, nas farmácias hospitalares, as bombonas ou recipientes de produtos de limpeza, podem ser reaproveitados para a



construção de gaveteiros do tipo bins, para o armazenamento de medicamentos, materiais médicos ou qualquer outro material do setor. (Figura 1 e 2).

Figura1. Reaproveitamento das bombonas de produtos de limpeza para confecção de bins de medicamentos para a farmácia. Farmácia Hospitalar, sob a supervisão do Drº Márcio Tiago, no Hospital Regional Público dos Caetés - Capanema - PA, que é administrado pelo Instituto Nacional de Desenvolvimento Social e Humano/ INDSH.



Figura 2. Reaproveitamento de bombonas de produtos químicos, após sua descaracterização e limpeza, usadas como separador para guarda de materiais médicos hospitalares(MMH). Farmácia Hospitalar, sob a supervisão do Drº Marcio Tiago no Hospital Regional Público dos Caetés - Capanema - PA, que é administrado pelo Instituto Nacional de Desenvolvimento Social e Humano/ INDSH.



Ainda sobre a utilização dos resíduos de classe D, pode-se trazer o exemplo , a reutilização das embalagens de disposição dos tubos de coletas de sangue, que são

utilizados nos laboratórios de análises clínicas. Tais embalagens, normalmente iriam para o lixo comum. Porém foram reaproveitadas para a disposição dos medicamentos cuja embalagem são ampolas. Tornando o seu armazenamento seguro e visualmente agradável. (Figura 3)

Figura 3. Reaproveitamento de embalagens de tubos para coleta de amostra de sangue, como suporte para depósito de ampolas. Farmácia Hospitalar, sob supervisão do Dr<sup>o</sup> Márcio Tiago no Hospital Regional Público dos Caetés - Capanema - PA, que é administrado pelo Instituto Nacional de Desenvolvimento Social e Humano/ INDSH.



A utilização dos medicamentos, representa uma das principais intervenções na assistência à saúde do paciente, é uma prática bastante difundida e utilizada, por parte da medicina. Com a crescente celeridade do crescimento produtivo do mercado farmacêutico, associado a um modelo de atenção à saúde focado no tratamento de doenças tem contribuído para acúmulo de medicamentos, perdas por validade e descarte inadequado tanto nos domicílios quanto nos serviços de saúde. Tais resíduos ,apresentam um potencial elevado para contaminação no meio ambiente (AMARANTES et al.,2017).

Os medicamentos são classificados como Resíduos de Saúde de Classe B. Como política pública de saúde, no ano de 2020, o Governo Federal Brasileiro publicou o Decreto Federal nº 10.388, que regulamenta o sistema de logística reversa de medicamentos no país e prevê que drogarias e farmácias terão de disponibilizar e manter, em seus estabelecimentos, pelo menos um ponto fixo de recebimento a cada

10 mil habitantes. Facilitando assim, que a população tenha acesso a esse importante serviço de descarte, para que tais resíduos não sejam destinados ao lixo doméstico (ABRELPE, 2022).

### 3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resíduos do serviço de saúde ocupam um lugar de destaque e merecem atenção especial em todas as suas fases de manejo (segregação, acondicionamento, armazenamento, coleta, transporte, tratamento e disposição final) em decorrência dos imediatos e graves riscos que podem oferecer, por apresentarem componentes químicos, biológicos e radioativos.

Ao responsável pelo estabelecimento gerador compete implementar o PGRSS. Já às secretarias de saúde e de meio ambiente municipais cabe orientar e monitorar sua construção e sustentação. Trata-se de um processo educacional, visando à segurança dos funcionários e à preservação ambiental.

Portanto, observa-se a necessidade de elaborar-se um PGRSS que oriente e defina os procedimentos e ações a serem realizadas, baseando-se, para tanto, nas características dos resíduos e nos riscos associados, priorizando, sempre que possível, a sua redução e assegurando, invariavelmente, a proteção à saúde do trabalhador e da comunidade em geral. Sem que haja um comprometimento aos recursos naturais, tanto da população atual, como para as futuras gerações.

### AGRADECIMENTOS

Os autores desta publicação agradecem o suporte financeiro da Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal do Nível Superior - CAPES (88887.840366/2023-00 - Fernanda Nathalia Carneiro Cunha; 88887.840370/2023-00 – Jéssica Tamyris de Freitas Cavalcanti; 88887.833733/2023-00 – Júlia Guedes de Lima) e da Fundação de Amparo à Ciência em Tecnologia de Pernambuco - FACEPE (IBPG-2237-3.06/22 - João Vitor da Silva Chagas; (IBPG-2251-3.06/22 - Myrella Rayane do Nascimento Melo).

### REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS - ABRELPE. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil, 2016. Disponível em: < <http://abrelpe.org.br> > Acesso em: 25 set. 2023.

- ABRELPE, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. (2022) Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2022. Disponível em: < <https://abrelpe.org.br/panorama/panorama2022.pdf>> Acesso em: 25 set. 2023.
- ADUAN, Saulo Alves et al. Avaliação dos resíduos de serviços de saúde do Grupo A em hospitais de Vitória (ES), Brasil. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 19, p. 133-141, 2014.
- AMARANTES, J. A. S et al. Avaliação do gerenciamento dos resíduos de medicamentos e demais resíduos de serviços de saúde na Região Serrana de Santa Catarina. Eng Sanit Ambient, São Paulo, v.22, n.2, p. 317-326,2017. Disponível em :<DOI: 10.1590/S1413-41522016150080> Acesso em: 25 set.2023.
- BRASIL, Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). 2004. Resolução RDC nº 306, de 07/12/2004.
- BRASIL, Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução n. 358 de 29/04/2005. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, CONAMA, 2001.
- BRASIL, Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução n. 358 de 29/04/2005. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, CONAMA, 2005.
- CARLSON, Angélica Malvão. Gerenciamento de resíduos químicos em ambientes hospitalares: necessidades e dificuldades - estudo de caso: Hospital Universitário Federal localizado no Estado do Rio de Janeiro.2007. 135 f. Dissertação (Mestrado em Processos Químicos e Meio Ambiente) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.
- COSTA, Taiza Florência et al. Caracterização dos produtos geradores de resíduos químicos perigosos: estudo em um hospital público universitário. Cogitare Enfermagem, v. 18, n.ja/mar. 2013, p. 109- 116, 2013Tradução . . Disponível em: <https://repositorio.usp.br/directbitstream/4b7f3f8e-c404-434b-9a53-374b3df76c7c/FELLI%2C%20V%20E%20A%20doc%20126.pdf>. Acesso em: 28 set. 2023.
- ERDTMANN, B.K. Gerenciamento de serviços de saúde: Biossegurança e o controle de infecções hospitalares. Contexto Enfermagem, Santa Catarina, v.13, n.(esp.), p.86-93, 2004.
- FREITAS, L.F.N. et al. Elaboração e validação de um curso na modalidade a distância sobre o gerenciamento de resíduos radioativos. Research, Society and Development, São Paulo, v.12,n.1,2023. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/39644>. Acesso em: 25 set. 2023.

- FREITAS, M. T. D. et al. Importância dos acidentes com materiais perfurocortantes em trabalhadores de saúde no Brasil: uma análise situacional. Universidade Federal Rural de Pernambuco, v.14, n.3, p.179-184, 2020.
- HIDALGO, L.R.C. et al. Gerenciamento de resíduos odontológicos no serviço público. Rev Odontol UNESP, São Paulo, v. 42, n.4, p.234-250, 2013.
- MOURA, et al. Manejo e descarte adequado de materiais perfurocortantes por profissionais de enfermagem. Revista Científica da FASETE 2016.
- NETO, L.M.R. et al. Aplicação da cromatografia a líquido em substituição a técnica de radioimunoensaio como auxílio diagnóstico visando ao gerenciamento de resíduos de serviços da saúde em laboratórios de pesquisa. Arq Bras Endocrinol Metab, São Paulo, v.52, n.7, p.1172-1175, 2008.
- SANTOS, L. N, RUIZ, J. B. Caracterização e quantificação dos resíduos perfurocortantes gerados por diabéticos do município de Umuarama, PR, Brasil. Universidade Estadual de Maringá, Paraná, 2018.
- SILVA, D. F. et al. Avaliação do gerenciamento dos resíduos de serviços de saúde em municípios da região metropolitana de Belo Horizonte (Brasil). Eng Sanit Ambient, São Paulo, v.19, n.3, p.251-262, 2014. Disponível em: <DOI: 10.1590/S1413-41522014019000000452 >. Acesso em: 25 set. 2023.
- SOUZA, E.L. Contaminação ambiental pelos resíduos de saúde. Revista Fafibe, São Paulo, v.13, n.1, 2020.
- UEHARA, C.A. Segurança na disposição dos rejeitos radioativos em serviços de Saúde. Monografia( Especialização em Segurança do Trabalho) - Universidade de Taubaté, São Paulo, 2011.
- UEHARA, S.C.S.A. et al. Gerenciamento de resíduos de serviços de saúde em hospitais de Ribeirão Preto (SP), Brasil. Eng Sanit Ambient, São Paulo, v.24, n.1, p.121-130, 2019. Disponível em: < DOI:10.1590/S1413-41522019175893>. Acesso em: 25 set. 2023.
- VENTURA, K.S. et al. Avaliação do gerenciamento de resíduos de serviços de saúde por meio de indicadores de desempenho. Eng Sanit Ambient, São Paulo, v.15, n.2, p.167-176, 2010.
- ZAJAC, M.A.L. et al. Logística reversa de resíduos de classe D em ambiente hospitalar: Monitoramento e avaliação da reciclagem no hospital infantil Cândido Moura. Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade, v.5 , n.1 , p.78-93 ,2016. Disponível em : <https://doi.org/10.5585/geas.v5i1.326> Acesso em : 25 set.2023.



## CAPÍTULO XXI

# AValiação Técnica de Pulverizadores de Barra

## TECHNICAL EVALUATION OF BAR SPRAYERS

DOI: 10.51859/AMPLA.MAC3468-21

Leandro de Matos<sup>1</sup>Cássio André Ribeiro Ramos<sup>2</sup>Luiz Henrique de Souza<sup>3</sup>Ana Maria Murta Luz<sup>4</sup>Victor Lucas Fernandes<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Engenheiro Agrícola e Ambiental – Instituto de Ciências Agrárias – Universidade Federal de Minas Gerais, Montes Claros, Minas Gerais, Brasil

<sup>2</sup> Engenheiro Agrícola e Ambiental – Instituto de Ciências Agrárias – Universidade Federal de Minas Gerais, Montes Claros, Minas Gerais, Brasil

<sup>3</sup> Docente Orientador - Instituto de Ciências Agrárias - Universidade Federal de Minas Gerais

<sup>4</sup> Engenheiro Agrícola e Ambiental – Instituto de Ciências Agrárias – Universidade Federal de Minas Gerais, Montes Claros, Minas Gerais, Brasil

<sup>5</sup> Engenheiro Mecânico – Instituto de Ciências Agrárias – Universidade Federal de Minas Gerais, Montes Claros, Minas Gerais, Brasil

### RESUMO

Alguns produtores que utilizam o pulverizador de barras não têm conhecimentos sobre as condições de uso destes equipamentos gerando maior custo e danos ao meio ambiente. Desta forma, foi elaborado um estudo de inspeção das condições de uso e conservação dos pulverizadores de barra na região Norte Mineira como já ocorre em outros Estados brasileiros. Foi elaborada uma lista de contatos dos produtores que utilizavam pulverizadores de barra na região. O trabalho foi realizado mediante condição de completo sigilo sobre o nome do produtor e da sua propriedade. O experimento foi constituído em duas fases, sendo a primeira uma análise visual dos itens obrigatórios ou não presentes nos pulverizadores e o estado de conservação destes. Na segunda etapa foi realizada uma análise de teste de vazão das pontas presentes na barra dos pulverizadores. Alguns pulverizadores não apresentaram os itens como lavadores de embalagens, tanques de água

limpa para as mãos, marcadores de nível do tanque e manômetros, itens de extrema importância. Em outros pulverizadores, embora apresentassem estes itens, estes não apresentaram condições favoráveis de funcionamento. Foi constatado que alguns pulverizadores apresentaram mangueiras danificadas ou com vazamentos contribuindo para o risco de contaminação e maior gasto do produto. Foram encontrados pulverizadores com pontas desgastadas recomendando-se a troca de uma ponta ou de todo o conjunto. Existe a real necessidade de projetos que venham incentivar o auxílio na manutenção e correção dos pulverizadores utilizados na região.

**Palavras-chave:** Inspeção periódica. Máquinas agrícolas. Manutenção.

### ABSTRACT

Some producers who use the bar sprayer are not aware of the use conditions of this equipment

generating greater cost and damage to the environment. Thus, a study was conducted in order to inspect the use and conservation conditions of bar sprayers in the northern region of Minas Gerais. Such study was already conducted in other Brazilian states. A contact list of producers who use bar sprays in the region was elaborated with the condition of complete confidentiality on the producer's name and property. The experiment consisted of two phases, the first was a visual analysis of the required or not present items in the sprayers and their conservation status. In the second phase a flow test of the spray nozzles of the bar was performed. Some sprayers did not present items such as package washers, clean water tanks for

the hands, tank level markers and manometers, items of extreme importance. In other sprayers, although they presented these items, they did not present favorable operating conditions. Some sprayers had damaged or leaking hoses contributing to the contamination risk and increased product expense. Sprayers with worn ends were found with the need of exchange of an end or the whole assembly. There is a real need for projects that could encourage the adequate maintenance of sprayers used in the region.

**Keywords:** Periodic inspection. Agricultural machinery. Maintenance.

## 1. INTRODUÇÃO

Alguns produtores que utilizam o pulverizador de barras não têm conhecimentos sobre as condições de uso destes equipamentos gerando maior custo e danos ao meio ambiente. Desta forma, surge a necessidade de um estudo que visa a inspeção das condições de uso e conservação dos pulverizadores de barra na região Norte Mineira como já ocorre em outros estados brasileiros.

Em alguns países são adotados programas de inspeção periódica de pulverizadores que visam o treinamento de operadores e produtores, contribuindo para a diminuição da contaminação ambiental, aumentando a segurança do tratorista ou operador do equipamento e almejando o aumento da produção e redução de custos operacionais.

Segundo Dornelles et al. (2009) em alguns países são realizadas inspeções periódicas com unidades móveis por intermédio de visitas feitas aos usuários destes equipamentos. São gerados como resultado final destas inspeções, relatórios sobre as condições do pulverizador avaliado. Em outros países, segundo o autor, a certificação do equipamento pode implicar na autorização ou não da continuidade do seu uso.

Dalmora e Pereira (2013) relatam sobre a necessidade do controle das características da pulverização na agricultura moderna e sobre a necessidade, com os avanços tecnológicos, de minimizar os desperdícios de produto optando por uma tecnologia de aplicação mais eficiente, em consequência do aumento nos custos de produção agrícola, além do risco à saúde humana e de provocar danos ambientais.

Em uma avaliação qualitativa de pulverizadores da região de Cascavel (PR) Silveira et al. (2006) chegaram à conclusão que somente 17% dos equipamentos avaliados estavam em condições adequadas de uso. Concluíram ainda que o maquinário na região possuía idade elevada, manutenção inadequada ou insuficiente.

Dalmora e Pereira (2013) em uma avaliação qualitativa de pulverizadores na região de Ponta Porã, no Estado de Mato Grosso do Sul, concluíram também que os pulverizadores apresentavam manutenção inadequada ou insuficiente, sendo o estado de conservação das pontas o fator de maior inconformidade encontrada, apresentando irregularidade na vazão.

Gandolfo (2001) também realizou uma inspeção periódica de pulverizadores, porém na região de São Paulo, Norte e Campos Gerais do Paraná. O autor pode concluir em seu trabalho que os pulverizadores de barra apresentaram condição de uso e manutenção inadequados necessitando de ajustes, reparos e/ou substituição dos componentes.

Ao avaliar o estado das pontas em pulverizadores de barra, Silveira et al. (2006) determinaram a média da vazão de todas as pontas presentes no pulverizador e definiram que cerca de 1/3 das pontas estavam em condição inadequada de uso, seja em função do desgaste, ou pela má distribuição sob a barra.

Este trabalho tem como objetivo avaliar o estado de conservação dos pulverizadores agrícolas e vazão de suas pontas na região Norte de Minas Gerais.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado na região Norte de Minas Gerais, especificamente mais próximo à cidade de Montes Claros.

Em primeiro momento foi elaborada uma lista de contatos dos produtores que utilizam pulverizadores de barra na região. Após o contato inicial foi firmado um acordo com o produtor que a inspeção técnica dos pulverizadores seria realizada mantendo-se em completo sigilo o nome do produtor e da sua propriedade. As avaliações foram feitas com a presença do produtor ou responsável.

O experimento foi constituído de duas etapas, sendo a primeira uma análise visual dos principais itens presentes nos pulverizadores e o estado de conservação dos mesmos. Na segunda etapa foi realizado um teste de vazão dos bicos.



Para avaliação qualitativa do estado de conservação e condição de trabalho dos pulverizadores foi elaborada uma ficha técnica adaptada conforme os trabalhos realizados por diferentes autores em diferentes regiões do Brasil como Gandolfo (2001), Silveira et al. (2006), Santos e Maciel (2006) e Dalmora e Pereira (2013).

Foram realizadas avaliações da presença de itens obrigatórios e o estado de conservação destes como: Lavador de embalagem e tanque de água limpa, marcador de nível do tanque, manômetros, mangueiras, barras e bicos.

Além da análise visual foi realizado um teste de vazão dos bicos respeitando a característica de cada um. A condição estabelecida para este teste foi que cada avaliação fosse feita na condição atual de trabalho de cada pulverizador sem nenhuma modificação nos bicos como limpeza ou até mesmo troca. Desta forma os tanques dos pulverizadores foram lavados e abastecidos com água limpa e o trator foi regulado para fornecer a rotação na TDP necessária ao funcionamento do pulverizador e o manômetro, quando presente, foi regulado na pressão utilizada.

Em cada bico foi acoplada uma mangueira para evitar a deriva e facilitar a coleta do líquido e procedeu-se a coleta por um período de um minuto. Em seguida o líquido foi passado para uma proveta graduada para fazer a leitura do volume (L). As vazões foram anotadas na ficha de avaliação. Procedeu-se então ao cálculo da média das vazões de todos os bicos.

Foi definido equipamento com única ponta desgastada, aquele que obteve apenas uma ponta com a vazão superior em 5% da média obtida e como conjunto total de pontas desgastadas aquele equipamento que apresentou duas ou mais pontas com o valor de vazão superior em 5% da média conforme metodologia adotada por Silveira et al. (2006).

Foram avaliados 14 pulverizadores de barra conforme os seguintes modelos:

- 1 pulverizador de arrasto;
- 11 pulverizadores montados; e
- 2 pulverizadores autopropelidos.

Alguns dos produtores permitiram apenas a análise visual do equipamento devido ao tempo e trabalho que gastariam para encher o pulverizador com água para

realizar a análise de vazão dos bicos, desta forma dos 14 pulverizadores disponibilizados, foram feitas análises visuais nos 14 e apenas em 9 foram feitos testes de vazão.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na avaliação do filtro do tanque foi encontrada a presença deste item em todos os equipamentos e apenas um deles apresentou algum tipo de danificação na malha ou na estrutura.

Em relação ao filtro de linha, 12 pulverizadores possuíam este item em bom estado; um apresentou o filtro danificado e o outro não possuía. Já em relação ao lavador de embalagens, em 8 pulverizadores ele estava em bom estado, em um estava danificado e em 5 pulverizadores não foi encontrado.

O tanque de água limpa para as mãos estava presente em 9 pulverizadores, sendo que em um deles este estava danificado e em 5 pulverizadores não havia o tanque de água limpa. Silveira et al. (2006) relataram, em sua avaliação, que 65% dos pulverizadores apresentaram tanques de água limpa para as mãos ausentes/inoperantes e 76% apresentaram lavador de embalagens ausentes/inoperantes.

Em relação ao marcador de nível de calda foi constatado que em 8 pulverizadores este item se encontrava em bom estado de conservação e com escala legível, outros 2 estavam danificados ou com escalas ilegíveis e a ausência deste item foi encontrada em 4 pulverizadores. Dornelles (2008), também em seu trabalho, verificou que 38,1% dos pulverizadores analisados não possuíam este componente e 5,95% possuíam escala ilegível ou sem escala.

Já as malhas dos bicos apresentaram bom estado de conservação em todos os equipamentos.

Na avaliação dos manômetros observou-se que 7 pulverizadores apresentaram manômetro em bom estado visual de funcionamento, em 5 deles o manômetro estava presente, porém visualmente apresentavam péssimo estado de conservação (inoperante, visor trincado, sem glicerina, amassado, danificado) e em 2 deles não havia manômetro. As análises feitas por essa avaliação não estão relacionadas à eficiência do

equipamento em operação, apenas análise visual de funcionamento. Dornelles (2008) relata que 20,5% dos pulverizadores avaliados não possuíam manômetro, 49,4% apresentaram manômetro em operação e outros 30,1% apresentaram manômetros danificados e inoperantes. Já Silveira et al. (2006) constatou que 48% dos pulverizadores analisados apresentaram manômetros ausente/inoperantes.

Foi constatado que 11 pulverizadores apresentaram mangueiras em bom estado de conservação e 3 apresentaram mangueiras danificadas ou com vazamentos. Em relação ao estado das barras 11 se encontraram em bom estado de conservação e 3 apresentaram danos como empenamentos. Em sua pesquisa, Gandolfo (2001) chegou à conclusão que 48,7% dos equipamentos analisados apresentaram pelo menos uma mangueira danificada.

Em relação ao teste de vazão das pontas, podemos observar na Tabela 1 que dos 9 pulverizadores avaliados os pulverizadores 2, 3 e 6 não apresentaram pontas com vazão superior a 5% da média da vazão de todas ao longo da barra, não necessitando a troca imediata das mesmas. Nos pulverizadores 1, 4 e 7 recomenda-se a troca de apenas uma ponta e nos pulverizadores 5, 8 e 9 recomenda-se a troca de todas as pontas, já que estas apresentaram duas ou mais pontas com vazão superior a 5% da média das vazões. Silveira et al. (2006) concluíram que cerca de 1/3 das pontas analisadas em seu trabalho estava em condição inadequada de uso, seja em função do desgaste (34%) seja pela má distribuição sob a barra (33%), percentuais considerados elevados pelos autores.

Tabela 1 – Teste de vazão das pontas

Total de bicos	Nº de bicos desgastados	Recomendação
Pulverizador 1	1	Troca da ponta desgastada
Pulverizador 2	0	-
Pulverizador 3	0	-
Pulverizador 4	1	Troca da ponta desgastada
Pulverizador 5	5	Troca de todas as pontas
Pulverizador 6	0	-
Pulverizador 7	1	Troca da ponta desgastada
Pulverizador 8	5	Troca de todas as pontas
Pulverizador 9	4	Troca de todas as pontas

Fonte: Elaborada pelos autores, 2017.

## 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Alguns pulverizadores não apresentaram os itens como lavadores de embalagens, tanques de água limpa para as mãos, marcadores de nível do tanque e manômetros, itens de extrema importância.

Em outros pulverizadores, embora apresentassem itens como marcadores de nível e manômetros, estes não apresentaram condições favoráveis de funcionamento.

Foi constatado que alguns pulverizadores apresentaram mangueiras danificadas ou com vazamentos contribuindo para o risco de contaminação e maior gasto do produto.

Foram encontrados pulverizadores com pontas desgastadas recomendando-se a troca de uma ponta ou de todo o conjunto.

Existe a real necessidade de projetos que venham incentivar o auxílio na manutenção e correção dos pulverizadores utilizados na região.

## REFERÊNCIAS

- DALMORA, D., PEREIRA, F. J. S. Avaliação qualitativa de pulverizadores. Revista de Ciências Exatas e da Terra UNIGRAN, v2, n2, 2013.
- DORNELLES, M. E. de C. Inspeção técnica de pulverizadores agrícolas no Rio Grande do Sul, 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.
- DORNELLES, M. E. et al. Inspeção técnica de pulverizadores agrícolas: histórico e importância. Ciência Rural, Santa Maria, v. 39, n.5, p. 1600-1605, 2009.
- GANDOLFO, M. A. Inspeção periódica de pulverizadores agrícolas. Botucatu. 2001. Tese (Doutorado em Agronomia, área de concentração em Energia na Agricultura) – Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu, 2001.
- SANTOS, S. R.; MACIEL, A. J. S. Proposta Metodológica Utilizando Ferramentas de Qualidade na Avaliação do Processo de Pulverização. Eng. Agrícola, Jaboticabal, v.26, n.2, p.627-636, maio/ago. 2006.
- SILVEIRA, J. C. M. et al. Avaliação qualitativa de pulverizadores da região de Cascavel, Estado do Paraná. Acta Sci. Agron. Maringá, v. 28, n. 4, p. 569-573, Oct./Dec., 2006.

# CAPÍTULO XXII

## CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DE LODO DE FOSSAS VERDES EM ÁREAS RURAIS DO CEARÁ VISANDO SEU REUSO COMO CONDICIONADOR DE SOLOS

### PHYSICAL-CHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL CHARACTERIZATION OF SLUDGE FROM GREEN DITCHES IN RURAL AREAS OF CEARÁ WITH AIM FOR ITS REUSE AS SOIL CONDITIONER

DOI: 10.51859/AMPLA.MAC3468-22

Kevin Cristian Paulino Freires<sup>1</sup>

Gabriela Domingos Lima<sup>2</sup>

Pedro Henrique Augusto Medeiros<sup>3</sup>

José Carlos Araújo<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Graduando do Curso de Licenciatura em Matemática do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) - Campus e Graduando do Curso Tecnólogo em Gestão Ambiental e Pedagogia da Faculdade Única de Ipatinga.

<sup>2</sup> Doutoranda em Engenharia Agrícola. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola (PPGEA) – Universidade Federal do Ceará (UFC).

<sup>3</sup> Professor Doutor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) - Campus Fortaleza.

<sup>4</sup> Professor Doutor e coordenador do Departamento de Engenharia Agrícola. Universidade Federal do Ceará (UFC).

### RESUMO

As fossas verdes representam uma importante solução de saneamento rural, especialmente em áreas carentes de infraestrutura de tratamento de esgoto. Esses sistemas são caracterizados por sua simplicidade, baixo custo de implementação e manutenção, além de serem ambientalmente amigáveis, pois promovem a reciclagem de resíduos orgânicos em comunidades rurais. O lodo proveniente das fossas verdes é uma fonte rica em matéria orgânica e nutrientes essenciais para o solo, tornando-o um recurso valioso para o reuso como condicionador de solo. A utilização desse lodo pode melhorar a fertilidade do solo, aumentar sua capacidade de retenção de água e reduzir a erosão, contribuindo para o aumento da produtividade agrícola nas áreas rurais. Para utilizar o lodo das fossas verdes como condicionador de solo, é fundamental realizar uma caracterização físico-química e

microbiológica detalhada do material. Isso permite avaliar se existem riscos sanitários associados à presença de patógenos ou contaminantes químicos, além de determinar o potencial de melhoria das características do solo, como pH, teor de matéria orgânica, macro e micronutrientes. Este estudo teve como objetivo realizar a caracterização físico-química e microbiológica do lodo proveniente de fossas verdes localizadas nos municípios de Madalena e Pentecoste, no sertão do Ceará. Foram analisadas as propriedades do lodo, incluindo suas propriedades físicas, sua composição química, e potencial de melhoria das propriedades do solo. Os resultados obtidos contribuem para avaliar a viabilidade do reuso do lodo como condicionador de solo nessas regiões rurais, promovendo assim uma abordagem sustentável e benéfica para a agricultura local e o meio ambiente.



**Palavras-chave:** Fossa verde. Reciclagem de nutrientes. Saneamento rural. Semiárido.

## ABSTRACT

Green septic tanks represent an important rural sanitation solution, especially in areas lacking sewage treatment infrastructure. These systems are characterized by their simplicity, low implementation and maintenance costs, in addition to being environmentally friendly, as they promote the recycling of organic waste in rural communities. Sludge from green pits is a rich source of organic matter and essential nutrients for the soil, making it a valuable resource for reuse as a soil conditioner. The use of this sludge can improve soil fertility, increase its water retention capacity and reduce erosion, contributing to increased agricultural productivity in rural areas. To use sludge from green pits as a soil conditioner, it is essential to carry out a detailed physical-chemical and microbiological characterization of the material.

This makes it possible to assess whether there are health risks associated with the presence of pathogens or chemical contaminants, in addition to determining the potential for improving soil characteristics, such as pH, organic matter content, macro and micronutrients. This study aimed to carry out the physical-chemical and microbiological characterization of sludge from green pits located in the municipalities of Madalena and Pentecoste, in the hinterland of Ceará. The properties of the sludge were analyzed, including its physical properties, its chemical composition, and potential for improving soil properties. The results obtained contribute to evaluating the feasibility of reusing sludge as a soil conditioner in these rural regions, thus promoting a sustainable and beneficial approach for local agriculture and the environment.

**Keywords:** Green septic tank. Nutrient recycling. Rural sanitation. Semi-arid.

## 1. INTRODUÇÃO

A população vem se estendendo cada vez mais e, este fenômeno é uma problemática a ser tratada nos tempos atuais, pois este aumento desordenado da humanidade traz uma série de consequências, como a utilização incorreta da água. O saneamento ambiental é um conjunto de ações que têm como objetivo principal garantir a saúde e o bem-estar das pessoas, ao mesmo tempo em que busca preservar o meio ambiente, promovendo o desenvolvimento sustentável das comunidades. No entanto, a falta de saneamento básico ainda é uma realidade concreta no semiárido brasileiro, sendo que já existem inovações em tecnologia de tratamento de efluentes.

O esgotamento sanitário é o sistema responsável pela coleta, tratamento e destinação adequada dos esgotos, visando à proteção da saúde pública e à preservação do meio ambiente. O tratamento de efluentes ocorre em uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), onde as ETE's têm grande relevância no tratamento de dejetos de empreendimentos, tais como: condomínios, indústrias, universidades, entre outros.

Seguindo essa visão, a fração da população que possui acesso adequado ao esgotamento sanitário varia de acordo com diferentes regiões e países. Em alguns



lugares, especialmente em áreas urbanas desenvolvidas, a cobertura do esgotamento sanitário pode ser alta, com a maioria da população sendo atendida por sistemas de coleta, tratamento e disposição adequada de esgotos. No entanto, em regiões mais pobres e em áreas rurais, a fração da população com acesso ao esgotamento sanitário pode ser significativamente menor (CARMO; CAMARGO, 2018).

Ainda, torna-se relevante citar que, a falta de condições para a realização adequada de saneamento básico faz com que haja uma contribuição para o alastramento de doenças, como doenças infecciosas e, também, para a degradação dos corpos de água e do solo que recebem o efluente não tratado. Desta forma, o tratamento do efluente, a forma de coleta e disposição final adequada se tornam necessários e importantes para a preservação do meio ambiente e proteção da saúde pública. Nesse sentido, o tratamento de esgoto sanitário adequado é de extrema importância para a redução de organismos patogênicos e matéria orgânica, onde é possível citar um tipo de sistema de tratamento que é totalmente controverso a essa perspectiva de preservação e saúde pública, que seria à fossa negra, pois esse tipo de sistema de tratamento gera um extremo risco ao meio ambiente, podendo resultar na contaminação do lençol freático e do solo.

Consoante a isso, para definir qual é o melhor tipo de sistema individual de tratamento a ser utilizado no local, deve-se levar em consideração o tipo de solo, qualidade do efluente e questão socioeconômica da região. Em zonas rurais, com baixa densidade populacional, é antieconômico juntar o efluente a um sistema público de esgoto doméstico e, para resolução dessa problemática, é adotado um sistema de tanque séptico, onde este método tratará o efluente e a disposição final se dará em um efluente tratado e despejado no solo.

Dessa forma, uma tecnologia inovadora e de baixo custo é a bacia de evapotranspiração – mais conhecida como Fossa Verde (FV), que vem sendo explorada no estado do Ceará desde 2010 (WIEGAND *et al.*, 2011). A FV é uma alternativa de saneamento ambiental, sendo um método individual adequado para o tratamento de efluente doméstico, permitindo a implantação e permanência de saneamento básico para zonas urbanas. Essa medida possibilita ainda o cultivo de espécies frutíferas, o que



faz com que haja um aumento da qualidade de vida, preservação do meio ambiente, despejo de maneira correta de dejetos e contribuição para a segurança alimentar.

A diferença entre o tratamento de uma FV e de uma fossa séptica padrão é que a fossa padrão descarta o efluente tratado no solo, podendo gerar poluição, enquanto na FV os nutrientes são consumidos pelas plantas, e a água é transferida para a atmosfera por meio do processo de evaporação, ou seja, não há efluente deste sistema. Com a utilização de FV, há uma parcela orgânica que fica retida dentro do tanque de evapotranspiração, denominada de lodo de FV. Com o passar do tempo, esse lodo de FV deve ser removido e descartado no processo de manutenção da FV.

Por outro lado, há uma prática que vem ganhando espaço na literatura sobre reuso do lodo da FV, que após tratamento, pode ser utilizado como fonte de nutrientes às plantas, assim como ocorre com os sedimentos assoreados de açudes. A prática de reuso de sedimentos é a utilização dos sedimentos que são provenientes de reservatórios, sendo este material utilizado como condicionador de solos agrícolas, onde essa prática se faz mais facilmente em ambientes de escassez da água nos sertões brasileiros, ou seja, em regiões semiáridas, pois os reservatórios secos permitem a retirada deste material. Nessa perspectiva, esta é uma das prática que vem sendo ampliada na área ambiental com alternativa para conservação de solo. Sabendo desse potencial com o reuso de sedimentos (BRAGA *et al.*, 2019), a proposta atual é compreender se também é possível realizar a destinação ambientalmente adequada do lodo de FV's para fertilização de solos.

A proposta deste trabalho é dar uma destinação ambientalmente adequada para o resíduo (lodo de fossa verde), de modo que esta medida beneficie o solo com o lodo tratado (biossólido) e aumente a vida útil da fossa (após esgotamento). Para utilizar o lodo de uma FV, é necessário trata-lo seguindo os critérios de resolução n° 498 do CONAMA, onde após esse tratamento, Bellizzi (2022) demonstrou que o lodo passa a ser considerado biossólido.

## 2. OBJETIVOS

### ❖ Geral

Caracterizar o lodo de fossas verdes no sertão do Ceará, visando sua utilização como biossólido.

### ❖ Específicos

- A. Coletar amostras de lodo de fossas verdes em Madalena e Pentecoste;
- B. Analisar o lodo em seus aspectos físicos e nutricionais;
- C. Contribuir com informações relevantes para os setores de saneamento e agrícola.

## 3. REVISÃO DE LITERATURA

Segundo Freire (2020), todos têm o direito ao saneamento básico no Brasil, mas nem todos têm acesso à rede de esgoto. Segundo dados do IBGE (2008) (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), “o número de pessoas desassistidas chega a 57 milhões de pessoas, e até 80% das áreas rurais”. Dessa maneira, a falta de saneamento básico gera impactos no meio ambiente e na saúde dos indivíduos. Para mudar essa infeliz realidade, pesquisadores e docentes da Universidade Federal do Ceará (UFC) construíram fossas verdes nos municípios de Madalena e Pentecoste, onde foram construídas 70 fossas verdes no assentamento de Reforma Agrária 25 de Maio (Madalena) e 10 na comunidade de Cipó (Pentecoste), em residências, escolas e postos de saúde, sendo um benefício para todos os moradores, pois possibilita o plantio de espécies frutíferas e auxilia no processo de tratamento de efluente.

Nesse sentido, quando se fala de tratamento de esgoto e destinação de lodo de fossa séptica, fala-se de consciência ambiental e preservação à saúde. A poluição da água é um fenômeno que vem se alastrando nas últimas décadas, por conta do mal tratamento de esgoto e destinação inadequada de lodo de ETEs, levando a regulamentações cada vez mais criteriosas à descarga de águas residenciais (ZENG *et al.*, 2007). Nessa perspectiva, o uso correto de um sistema de tratamento de esgoto serve para promover a melhoria da saúde e do saneamento ambiental, reduzindo a ocorrência de doenças de veiculação hídrica (MUGA *et al.*, 2007). Deste modo, o lodo de esgoto pós-tratado pode ser utilizado para aproveitamento de seus nutrientes, principalmente na agricultura, em atividades florestais e na recuperação de solo degradado (RIGO *et al.*, 2014).

O processo de fertilização dos solos consiste na aplicação de adubos para repor os nutrientes necessários, ou seja, serve para o desenvolvimento do plantio e do solo.

Dessa forma, existem diversas formas para se adubar um solo, por exemplo através de restos de alimentos e outros materiais orgânicos, onde este processo é também chamado de agricultura biológica e, pode-se evidenciar que este processo tem sido relevante na tomada de decisões e iniciativas as políticas comunitárias públicas (RODRIGUES; ARROBAS 2022). Contudo, Rodrigues e Arrobas (2022) argumentam que se deve entender o tipo de solo, tipo de comunidade e qual a melhor implementação de fertilização a ser usada, o que permitiria ter uma visão mais ampla e assertiva acerca do que se utilizar como fertilizante.

Nessa mesma perspectiva, a prática de reuso de sedimentos assoreado em açudes vem sendo estudada, e já houveram alguns casos de grande relevância em um contexto global. De acordo com Braga *et al.* (2019), a disponibilidade de água para regiões semiáridas é impactada quantitativamente e qualitativamente por conta do assoreamento de reservatórios. Nesse sentido, há diversos estudos propondo reutilizar sedimento assoreado em reservatório como fertilizante, transformando o sedimento em matéria prima para o setor agrícola. Nesse contexto, vale ressaltar que análises físico-químicas são recomendadas não apenas para definição da massa de sedimento a ser usada como fertilizante, todavia também para identificar qualquer restrição à aplicação da prática (BRAGA *et al.*, 2019).

Países baixos da Europa utilizam dessa prática de ‘reuso de sedimento’ também para estabilização, proteção e prevenção de inundações e para levantamento de terras (BRILIS *et al.*, 2014). Assim como tem sido possível a aplicação do reuso de sedimentos, avalia-se se outros materiais podem apresentar potencial agrícola e ter uma destinação adequada, como o lodo das fossas verdes.

#### 4. METODOLOGIA

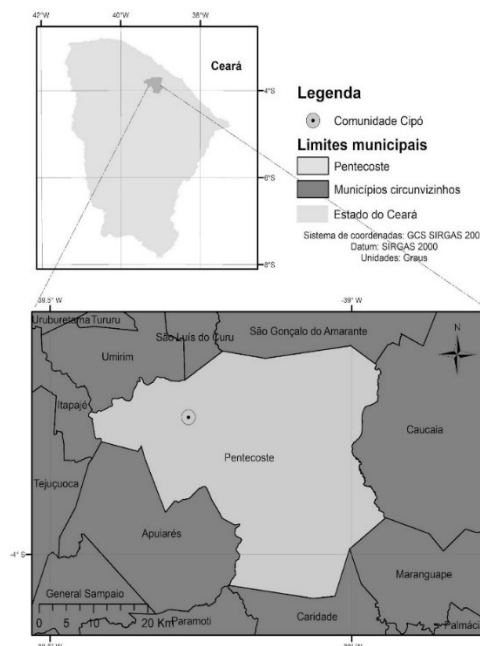
A escolha das áreas de estudo compreende-se pela implantação de fossas verdes nos municípios de Pentecoste e Madalena, localizados no Ceará. No caso de Pentecoste, a fossa verde estudada está localizada na comunidade Cipó e foi instalada em 2016 no Programa de Educação em Células Cooperativas (PRECE), que atualmente funciona como um ambiente para inovação na agricultura do semiárido. A comunidade de Cipó, por sua vez, localiza-se a uma distância de 88 km de Fortaleza – CE e está dividida em 56 localidades (comunidades rurais, vilas, povoados, bairros e distritos), formada por uma

população composta por pequenos agricultores, pescadores, comerciantes, aposentados e funcionários públicos (ANDRADE, 2019).

Em Madalena, o Assentamento 25 de Maio foi implementado em 1989 pelo INCRA, por meio do Movimento dos Trabalhadores Rurais sem Terra (MST). O Assentamento está dividido em treze comunidades que se distanciam entre si, ou seja, um fator determinante para locomoção de quem vem de fora e de quem deseja sair. Seguindo essa realidade, o fator 'locomoção' foi determinante para ser decidido após algumas visitas e conversas com os líderes das comunidades quais seriam as comunidades beneficiadas pelo projeto FV, uma vez que os recursos do projeto FV não eram suficientes para atender todo o Assentamento (ARAÚJO *et al.*, 2011).

De um modo geral, as localidades são desprovidas de serviço público de saneamento básico, cerca de 69,09% da população de Pentecoste possui um sistema adequado de saneamento básico, mas cerca de 20.800 habitantes não têm acesso à água (INSTITUTO ÁGUA E SANEAMENTO, 2020). A região de Pentecoste apresenta um clima do tipo tropical semiárido quente e seco, onde a sua variação de temperatura é de 24°C e 35°C e, possui uma média de precipitação pluviométrica de 796 mm.ano<sup>-1</sup> e evaporação potencial de 1950mm.ano<sup>-1</sup> (INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA, 2020). A Figura 1 indica a localização da comunidade e do município.

Figura 1 – Localização da Comunidade Cipó, Pentecoste-Ceará

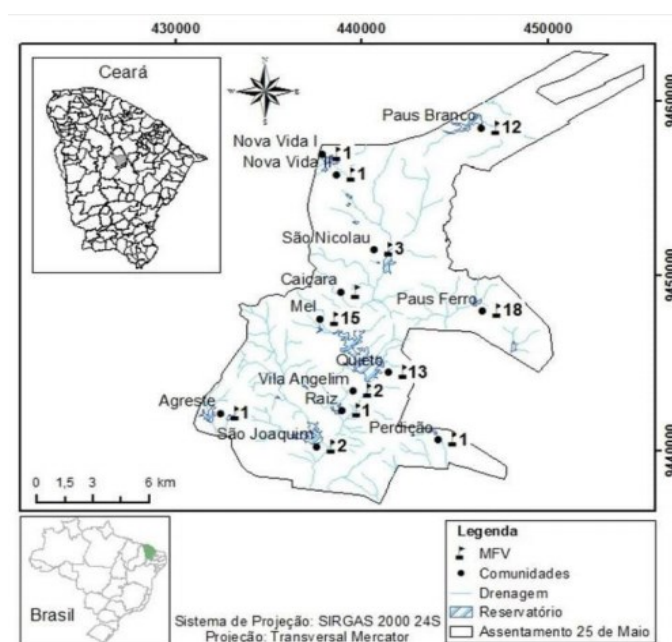


Fonte: Lima (2023)

No caso de Madalena, a fossa verde onde o material foi coletado encontra-se no Assentamento de Reforma Agrária 25 de Maio (A25M), onde vêm sendo realizadas diversas pesquisas pelo grupo em Hidrologia e Sedimentologia do Semiárido (HIDROSED). O A25M está localizado à 210km da capital do Ceará (Fortaleza). A localidade tem cerca de 600 famílias, divididas em 13 comunidades desprovidas de serviço público de saneamento básico, onde apenas cinco (Paus Branco, Quieto, Raiz, Vila Angelim e São Joaquim) possuem sistema de abastecimento de água por rede de distribuição (SILVA; GORAYEB; DE ARAÚJO, 2015).

A região de Madalena apresenta um clima do tipo tropical semiárido quente, onde a sua variação de temperatura é de 23°C e 28°C e, possui uma média de precipitação pluviométrica de 600 mm.ano<sup>-1</sup> e evaporação potencial de 2200mm.ano<sup>-1</sup> (DE ARAÚJO, GÜNTNER, BRONSTERT, 2006). Na Figura 2 é possível observar o A25M, a distribuição espacial das comunidades e a distribuição das fossas verdes por comunidade.

Figura 2 – Localização do Assentamento 25 de Maio e distribuição das fossas verdes instaladas por comunidade.



Fonte: Coelho; de Araújo e Reinhardt (2018)

Segundo levantamento realizado pelo grupo de pesquisa Hidrosed, havia 15 fossas verdes ativas no A25M em 2020, entretanto, em 2023 foram visitadas 6 destas 15 fossas e duas delas estavam desativadas. Já na comunidade Cipó, 10 fossas verdes

foram implantadas, mas o levantamento feito pelo grupo em 6 dessas fossas mostrou que apenas 4 permaneciam ativas. Tanto no A25M como na comunidade Cipó foram coletados lodos de fossas verdes, ou seja, os dados obtidos e discutidos neste trabalho são de duas fossas. A abertura das fossas teve como objetivo a coleta do lodo para análise física - Sólidos Totais – ST (g/L), Sólidos Fixos – SF (g/L), Sólidos Voláteis – SV (g/L), Umidade (%), Peso do Material (g), Volume (L), densidade (g/L), e nutricional.

Coelho (2013) montou um quadro referente ao tamanho, comprimento, área e capacidade das FVs instaladas no A25M. O material retirado da fossa neste estudo corresponde a uma fossa de tamanho padrão, que atendia 3 moradores adultos.

Tabela 1: Dados dos módulos de Fossa Verde - FV

Tamanhos	Comprimentos	Área (m <sup>2</sup> )	Capacidade/Infraestrutura
Padrão	2x1,5x1	3	Até 6 moradores
Grande	3x2x1	6	Escola e posto de saúde

Fonte: Coelho (2013)

A abertura das fossas foi realizada com o auxílio de moradores locais do A25M e da comunidade Cipó, onde a metodologia seguida foi a mesma de Bellizzi (2022), com a utilização de Equipamentos de Proteção Individual pelo operador. Cada fossa foi identificada e foi realizada a abertura na câmara de digestão, após a abertura foram medidos a profundidade de lodo na câmara e coletadas duas amostras de material para a realização de análises. A densidade do lodo foi medida logo após a retirada do material, com o auxílio de uma proveta graduada e uma balança. Deste modo, as etapas para realização da coleta do lodo de fossa verde se deram com a identificação da fossa, abertura da fossa, pré-medição da altura do lodo, medição do lodo e posterior processo de secagem ao sol.

Figura 03 - Identificação da fossa verde estudada do A25M



Fonte: Autores, 2023

A identificação da FV foi realizada por observação das placas de identificação no próprio A25M e da comunidade Cipó.

Figura 04 - Abertura da fossa verde do A25M



Fonte: Autores, 2023

Na retirada do lodo, realizou-se, inicialmente, a abertura da FV com a quebra da câmara digestora no ponto central da FV (no meio) e, logo após isso, retirou-se o lodo. As figuras abaixo demonstram a etapa de pré-medição, com pesagem do lodo.



Figura 05 - Etapa de pré-medição do lodo da fossa do A25M



Fonte: Autores, 2023

Figura 06 – Pesagem do lodo da fossa do A25M



Fonte: Autores, 2023

Após o processo de pesagem do lodo, foi realizada secagem ao sol, conforme indicado na imagem abaixo.

Figura 07 - Amostra de lodo da fossa do A25M em processo de secagem no sol (dia 01)

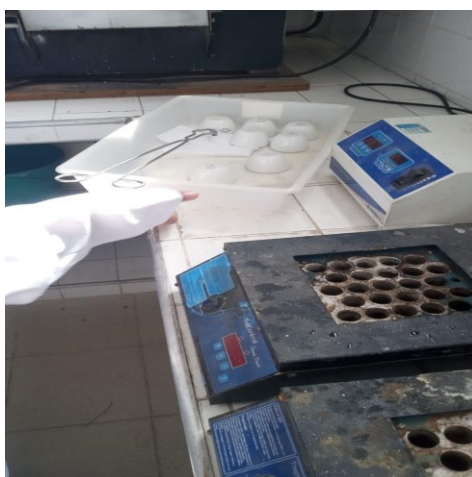


Fonte: Autores, 2023

Uma parte do lodo coletado foi levado ao laboratório para ser submetido às análises de sólidos (fixos, voláteis e totais). As análises físicas do lodo das fossas verdes foram iniciadas no campo, com medição de volume e pesagem para obtenção da densidade e, o processo para a realização dessas análises no Laboratório de Saneamento Ambiental (LABOSAN), localizado no Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da UFC. As amostras foram então acondicionadas e levadas ao laboratório. O processo adotado no laboratório para caracterização física consiste, respectivamente, de: Calcinação; Cadinhos na Mufla; Aquecimento na Estufa; Resfriamento dos cadinhos no dessecador; Pesagem dos cadinhos; Pesagem do lodo.

As imagens abaixo demonstrarão todo esse processo, respectivamente..

Figura 08 - Calcinação



Fonte: Autores, 2023

Na amostra do lodo do A25M foram realizadas 5 repetições, e os cadinhos foram levados à mufla, como é possível observar na Figura abaixo.

Figura 09 - Cadinhos na mufla



Fonte: Autores, 2023

Inicialmente, os cadinhos foram para a mufla (550°) para passar por um período de aproximadamente 1 h, posteriormente sendo levados para a estufa.

Figura 10 - Aquecimento na Estufa



Fonte: Autores, 2023

Os recipientes (cadinhos) foram para a estufa (105°) por um período aproximadamente de 15min e, após isso, foi levado ao dessecador, permanecendo por cerca de aproximadamente 20min (preso a vácuo) para resfriamento dos cadinhos (recipientes).

Figura 11 - Resfriamento dos cadinhos no dessecador



Fonte: Autores, 2023

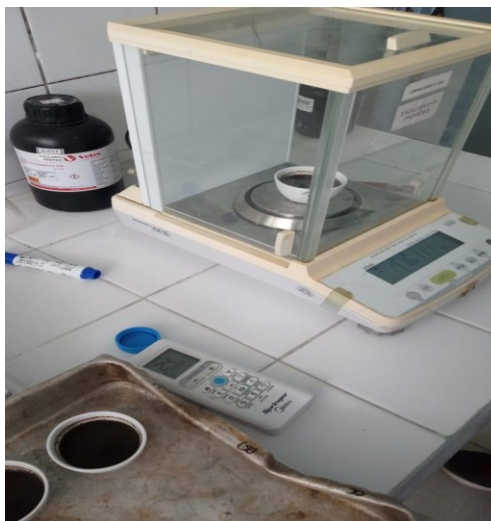
Então, os 5 cadinhos foram pesados sem o material (lodo), e posteriormente contendo aproximadamente 30 ml do lodo.

Figura 12 - Pesagem dos cadinhos



Fonte: Autores, 2023

Figura 13 - Pesagem do lodo



Fonte: Autores, 2023

Para utilização do lodo, primeiro é preciso tratá-lo seguindo os critérios da resolução nº 498 do CONAMA para que o mesmo possa ser considerado "biossólido". Nesse contexto, Bellizzi (2022) já fez esse tratamento com o lodo de 3 fossas no A25M, constatando que há viabilidade na transformação do lodo em biossólido. Com isso, este trabalho buscou analisar nutricionalmente este material e partiu do pressuposto de que, após secagem ao sol por 45 dias, o lodo de FV já seja um material estabilizado como biossólido conforme constatado por Bellizzi (2022). Nesta pesquisa empregou-se o mesmo procedimento.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção são apresentados os resultados da caracterização do lodo de Fossa Verde (FV) coletado durante o estudo no Assentamento 25 de Maio/Madalena-CE e na comunidade de Cipó/Pentecoste-CE. A análise do lodo foi realizada com o objetivo de obter informações sobre suas propriedades físicas, químicas e microbiológicas, fornecendo informações importantes para compreender a composição e o potencial de reutilização desse material. A Tabela 2 apresenta dados gerais das FVs estudadas no que diz respeito à nomenclatura, tamanho, região, quantidade de amostras e a densidade do lodo.



Tabela 02 - Caracterização do lodo de fossas verdes de Madalena e Pentecoste

Nomenclatura	Tamanho da FV	Região da FV/Clima	Amostras/Repetições	Densidade (g.mL <sup>-1</sup> )	Autor(es) / (Ano)
L1	Padrão	Madalena/ Semiárido	1 / 1	1,23	Bellizzi (2022)
L2	Grande	Madalena/ Semiárido	1 / 1	1,25	Bellizzi (2022)
L3	Padrão	Madalena/ Semiárido	1 / 1	1,13	Bellizzi (2022)
Fossa Verde	Padrão	Irlanda/ Temperado	1 / 1	2,71	Paulo et al. (2019)
A25-025	Padrão	Madalena/ Semiárido	1 / 5	0,96	Autores (2023)
Fossa 06	Padrão	Pentecoste/Semiárido	1 / 2	1,30	Autores (2023)

Fonte: Autores, 2023

De acordo com os dados medidos, a densidade do lodo de Madalena é de 0,96 g.mL<sup>-1</sup> e a densidade do lodo de Pentecoste é de 1,30 g.mL<sup>-1</sup>. Para efeito comparativo da densidade, o quadro abaixo apresenta a densidade de alguns outros lodos de FV coletados também no A25M, apresentados no trabalho de Bellizzi (2022). A densidade do material da fossa verde de Madalena avaliada neste estudo é menor (0,96 g.mL<sup>-1</sup>) do que todos os materiais analisados de Bellizzi (1,23 g.mL<sup>-1</sup>; 1,25 g.mL<sup>-1</sup> e 1,13 g.mL<sup>-1</sup>). Por outro lado, a densidade do material de Pentecoste é ligeiramente maior (1,30 g.mL<sup>-1</sup>) do que todas as densidades dos materiais de Bellizzi (1,23 g.mL<sup>-1</sup>; 1,25 g.mL<sup>-1</sup> e 1,13 g.mL<sup>-1</sup>). Portanto, é possível afirmar que o lodo de Pentecoste estava mais sólido, sendo que sua densidade se deve a fatores como teor de umidade, composição química, tempo de repouso e processos de tratamento.

Um menor teor de umidade resulta em uma concentração maior de sólidos, o que contribui para uma consistência mais sólida. Além disso, a presença de substâncias inorgânicas, como areia ou argila, na composição química do lodo, pode aumentar sua solidez.

Ainda, o tempo de repouso permite a separação da água, levando ao adensamento do lodo. Por fim, os processos de tratamento empregados podem influenciar a consistência do lodo. Por meio de técnicas como a desidratação mecânica ou a aplicação de agentes de desidratação, a água presente no lodo é removida,

resultando em uma maior compactação dos sólidos e, conseqüentemente, em uma consistência mais sólida.

Observando a Tabela, é possível identificar que o lodo analisado de maior densidade é o da Irlanda (2,71 g.mL<sup>-1</sup>) e o de menor densidade o de Madalena (0,96 g.mL<sup>-1</sup>). É importante destacar que a densidade pode variar dependendo das condições de temperatura e pressão, e que os valores fornecidos são específicos para as condições mencionadas em cada estudo.

A análise dos sólidos do lodo de uma FV é também de extrema importância, pois permite caracterizá-los quando a suas frações: fixos, voláteis e totais. A Tabela abaixo apresenta o resultado das análises dos sólidos dos lodos das fossas verdes de Madalena e Pentecoste, analisadas neste estudo.

Tabela 03 - Análise dos sólidos fixos, voláteis e totais - banco de dados

Nomenclatura	Tamanho da FV	Região da FV	Sólidos Fixos % - SF	Sólidos Voláteis % - SV	Sólidos Totais % - ST	Autor(es) / (Ano)
A25-025	Padrão	Madalena/Semiárido	44,3	1,0	45,3	Autores, 2023
Fossa 06	Padrão	Pentecoste/Semiárido	81,1	2,5	83,6	Autores, 2023
L1	Padrão	Madalena/Semiárido	80,8	19,2	85,3	Bellizzi, 2022
L2	Grande	Madalena/Semiárido	94,0	6,0	92,5	Bellizzi, 2022
L3	Padrão	Madalena/Semiárido	64,1	35,9	81,5	Bellizzi, 2022

Fonte: Autores, 2023

A amostra da fossa A25-025 possui 44,3% de sólidos fixos, enquanto a amostra Fossa 06 apresenta um valor bem mais elevado, de 81,1%. A amostra A25-025 possui 1,0% de sólidos voláteis, enquanto a amostra Fossa 06 apresenta um valor mais alto, de 2,5%, indicando que a amostra Fossa 06 contém uma quantidade relativamente maior de matéria orgânica biodegradável em relação à amostra A25-025.

Seguindo essa mesma tendência, a amostra A25-025 tem um valor de sólidos totais de 45,3 %, enquanto a amostra Fossa 06 apresenta um valor mais alto, de 83,6%. Esse resultado tem implicações práticas quanto ao aproveitamento do lodo: em caso de aplicação destes materiais como biossólido, considerando volumes iguais retirados das



fossas, ao final da secagem, a Fossa 06 apresentará maior quantidade de matéria orgânica presente, considerando tanto sua densidade, que foi maior, quanto pela secagem, justificado pela presença de sólidos.

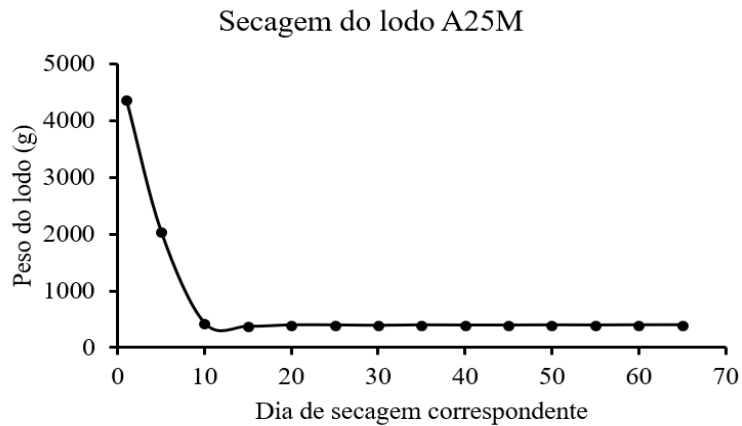
Além disso, essas diferenças nas composições dos sólidos do lodo de fossa verde podem ter diversas implicações, como a necessidade de diferentes métodos de tratamento, armazenamento e disposição final, além do potencial de geração de biogás ou compostagem.

Comparando as fossas de Madalena entre si, podemos observar que a Fossa L2 tem a maior porcentagem de sólidos totais (ST), seguida pela Fossa L1, Fossa L3 e, por fim, a fossa A25-025. Quanto aos sólidos fixos (SF) e sólidos voláteis (SV), as proporções variam para cada fossa: a fossa 06 possui 83,6% de sólidos totais (ST), sendo 2,5% são sólidos voláteis (SV) e 81,1% são sólidos fixos (SF).

Comparando a fossa de Pentecoste com as fossas de Madalena, podemos observar que a Fossa 06 de Pentecoste tem uma porcentagem de sólidos totais (ST) maior do que as fossas A25-025 e L3, onde as demais são maiores que a fossa 06. No entanto, com base nos dados obtidos, podemos observar que há diferenças nas proporções de sólidos totais (ST), sólidos fixos (SF) e sólidos voláteis (SV) entre as fossas de Madalena e Pentecoste. Essas diferenças refletem as características e composições dos materiais presentes em cada região.

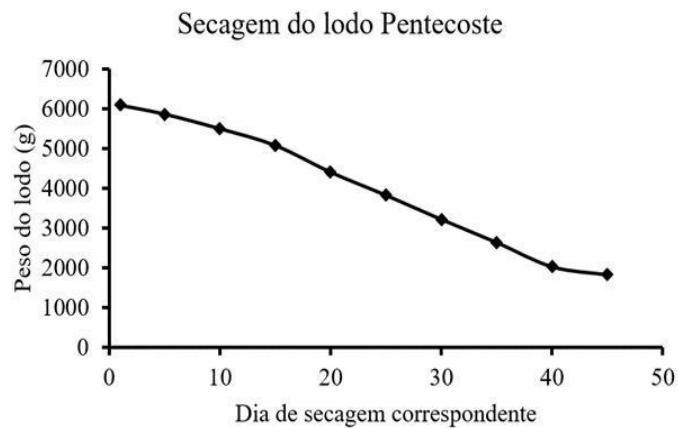
A secagem do lodo é um processo importante para reduzir a umidade do material, tornando-o mais adequado para uso ou descarte. Durante o processo de secagem do lodo, observa-se uma redução gradual da umidade ao longo do tempo. A figura abaixo mostra as curvas de secagem dos lodos das fossas de Madalena e Pentecoste.

Figura 14 - Curva de secagem do lodo de Madalena



Fonte: Autores, 2023

Figura 15 - Curva de secagem do lodo de Pentecoste



Fonte: Autores, 2023

Observa-se que nos dias iniciais de secagem do lodo de Madalena há uma mudança abrupta da umidade em pouco tempo, atingindo um patamar relativamente estável entre os dias 10 e 20 de secagem, ou seja, a partir dos 20 dias não houve mudança significativa da umidade e o peso do lodo se manteve basicamente constante. Contudo, o gráfico de secagem do lodo de Pentecoste mostra que houve decréscimo mais lento no valor da umidade do lodo, demorando mais tempo para secagem.

A secagem do lodo requer um ambiente adequado que permita a evaporação da umidade. Geralmente, isso envolve a disponibilidade de ar seco e circulação de ar, que ajudam a remover a umidade do material. A temperatura e a umidade relativa do ar também podem influenciar a eficiência do processo de secagem. É importante criar condições controladas para promover uma secagem eficiente e completa do lodo.

Vale ressaltar que os leitos de secagem de ETEs são estruturas projetadas especificamente para facilitar a secagem do lodo. Esses leitos consistem em áreas abertas onde o lodo é espalhado em uma camada fina para permitir uma maior exposição ao ar e uma secagem mais rápida. A utilização de leitos de secagem pode ser uma alternativa eficaz para reduzir a umidade do lodo e facilitar seu manuseio e disposição.

Em relação ao potencial de uso do material seco, existem diversas pesquisas e trabalhos dedicados a explorar suas aplicações. O material seco pode ser utilizado como adubo orgânico, combustível, matéria-prima para produção de tijolos ou outros materiais de construção, entre outros usos. A pesquisa contínua nessa área busca encontrar maneiras sustentáveis e economicamente viáveis de aproveitar o lodo seco, contribuindo para a gestão adequada dos resíduos gerados nas ETEs e para a valorização dos recursos disponíveis.

A figura abaixo ilustra o processo de secagem ao sol após 1 dia (A), 5 dias (B), 40 dias (C) e 45 dias (D), respectivamente.

Figura 16 - Processo de secagem ao sol



Fonte: Autores, 2023

No que diz respeito à análise nutricional do lodo das fossas verdes, a tabela abaixo apresenta o resultado para o lodo de Pentecoste.

Tabela 04 - Análise nutricional do lodo de Pentecoste - CE

Análises	Unidade	Base Seca - 110° C	Umidade Natural
PH CaCL2 0,01m ref.1 2,5	PH	—	7,13
Densidade	g/cm <sup>3</sup>	—	0,46
Umidade perdida à 60-65° C	%	—	6,33
Umidade perdida entre 65 e 110° C	%	—	1,03
Umidade total	%	—	7,36

Análises	Unidade	Base Seca - 110° C	Umidade Natural
Materiais inertes	%	—	0,0
Nitrogênio total	%	2,06	1,91
Matéria orgânica total (combustão)	%	38,43	35,60
Matéria orgânica compostável (titulação)	%	26,89	24,91
Matéria orgânica resistente à compostagem	%	11,54	10,69
Carbono total (orgânico e mineral)	%	21,35	19,78
Carbono orgânico	%	14,94	13,84
Resíduo mineral total	%	62,21	57,63
Resíduo mineral insolúvel	%	44,05	40,81
Resíduo mineral solúvel	%	18,16	16,82
Relação C/N (C total e N total)	—	10/1	10/1
Relação C/N (C orgânico e N total)	—	7/1	7/1
Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> total)	%	0,07	1,92
Potássio (K <sub>2</sub> O total)	%	0,71	0,66
Cálcio (Ca total)	%	3,96	3,67
Magnésio (Mg total)	%	0,83	0,77
Enxofre (S total)	%	0,67	0,62
Boro (B total)	mg/kg	32,00	30,00
Cobre (Cu total)	mg/kg	116	107
Ferro (Fe total)	mg/kg	15008	13904
Manganês (Mn total)	mg/kg	887	882
Zinco (Zn total)	mg/kg	1229	1139
Sódio (Na total)	mg/kg	3648	3380
CTC (Capacidade Troca de Cátion)	Cmol/kg	não solicitado	não solicitado

Fonte: Autores (2023)

Por sua vez, a tabela abaixo apresenta o resultado da análise nutricional do lodo de Madalena.

Tabela 05 - Análise do lodo de Madalena - CE

Análises	Unidade	Valores obtidos
Nitrogênio (N)	(g/kg)	25,9
Fósforo (P)	(g/kg)	3,73

Análises	Unidade	Valores obtidos
Pentóxido de Fósforo P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	(g/kg)	8,55
Potássio (K)	(g/kg)	1,03
Óxido de Potássio (K <sub>2</sub> O)	(g/kg)	1,26
Cálcio (Ca)	(g/kg)	6,43
Magnésio (Mg)	(g/kg)	1,78
Enxofre (S)	(g/kg)	--
FerrO (Fe)	mg/kg	2.350,8
Cobre (Cu)	mg/kg	24,6
Zinco (Zn)	mg/kg	420,9
Manganês (Mn)	mg/kg	273,2

Fonte: Autores (2023)

Logo, a partir da análise dos dados, é possível observar diferenças entre os lodos das diferentes fossas, ou seja, lodos que estão localizados em fossas com os mesmos tamanhos, em assentamentos parecidos, que podem comportar as mesmas substâncias/resíduos, podem ter seus valores alterados, pois depende cada resíduo que adentre a FV, como água de banheiro, água da cozinha, etc.

Ainda, possíveis causas para também ter essa diferenciação no resultado de ambas as FV são as condições do local quando a coleta foi realizada e as condições uso da fossa. Por mais que o Assentamento 25 de Maio seja semelhante ao de Pentecoste, pode haver variação das condições em relação à época das campanhas de coleta, como por exemplo o estado pluviométrico, assim como a quantidade de pessoas que contribui para cada fossa e o tempo de acumulação do lodo.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste estudo, foi realizada uma caracterização físico-química e microbiológica do lodo proveniente de fossas verdes situadas nos municípios de Madalena e Pentecoste, no sertão do Ceará. Nosso objetivo foi realizar a caracterização como subsídio para se avaliar a viabilidade do reuso desse lodo como condicionador de solos em áreas rurais, considerando tanto a qualidade do material quanto seu potencial para melhorar as características do solo.

Com base nas análises físicas, conclui-se que o lodo das fossas verdes apresentou uma composição heterogênea em termos de textura, com predominância de partículas

finas, o que influencia o tempo de secagem. As faixas de valores de umidade e tempo de secagem variaram significativamente, indicando a necessidade de considerar esses fatores ao planejar a aplicação do lodo como condicionador de solo.

Em relação às análises nutricionais, se constatou que o lodo das fossas verdes se revelou uma fonte valiosa de matéria orgânica e nutrientes essenciais para o solo, como nitrogênio, fósforo e potássio. As faixas de valores obtidas indicam que o lodo possui potencial para melhorar a fertilidade do solo, tornando-o mais propício para a agricultura e a produção de culturas nas regiões estudadas.

A importância deste estudo reside na evidência de que, com a devida caracterização físico-química e microbiológica, o lodo das fossas verdes pode ser aproveitado de forma segura como condicionador de solos em áreas rurais do Ceará. A utilização deste recurso pode contribuir significativamente para o desenvolvimento sustentável das comunidades locais, promovendo uma agricultura mais produtiva e sustentável, ao mesmo tempo em que reduz a dependência de fertilizantes químicos. Além disso, ao adotar práticas seguras de manejo do lodo, é possível mitigar potenciais riscos ambientais e de saúde pública, tornando essa abordagem uma alternativa viável e benéfica para a gestão de resíduos orgânicos nas áreas rurais do Ceará.

## AGRADECIMENTOS

Inicialmente, agradeço ao Projeto YPOERA - Fatores intervenientes na redução de disponibilidade hídrica em reservatórios semiáridos: Evaporação, assoreamento, eutrofização e incremento na intermitência dos rios, CNPq, processo 303283/2019-0 e ao Programa Cientista Chefe Agricultura, pelo apoio financeiro com a manutenção da bolsa de auxílio.

Ao Prof. Dr. Pedro Henrique Augusto Medeiros, pela excelente orientação e por todo o auxílio ao longo da pesquisa.

Ao Prof. Dr. José Carlos Araújo, pela excelente coorientação e por ter dado-me a oportunidade de participar do grupo de pesquisa HIDROSED (Hidrossedimentológico do Semiárido) da UFC (Universidade Federal do Ceará).

Aos colegas do Programa de pós-graduação em Engenharia Agrícola da UFC, pelas reflexões, críticas e sugestões recebidas, em especial, a minha colega doutoranda Gabriela Domingos Lima, pelo apoio, parceria e auxílio ao longo de toda pesquisa.

## REFERÊNCIAS

- ANDRADE, Ana Maria Teixeira. Narrativas de vida e formação de estudantes e lideranças do Programa de Educação em Células Cooperativas. 2019. 457f. - Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Ceará, Programa de Pós-graduação em Educação, Fortaleza (CE), 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/49549>. Acesso em: 09 maio. 2023.
- ARAÚJO, C. B. L.; ALMEIDA, S. A. C; SANTANA, F. V. I (2011). V Jornada Internacional de Políticas Públicas. Condições Sócioambientais do Assentamento Rural 25 de maio/Ce: um estudo a partir do projeto fossa verde no semiárido. 2011. disponível:<[http://www.joinpp.ufma.br/jornadas/joinpp2011/CdVjornada/JORNADA\\_EIXO\\_2011/QUESTAO\\_AMBIENTAL\\_DESENVOLVIMENTO\\_E\\_POLITICAS\\_PUBLICAS/CONDICOES\\_SOCIOAMBIENTAIS\\_DO\\_ASSENTAMENTO.pdf](http://www.joinpp.ufma.br/jornadas/joinpp2011/CdVjornada/JORNADA_EIXO_2011/QUESTAO_AMBIENTAL_DESENVOLVIMENTO_E_POLITICAS_PUBLICAS/CONDICOES_SOCIOAMBIENTAIS_DO_ASSENTAMENTO.pdf)>. Acesso em: 06 mar. 2023.
- BELLIZZI JÚNIOR, M. J. Tratamento do lodo e produção do biossólido de fossas verdes no semiárido. 2022. 96 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil-Saneamento Ambiental) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2022.
- BRAGA, B. B. Potencial de reuso de sedimento assoreado em açudes na agricultura irrigada na bacia hidrográfica do Banabuiú. 2019. 71 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.
- BRILIS, J.; BOER, P.; MULDER, J.; BOER, E. Reuse of dredged material as a way to tackle societal challenges. *Journal of Soils Sediments*, [s.l], v. 14, p. 1638–1641, 2014.<https://doi.org/10.1007/s11368-014-0918-0>.
- COELHO, C. F., Reinhardt, H., & Araújo, J. C. de .. (2018). Fossa verde como componente de saneamento rural para a região semiárida do Brasil. *Engenharia Sanitaria E Ambiental*, 23(Eng. Sanit. Ambient., 2018 23(4)). <https://doi.org/10.1590/S1413-41522018170077>.
- COELHO, Christine Farias. Impactos socioambientais e desempenho da fossa verde no Assentamento 25 de Maio, Madalena (Ceará). 2013. 111 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Ceará, Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Fortaleza, 2013.
- DE ARAÚJO, J.C.; GÜNTNER, A.; BRONSTERT, A. (2006) Loss of reservoir volume by sediment deposition and its impact on water availability in semiarid Brazil. *Hydrological Sciences Journal*, n. 51, p. 157-170. <https://doi.org/10.1623/hysj.51.1.157>.



- DO CARMO, Roberto Luiz; CAMARGO, Kelly. Dinâmica demográfica brasileira recente: padrões regionais de diferenciação. Texto para Discussão, 2018.
- FREIRE, André Luiz. Saneamento básico: conceito jurídico e serviços públicos. Enciclopédia jurídica da PUC-SP. Celso Fernandes Campilongo, Alvaro de Azevedo Gonzaga e André Luiz Freire (coords.). Tomo: Direitos Difusos e Coletivos. Nelson Nery Jr., Georges Abboud, André Luiz Freire (coord. de tomo). 1. ed. São Paulo: Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, 2017. Disponível em: <https://enciclopediajuridica.pucsp.br/verbete/325/edicao-1/saneamento-basico:conceito-juridico-e-servicos-publicos>.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008, Rio de Janeiro, 2008.
- INSTITUTO ÁGUA E SANEAMENTO. Pentecoste. Disponível em: <https://www.aguaesaneamento.org.br/municipios-e-saneamento/ce/pentecoste>. Acesso em: 9 maio 2023.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Dados meteorológicos para o município de Pentecoste - CE. [s.l.], 2020. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/porta1/index.php?r=bdmep/bdmep>. Acesso em: 09 maio 2023.
- MUGA, H.E.; et al. Treatment Performance of Wastewater Lagoons in South Yungas Province of Bolivia. World Environmental and Water Resources Congress 2009: Great Rivers © 2009 ASCE. Disponível em: [http://scitation.aip.org/getpdf/servlet/GetPDFServlet?filetype=pdf&id=ASCECP000342041036000586000001&idtype=cvips&doi=10.1061/41036\(342\)586&prog=normal](http://scitation.aip.org/getpdf/servlet/GetPDFServlet?filetype=pdf&id=ASCECP000342041036000586000001&idtype=cvips&doi=10.1061/41036(342)586&prog=normal) >. Acesso: 11 nov.2011.
- RIGO, M. M.; RAMOS, R. R.; CERQUEIRA, A. A.; SOUZA, P. S. A.; MARQUES, M. R. C. Regulamentação do subproduto derivado do tratamento de águas residuárias domésticas e seu reuso na agricultura. Gaia Scientia, [S. l.], v. 8, n. 1, 2014. Disponível em: <https://periodicos.ufpb.br/index.php/gaia/article/view/17550>. Acesso em: 3 mar. 2023.
- RODRIGUES, M.A.; ARROBAS, Margarida (2022). Gestão da fertilidade do solo e fertilização em amendoal biológico. In III Simpósio Nacional de frutas. Faro.
- SILVA, E.V.; GORAYEB, A.; DE ARAÚJO, J.C. Atlas socioambiental do Assentamento 25 de Maio – Madalena – Ceará. Fortaleza: Ed. Expressão Gráfica. p. 44, 2015.
- WIEGAND, M.C.; PINHEIRO, L.S.; BELO, P.S.C.; ARAÚJO, J.C. Irrigação de micro-áreas com reuso de esgoto domiciliar utilizando tecnologia Fossa Verde em região semiárida. In: Reunião sulamericana para manejo e sustentabilidade da irrigação em regiões áridas e semiáridas, 2., 2011. Anais... Cruz das Almas. v. 1. p. 149-152.

ZENG, G., GIANG, R., HUANG, G., XU M., AND LI J. Optimization of wastewater treatment alternative selection by hierarchy grey relational analysis. *Journal of Environmental Management*, 82,2, p. 250–259, 2007.

## CAPÍTULO XXIII

## MÉTODO BOTANAL APLICADO A QUANTIFICAÇÃO DE BIOMASSA EM FLORESTA OMBRÓFILA MISTA

## BOTANAL METHOD APPLIED TO BIOMASS QUANTIFICATION IN MIXED OMBROPHILOUS FOREST

DOI: 10.51859/AMPLA.MAC3468-23

Luciano Farinha Watzlawick<sup>1</sup>Vitor Hugo Zanette<sup>2</sup>Aline Cristina Stocki<sup>3</sup>Joelmir Augustinho Mazon<sup>4</sup><sup>1</sup> Professor Dr. do Departamento de Agronomia. Universidade Estadual do Centro Oeste - UNICENTRO<sup>2</sup> Professor Dr. do Departamento de Matemática. Universidade Estadual do Centro Oeste - UNICENTRO<sup>3</sup> Doutoranda em Agronomia. Universidade Estadual do Centro Oeste - UNICENTRO<sup>4</sup> Professor Dr. do Centro Universitário Guairacá – UNIGUIAIRACÁ

## RESUMO

As florestas heterogêneas possuem potencial para a fixação de carbono, tanto com seu manejo e conservação. Porém para conhecer o quanto de carbono está fixado na biomassa realizam-se cortes da vegetação ou utilizam-se equações alométricas. Este estudo busca a aplicação do Método Botanal na Floresta Ombrófila Mista Aluvial, validando outra alternativa nos levantamentos de biomassa/carbono em ambientes florestais. Os dados foram obtidos em 42 parcelas de estudo permanentes de 100 m<sup>2</sup>, em Guarapuava (PR). Com amostragem pelo método Botanal, foi realizada uma estimativa visual por três observadores, que partem de um ranqueamento da quantidade de biomassa ordenada por notas de 1 a 5 das unidades amostrais-padrão, baseados na produção de biomassa arbórea, buscando verificar a funcionalidade e comparar em relação a biomassa estimada pela equação “Paraná”. Dentre as 34 espécies inventariadas, 7 espécies estocam 82,81% de toda a área basal (32,597 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>). Das 32 espécies amostradas pelo método Botanal, seis espécies, (19,2%) apresentaram uma superestimativa quando comparadas a biomassa do inventário estimada pela equação “Paraná”, possivelmente a escolha de escores

de peso não representavam o real peso das espécies. *Gymnanthes klotzschiana* é a espécie que mais possuiu biomassa tanto na equação, quanto no Botanal. A utilização do método Botanal, juntamente com uma equação alométrica, mostrou-se uma alternativa para a quantificação de biomassa pois, ambos os métodos não diferem estatisticamente a um nível de 5% de significância. Como variável independente, a nota atribuída pelo avaliador mostrou-se viável para estimativa de biomassa total, asseverando-se ainda que outros modelos sejam estudados.

**Palavras-chave:** Floresta com Araucária. Método Botanal. Método não destrutivo. Heterogeneidade de espécies. Peso seco classificado.

## ABSTRACT

Heterogeneous forests have a potential for carbon fixation, both with their management and conservation. However, to know how much carbon is fixed in biomass, it is necessary to cut vegetation or use allometric equations. This proposal seeks to apply the Botanal Method in the Araucaria Mixed Forest, validating and seeking another alternative in biomass/carbon surveys in heterogeneous forest environments.

Data were obtained in 42 permanent study plots of 100 m<sup>2</sup>, in Guarapuava (PR). With sampling using the Botanal method, a visual estimate was carried out by three observers, which starts from a ranking of the amount of biomass ordered by scores from 1 to 5 of the standard sampling units, based on the production of arboreal biomass, seeking to verify the functionality and compare in relation to the biomass estimated by the “Paraná” equation. Among the 34 species inventoried, 7 species accounts for 82.81% of the entire basal area (32.597 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>). Of the 32 species sampled by the Botanal method, six species (19.2%) presented an overestimate when compared to the inventory biomass estimated by the “Paraná” equation, possibly the choice of weight

scores did not represent the real weight of the species. *Gymnanthes klotzschiana* is the species that had the most biomass both in the equation and in the Botanal. The use of the Botanal method, together with an allometric equation, proved to be an alternative for biomass quantification, as both methods do not differ statistically at a 5% level of significance. As an independent variable, the score given by the evaluator proved to be viable for estimating total biomass, although other models are expected to be studied.

**Keywords:** Forest with Araucaria. Botanal Method. Non-destructive method. Species heterogeneity. Classified dry weight.

## 1. INTRODUÇÃO

A Floresta Ombrófila Mista (FOM) é uma unidade fitoecológica pertencente ao bioma Mata Atlântica que ocorre exclusivamente no planalto meridional brasileiro (IBGE, 2012). É caracterizada pela coexistência de vegetação de origem tropical e subtropical, em zona climática caracteristicamente pluvial, com chuvas bem distribuídas ao longo do ano. Com domínio da *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze (Araucariaceae), espécie gregária de alto valor econômico e paisagístico e de padrões fitofisionômicos típicos (RODERJAN et al., 2002).

Dentre as diferentes tipologias que a Floresta Ombrófila Mista apresenta, as florestas aluviais (FOMA) são formações florestais influenciadas pelos rios. Exercem importante função na estabilidade do regime hídrico das planícies sujeitas a inundações periódicas. Esta tipologia florestal é caracterizada por espécies seletivas, adaptadas para se desenvolverem em solos constantemente alagados, e apesar da sua grande importância ambiental, não escaparam da destruição e fragmentação (IURK, 2008; KANIESKI et al. 2010).

Amaral et al. (2017) asseguram que as florestas proporcionam diversos serviços ambientais, considerando o armazenamento de biomassa/carbono como um dos principais. O “sequestro de carbono” ou a fixação de carbono ocorre na biomassa vegetal e está diretamente relacionado as mudanças climáticas ocorridas no planeta terra. Essa fixação é o principal processo natural que contrapõe as emissões constantes

do dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), um dos principais gases envolvidos no Efeito Estufa e consequentemente provocando as mudanças climáticas. Este “sequestro” estabelece então, equilíbrio dinâmico entre a emissão de gases e a sua conversão em biomassa.

A determinação da quantidade de biomassa/carbono em florestas é relevante, tanto para a pesquisa científica bem como para a dinâmica das florestas, em função da mitigação das mudanças climáticas, onde as florestas são consideradas “sumidouros de carbono”. Com isso, a quantificação da biomassa/carbono utilizando métodos destrutivos, além de serem onerosos e trabalhosos, tornam demoradas e inviáveis por questões legais. A proposição deste estudo vem ao encontro da necessidade de desenvolver um meio para quantificar a biomassa, aprimorando a metodologia Botanal, um método rápido e não destrutivo para realizar as estimativas, otimizando as coletas de informações no campo, para gerar resultados confiáveis, minimizando assim, a carga de trabalho para medições em florestas heterogêneas.

O método “Botanal” é usado inicialmente, por pesquisadores para avaliar a heterogeneidade de espécies de plantas presentes em pastagem consorciada e estimar a quantidade de cada uma delas. Trata-se de um programa computacional desenvolvido na Austrália, por Hargreaves e Kerr (1978), que combina procedimentos usados para calibrar estimativas visuais de produção de massa seca (MS) e composição botânica, levando em consideração a presença de todas as espécies pela análise de frequência e da percentagem de cobertura do solo. ‘T Mannelje E Haydock (1963), introduziram a técnica de estimativa visual, tornando as amostragens simples, em que o observador necessita classificar as espécies em primeiro, segundo e terceiro lugares, na produção total de matéria seca.

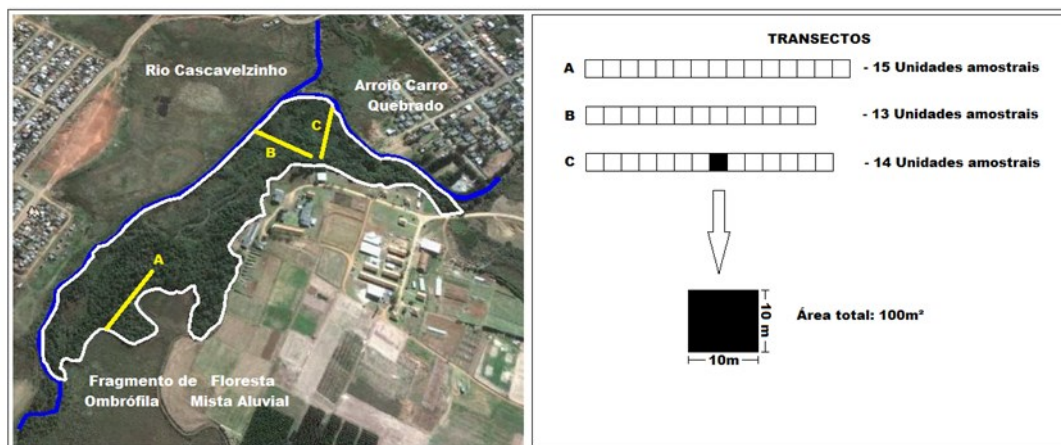
Watzlawick et al. (2008) implantaram parcelas de estudos permanentes em FOM de Sistema Faxinal, desenvolvendo pesquisas no componente arbóreo e herbáceo da vegetação, relacionados a aplicação do método Botanal. Meyer (2014), utilizou o método para inventariar a composição botânica e a análise da interferência de variáveis ambientais de uma comunidade herbácea em sistema silvipastoril natural. Na sequência Corrales (2016), utilizou o mesmo método para avaliar descritiva, produtiva, espacial e sazonalmente a vegetação herbácea, também em FOM de Sistema Faxinal.

Para tanto, o presente estudo verificou se a adaptação da metodologia Botanal para estimativas de biomassa/carbono em florestas heterogêneas é viável. Tendo como objetivo adaptar a metodologia Botanal, para formular um sistema de amostragem não destrutiva de quantificação da biomassa, para aplicar em inventários de florestas heterogêneas.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo localiza-se na Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO), no Campus CEDETEG, município de Guarapuava, Paraná. Corresponde a um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial (IBGE, 2012), com aproximadamente 11,5 ha. Para aplicação da metodologia Botanal foram utilizadas 42 parcelas permanentes, divididas em três transecções (A, B e C), em que, A contém 15 unidades amostrais, B 14 e C 13, com dimensões de 10 x 10 m (100 m<sup>2</sup>) (Figura 1). As unidades amostrais dos transectos foram remeidas em julho de 2017 na forma de censo, onde todas as árvores com DAP (diâmetro à altura do peito)  $\geq 5$  cm foram mensuradas. As nomenclaturas adotadas para famílias e gêneros botânicos seguiu o padrão sugerido pelo *Angiosperm Phylogeny Group III* (APG III, 2016).

Figura 1 - Bacia Hidrográfica e localização dos transectos de estudo (A, B e C) em fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial no município de Guarapuava-PR.



Fonte: Autoria própria.

A estimativa da biomassa, inicialmente foi realizada utilizando-se a equação ajustada por Zanette (2017), denominada equação “Paraná” (1), a qual apresentou coeficiente de determinação de R<sup>2</sup>aj. 0,928 e erro padrão da estimativa Syx (%) 85,83. A

biomassa total para fins de estudos comparativos foi considerada como sendo o parâmetro.

$$Biomassa = 79,443 - 12,130 \text{ dap} + 0,655 \text{ dap}^2 \text{ (1)}$$

A amostragem utilizando o método Botanal foi realizada por três observadores que aplicaram o método buscando verificar a funcionalidade, bem como comparar o mesmo em relação a biomassa estimada utilizando-se uma equação alométrica, denominado de “parâmetro”. Foi realizada uma estimativa visual que parte de um ranqueamento da quantidade de biomassa ordenada por notas de 1 a 5 das unidades amostrais-padrão (10 x 10 metros), baseados na produção de biomassa arbórea. Inicialmente foram determinados os dois padrões extremos (1 e 5), onde o padrão 1 representa a produção menor de biomassa arbórea observada e o padrão 5 a maior produção de biomassa arbórea. Em seguida, estimou-se o padrão intermediário que é equivalente ao padrão 3. Ao final foram estabelecidos os padrões intermediários 2 e 4 respectivamente.

Com a finalidade de tirar a subjetividade das avaliações, foi necessário a utilização de três observadores no experimento 1 e de dois observadores no experimento 2 de dois observadores, os quais tiveram um treinamento de calibração visual dos padrões, atribuindo numa escala de um a cinco valores da biomassa da vegetação arbórea em cada unidade avaliada, podendo dar notas em decimais entre 1 e 5 (1; 1, 1; 1, 2 ... 4, 8; 4, 9; 5) nesta escala de *scores*/notas, tendo como referência os padrões escolhidos na fase anterior. Foram escolhidas unidades amostrais diferentes dos padrões com a finalidade do treinamento, sendo que nesta fase de treinamento os observadores comparavam seus valores atribuídos até ter um mínimo de divergência aceitável não superior a 0,2 na escala de um a cinco, seguindo a sugestão de Gardner (1986). Quando a divergência era superior ao aceitável, procedeu-se o reestudo das unidades padrões e novamente fazer estimativas em outras unidades, repetindo o processo.

Após os observadores fixarem os valores representados pelos padrões de 1 a 5, foi realizada a amostragem na área, sendo que cada observador trabalhou isoladamente inferindo uma nota (1 a 5) para cada unidade amostral, estimando-se assim a



quantidade de biomassa arbórea. Se a amostragem fosse realizada em mais de um dia, foram estudadas novamente as unidades padrões antes de iniciar a obtenção dos dados.

Na mesma unidade amostral em que era realizada a estimativa da biomassa foi calculada a composição botânica para que os resultados expressos em biomassa para as principais espécies presentes no levantamento. Utilizou-se o método DWR (percentagem de peso seco) modificado por Jones e Hargreaves (1979), onde cada um dos observadores na unidade amostral ranqueou qual a primeira espécie em termos de biomassa, qual a segunda e qual a terceira, o qual trabalha com 3 espécies dominantes. Caso ocorra empate entre mais de uma espécie nas três colocações, terá que se trabalhar combinações de taxa. Nas espécies com menores contribuições de biomassa foram realizadas uma estimativa visual com relação a presença ou ausência para se realizar a análise de frequência.

Para determinar a quantidade de biomassa das unidades amostrais padrão (1 – 5), foi necessário aumentar o número de unidades, sendo desejável no mínimo 15, ou seja, três unidades para cada um dos padrões, para se obter uma boa correlação entre o parâmetro e a estimativa visual da disponibilidade de biomassa. Assim, 15 unidades amostrais das amostradas nos transectos foram sorteadas para fins de análise de regressão, ou seja, cada um dos observadores individualmente estimou a produção de biomassa conforme o padrão previamente estabelecido. Tendo os valores estimados de biomassa arbórea nas 15 unidades foi calculada a equação de regressão, tendo como variável dependente a quantidade de biomassa e variável independente o valor da estimativa visual da disponibilidade de biomassa por cada observador.

Seguindo a metodologia Botanal, adaptado por Gardner (1986), foi obtido a equação de regressão para as estimativas da produção de biomassa arbórea total. Foram estimadas as correlações de Pearson (R) e os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) dos observadores. Com a equação de regressão ajustada foram estimadas todas as outras unidades estimadas visualmente, obtendo-se a quantidade de biomassa por unidade amostral.

Para se ter uma visão geral dos parâmetros descritivos da floresta, foram determinados para as variáveis (DAP) e biomassa estimada pela equação ajustada por Zanette (2017), a média aritmética, o desvio padrão, o coeficiente de variação, os pontos

de mínimo e de máximo e a amplitude total. No tratamento estatístico da variável biomassa estimado pelo método Botanal, foram utilizadas estatísticas do inventário florestal aleatório com uma probabilidade de confiança de 95%. Também foi utilizado o Teste-T para amostras independentes, visando verificar se existe diferença estatística significativa entre os valores estimados utilizando o método Botanal e os valores utilizando as equações alométricas.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA

Foram inventariados 2.633 ind ha<sup>-1</sup>, pertencentes a 21 famílias, 29 gêneros e 34 espécies. Dentre as famílias botânicas que apresentaram maior quantidade de indivíduos estão: Euphorbiaceae (51,72%), Sapindaceae (14,56%) e Rosaceae (6,69%). Entretanto, as famílias que apresentaram as maiores quantidades de espécies foram: Myrtaceae (4), seguida por Lauraceae (3), Sapindaceae (3) e Bignoneaceae (3) as demais apresentaram número de espécies inferior a 2 indivíduos (Tabela 1).

Tabela 1: Relação de famílias, Espécies, Área Basal (m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>), Densidade - D (ind ha<sup>-1</sup>), Frequência Absoluta do inventário – FRAi (%) e Frequência Absoluta pelo Método Botanal – FRAb (%) em Floresta Ombrófila Mista Aluvial, Guarapuava – PR, 2017.

Família	Espécie	Área Basal (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )	D (ind ha <sup>-1</sup> )	FRAi (%)	FRAb (%)
Anacardiaceae	<i>Lithraea molleoides</i> (Vell.) Engl.	0,04661	5	4,651	4,878
	<i>Schinus terebinthifolia</i> Raddi	0,16242	29	16,279	17,073
Aquifoliaceae	<i>Ilex dumosa</i> Reissek	0,32101	55	13,953	14,634
	<i>Ilex theezans</i> Mart. ex Reissek	0,37100	81	39,535	41,463
Araucareaceae	<i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze	0,38962	2	2,326	4,878
Bignoniaceae	<i>Adenocalymma album</i> (Aubl.) L.G.Lohmann	0,11323	19	13,953	-
	<i>Handroanthus albus</i> (Cham.) Mattos	0,36153	14	4,651	4,878
	<i>Jacaranda micrantha</i> Cham.	0,89170	19	6,977	7,317
Canellaceae	<i>Cinnamodendron dinisii</i> Schwacke	0,56807	43	23,256	19,512
Celastraceae	<i>Maytenus aquifolia</i> Mart.	0,02973	7	2,326	2,439
Clethraceae	<i>Clethra scabra</i> Pers.	0,18342	19	6,977	7,317
Dicksoniaceae	<i>Dicksonia sellowiana</i> Hook.	1,37059	29	16,279	17,073
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum deciduum</i> A.St.-Hil.	0,04908	5	2,326	2,439
Euphorbiaceae	<i>Sapium glandulosum</i> (L.) Morong	0,11016	7	6,977	4,878
	<i>Gymnanthes klotzschiana</i> Müll.Arg.	13,83467	1355	88,372	80,487
Fabaceae	<i>Mimosa scabrella</i> Benth.	0,07517	5	2,326	2,439
Lamiaceae	<i>Vitex megapotamica</i> (Spreng.) Moldenke	0,22039	31	20,930	19,512
Lauraceae	<i>Ocotea diospyrifolia</i> (Meisn.) Mez	0,02247	5	2,326	2,439
	<i>Ocotea puberula</i> (Rich.) Nees	1,47185	50	23,256	24,390
	<i>Ocotea pulchella</i> (Nees & Mart.) Mez	0,08505	2	2,326	2,439

Família	Espécie	Área Basal (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )	D (ind ha <sup>-1</sup> )	FRAi (%)	FRAb (%)
Malvaceae	<i>Luehea divaricata</i> Mart.	0,15069	10	11,628	9,756
Myrtaceae	<i>Campomanesia guazumifolia</i> (Cambess.) O.Berg	0,02051	2	2,326	-
	<i>Campomanesia xanthocarpa</i> (Mart.) O.Berg	0,01175	2	2,326	4,065
	<i>Eugenia uniflora</i> L.	0,02319	5	4,651	1,626
	<i>Eugenia pyriformis</i> Cambess.	0,04420	2	2,326	2,439
Oleaceae	<i>Ligustrum lucidum</i> W.T.Aiton	1,80413	79	23,256	26,829
Rosaceae	<i>Prunus myrtifolia</i> (L.) Urb.	1,7207	176	53,488	51,219
Rutaceae	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	1,83867	83	34,884	34,146
Salicaceae	<i>Casearia decandra</i> Jacq.	0,37428	81	37,209	36,585
	<i>Xylosma ciliatifolia</i> (Clos) Eichler	0,19616	19	18,605	19,512
Sapindaceae	<i>Allophylus edulis</i> (A.St.-Hil. et al.) Hieron. ex Niederl.	0,31135	67	30,233	31,707
	<i>Cupania vernalis</i> Cambess.	0,01638	2	2,326	2,439
	<i>Matayba elaeagnoides</i> Radlk.	4,95284	314	53,488	53,658
Solanaceae	<i>Solanum mauritanium</i> Scop.	0,45492	7	6,977	7,317
	<b>Total</b>	<b>32,59757</b>	<b>2.633</b>	<b>-</b>	<b>-</b>

Fonte: Autoria própria.

Lima et al. (2012) demonstraram que família Myrtaceae da mesma forma, apresentou o maior número de espécies (11), contribuindo com 23,08% do total das espécies. Barddal et al. (2004a) evidenciou que Myrtaceae representava 26,83% do total de espécies. Já no presente estudo, foram encontradas quatro espécies que representam 11,76 % do número de espécies. Os resultados se assemelham com outros levantamentos florísticos realizados na FOMA, geralmente, as famílias Sapindaceae, Euphorbiaceae, Myrtaceae e Lauraceae são representadas e Myrtaceae apresenta maior número de espécies (LIMA et al., 2012; CARVALHO et al., 2014; GUILHERMETTI, 2015; BIZ, 2017, STOCKI, 2021).

Dentre as espécies inventariadas, cinco delas representam 76,31% da densidade de indivíduos na área de estudo, sendo elas: *Gymnanthes klotzschiana* (1.355 ind ha<sup>-1</sup>), *Matayba elaeagnoides* (314 ind ha<sup>-1</sup>), *Prunus myrtifolia* (176 ind ha<sup>-1</sup>), *Zanthoxylum rhoifolium* (83 ind ha<sup>-1</sup>) e *Casearia decandra* (81 ind ha<sup>-1</sup>). *G. klotzschiana* representa 51,45% da densidade de 2.633 ind ha<sup>-1</sup> na floresta. Resultados similares foram encontrados por Barddal et al. (2004a) com 18.360 ind ha<sup>-1</sup> em FOMA no Rio Barigui, sendo que a espécie possuía 700 ind ha<sup>-1</sup> (38,13%). A capacidade de *Gymnanthes klotzschiana* adaptar-se às diferentes condições ambientais em áreas aluviais ficou evidenciada, uma vez que ocorre principalmente nas unidades amostrais alagáveis, demonstrando sua plasticidade fenotípica.

Em menores quantidades, as demais espécies, também foram registradas na FOMA, como por exemplo: *Matayba elaeagnoides* (IURK et al., 2009; SILVA et al., 2012), *Prunus myrtifolia* (SILVA et al, 2012; LIMA et al., 2012), *Zanthoxylum rhoifolium* (LIMA et al., 2012). Para Biz (2017), *Matayba elaeagnoides* é considerada secundária inicial, a qual destaca-se no processo de sucessão ecológica, pois área em estudo possui histórico de exploração e pressão urbana do entorno. Porém, é a segunda espécie de maior densidade de indivíduos, sendo que em algumas partes da floresta está conseguindo atingir estágios mais avançados de sucessão.

Dentre as outras espécies, *Allophylus edulis* se destaca, pois frequentemente é encontrada nos levantamentos florísticos na FOMA (RODRIGUES, 2012; LIMA et al. 2012; CARVALHO et al. 2014). Porém no presente estudo é a sétima espécie de densidade de indivíduos, ou seja, os efeitos da antropização na floresta são presentes. Ainda se observou a presença de *Cupania vernalis*, *Jacaranda micranta* e *Ilex theezans*, dentre outras espécies fazendo parte da composição inicial. Pode-se constatar também a presença de espécies secundárias tardias como, *Casearia decandra*, *Cinnamodendron dinisii*, *Ilex dumosa* e as Lauraceae: *Ocotea diospyrifolia*, *Ocotea puberula* e *Ocotea pulchella*, indicando que o fragmento está passando pelo processo de sucessão ecológica.

A *Araucaria angustifolia*, espécie clímax da FOM, apresentou uma densidade de dois indivíduos por hectare, baixa densidade possivelmente ligada a exploração que anteriormente ocorreu na área, bem como a área estar em área urbana, onde ocorre a coleta de sementes impossibilitando a regeneração, e pela decorrência das características hidromórficas do solo. As suposições apresentadas anteriormente podem ser corroboradas por Lima et al. (2012), onde a espécie apresentou uma densidade de 75 ind ha<sup>-1</sup>, sendo ela a segunda espécie em densidade, ficando somente atrás de *Gymnanthes klotzschiana*.

*Ligustrum lucidum* é uma exótica e considerada invasora, merecendo atenção quanto à sua dispersão, visto que apresenta uma grande densidade de indivíduos, 79 ind ha<sup>-1</sup>, sendo a sexta espécie em termos de densidade, representando 2,98% dos indivíduos das florestas. Stocki (2021; 2023) mencionam que a invasão de *Ligustrum lucidum* se originou dos indivíduos utilizados na arborização urbana, em que as

sementes são carregadas através das águas pluviais, encaminhadas para os rios do município. Pois, de acordo com Loboda et al. (2005), a espécie é dominante na arborização do município de Guarapuava, representando 38,27% do total existente. Para Fernandez et al. (2020) a invasão de espécies exóticas contribui para a extinção das espécies nativas, pois ocorre competição, e dependendo de suas características ecológicas, podem ocupar o nicho delas, diminuindo assim a diversidade das áreas de fragmentos florestas naturais.

A tabela 1 evidencia que dentre as 34 espécies inventariadas, 7 espécies estocam 82,81% de toda a área basal  $32,59757 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ , destacando-se principalmente o *Gymnanthes klotzschiana* com  $13,83467 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ , que possui estocado 42,44%, contribuem também as seguintes espécies: *Matayba elaeagnoides* com  $4,95284 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$  (15,19%), *Zanthoxylum rhoifolium* com  $1,83867 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$  (5,64%), *Ligustrum lucidum* com  $1,80413 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$  (5,53%), *Prunus myrtifolia* com  $1,7207 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$  (5,28%), *Ocotea puberula* com  $1,47185 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$  (4,51%), e *Dicksonia sellowiana* com  $1,37059 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$  (4,20%), sendo que as 27 demais espécies contribuem com 17,19% da área basal.

Já, Lima et al. (2012) em floresta aluvial com  $38,48 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$  de área basal, verificou que cinco espécies possuem 87,88% da dominância, sendo a *Araucaria angustifolia* com maior dominância  $14,87 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ , seguindo de *Gymnanthes klotzschiana*.  $12,49 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ , verificando que essa é uma das espécies mais representativas em termos de dominância no ecossistema aluvial. Esta situação também foi observada por outros autores, entre os quais Oliveira (2001), Barddal et al. (2004a), Barddal et al. (2004b), Pasdiora (2003), Lurk (2008) e Lurk et al. (2009).

Com relação a frequência absoluta (%) (Tabela 1), para todas as espécies tanto as frequências absolutas tanto do inventário realizado, como da frequência Absoluta estimada pelo método Botanal foram similares, sendo que as cinco espécies mais frequentes são: *Gymnanthes klotzschiana* (88,372%, 80,487%), *Matayba elaeagnoides* (53,488%, 53,658%), *Prunus myrtifolia* (53,488%, 51,219%), *Ilex theezans* (39,535%, 41,463%) e *Casearia decandra* (37,209%, 36,585%), respectivamente.

A capacidade de *Gymnanthes klotzschiana* adaptar-se às diferentes condições ambientais na floresta, foi evidenciada por Lima (2009; 2012) e Socher et al. (2008), em que a espécie ocorreu em todas as parcelas (100% de frequência). Lima (2009)

encontrou como espécies mais frequentes, juntamente com *Gymnanthes klotzschiana* as espécies *Allophylus edulis* (93,94%), *Araucaria angustifolia* (81,82%), *Prunus brasiliensis* (75,76%) e *Ilex brevicuspis* (63,64%). Chama atenção neste estudo a *Araucaria angustifolia*, que esteve presente em aproximadamente 82% das unidades amostrais, a qual sobressai em alguns metros sobre a cobertura das árvores dos demais estratos compostos por agrupamentos de árvores, que variam em densidade e porte, de acordo com o local e estágio de desenvolvimento.

Essas diferenças entre os fragmentos estudados são influenciadas por inúmeros fatores, como localização, condições edáfico-climáticas, estágio sucessional da vegetação, além do histórico de manejo e antropização presente nas áreas avaliadas, os quais afetam o número de espécies e de indivíduos e a distribuição das espécies na comunidade.

### 3.2. ESTIMATIVA DA BIOMASSA ARBÓREA ACIMA DO SOLO

Na tabela 2 são apresentados os resultados referentes as estatísticas descritivas das variáveis DAP e da biomassa estimada na FOMA, a qual possui uma densidade de 2.633 ind ha<sup>-1</sup> com o DAP ≥ 5 cm, com uma área basal de 26,54 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>, sendo encontradas 34 espécies e 29 gêneros que pertencem a 21 famílias botânicas.

Tabela 2. Estatísticas descritivas do inventário da Floresta Ombrófila Mista Aluvial, Guarapuava – PR. (2017).

	DAP (cm)	Área Basal (m <sup>2</sup> (100 m <sup>-1</sup> ))	Densidade (ind (100m <sup>2</sup> ) <sup>-1</sup> )
<b>Média</b>	11,25	0,01532	29,0
<b>Mínimo</b>	5,0	0,00157	9,0
<b>Máximo</b>	46,54	0,03786	66,0
<b>Desvio Padrão</b>	5,58	0,01	12,2
<b>Coefficiente de Variação (%)</b>	49,63	58,80	41,9

Fonte: Autoria própria.

Seguindo a metodologia Botanal, adaptado por Gardner (1986), obteve-se a equação de regressão necessária para as estimativas da quantidade de biomassa na FOMA, bem como foram estimadas as correlações de Pearson (R) que obtiveram cada um dos observadores e os coeficientes de determinação (R<sup>2</sup>), conforme a tabela 3.

Tabela 3. Equação de regressão para estimativas da quantidade biomassa (BIO) utilizando o método Botanal na Floresta Ombrófila Mista Aluvial, com o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e os coeficientes de correlação de Pearson (R Obs.) de cada observador.

Equação de regressão	$R^2$	R Obs. 1	R Obs. 2	R Obs. 3
$BIO = 1,091498951 + 0,167985x$	0,88	0,95	0,93	0,95

Em que: Bio = biomassa; x = Nota visual;  $R^2$  = coeficiente de determinação; R = coeficiente de correlação.  
Fonte: Autoria própria.

O coeficiente de determinação, bem como os coeficientes de correlação dos observadores em relação a nota emitida e a quantidade de biomassa podem ser considerados bons (Tabela 3), principalmente por tratar-se de um ambiente de floresta natural, a qual apresenta uma grande heterogeneidade em termos composição de espécies, idades, competição, taxas de crescimento, fatores estes que acarretam grande variação na quantidade de biomassa. Torna-se difícil comprar a estatística apresentada na tabela 3, devido a não existência de trabalhos em florestas utilizando o método Botanal, porém em estudos com vegetação herbácea os quais serão apresentados com finalidade de comparação. Corrales (2016) trabalhando com vegetação herbácea de FOM em Sistema Faxinal, obteve um coeficiente de determinação de 0,80, com correlações que variaram de 0,68 a 0,96.

Socher (2004) ao ajustar equações para a FOMA em Araucária-PR, obteve coeficientes de determinação que variaram de 0,52 a 0,95. Zanette (2017) ao ajustar equações para FOM no Paraná, obteve um coeficiente de determinação de 0,93. Pode-se verificar que nos estudos dos autores anteriormente referenciados o coeficiente de determinação foi maior que o do presente estudo, porém os mesmos foram realizados pelo método destrutivo da biomassa, podendo-se assim considerar o resultado pelo método Botanal como satisfatório.

Na tabela 4 encontram-se os valores para biomassa do inventário estimada pela equação “Paraná” (Zanette, 2017) e a biomassa estimada pelo método Botanal. Quando comparado os métodos verifica-se uma subestimativa de  $7,577 \text{ Mg ha}^{-1}$ , ou seja 6,63% de diferença, a qual pode ter ocorrido pela maneira que cada uma das estimativas foi realizada, ou seja: para estimativa da biomassa no inventário utilizou-se equação “Paraná”, a qual realiza a estimativa de cada árvore individualmente, já pelo método Botanal a estimativa é realizada utilizando toda a unidade amostral ( $100 \text{ m}^2$ ) inferindo-se uma nota para a mesma. Como o valor do  $t_{\text{calculado}} = 0,95 < t_{0,5} = 2,011$ , a hipótese



da nulidade não é rejeitada, podendo-se concluir que as médias da biomassa do inventário pela equação “Paraná” e a biomassa estimada pelo método Botanal não diferem significativamente.

Tabela 4. Estatísticas descritivas da estimativa de biomassa ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ) pela equação “Paraná” e pelo método Botanal na Floresta Ombrófila Mista Aluvial, Guarapuava – PR. (2017).

	<b>Biomassa Equação “Paraná” (<math>\text{Mg ha}^{-1}</math>)</b>	<b>Biomassa Botanal (<math>\text{Mg ha}^{-1}</math>)</b>
<b>Média</b>	121,88	114,39*
<b>Mínimo</b>	32,20	110,82
<b>Máximo</b>	241,05	117,52
<b>Desvio Padrão</b>	50,59	1,62
<b>Coefficiente de Variação (%)</b>	41,51	1,42

\*O valor tabelado de “t” que corresponde à  $(n_1 - 1) + (n_2 - 1) = 40$  graus de liberdade é  $t_{0,5} = 2,011$ .

Fonte: Autoria própria.

Em estudos de quantificação de biomassa na FOMA, utilizando o método destrutivo Lima (2009) e Socher et al. (2008), obtiveram respectivamente  $276,08 \text{ Mg ha}^{-1}$  e  $170 \text{ Mg ha}^{-1}$  de biomassa total. Como pode-se observar os valores tanto da biomassa do inventário como da estimativa pelo método Botanal foram inferiores aos dos estudos anteriores, sendo que estas diferenças podem ser devido ao estágio de regeneração, densidade de indivíduos, distribuição diamétrica e nível de antropização.

No presente estudo a diferença entre os valores do inventário utilizando equação ajustada por Zanette (2017) para a mesma tipologia e os valores estimados pelo método Botanal foram de 7,58 %, o que pode ser considerados baixos, se comparados com Koehler et al. (2005). Um dos poucos estudos que tratam sobre fontes de erro nas estimativas de biomassa foi realizado por estes autores, em que realizaram comparações nas estimativas de biomassa em relação ao parâmetro (método destrutivo). Ao utilizarem uma equação ajustada para a mesma tipologia florestal encontraram valores de 22% inferiores, já com a mesma equação ajustada corrigidas a discrepância logarítmica valores de 13% inferior, e ao utilizarem uma equação de uma tipologia diferente, encontraram valores de 27% superiores.

A Tabela 5 apresenta a relação de espécies e a quantidade de biomassa do inventário com a estimativa utilizando a equação de biomassa ajustada por Zanette (2017) e a biomassa estimada utilizando o método Botanal. De uma maneira geral verifica-se que as estimativas divergem em termos de valores, questões estas que

podem estar relacionadas aos diferentes métodos utilizados bem como a identificação de espécies ser realizada a campo.

Algumas espécies não tiveram a sua biomassa estimada pelo método Botanal. Com relação a *Adenocalymma album* e *Campomanesia guazumifolia*, a primeira espécie por não ter sido considerada no levantamento, por não ser uma espécie arbórea, já a segunda não foi inventariada provavelmente devido a não identificação da espécie utilizando o método Botanal. Por sua vez, *Campomanesia xanthocarpa*, *Cupania vernalis*, *Eugenia uniflora*, *Maytenus aquifolia*, *Ocotea diospyrifolia* e *Xylosma pseudosalzmanii* são espécies frequentes, porém em nenhuma das unidades amostrais foi atribuída peso como sendo uma das seis espécies que representam a biomassa da unidade amostral, as quais são atribuídos os pesos. Como visto na tabela 1, as espécies possuem uma baixa densidade de indivíduos, bem como apresentam uma pequena área basal, ocasionada por indivíduos de pequeno porte, resultado pelo qual as mesmas não foram incluídas como no máximo as seis espécies com maior quantidade de biomassa na unidade amostral.

Tabela 5. Biomassa do inventário e biomassa estimativa utilização do método Botanal na Floresta Ombrófila Mista Aluvial, Guarapuava – PR. (2017).

Espécie	Biomassa Equação "Paraná" (Mg ha <sup>-1</sup> )	Biomassa Botanal (Mg ha <sup>-1</sup> )	Diferença (Mg ha <sup>-1</sup> )	Diferença (%)
<i>Allophylus edulis</i>	1,911	0,864	- 1,047	- 54,8
<i>Araucaria angustifolia</i>	2,120	1,696	- 0,424	- 20,0
<i>Casearia decandra</i>	2,187	1,624	- 0,563	- 25,7
<i>Cinnamodendron dinisii</i>	2,103	2,407	0,304	14,5
<i>Clethra scabra</i>	0,560	1,324	0,764	136,4
<i>Handroanthus albus</i>	1,241	1,148	- 0,093	- 7,5
<i>Dicksonia sellowiana</i>	5,403	3,231	- 2,172	- 40,2
<i>Erythroxylum deciduum</i>	0,139	0,496	0,357	256,8
<i>Eugenia pyriformis</i>	0,114	0,365	0,251	220,2
<i>Gymnanthes klotzschiana</i>	49,040	39,928	- 9,112	- 18,6
<i>Ilex dumosa</i>	1,431	1,389	- 0,042	- 2,9
<i>Ilex theezans</i>	2,303	0,318	- 1,985	- 86,2
<i>Jacaranda micrantha</i>	3,508	2,982	- 0,526	- 14,9
<i>Ligustrum lucidum</i>	7,129	5,390	- 1,739	- 24,4
<i>Lithraea molleoides</i>	0,180	0,453	- 0,273	151,7
<i>Luehea divaricata</i>	0,609	1,226	0,617	101,3
<i>Matayba elaeagnoides</i>	16,642	26,836	10,194	61,5
<i>Mimosa scabrella</i>	0,189	0,547	0,358	189,418
<i>Ocotea puberula</i>	6,048	5,931	- 0,381	- 1,9
<i>Prunus myrtifolia</i>	6,312	6,130	- 0,182	- 2,88

Espécie	Biomassa Equação "Paraná" (Mg ha <sup>-1</sup> )	Biomassa Botanal (Mg ha <sup>-1</sup> )	Diferença (Mg ha <sup>-1</sup> )	Diferença (%)
<i>Sapium glandulosum</i>	0,285	0,633	0,348	25,5
<i>Schinus terebinthifolium</i>	0,771	0,863	0,092	11,93
<i>Solanum mauritianum</i>	2,155	2,142	- 0,013	- 0,6
<i>Vitex megapotamica</i>	0,828	0,677	- 0,151	- 18,2
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	6,550	5,701	- 0,849	-12,9
<b>Total</b>	<b>121,880</b>	<b>114,303</b>	<b>- 7,577</b>	<b>- 6,63</b>

Fonte: Autoria própria.

Também na tabela 5, verifica-se que das 32 espécies amostradas pelo método Botanal, seis espécies, ou seja 19,2% apresentaram uma superestimativa quando comparadas a biomassa do inventário estimada pela equação "Paraná", a saber: *Clethra scabra*, *Erythroxylum deciduum*, *Eugenia pyriformis*, *Lithraea molleoides*, *Luehea divaricata*, *Mimosa scabrella Benth*, *Ocotea diospyrifolia*, *Ocotea pulchella* e *Sapium glandulosum*, resultados estes possivelmente a escolha de escores de peso que não representavam o real peso da espécie considerada. Ainda, pode-se observar que *Gymnanthes klotzschiana* foi a espécie que mais possui biomassa tanto pela estimativa utilizando a equação "Paraná" quanto pelo método Botanal, 49,040 Mg ha<sup>-1</sup> e 39,928 Mg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Observa-se que o método Botanal apresentou uma subestimativa de 18,6%, valores estes que podem estar relacionados a nota atribuída dentro do ranking das espécies.

Diferenças quanto a densidade da madeira, visto que o método é utilizado para herbáceas, onde a massa colhida dos componentes estruturais colmo, folhas+bainhas, inflorescências não apresentam elevada densidade, pois as plantas de pastagens são plantas herbáceas, as quais apresentam crescimento secundário com a formação do lenho, o que ocorre em plantas arbustivas e arbóreas, a estrutura anatômica do lenho pode variar em função das variações nas características anatômicas da madeira em resposta às condições de clima e do sítio de crescimento.

Embora o trabalho tenha ocorrido na mesma tipologia, poucas comparações puderam ser realizadas em função do método Botanal não ter sido utilizado em ambientes florestais, mas principalmente em ambientes de pastagens. Contudo o mesmo possui um potencial e deve ser explorado, principalmente com relação ao ranqueamento da contribuição das espécies florestais em termos de biomassa, fator

este que possivelmente irá minimizar as distorções apresentadas neste estudo. Para melhorar as estimativas do método proposto, seria conveniente, mensurar via abate de indivíduos e verificar se a precisão do método Botanal é apropriado com relação a composição botânica bem como a frequência das espécies que ocorrerem na FOM, porém é importante lembrar que uma das dificuldades que apresenta em relação a composição é de sua identificação correta, fator este que pode ser minimizado com relação a um bom treinamento dos avaliadores.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A equação alométrica para a biomassa mostrou-se viável, fato este que agiliza o processo como um todo, claro a questão do parâmetro de biomassa pelo método destrutivo seria o ideal, porém o mesmo além de oneroso, questões de tempo para a quantificação, bem como as questões legais na grande maioria das vezes inviabiliza o processo, sendo assim a utilização do método Botanal, juntamente com uma equação alométrica, torna-se mais uma alternativa para a quantificação de biomassa. A proposta pelo método Botanal, tendo como variável independente a nota atribuída pelo avaliador mostrou-se viável para estimativa de biomassa total, porém sugere-se que outros modelos sejam estudados.

A estimativas de biomassa relacionadas a espécie não apresentaram resultados satisfatórios, sugerindo-se novos estudos, principalmente na medida do possível que se tenha o parâmetro para que se possa realmente comprovar, bem como estudos de fitossociologia que identifiquem quantas espécies são responsáveis pelo grande percentual e pela dominância na floresta, fatores estes que com certeza irão melhorar as estimativas, tendo-se assim um aprimoramento do método Botanal.

#### REFERÊNCIAS

- AMARAL, R.; COSTA, S. de A. P.; MUZZI, M. R. S. O sequestro de carbono em trechos da floresta urbana de Belo Horizonte: por um sistema de espaços livres mais eficiente no provimento de serviços ecossistêmicos urbanos. **Paisagem e Ambiente**, n. 39, p. 163-179, 2017.
- ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. **Botanical Journal of the Linnean Society**. v. 181, n. 1, p. 1-20, 2016.

- BARDDAL, M. L.; RODERJAN, C. V.; GALVÃO, F.; CURCIO, G. R. Fitossociologia do Sub-Bosque de uma Floresta Ombrófila Mista Aluvial, no Município de Araucária, PR. **Ciência Florestal**, v. 14, n. 1, p. 35-45, 2004a.
- BARDDAL, M. L.; RODERJAN, C. V.; GALVÃO, F.; CURCIO, G. R. Caracterização Florística e Fitossociológica de um Trecho Sazonalmente Inundável de Floresta Aluvial, em Araucária, PR. **Ciência Florestal**, v. 14, n. 2, p. 37-50, 2004b.
- BIZ, S. **Dinâmica e sequestro de carbono em floresta ombrófila mista aluvial urbana**. 107f. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava (PR), 2017.
- CARVALHO, J.; AUER, A. M.; SCHORN, L. M.; GOMES, N. S. B.; FRICK, E. C. L. Florística de um remanescente urbano de Floresta Ombrófila Mista Aluvial, Curitiba, Paraná. **Revista Eletrônica de geografia**, v. 9, n. 1, p. 142-158, 2014.
- CORRALES, L. G. G. **Avaliação descritiva, produtiva, espacial e sazonal da vegetação herbácea sob floresta ombrófila mista em sistema faxinal**. 79 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava (PR), 2016.
- FERNANDEZ, R. D. et al. A global review of *Ligustrum lucidum* (OLEACEAE) invasion. **The Botanical Review**, v. 86, p. 93-118, 2020.
- GARDNER, A. L. **Técnicas de pesquisa em pastagens e aplicabilidade de resultados em sistemas de produção**. Brasília, IICA/EMBRAPA-CNPGL, 197 p. 1986.
- GUILHERMETI, P. G. C. **Composição florística e crescimento de Branquilha em diferentes condições da Floresta Ombrófila Mista Aluvial**. 96 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Estadual do Centro Oeste, Guarapuava (PR), 2015.
- HARGREAVES, J. N. G.; KERR, J. D. **BOTANAL-A comprehensive sampling and computing procedure for estimating pasture yield and composition**. 2. Computational package. 1978.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico da vegetação brasileira**. 2 ed. rev. Ampl. Rio de Janeiro - RJ: 2012. 217 p.
- IURK, M. C. **Levantamento florístico de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial do Rio Iguazu município de Palmeira-PR**. 102 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba (PR), 2008.
- IURK, C. I.; SANTOS, E. P.; DLUGOSZ, F. L.; TARDIVO, R. C. Levantamento florístico de um fragmento de floresta ombrófila mista aluvial do rio Iguazu, município de Palmeira (PR). **Revista Floresta**, v. 39, n. 3, p. 605-617, 2009.

- JONES, R. M.; HARGREAVES, J. N. G. Improvements to the dry-weight-rank method for measuring botanical composition. **Grass and Forage Science**, v. 34, n. 3, p. 181-189, 1979.
- KANIESKI, M. R.; ARAUJO, A. C. B.; LONGHI, S. J. Quantificação da diversidade em Floresta Ombrófila Mista por meio de diferentes índices Alfa. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 38, n. 88, p. 567- 577, 2010.
- KOEHLER, H. S.; WATZLAWICK, L. F.; KIRCHNER, F. F.; VALÉRIO, A. F. Fontes de erros nas estimativas de biomassa e carbono fixado na Floresta Ombrófila Mista. **Biomassa & Energia**, v. 2, n. 1, p. 69-77, 2005.
- LIMA, T. E. de O. **Análise fitossociológica da macrofauna edáfica e da biomassa em um trecho de floresta ripária no município de Guarapuava, Paraná**. 130 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal), Universidade Federal do Paraná, Curitiba (PR), 2009.
- LIMA, T. E. de O.; HOSOKAWA, R. T.; MACHADO, S. do A. Fitossociologia do componente arbóreo de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial no município de Guarapuava, Paraná. **Floresta**, v. 42, n. 3, p. 553-564, 2012.
- LOBODA, C. R.; ANGELIS, B. L. D.; NETO, G. A.; SILVA, E. S. Avaliação de áreas verdes em espaços públicos no município de Guarapuava, PR. **Revista Ambiência**, v. 1, n. 1, p. 141-155, 2005.
- MEYER, W.H. **Composição botânica e análise da interferência de variáveis ambientais de uma comunidade herbácea em sistema silvipastoril natural**. 86 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava (PR), 2014.
- OLIVEIRA, E. A. **Caracterização florística, fitossociológica e pedológica de um remanescente conservado de floresta ripária nos campos gerais do Paraná**. 106f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais), Universidade Federal do Paraná, Curitiba (PR), 2001.
- PASDIORA, A. L. **Florística e fitossociologia de um trecho de floresta ripária em dois compartimentos ambientais do Rio Iguaçu, Paraná, Brasil**. 48f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal), Universidade Federal do Paraná, Curitiba (PR), 2003.
- RODERJAN, C. V.; GALVÃO, F.; KUNIYOSHI, Y. S.; HATSCHBACH, G. G. As unidades fitogeográficas do Estado do Paraná. **Ciência e Ambiente**, v. 24, n. 1, p. 75-92, 2002.
- RODRIGUES, A. L. **Dinâmica e correlações ambientais em um remanescente de Floresta Ombrófila Mista Aluvial em Guarapuava, PR**. 118f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais), Universidade Estadual do Centro Oeste, Irati (PR), 2012.

- SANQUETTA, C. R.; MOGNON F.; CORTE, A. P. D.; DALLAGNOL, F. S.; MAAS, G. C. B. **Pagamento por serviços ambientais em Floresta Ombrófila Mista**. In: IX Encontro Nacional Da Ecoeco, 9, 2011, Brasília. Anais... Brasília, p.1– 3, 2011.
- SILVA, A. C.; HIGUCHI, P.; VAN DEN BERG, E.; NUNES, D. D.; CARVALHO, M. H. **Florestas inundáveis: Ecologia, florística e adaptações das espécies**. Lavras: Editora UFLA, 2012. 167 p.
- SOCHER, L. G. **Dinâmica e biomassa aérea de um trecho de Floresta Ombrófila Mista Aluvial no município de Araucária, Paraná**. 101 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal), Universidade Federal do Paraná, Curitiba (PR), 2004.
- SOCHER, L. G.; RODERJAN, C. V.; GALVÃO, F. Biomassa aérea de uma Floresta Ombrófila Mista Aluvial no município de Araucária (PR). **Floresta**, v. 38, n. 2, p. 245-252, 2008.
- STOCKI, A. C.; MAZON, J. A.; WATZLAWICK, L. F. Invasão de *Ligustrum Lucidum* na Floresta Ombrófila Mista. **Revista Multidisciplinar de Educação e Meio Ambiente**, v. 4, n. 1, 2023.
- STOCKI, A. C. **Efeito do nível freático e da população de *Ligustrum lucidum* W.T.Aiton na dinâmica em fragmento urbano de Floresta Ombrófila Mista Aluvial**. 118f. (Dissertação de Mestrado), Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava (PR), 2021.
- ‘T MANNETJE L.; HAYDOCK K.P. The dry-weight-rank method for the botanical analysis of pasture. **Journal of the British Grassland Society**, v. 18, n. 4, p. 268-275, 1963.
- WATZLAWICK, L. F.; ALBUQUERQUE, J. M. de; SILVESTRE, R.; VALÉRIO, A. F. **Projeto Sistema Faxinal: Implantação de um sistema de parcelas permanentes**. In: SANQUETTA, C. R. Experiências de Monitoramento no Bioma Mata Atlântica com uso de Parcelas permanentes. Curitiba: Funpar, p. 177-210, 2008.
- ZANETTE, V.H. **Equações Alométricas de Biomassa para a Floresta Ombrófila Mista no Paraná**. 80 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal), Universidade Federal do Paraná, Curitiba (PR), 2017.



## CAPÍTULO XXIV

# FUNGOS MELANIZADOS: ASPECTOS FISIOLÓGICOS E POTENCIAL PARA DEGRADAÇÃO DE HIDROCARBONETOS

## MELANIZED FUNGI: PHYSIOLOGICAL ASPECTS AND POTENTIAL FOR DEGRADATION OF HYDROCARBONS

DOI: 10.51859/AMPLA.MAC3468-24

Fernanda Megiolaro <sup>1</sup>César Milton Baratto <sup>2</sup>Vânia Aparecida Vicente <sup>3</sup>Jane Mary Lafayette Neves Gelinski <sup>4</sup><sup>1</sup> Mestre em Ciência e Biotecnologia, Programa de Mestrado em Ciência e Biotecnologia, Universidade do Oeste de Santa Catarina – UNOESC<sup>2</sup> Professor Adjunto Programa de Mestrado em Ciência e Biotecnologia – UNOESC<sup>3</sup> Professora Titular do Departamento de Patologia Básica – Universidade Federal do Paraná -UFPR<sup>4</sup> Professora Adjunta Programa de Mestrado em Ciência e Biotecnologia, Universidade do Oeste de Santa Catarina - UNOESC**RESUMO**

Dematiáceos, melanizados, phaeoid são termos comumente utilizados como sinônimos para designar fungos que contém melanina na parede celular, o que lhes conferem proteção, principalmente contra irradiação solar. Esses fungos estão amplamente distribuídos na natureza, sendo capazes de crescer também em ambientes inóspitos e com escassez de nutrientes. Embora certas espécies sejam conhecidas por causar doenças mais ou menos graves, o oligotrofismo desses microrganismos, bem como a capacidade adaptativa ambiental sugerem potencial para biorremediação. Nesta revisão narrativa buscou-se avaliar dados relativos aos aspectos fisiológicos e o potencial biotecnológico de fungos melanizados, especialmente leveduras negras, na degradação de hidrocarbonetos do grupo BTX (benzeno, tolueno e xileno). Bioprospecção de microrganismos com potencial para degradação de compostos tóxicos, com base na avaliação de aspectos bioquímicos, fisiológicos, filogenéticos e outros, contribui para um melhor conhecimento da biodiversidade e aplicação tecnológica desses organismos.

**Palavras-chave:** Biorremediação. Biotecnologia. Hidrocarbonetos. Melanina

**ABSTRACT**

Dematiaceous, melanized, pheoid are terms commonly used as synonyms to designate fungi that contain melanin in the cell wall, which gives them protection, especially against solar irradiation. These fungi are well distributed in nature and can grow in inhospitable environments lacking nutrients. Although certain species are known to cause severe or not diseases, the oligotrophism as well as the environmental adaptive capacity of these microorganisms suggest potential for environmental bioremediation. This narrative review sought to evaluate data relating to the physiological aspects and biotechnological potential of melanized fungi, especially black yeasts, in the degradation of hydrocarbons from the BTX group (benzene, toluene and xylene). Bioprospecting for microorganisms with the potential to degrade toxic compounds, based on the evaluation of biochemical, physiological, phylogenetic, and other aspects, contributes to a better knowledge of the biodiversity and technological application of these organisms.

**Keywords:** Bioremediation. Biotechnology. Hydrocarbons. Melanin.

## 1. INTRODUÇÃO

Há muito que a exploração do petróleo representa um potencial de impacto ambiental aquático, terrestre e atmosférico (UNEP/Industry and Environment, 1997). No Brasil, que não é o maior produtor mundial de petróleo, só em 2020, a produção atingiu 2,07 milhões de barris por dia (PETROBRÁS, 2020). Este combustível fóssil apresenta frações de hidrocarbonetos aromáticos em sua composição, o que torna sua degradação lenta (SATOW et al., 2008). Esses compostos também estão distribuídos no meio ambiente a partir de fontes antropogênicas, e muitos apresentam toxicidade, causam mutações ao DNA, são carcinogênicos e/ou teratogênicos (HESHAM et al., 2009).

Os fungos fazem parte de um grupo extenso de microrganismos, considerados onipresentes, são capazes de sobreviver em diversos habitats, crescer em inúmeros substratos e desempenhar funções distintas (SHIGH, 2006). Dentre essas funções, a biorremediação vem ganhando destaque entre a comunidade científica.

Nos últimos anos um grupo de fungos dematiáceos ou melanizados vêm chamando atenção, principalmente pela capacidade de adaptar-se a ambientes inóspitos, com concentrações altas de hidrocarbonetos (PRENAFETA-BOLDÚ et al., 2001). Esses microrganismos são considerados patógenos primários em hospedeiros imunocompetentes, mas sua patogenicidade depende do nicho ecológico em que se encontra e da espécie ao qual pertencem (DE HOOG; VICENTE; GORBUSHINA, 2013). A bioprospecção de organismos selecionados de áreas contaminadas por hidrocarbonetos oferece uma estratégia importante, com a finalidade de obter potenciais agentes de biorremediação ambiental. Nesta revisão narrativa buscou-se avaliar dados sobre fungos melanizados em relação aos aspectos fisiológicos e potencial de degradação de compostos derivados de petróleo, os hidrocarbonetos do grupo BTX (benzeno, tolueno e xileno).

## 2. METODOLOGIA

Para revisão bibliográfica e avaliação foram utilizadas bases de dados do Portal de periódicos da Capes, incluindo Medline/Pubmed, Google Acadêmico, DOAJ. Também

foram visitados portais *on line* de empresas públicas ou privadas com informação relativa ao tema, objeto desta revisão. As principais palavras chaves em inglês ou português, para busca de trabalhos científicos, foram fungos melanizados (e) biorremediação ou biotecnologia (e) fungos ou hidrocarbonetos aromáticos, fungos (e) benzeno, tolueno ou xileno. Não houve delimitação de datas para extração e leitura dos artigos, sendo escolhidos conforme interesse nos dados apresentados relativos aos objetivos desta revisão bibliográfica narrativa de caráter didático.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1. FUNGOS MELANIZADOS

Fungos melanizados, como o próprio nome diz, são caracterizados pela presença da melanina na parede celular. Um dos primeiros fungos melanizados a serem descritos foi o *Sporothrix schenckii*, popularizando o termo "*sporotrichoid*", que por diversas vezes foi utilizado para descrever fungos semelhantes. Os termos mais utilizados são "*Phaeoid*", "Phaeo-sporotrichose" e "dematiácea" (PAPPAGIANIS; AJELLO, 1994; MARQUES, et al., 2006) e vem sendo alterados durante as últimas décadas. O termo comumente encontrado na literatura médica micológica se refere a fungos dematiáceos, no entanto este termo não tem sido totalmente aceito devido ao seu termo lexo do grego "deme" que significa "maço". Por ser mais específico, o termo melanizado tornou-se mais utilizado e adequado. Ainda assim, os termos "dematiáceos," "melanizados", "escuras", e "phaeoid" são utilizados como sinônimos para designar fungos que contém melanina (REVANKAR; SUTTON, 2010).

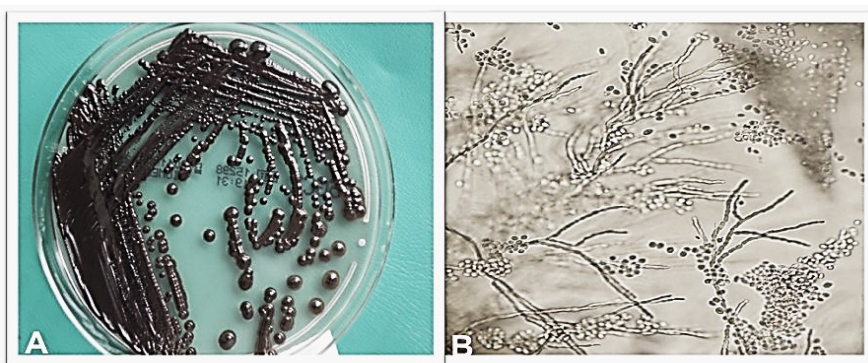
Os fungos melanizados têm coloração escura, nas cores preta, roxa, verde oliva e marrom escuro, podendo ser observados tanto microscopicamente quanto macroscopicamente (REVANKAR; SUTTON, 2010; KEJZAR et al., 2013). Dados sobre fungos melanizados têm despertado interesse cada vez mais, principalmente por habitarem também ambientes inóspitos. Esta característica se mostra de grande importância, principalmente para aplicações biotecnológicas.

A melanina é um biopolímero de elevado peso molecular, formado a partir da polimerização oxidativa de compostos fenólicos; como por exemplo: tirosina e ca tecol (YURLOVA; DE HOOG; FEDOROVA, 2008). A melanina protege contra a radiação UV,

temperaturas extremas, agentes oxidantes e, confere virulência ao fungo (YURLOVA; DE HOOG; FEDOROVA, 2008; KEJZAR et al., 2013). Outras qualidades atribuídas à melanina ainda aparecem na produção de bioplásticos, em células fotovoltaicas orgânicas e absorção de UV em lentes ópticas. Além de um papel na biorremediação (DESHMUKH, 2012). A melanina está presente em diversos organismos e estas biomoléculas podem apresentar-se com diversas estruturas, dependendo do organismo e do local que está sendo produzida (YURLOVA; DE HOOG; FEDOROVA, 2008).

Não há uma quantidade específica de melanina para que o fungo possa ser considerado dematiáceo (REVANKAR; SUTTON, 2010). Os fungos dematiáceos são considerados sapróbios, onipresentes, e em sua maior parte, encontrado no solo, mas diversos agentes etiológicos ocupam nichos ou micronichos específicos. O conhecimento da ecologia natural do fungo pode contribuir para a compreensão do potencial patológico (CALIGIORNE et al., 1999). Algumas espécies de fungos dematiáceos, tem capacidade de crescer em substratos extremos, com altas concentrações de xileno, tolueno, ou madeira tratada com creosoto (DÖĞEN; ILKIT; DE HOOG, 2013). As espécies do gênero *Exophiala* e afins são comumente chamadas de leveduras negras (Figura 1), devido a sua capacidade de produzir brotamento e células leveduriformes em algum momento do seu ciclo de vida, além de hifas e células escuras (CALIGIORNE et al., 1999; PRENAFETA-BOLDÚ; SUMMERBELL; DE HOOG, 2006).

Figura 1 – Levedura negra *Exophiala jeanselmei*



Legenda: A- *E. jeanselmei* em ágar *Sabouraud*; B- microscopia de *E. jeanselmei* evidenciando hifas escuras e muito ramificadas. As hifas terminam em cadeias coerentes de células conideógenas em forma de barril.

Fonte: Atlas Micologia (2011).

### 3.1.1. Leveduras negras

As leveduras negras incluem-se no Phylum Ascomycota, Ordem Chaetothyriales, Família Herpotrichiellaceae e Gênero *Exophiala*. No Phylum Basidiomycota, as leveduras negras estão presentes nos gêneros *Moniliella* e *Trichosporonoides*, com posição filogenética ainda não definida, mas conforme Rosa et al. (2009) os dois os gêneros são membros de um único Clado monofilético que seria mais bem representado por um único gênero anamórfico. A maioria das espécies de basidiomicetos tem importância industrial, mas pouca na área clínica (YURLOVA; DE HOOG; FEDOROVA, 2008). A separação filogenética entre os dois Phyla (Ascomycota, Basidiomycota) ocorreu há 400 milhões de anos, com a invasão das plantas na terra (GUARRO; GENÉ; STCHIGEL, 1999). Com o avanço das técnicas de biologia molecular, a identificação e o relacionamento filogenético de fungos passaram por mudanças e reagrupamentos. Isto tem minimizado inclusão/exclusão de grupos com base na classificação binominal geral pelo Código Internacional de Nomenclatura Botânica (ICBN) (GUARRO; GENÉ; STCHIGEL, 1999; TSUI et al., 2011).

Algumas leveduras negras apresentam patogenicidade oportunista, sendo causadoras da cromoblastomicose e feohifomicose, comumente conhecidas e estudadas por seu caráter patogênico, afetam principalmente indivíduos imunocompetentes. No entanto a grande maioria é de origem ambiental e não apresenta patogenicidade (MATOS et al., 2003; ZHAO et al., 2010). Outra característica desses organismos é manter relações simbióticas com algas e cianobactérias quando privados de nutrientes (DE HOOG; VICENTE; GORBUSHINA, 2013). Segundo Voglmayr et al. (2011) as leveduras negras podem também conviver em simbiose com organismos bastante diferenciados como formigas, oriundas da América do Sul, Sudeste da Ásia Central e África. Essas leveduras são ainda responsáveis pelo escurecimento de rochas e superfícies de esculturas, e na destruição de mármore e calcário (STERFLINGER; PRILLINGER, 2001). A fonte de carbono desses fungos pode ser proveniente de substâncias aromáticas transportadas com poeiras para superfícies rochosas (STERFLINGER; PRILLINGER, 2001).

A identificação preliminar de fungos melanizados está relacionado à sua morfologia macroscópica, que se distingue por meio da cor, da taxa de crescimento e

do desenvolvimento em meios específicos (REVANKAR; SUTTON, 2010). Como já dito, a característica mais marcante de fungos melanizados é a presença da melanina na parede celular que confere coloração negra, castanho escuro, verde oliva, roxa e até pigmento vermelho-vinho em ágar *Sabouraud* (DE HOOG et al., 1995; REVANKAR; SUTTON, 2010). As propriedades fisiológicas são caracterizadas principalmente pela tolerância à ciclohexemida, assimilação de nitrato, hidrólise da uréia e crescimento em diversas concentrações de sal. Identificadas ainda pela morfologia celular, fermentação e assimilação de fonte de carbono e fontes de nitrogênio (HESHAM et al., 2009).

Além da presença de melanina e de caroteno, as leveduras negras são caracterizadas pela formação de parede celular espessa, fase leveduriforme, formas adicionais de conidiogênese (morfologia microscópica é notada por meio de conídios), com termotolerância, osmotolerância, hidrofobicidade, produção de polissacarídeos extracelulares e sideróforos, bem como produção de metabólitos secundários ácidos ou alcalinos (DE HOOG et al., 2003). As leveduras negras apresentam pleomorfismo, ou seja, morfologia microscópica variável na mesma espécie fúngica, podendo apresentar as fases leveduriforme e, subsequentemente, a filamentosa. Contudo, apresentar ou não fase leveduriforme depende do nicho ecológico ao qual as linhagens estão inseridas (ZHAO et al., 2010; SEYEDMOUSAVI et al., 2014).

As leveduras negras mostram-se adaptadas a uma ampla gama de condições ambientais (DÖĞEN; ILKIT; DE HOOG, 2013). Contudo, demonstram notabilidade devido à presença em ambientes extremos, incomuns e tóxicos. As que pertencem, principalmente, à ordem *Chaetothyriales* são pouco isoladas de ambientes, principalmente por metodologias tradicionais (BADALI et al., 2008). No entanto, Vicente et al. (2008, 2011) descrevem técnicas seletivas laboratoriais que podem mostrar a presença dessa levedura em uma diversidade de nichos. Contudo, ainda existe uma dificuldade na obtenção de protocolos otimizados em temperatura, pH, meios nutricionais. Outra dificuldade de isolamento é devido à alta contaminação, estas aparecem normalmente antes dos fungos melanizados, que passa por vezes, despercebido (DE HOOG; VICENTE; GORBUSHINA, 2013).

Para isolamento de espécies com potencial de degradação de compostos tóxicos, mais recentemente, pesquisas tem aperfeiçoado métodos a partir do enriquecimento

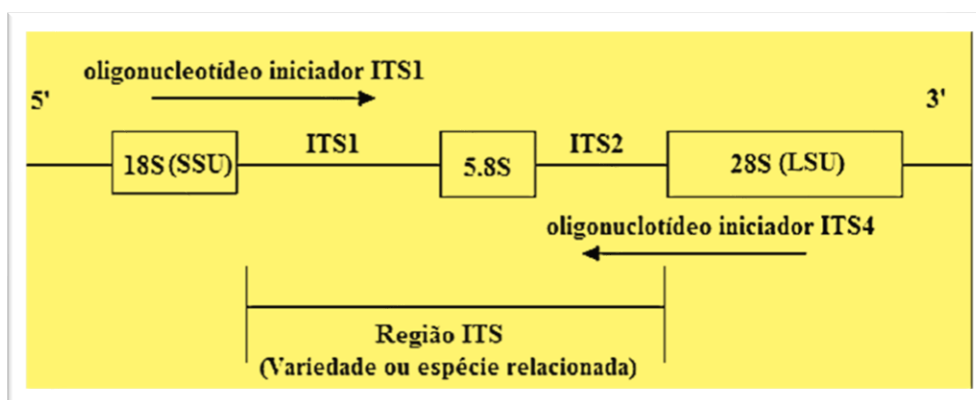
em hidrocarbonetos aromáticos, visando à inibição do crescimento de espécies microbianas cosmopolitas, com resultados positivos pelo aparecimento de fungos negros, além do mais, a miniaturização do método para fins de alto rendimento, reduziu o tempo, com menos etapas e processamento de múltiplas amostras (QUAN et al., 2019).

O isolamento e a identificação de fungos melanizados que degradam hidrocarbonetos é um processo um pouco mais laborioso e lento, e mais dados científicos sobre esses organismos ainda precisam ser obtidos. Devido a isso, a identificação genética é de grande importância, além de ser mais rápida e precisa (HESHAM et al., 2009). Conforme Badali et al. (2008) pesquisas em filogenia molecular possibilitam conhecer as leveduras negras e as atividades biológicas incomuns que elas apresentam.

### 3.1.2. Aspectos de análise filogenética de fungos melanizados

Segundo Taylor et al. (2000) a análise filogenética é determinada pela variação de características do ácido nucleico com a proximidade de suas espécies evolutivas. A região ITS (Internal Transcribed Spacer/Espaçador Interno Transcrito) é a unidade mais usada para identificação de espécies e sua filogenia. As regiões ITS1, 5.8S e ITS2 (Figura 2), fornecem facilidade de amplificação e variabilidade à nível de espécie (GOSTINČAR et al., 2010).

Figura 2 - Representação da região do DNA com Espaçador Interno Transcrito



Legenda: 18S e 28S RNAs ribossomais codificados pelo gene rDNA; região ITS= espaçador interno transcrito; oligonucleotídeo iniciador= fragmento curto de ácidos nucleicos.

Fonte: Embasado em Kasai et al. (2006).



A filogenia pode esclarecer o papel do microrganismo em uma determinada posição e sua função em uma comunidade. As comunidades são mais próximas filogeneticamente, essa característica permite a sobrevivência dos organismos em um mesmo habitat (MAHERALI; KLIRONOMOS, 2012). A caracterização molecular deve ser avaliada seguidamente às semelhanças fenotípicas. Essas características gênicas são dadas por meio do sequenciamento dos genes ribossomais em comparação a base de dados do *GenBank* ou bancos de dados privados (STERFLINGER; PRILLINGER, 2001; DE HOOG et al., 2006; REVANKAR; SUTTON, 2010). Podem ser ainda verificados além das regiões ITS, os domínios D1/D2,  $\beta$ -tubulina, actina, calmodulina, superóxido dismutase de manganês, subunidade ATPase 6 e quitina-sintase (ZENG, 2007; SEYEDMOUSAVI et al., 2014). Como auxílio na identificação molecular e filogenética, as análises de reação em cadeia da polimerase (PCR) são de grande importância, pois o uso de oligonucleotídeos específicos aumentam a sensibilidade da reação. Possibilitando também a comparação com os bancos de dados e posterior classificação filogenética (FUNGARO, 2000).

O sequenciamento da região ITS do DNAr (ácido desoxirribonucleico ribossomal) tem sido amplamente utilizado em estudos de diversidade e filogenia de fungos (CALIRGIONE et al., 2005; VOGLMAYR et al., 2011; FIGEL et al., 2013). ZENG (2007) por exemplo, apresenta dados referentes à confiabilidade da amplificação da região ITS para identificação de espécies de *Exophiala*, sem necessidade da amplificação de outras regiões. Também, Caligiorne et al. (2005) descrevem a eficiência das regiões ITS para a identificação de espécies de leveduras negras e a formação da árvore filogenética, desde que pertençam a um mesmo Clado. Afirmam ainda que o sequenciamento de genes do DNAr é indispensável para o reconhecimento de espécies de leveduras negras causadoras de doenças humanas. Isto porque várias espécies possuem polimorfismos intraespecíficos no domínio ITS, reconhecendo diferentes variantes de virulência. Para avaliar a proximidade filogenética de fungos é utilizado um cálculo de distância média filogenética taxon (MNTD- mean nearest phylogenetic taxon distance), quanto menor o MNTD, mais próximos são filogeneticamente (VAMOSI, et al., 2009).

Estudo realizado por De Hoog et al. (2013), com novas espécies de leveduras negras, indicou que uma grande parte das amostras analisadas oriundas de fontes

ambientais fazem parte de um Clado com potencial oportunista. Estas linhagens clínicas podem possuir a mesma constituição genética que seus homólogos ambientais de mesma espécie. Alguns fungos são bem próximos filogeneticamente, mas possuem grande diferença na atividade biológica (BADALI, 2008; BLASI et al., 2016). Por exemplo, linhagens de *Cladophialophora psammophila* foram isoladas de solo poluído e demonstrou crescimento em tolueno, enquanto *C. bantiana* é um patógeno humano responsável pela encefalite fatal. Conforme

No Brasil, fungos melanizados, isolados de madeira tratada com creosoto e de ambientes poluídos por hidrocarbonetos, foram identificados por meio de análise molecular realizada com DNAr. Foram usados os oligonucleotídeos V9G e LS266 para a amplificação e para sequenciamento os iniciadores ITS1 e ITS4, mostrando que pertenciam à mesma ordem de agentes etiológicos conhecidos; mas as espécies ainda não eram descritas pela literatura (VICENTE et al., 2008). Esses autores relatam ainda que é possível distinguir as categorias de organismos oportunistas, indicando diferenças na patogenicidade e virulência por intermédio de técnicas moleculares (VICENTE et al., 2008). Voglmayr et al. (2011) utilizaram a análise molecular para verificar a diversidade de fungos melanizados simbiotes a formigas, por meio das regiões ITS1-5,8S-ITS2, com iniciadores V9G, e outras análises complementares. O estudo demonstrou a importância das relações ecológicas que ocorrem em habitats pouco conhecidos.

### 3.2. DEGRADAÇÃO DE HIDROCARBONETOS POR FUNGOS MELANIZADOS


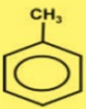
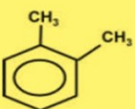
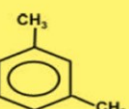

Os hidrocarbonetos são compostos formados por carbono e hidrogênio, encontrado no ambiente e originados a partir de processos biogênicos e geológicos (ATLAS, 1981). Esses compostos podem apresentar diversas composições e formas estruturais, sendo simples como alcanos, até formas mais complexas como hidrocarbonetos policíclicos aromáticos- PHAs (SILVA et al., 2004). Os hidrocarbonetos aromáticos podem apresentar-se como sólidos incolores, branco, amarelo pálido, sendo que o aumento do peso molecular dos hidrocarbonetos diminui a solubilização em água, portanto, a fração mais leve é também a mais solúvel (PRENAFETA-BOLDÚ; SUMMERBELL; DE HOOG, 2006). Em geral os hidrocarbonetos aromáticos são considerados tóxicos, mutagênicos e carcinogênicos (CHEN; LIAO, 2006). Eles são

importantes contaminantes de solos, originando-se a partir de incêndios florestais, de petróleo e exsudatos de árvores, queima de combustíveis fósseis, alcatrão de carvão, madeira, óleo usado, filtros de óleo lubrificante e indústrias químicas; principalmente em fábricas produtoras de estireno, onde as contenções realizadas não são adequadas (FERNANDES et al., 2002; HARITASH; KAUSHIK, 2009).

Os hidrocarbonetos aromáticos de origem petrolífera de maior importância ambiental compõem um grupo chamado BTX, formado por benzeno, tolueno e os isômeros de xileno (Figura 3) (MUKHERJEE; BORDOLOI, 2012).

Os compostos orgânicos monoaromáticos possuem frações solúveis em água, o que provoca grande impacto ambiental marinho, além de alta volatilidade, gerando um índice elevado destes compostos na atmosfera (EL-NASS; ACIO; EL TELIB, 2014; FERRARI-LIMA et al., 2015).

Figura 3 – Propriedades físico-químicas de hidrocarbonetos monoaromáticos BTX

Nomenclatura	Benzeno	Tolueno	o-Xileno	m-Xileno	p-Xileno
Fórmula Molecular	$C_6H_6$	$C_7H_8$	$C_8H_{10}$	$C_8H_{10}$	$C_8H_{10}$
Fórmula Estrutural					
Peso Molecular <sup>1</sup>	78,11	92,13	106,16	106,16	106,16
Densidade <sup>2</sup>	0,87	0,87	0,88	0,87	0,86
Solubilidade <sup>3</sup>	1,791	0,535	0,175	0,146	0,156

Legenda: 1- Peso molecular (g.mol<sup>-1</sup>); 2- densidade (g.cm<sup>-3</sup>); 3 -Solubilidade (mg.L<sup>-1</sup>).

Fonte: Adaptada de El-Nass, Acio e El Telib (2014).

Conforme Haritash e Kaushik (2009) citam que bactérias, fungos ou algas como microrganismos que apresentem potencial de degradação de hidrocarbonetos. Lima, Oliveira e Cruz (2011) também reforçam que os fungos são eficientes na degradação de frações de compostos saturados e aromáticos e que o uso destes em áreas de atividades petrolíferas é uma alternativa bastante promissora para biorremediação. Para que ocorra a biodegradação de hidrocarbonetos alguns fatores são relevantes tanto para fungos quanto para bactérias, como pH, temperatura, disponibilidade de oxigênio e de nutrientes, estrutura química do composto a ser degradado, entre outros (HARITASH; KAUSHIK, 2009). El Nass, Acio e El Telib (2014) verificaram que o crescimento celular de bactérias/fungos na presença de BTX é aumentado em uma faixa de temperatura de 7-

33°C e o pH em uma faixa entre 6,5 e 8, estes valores são dependentes do microrganismo responsável pela degradação desses hidrocarbonetos.

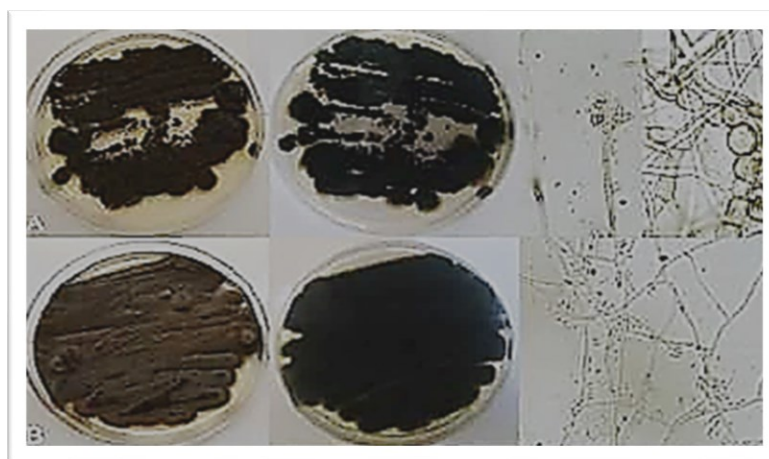
Conforme Prenafeta-Boldú, Summerbell e De Hoog (2006), os fungos são envolvidos na degradação de hidrocarbonetos de formas distintas, sendo elas: a reação de transformação parcial, a degradação total na presença de um segundo substrato compatível e, também por meio da utilização de hidrocarbonetos como a única fonte de carbono disponível. Porém a forma mais eficiente de degradação é por meio da assimilação direta de hidrocarboneto como única fonte de carbono e energia.

Fungos do gênero *Exophiala* são conhecidos como degradadores de diversas classes de xenobióticos orgânicos, assimilando grande variedade de compostos aromáticos e hidrocarbonetos (ISOLA et al., 2013). Cox et al. (1993) utilizaram a levedura negra *Exophiala jeanselmei* em um biofiltro para tratamento de atmosfera contendo estireno, pelo fato de a levedura crescer na presença de hidrocarbonetos aromáticos. Os autores também verificaram que fungos com capacidade de assimilar estireno se mostram adaptáveis a condições adversas, principalmente se comparados a bactérias.

Outros autores já evidenciaram a capacidade de linhagens de *Exophiala* e *Cladosporium* de metabolizar compostos aromáticos (PRENAFETA-BOLDÚ et al., 2001; POTIN; VEIGNIE; RAFIN, 2004; ZHAO et al., 2010). Conforme Nikolova e Nenov (2005) em estudo sobre degradação de BTEX por *Cladosporium* sp. e *Cladophialophora* sp., verificou-se que estes microrganismos foram capazes de degradar, total ou parcialmente, etilbenzeno, tolueno e os isômeros de tolueno, no entanto nenhuma linhagem foi capaz de degradar o benzeno. Ameen et al. (2016) isolaram de manguezais do Mar vermelho, na Arábia Saudita, fungos com capacidade de degradar óleo diesel. Obtiveram, dentre outros, linhagens dos gêneros *Exophiala* e *Cladosporium*. Este, apresentou valor de massa seca, em presença de óleo diesel, superior ao de *Exophiala*. Zhao et al. (2010) isolaram 66 linhagens de leveduras negras a partir de solo rico em guano, madeira tratada com creosoto e de bagas de frutas silvestres, submetem as amostras à atmosfera gasosa de hidrocarbonetos (benzeno, tolueno, xileno e naftaleno). Eles consideraram o crescimento de leveduras negras sob estas condições, como assimiladoras de hidrocarbonetos. E ainda, a levedura *E. dermatitidis*, raramente é isolada de fontes ambientais, no entanto, quando isoladas dessas fontes,

frequentemente aparece associada a locais poluídos, tal qual foi isolada de madeira poluída por creosoto e óleo de origem petrolífera. Estudo realizado por Megiolaro (2016) foram isoladas linhagens de *Exophiala* sp. e *Cladosporium* sp. (Figura 3), o qual evidenciou a habilidade de sobrevivência e crescimento em condições adversas de temperatura, salinidade e pH, além da capacidade de emulsificar e degradar hidrocarbonetos BTX. No México, Ide-Pérez et al. (2020), isolaram linhagens de *Exophiala* sp. e *Rhodotorula* sp. de área poluída por petróleo. Essas novas linhagens, identificadas por marcadores morfológicos e moleculares, foram capazes de crescer em uma ampla faixa de meios de pH, de 4 a 12, mostrando seu crescimento ideal em pH alcalino, além do mais, ambas são halotolerantes. *Rhodotorula* foi capaz de remover compostos aromáticos com anéis únicos (benzeno, xileno e tolueno), mas não conseguiu remover benzo[a]pireno nem fenantreno (três anéis de benzeno). Enquanto *Exophiala* teve fraca ação na remoção de tolueno e xileno. No entanto, foi constatado que as linhagens cresceram em meio contendo aqueles poluentes mesmo quando não foram capazes de degradá-los. Isto reforça sobre a utilização de hidrocarbonetos em meio de enriquecimento para isolamento de fungos melanizados, conforme já descrito anteriormente (QUAN et al., 2019).

Figura 3 - Macroscopia e microscopia de linhagens de *Cladosporium* sp. e *Exophiala* sp., cultivados em placas em ágar extrato de malte 2%



Legenda: primeira coluna: crescimento micelial visualizado na parte frontal da placa de ágar; segunda coluna: visualização do verso da placa de ágar; terceira coluna: visualização por microscopia óptica (Bioval, Brasil) respectivas aos grupos: A - 40x, 100x; B- 40x. Grupo A: *Cladosporium* sp.; Grupo B: *Exophiala* sp.

Fonte: Megiolaro (2016).

Uma linhagem polimórfica de *Exophiala dermatitidis*, EXF-10123, descrita por Lavrin et al. (2020) foi capaz de assimilar hidrocarbonetos aromáticos (tolueno, óleo mineral, n-hexadecano). A linhagem também apresentou crescimento em meio contendo os neurotransmissores acetilcolina, ácido gama-aminobutírico-GABA, glicina, glutamato, e dopamina, como únicas fontes de carbono. Isso evidencia a complexidade metabólica desses organismos e a capacidade de se estabelecer em substratos diversos.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os fungos são ubiqüitários por natureza. Adaptam-se aos mais diversos e inóspitos ambientes. Fungos melanizados apresentam características especiais, não só morfológicas, mas também fisiológicas, como a presença de melanina. A bioprospecção de microrganismos com potencial para a biorremediação ambiental permite avaliar melhor as características morfofisiológicas, genéticas e filogenéticas dos organismos, além de aspectos ecológicos e de adaptação a ambientes diversos. Isso contribui para a definição de grupos de microrganismos que podem ser utilizados na remoção de poluentes específicos em determinados ambientes. Os estudos indicam que espécies de fungos melanizados têm representantes com grande potencial para remoção de poluentes, principalmente no que diz respeito a áreas poluídas por hidrocarbonetos.

Mesmo linhagens de fungos que tem potencial patogênico podem ser úteis no entendimento do papel que esses microrganismos desempenham em nichos específicos. Em adição, o desenvolvimento de linhagens contendo genes que codificam para a produção de enzimas capazes de degradar poluentes específicos, pode somar-se a ações para minimizar etapas e otimizar resultados.

#### REFERÊNCIAS

- AMEEN, F.; MOSLEM M.; HADI, S.; AL-SABRI, A. E. Biodegradation of diesel fuel hydrocarbons by mangrove fungi from Red Sea Coast of Saudi Arabia. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. 23, n. 2, p. 211–218, 2016.
- ATLAS MICOLOGIA. Serviço de Patologia Clínica do Centro Hospitalar e Universitário de Coimbra. Blog Atlas de Micologia (Rui Tomé & Gilberto Marques), 2011. Disponível em: <https://atlasmicologia.blogspot.com/search?q=exophiala>. Acesso em: 10 out 2023.



- ATLAS, R. M. Microbial degradation of petroleum hydrocarbons: an environmental perspective. **Microbiol Rev.** v. 45, n. 1, p. 180-209, 1981.
- BADALI, H.; GUEIDAN, C.; NAJAFZADEH, M.J.; BONIFAZ, A.; VAN DEN ENDE, A.H.G. GERRITS; DE HOOG, G.S. Biodiversity of the genus *Cladophialophora*. **Studies in Mycology**, v. 61, n.1 p. 175–191, 2008. doi: 10.3114/sim.2008.61.18.
- BADALI, H.; PRENAFETA-BOLDU, F.X.; GUARRO, J.; KLAASSEN, C.H.; MEIS, J.F.; DE HOOG, G.S. *Cladophialophora psammophila*, a novel species of Chaetothyriales with a potential use in the bioremediation of volatile aromatic hydrocarbons. **Fungal Biol.** 2011 v.115, n.10, p.1019-29. doi: 10.1016/j.funbio.2011.04.005.
- BLASI, B.; POYNTNER, C.; RUDAVSKY, T.; PRENAFETABOLDÚ, F.X.; DE HOOG, S.; HAKIM TAFER, H.; STERFLINGER, K. Pathogenic Yet Environmentally Friendly? Black Fungal Candidates for Bioremediation of Pollutants. **Geomicrobiology journal**, v. 33, n. 3-4, p.308–317, 2016. doi: 10.1080/01490451.2015.1052118.
- CALIGIORNE, R. B.; RESENDE, M.A.; OLIVEIRA, R.C.B.W.; VALÉRIO, H.M.; CORDEIRO, R.A.; AZEVEDO, V. Fungos Dematiáceos. **Biotecnologia, Ciência & Desenvolvimento**, n.11, p. 4,1999.
- CALIGIORNE, R. B.; LICINIO, P.; DUPONT, J.; DE HOOG, S. Internal transcribed spacer rRNA gene-based phylogenetic reconstruction using algorithms with local and global sequence alignment for black yeasts and their relatives. **J Clin Microbiol**, v. 43, n. 6, p. 2816–2823, 2005. doi: 10.1128/JCM.43.6.2816-2823.2005.
- CHEN, S-C.; LIAO, C-M. Health risk assessment on human exposed to environmental polycyclic aromatic hydrocarbons pollution sources. **Science of The Total Environment.** v.366,2006. doi:10.1016/j.scitotenv.2005.08.047.
- COX, H.H.J. Enrichment of Fungi and Degradation of Styrene in Biofilters. **Biotechnology Letters.** vol 15. nº 7. 1993. Doi:10.1007/BF01080148.
- DE HOOG, G.S.; GUARRO, J. **Atlas of Clinical Fungi.** *Centraalbureau voor Schimmelcultures. Universitat Rovira i Virgili.* p.158-172,1995.
- DE HOOG, G.S.; VICENTE, V.; CALIGIORNE, R.B.; KANTARCIOGLU, S.; TINTELNOT, K.; GERRITS VAN DEN ENDE, A.H.; HAASE, G. Species diversity and polymorphism in the *exophiala spinifera* clade containing opportunistic black yeast-like fungi. **J Clin Microbiol**, v.41, n. 10, p. 4767-4778, 2003. doi: 10.1128/jcm.41.10.4767-4778.
- DE HOOG, G.S.; ATTILI-ANGELIS, D.; VICENTE, V.A.; GERRITS VAN DEN ENDE, A.H.; QUEIROZ-TELLES, F. Molecular ecology and pathogenic potential of *Fonsecaea* species. **Medical Mycology**, v. 42. 2004. doi: 10.1080/13693780410001661464.



- DE HOOG, G.S.; ZENG, J.S.; HARRAK, M.J.; SUTTON, D.A. *Exophiala xenobiotica* sp. nov., an opportunistic black yeast inhabiting environments rich in hydrocarbons. **Int J Gen Mol Microbiol**, v. 90, n. 3, p. 257–268, 2006. doi:10.1007/s10482-006-9080-z.
- DE HOOG, S. G; VICENTE, V. A.; GORBUSHINA, A. The bright future of darkness – the rising Power of Black fungi: Black yeasts, microcolonial fungi, and their relatives. **Mycopathologia**. v.175, p.365-368, 2013. doi: 10.1007/s11046-013-9666-8.
- DESHMUKH, K.R. Isolation, Characterization of Melanin Producing Organism and Etraction of Melanin. **International Journal of Scientific & Engineeing Research**, v.3. 2012.
- DÖĞEN, A.; ILKIT, M.; DE HOOG, G. S. Black yeast habitat choices and species spectrum onhighaltitude creosote-treated railway ties. **Fungal Biology**, v. 117, n. 10, p. 692–696, 2013. doi:10.1016/j.funbio.2013.07.006
- EL-NAAS, M.H. ACIO, J.A. EL TELIB, A.E. Aerobic biodegradation of BTEX: Progresses and Prospects. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v.2, 2014. doi:10.1016/j.jece.2014.04.009.
- FERNANDES, M.B.; BRICKUS, L.S.R.; MOREIRA, J.C.; CARDOSO, J.N. Atmospheric BTX and polyaromatic hydrocarbons in Rio de Janeiro, Brazil. **Chemosphere**, v 47, 2002.
- FERRARI-LIMA, A.M. SOUZA, R.P.; MENDES, S.S.; MARQUES, R.G.; GIMENES, M.L.; FERNANDES-MACHADO, N.R.C. Photodegradation of benzene, toluene and xylenes under visible light applyng N-doped mixed TiO<sub>2</sub> and ZnO catalysts. **Catalysis Today**, v. 241, 2015.
- FIGEL, I.C.; MARANGONI, P.R.D.; TRALAMAZZA, S.M.; VICENTE, V.A.; DALZOTO,P.R.; NASCIMENTO, M.M.F.; DE HOOG, G.S.; PIMENTEL, IC. Black Yests-like Fungi Isolated from Dialysis Water in Homdialysis Units. **Mycopathology**. 2013. doi 10.1007/s11046-013-9633-4.
- FUNGARO, P. PCR na Micologia. **Biocologia Ciência & Desenvolvimento**, ano 3, n.14. p. 12-16, 2000.
- GOSTINČAR, C.; MARTIN GRUBE, M.; DE HOOG, S.; ZALAR, P.; GUNDE-CIMERMAN, N.Extremotolerance in fungi: Evolution on the edge. **FEMS Microbiology Ecology**, v. 71, n. 1, p. 2–11, 2010. doi: 10.1111/j.1574-6941.2009.00794.x.
- GUARRO, J.; GENE, J.; STCHIGEL, A.M. Development of Fungal Taxonomy. **Clin Microbiol Rev**, v.12, p. 454-500, 1999.

- HARITASH, A.K.; KAUSHIK, C.P. Biodegradation aspects of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs): A review. **Journal of Hazardous Materials**, v.169, n 1-3. 2009. doi:10.1016/j.jhazmat.2009.03.137.
- HESHAM, A. E.; ALAMRI, S.A.; KHAN, S.; MAHMOUD, M.E.; MAHAMOUD, H.M. Isolation and molecular genetic characterization of a yeast strain able to degrade petroleum polycyclic aromatic hydrocarbons. **African Journal of Biotechnology**, v. 8, n. 10, p. 2218–2223, 2009.
- IDE-PÉREZ, M.R.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, M.G.; SÁNCHEZ-REYES, A.; LEIJA, A.; BATISTA-GARCÍA, R.A.; FOLCH-MALLOL, J.L.; SÁNCHEZ-CARBENTE, M.D.R. Aromatic Hydrocarbon Removal by Novel Extremotolerant *Exophiala* and *Rhodotorula* Spp. from an Oil Polluted Site in Mexico. **J Fungi**, v. 1, n.6, p.135. doi: 10.3390/jof6030135. PMID: 32823980.
- ISOLA, D.; SELBMANN, L.; DE HOOG, G.S.; FENICE, M.; ONOFRI, S.; PRENAFETA-BOLDÚ, F.X.; ZUCCON, L. Isolation and Screening of Black Fungi as Degradors of Volatile Aromatic Hydrocarbons. **Mycopathologia**, v. 175, n. 5-6, p.369–379, 2013.
- KASAI, M.; KASAI, M.; FRANCESCONI, A.; PETRAITIENE, R.; PETRAITIS, V.; KELAHER, A.M.; KIM, H.S. Use of Quantitative Real-Time PCR To Study the Kinetics of Extracellular DNA Released from *Candida albicans*, with Implications for Diagnosis of Invasive Candidiasis. **J Clin Microbiol**, v. 44, 2006. doi: 10.1128/JCM.44.1.143-150.2006.
- KEJZAR, A.; GOBEC, S.; PLEMENITAŠ, A.; LENASSI, M. Melanin is crucial for growth of the Black yeast *Hortaea werneckii* in its natural hypersaline environment. **Fungal Biology**, v. 177, n4. p. 368-379, 2013. doi:10.1016/j.funbio.2013.03.00669.
- LAVRIN, T.; KONTE T.; KOSTANJŠEK, R.; SITAR, S.; SEPČIČ K.; PRPAR MIHEVC, S. et al. The Neurotropic Black Yeast *Exophiala dermatitidis* Induces Neurocytotoxicity in Neuroblastoma Cells and Progressive Cell Death. **Cells**. 2020 14;9(4):963. doi: 10.3390/cells9040963.
- LIMA, D.F.; OLIVEIRA, O.M.C.; CRUZ, M.J.M. Utilização Dos Fungos Na Biorremediação De Substratos Contaminados Por Petróleo: Estado Da Arte, **Cadernos de Geociências**, v.8, n 2, p. 113–121, 2011.
- MAHERALI, H.; KLIRONOMOS, J. N. Phylogenetic and trait-based assembly of arbuscular mycorrhizal fungal communities. **PLoS ONE**, v.7, n.5, 2012. doi:10.1371/journal.pone.0036695.
- MARQUES,S.G.; SILVA,C.M.P SALDANHA,P.C.;REZENDE, M.A.; VICENTE,V.A.; QUEIROZ-TELLES,F.;COSTA, J.M.L. Isolation of *Fonsecaea pedrosoi* from the shell of the babassu coconut (*Orbignya phalerata* Martius) in the Amazon Region of

- Maranhão Brazil. **Japanese Journal of Medical Mycology**, v. 47, n. 4, p. 305–311, 2006.
- MATOS, T.; HAASE, G.; GERRITS VAN DEN ENDE, H.A.G.; DE HOOG, G.S. Molecular diversity of oligotrophic and neurotrophic members of the black yeast genus *Exophiala*, with accent on *E. dermatitidis*. **Antonie van Leeuwenhoek**, V. 83, p. 293–303, 2003.
- MEGIOLARO, F. **Potencial biotecnológico de fungos melanizados na degradação e assimilação de hidrocarbonetos**. 2016. 76f. Dissertação (Programa de Mestrado em Ciência e Biotecnologia) Universidade do Oeste de Santa Catarina. 76f.
- MUKHERJEE, A.K. BORDOLOI, N.K. Biodegradation of benzene, toluene, and xylene (BTX) in liquid culture and in soil by *Bacillus subtilis* and *Pseudomonas aeruginosa* strains and a formulated bacterial consortium. **Environmental Science and Pollution Research**, v 19, 2012. doi: 10.1007/s11356-012-0862-8
- NIKOLOVA, N. NENOV, V. BTEX degradation by fungi. **Water Science Technology**, v.51, 2005.
- PAPPAGIANIS, D.; AJELLO, L. Dematiaceous – a mycologic misnomer? **Journal Medicine Veterinary Mycology**, v.32, n 4, 1994. doi: 10.1080/02681219480000401
- PETROBRÁS. Petrobras sobre produção de petróleo em abril. Disponível em: <https://api.mziq.com/mzfilemanager/v2/d/25fdf098-34f5-4608-b7fa17d60b2de47d/763a0b88-4e0a-21d7-2206-641294976ca6?origin=2>. Acesso em: 2 set. 2022.
- POTIN, O. VEIGNIE, E. RAFIN, C. Biodegradation of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) by *Cladosporium sphaerospermum* isolated from an aged PAH contaminated soil. **Federation of European Microbiological Societies Microbiology Ecology**, v. 51, 2004. doi: 10.1016/j.femsec.2004.07.013 71-78.
- PRENAFETA-BOLDÚ, F. X.; SUMMERBELL, R.; SYBREN DE HOOG, G. Fungi growing on aromatic hydrocarbons: Biotechnology's unexpected encounter with biohazard? **FEMS Microbiology Reviews**, n.30, 2006. doi: 10.1111/j.1574-6976.2005.00007.x 109-130.
- PRENAFETA-BOLDÚ, F.; KUHN, A.; LUYKX, D.; ANKE, H.; Van GROENESTIJN, J.; De BONT, J. Isolation and characterisation of fungi growing on volatile aromatic hydrocarbons as their sole carbon and energy source. **Mycological Research**, v. 105, n. 4, p. 477-484, 2001. doi: 10.1017/S0953756201003719.
- QUAN, Y.; VAN DEN ENDE, B.G.; SHI, D.; PRENAFETA-BOLDU, F.X.; LIU, Z.; AL-HATMI, A.M.S.; et al. **Mycopathologia**, v. 184, p.653–660, 2019. doi: <https://doi.org/10.1007/s11046-019-00382-3>.

- REVANKAR, S.G.; SUTTON, D.A. Melanized Fungi in Human Disease. **American Society Microbiology**, v. 23, n 4, 2010. doi: 10.1128/CMR.00019-10.
- ROSA, C. A.; JINDAMORAKOT, S.; LIMTONG, S.; NAKASE, T.; LACHANCE, M.A; FIDALGO-JIMENEZ, A.; et al. Synonymy of the yeast genera *Moniliella* and *Trichosporonoides* and proposal of *Moniliella fonsecae* sp nov and five new species combinations. **International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology**, v. 59, p. 425-429, 2009.
- SATOW, M.M.; ATTILI-ANGELIS, D.; DE HOOG, G.S.; ANGELIS, D.F.; VICENTE, V.A. Selective factors involved in oil flotation isolation of black yeasts from the environment. **Studies in mycology**, v. 61, p. 157–63, 2008. doi:10.3114/sim.2008.61.16.
- SEYEDMOUSAVI, S.; NETEA, M.G.; MOUTON, J.W.; MELCHERS, W.J.; VERWEIJ, P.E.; DE HOOG, G.S. Black yeasts and their filamentous relatives: Principles of pathogenesis and host defense. **Clin Microbiol Rev**, v. 27, n. 3, p. 527–542, 2014. doi: 10.1128/CMR.00093-13.
- SHIGH, H. *Mycoremediation: Fungal Bioremediation*. John Wiley & Sons, Inc., New Jersey. United Sates of America. 2006.
- SILVA, C. M. M. de S.; MELO, I. S. de; OLIVEIRA, P. R. Produção de Enzimas Ligninolíticas por Fungos Isolados de Solos sob Cultivo de Arroz Irrigado. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento** – Embrapa, n 18, 2004.
- STERFLINGER. K.; PRILLINGER, H. Molecular taxonomy and biodiversity of rock fungal communities in an urban environment (Vienna, Austria). **Antonie van Leeuwenhoek.**, v. 80, p.275–286, 2001. doi:10.1023/A:1013060308809.
- TAYLOR, J.W.; JACOBSON, D.J.; KROKEN, S.; KASUGA, T.; GEISER, D.M.; HIBBETT, D.S.; FISHER, M.S. Phylogenetic Species Recognition and Species Concepts in Fungi. **Fungal Genetics and Biology**, v.31. n 1, 2000. doi:10.1006/fgbi.2000.1228.
- TSUI, C.K.M.; WOODHALL, J.; CHEN, W.; LÉVESQUE, C.A.; LAU, A.; SCHOEN, C.D.; BASCHIEN, C.; NAJAFZADEH, M.F.; DE HOOG. G.S. Molecular techniques for pathogen identification and fungus detection in the environment. **IMA Fungus**, v. 2, n. 2, p. 177–189, 2011. doi: 10.5598/imafungus.2011.02.02.09.
- UNEP-Industry and Environment. **Environmental management in oil and gas exploration and production**. 1997. Disponível em: <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/8275/-Environmental%20Management%20in%20Oil%20%26%20Gas%20Exploration%20%26%20Production-19972123.pdf?sequence=2%26isAllowed=y>. Acesso em: 2 set.2023.

- VAMOSI, S.M.; HEARD, S.B.; VAMOSI, J.C.; WEBB, C.O. Emerging patterns in the comparative analysis of phylogenetic community structure. **Molecular ecology**, v. 18, n. 4, p. 572–92, 2009.
- VICENTE, V.A.; ATTILI-ANGELIS, D.; PIE, M.R.; QUEIROZ-TELLES, F.; CRUZ, L.M.; NAJAFZADEH, M.J.; DE HOOG, G.S.; ZHAO, J.; PIZZIRANI-KLEINER, A. Environmental isolation of black yeast-like fungi involved in human infection. **Studies in Mycology**, v. 61, p. 137–144, 2008. doi:10.3114/sim.2008.61.14.
- VICENTE, V.A.; NAJAFZADEH, M.J.; SUN, J.; TELLES, F.Q.; PEDROZO, C.; MARQUES, S.; ATTILI-ANGELIS, D.; DE HOOG, G.S. Environmental isolation of black yeast fungi involved in human infection. In: **Anais do Fourth meeting of the ISHAM working groups on Black Yeasts and chromoblastomycosis, "Hidden Danger, Bright Promise"**. UFPR, Curitiba, Brazil. 4 dez.2011.
- VOGLMAYR, H.; MAYER, V.; MASCHWIT, Z. U.; MOOG, J.; DJIETO-LORDON, C.; BLATRIX, R. The diversity of ant-associated black yeasts: Insights into a newly discovered world of symbiotic interactions. **Fungal Biology**, v. 115, n. 10, p. 1077–1091, 2011. doi: 10.1016/j.funbio.2010.11.006
- YURLOVA, N. A.; HOOG, G. S. DE; FEDOROVA, L. G. The influence of ortho- and para-diphenoxidase substrates on pigment formation in black yeast-like fungi. **Stud Mycol.** v.61, p.39-49, 2008. doi: <https://doi.org/10.3114/sim.2008.61.03>.
- ZENG, J.S. **Developing Species Recognition and Diagnostics of Rare Opportunistic Fungi**. 2007. Tese. Universidade de Amsterdam, Amsterdam and Centraalbureau voor Schimmelcultuur, Utrecht, p. 85-106, 2007.
- ZHAO, J.; ZENG J.; DE HOOG, G.S.; ATTILI-ANGELIS, D.; PRENAFETA-BOLDÚ, F.X. Isolation and identification of black yeasts by enrichment on atmospheres of monoaromatic hydrocarbons. **Microb Ecol.** 2010 v.60, n. p.149-56. doi: 10.1007/s00248-010-9651-4.

## CAPÍTULO XXV

METODOLOGIAS ATIVAS NO ENSINO DE ECOLOGIA  
APLICADA AO BIOMA CAATINGAACTIVE METHODOLOGY IN TEACHING ECOLOGY APPLIED  
AT CAATINGA BIOME

DOI: 10.51859/AMPLLA.MAC3468-25

Jéssica Figuera Oliveira <sup>1</sup>Bruno Oliveira Cardoso <sup>2</sup>Paulo Vinicius Senna Figueiredo <sup>3</sup>João Antônio Assis de Santana Batista <sup>4</sup>Maria Dolores Ribeiro Orge <sup>5</sup>

<sup>1</sup> Mestranda em Modelagem e Simulação de Biosistemas. Programa de Pós-Graduação em Modelagem e Simulação de Biosistemas– UNEB

<sup>2</sup> Mestrando em Modelagem e Simulação de Biosistemas. Programa de Pós-Graduação em Modelagem e Simulação de Biosistemas– UNEB

<sup>3</sup> Mestrando em Modelagem e Simulação de Biosistemas. Programa de Pós-Graduação em Modelagem e Simulação de Biosistemas– UNEB

<sup>4</sup> Graduando do curso de Bacharelado em Sistema da Informação. Universidade do Estado da Bahia – UNEB

<sup>5</sup> Professora Titular do Departamento de Ciências Exatas e da Terra (DCET). Universidade do Estado da Bahia – UNEB

## RESUMO

A Caatinga é considerada como o terceiro bioma mais degradado do Brasil. Esse desgaste é proveniente da ação antrópica. Vale ressaltar que 80% da vegetação da Caatinga foi completamente alterada devido a extirpação e à agropecuária. O objetivo deste trabalho versa em elucidar uma sequência didática sobre a importância da valorização da biodiversidade da Caatinga com base no conhecimento das interações ecológicas e dos serviços ecossistêmicos fornecidos. A metodologia da presente pesquisa foi consumada tendo como perspectiva a temática sequência didática. Neste sentido, este trabalho se caracteriza em um estudo de alcance descritivo e com abordagem qualitativa. A estratégia de sequência didática apresentada oferece uma abordagem valiosa para explorar os conceitos relacionados às interações ecológicas na Caatinga e aos serviços ecossistêmicos. Para concluir, pode se afirmar que, o uso do recurso lúdico Wordwall é altamente interessante para a fase final da sequência didática, especialmente

durante a avaliação dos conhecimentos adquiridos no processo de realização da metodologia de seminários.

**Palavras-chave:** Gamificação. Wordwall. Estratégia Pedagógica

## ABSTRACT

The Caatinga is considered the third most degraded biome in Brazil. This detrition comes from anthropic action. It is worth mentioning that 80% of the Caatinga vegetation was completely altered due to extirpation and agriculture. The objective of this work is to elucidate a didactic sequence on the importance of valuing the biodiversity of the Caatinga based on knowledge of ecological interactions and the ecosystem services provided. The methodology of this research was based on the didactic sequence theme. In addition, this work is characterized as a study with a descriptive scope and a qualitative approach. The teaching sequence strategy presented offers a valuable approach to exploring concepts related to

ecological interactions in the Caatinga and ecosystem services. To conclude, it can be asserted which the use of the Wordwall entertainment resource is highly interesting for the final phase of the didactic sequence, especially during the evaluation of the

knowledge acquired in the process of achievement the seminar methodology.

**Keywords:** Gamification. Wordwall. Pedagogical Strategy.

## 1. INTRODUÇÃO

Cerca de 40% da superfície continental do planeta é coberta por ecossistemas áridos e semiáridos, que são componentes importantes do sistema climático terrestre, como apontado em estudos como Deluiz and Novicki (2004), Rotenberg and Yakir (2010) e Sundaram *et al.* (2012). No Brasil, a Caatinga é o bioma que representa esse tipo de ecossistema e está localizada na região Nordeste, abrangendo uma área de cerca de 844.000km<sup>2</sup>. A vegetação predominante na Caatinga é xerófila e decídua.

Apesar de cobrir uma grande área (9,92% do território nacional), a Caatinga é um dos biomas brasileiros menos estudados e menos protegidos, com cerca de 42% de sua vegetação já intensamente modificada, como indicado por Castelleti *et al.* (2004). A Caatinga é caracterizada por uma grande diversidade de paisagens e, de acordo com Trovão *et al.* (2007), a conservação e estudo dessa biodiversidade são um dos maiores desafios do conhecimento científico brasileiro.

A Caatinga é o terceiro bioma mais degradado do Brasil em relação às alterações causadas pelo desmatamento, ficando atrás apenas da Floresta Atlântica e do Cerrado, como indicado por Myers *et al.* (2000). Aproximadamente 80% da vegetação da Caatinga foi completamente modificada devido ao extrativismo e à agropecuária, com a maioria dessas áreas em estágios iniciais ou intermediários de sucessão ecológica (DE ARAÚJO FILHO AND KUYUMJIAN, 1996).

Devido às profundas alterações pelas quais vem passando, a Caatinga apresenta grandes extensões onde a desertificação já se instalou. Existe uma relação estreita entre esse tipo de degradação, a vegetação e os solos, com o desenvolvimento da desertificação iniciado pelas modificações que diminuem a presença da cobertura vegetal por períodos prolongados, aumentando os processos erosivos e deteriorando as propriedades físicas, químicas, biológicas e econômicas do solo (CCD, 1995).



No entanto, não são apenas a Amazônia e a Mata Atlântica que sofrem com o desmatamento. Embora os estudos acadêmicos e a mídia deem grande ênfase à problemática da Região Amazônica e da Mata Atlântica, o Bioma Caatinga é considerado atualmente o terceiro mais devastado do ranking nacional, conforme indicado por (Silva *et al.*, 2004).

A maioria dos estudos relacionados a Caatinga concentra-se no uso das plantas em atividades econômicas, ou seja, na utilização das plantas na medicina tradicional da região (etnobotânica) ou na catalogação das espécies existentes em determinadas áreas, principalmente as endêmicas (fitogeografia).

No entanto, esses estudos ainda são insuficientes, assim como as análises sobre o processo de degradação da Caatinga, o que reflete a falta de interesse pelas florestas secas, consideradas um dos ecossistemas mais ameaçados do planeta. Apesar de ser uma das formações vegetais mais afetadas pela ação humana, a Caatinga ainda é pouco conhecida. Ab'Sáber (2003) atribui ao fato de algumas pessoas considerarem o bioma de pouco valor econômico.

Assim sendo, este trabalho tem por objetivo elucidar uma sequência didática sobre a importância da valorização da biodiversidade da Caatinga com base no conhecimento das interações ecológicas e dos serviços ecossistêmicos fornecidos. Essa sequência didática inclui o uso de estratégias de metodologias ativas, como seminário e a utilização do aplicativo Wordwall.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. PROMOÇÃO DAS INTERAÇÕES ENTRE A BIOCENOSE E BIÓTOPO NA CAATINGA COMO UM MEIO DE PRESERVAR OS SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS.

Com o objetivo de estabelecer uma sequência lógica para discutir a importância da preservação do capital natural da Caatinga, iniciar-se-á com a apresentação de conceitos e classificações relevantes. Em seguida, serão exploradas iniciativas de preservação e conservação da biodiversidade da Caatinga, bem como a consideração do pagamento pelos serviços ambientais como uma ferramenta crucial para a sustentabilidade.

Para Miller Júnior (2012), o capital natural da Terra engloba todos os recursos naturais e os serviços ecossistêmicos que ela oferece. Dentro dessa ampla categoria, encontramos uma variedade de elementos, sendo os principais: o ar, a água, o solo, a terra e a biodiversidade. Em uma abordagem mais detalhada, esses recursos podem ser classificados em duas categorias principais: recursos renováveis, cuja disponibilidade é regulada por processos naturais, como no ciclo da água potável; e recursos não renováveis, que têm o potencial de se esgotar, como é o caso dos combustíveis fósseis.

De acordo com Ferraz *et al.* (2019), os serviços ecossistêmicos desempenham um papel vital na sustentação da economia e da vida em nosso planeta, representando todos os benefícios e recursos que a natureza nos proporciona por meio dos processos e das interações ecológicas. Isso abrange uma ampla gama de serviços e bens, tais como a disponibilidade de água doce, a pureza do ar, a qualidade e a renovação do solo, a reciclagem de nutrientes, o tratamento de resíduos, a regulação do clima, a polinização, a produção de alimentos e produtos florestais, o controle populacional e o controle de pragas, entre muitos outros, todos eles fundamentais para garantir nossa sobrevivência e bem-estar.

Segundo Vendramini *et al.* (2015), os componentes e os processos dos ecossistemas somente proporcionam serviços ecossistêmicos quando estes são utilizados de forma direta ou indireta pelos seres humanos. Além disso, existe outra vertente de discussão sobre os serviços ambientais, que correspondem a benefícios fornecidos pela natureza, mas que envolvem intervenção humana, como a restauração de ambientes degradados e práticas de manejo conservacionista, os quais, por sua vez, culminam na prestação de serviços ecossistêmicos (TABARELLI *et al.*, 2018).

A Caatinga, localizada na região semiárida do Brasil, apresenta uma diversidade de paisagens devido à complexidade das condições edafoclimáticas, hidrológicas e até mesmo devido à influência das atividades humanas. Esses fatores contribuíram significativamente para a distribuição e a variedade de espécies presentes na região, além de influenciarem a dinâmica dos ecossistemas da Caatinga (KOECHLIN; TAVARES, 1980). De acordo com Abílio (2010), a vegetação da Caatinga é caracterizada por sua distribuição fragmentada, exibindo características que variam de forma arbórea a arbustiva. No entanto, ela ganha um notável vigor durante os curtos períodos de

estiagem, o que contrasta com a extensa aridez que predomina na região. A Caatinga abriga espécies que são frequentemente restritas a áreas locais, mas que também são abundantemente adaptadas ao clima caracterizado pela alternância entre os períodos secos e úmidos (SOUZA *et al.*, 2004). A presença de uma vasta diversidade de linhagens endêmicas, cada uma com características únicas, representa um desafio significativo para a conservação da biodiversidade na Caatinga (CONDESSA *et al.*, 2009; FONSECA *et al.*, 2018).

De acordo Melo *et al.*, (2016), a fauna da Caatinga também exibe uma diversidade notável de espécies endêmicas que enfrentam ameaças significativas, incluindo o tráfico ilegal de animais, mudanças climáticas, mudanças no uso da terra e impactos das construções. Este ecossistema abriga um número expressivo de vertebrados, e acredita-se que ainda existem muitas espécies a serem descobertas. Entre as espécies de mamíferos registradas na região, 71% são representadas por roedores e morcegos (GARDA *et al.*, 2018).

Os registros da ictiofauna, feitos no período de 2003 a 2017, mostraram um aumento significativo na diversidade de espécies. A partir de 2006, foram descritas 16 das 20 espécies de anfíbios endêmicos encontradas na Caatinga (TABARELLI; SILVA, 2003). A exploração de áreas de ecótono ou ilhas úmidas na Caatinga revelou quase 50% a mais de diversidade de répteis, principalmente lagartos. O grupo de aves é o mais rico em espécies, com 509 espécies descritas (BRASIL, 2019).

As interações ecológicas entre a fauna e a flora da Caatinga desempenham funções de extrema importância para a região, incluindo a contribuição das abelhas e formigas na reprodução da vegetação remanescente, assim como em algumas culturas agrícolas (SILVA *et al.*, 2010). Além disso, a Caatinga possui uma notável diversidade de produtos florestais, com cerca de 390 espécies de árvores e ervas utilizadas para fins medicinais (CONDESSA *et. al.*, 2009).

A mesofauna edáfica, que inclui organismos presentes na rizosfera e endofíticos, desempenha papéis essenciais, embora muitas vezes pouco conhecidos, na ciclagem de nutrientes, no desenvolvimento de plantas, na estruturação dos solos e no fluxo da água. Além disso, esses organismos desempenham um papel crucial na degradação de agrotóxicos, na promoção de práticas sustentáveis de manejo ambiental para o

sequestro de carbono e na conservação da biodiversidade, entre outras funções. Vale destacar também o potencial desses organismos como fonte de compostos bioativos com relevância tanto agrícola quanto medicinal para a Caatinga (CALIXTO-JUNIOR; DRUMOND, 2014).

Para Maia (2014), os fungos e as bactérias, componentes frequentemente menos explorados dos ecossistemas, desempenham papéis cruciais e estabelecem relações ecológicas importantes na Caatinga. Os fungos, em geral, atuam como decompositores, desempenhando um papel fundamental na ciclagem de nutrientes. Além disso, podem estabelecer relações simbióticas ou harmoniosas com outros elementos do ecossistema, desempenhando funções que vão além da decomposição (SILVA *et al.*, 2013).

As bactérias também têm papéis cruciais na Caatinga. Elas podem colaborar, juntamente com os fungos, no processo de decomposição e mineralização da matéria orgânica, contribuindo para a reciclagem de nutrientes. Além disso, as bactérias podem estabelecer relações com animais, como no caso de ruminantes, plantas, como no caso de leguminosas e gramíneas, ou fungos, como nos líquenes. Essas interações bacterianas desempenham serviços ecossistêmicos essenciais (FIGUEIREDO, *et al.*, 2013; SILVA *et al.*, 2013).

Para Bezerra *et al.* (2014), ao longo de sua trajetória evolutiva, a Caatinga sempre enfrentou estigmas e preconceitos, sendo frequentemente associada a um ambiente inóspito e marcado pela escassez, em grande parte devido às condições climáticas desafiadoras. No entanto, a população que habita essa região depende profundamente dos recursos de sua biodiversidade para sua sobrevivência, incluindo alimentos, medicamentos, forragem para diversos tipos de rebanhos, madeira para construções.

A falta de dados abrangentes sobre a verdadeira biodiversidade da Caatinga, a pressão exercida pelas atividades humanas, que muitas vezes resultam em um uso insustentável dos recursos naturais, questões políticas relacionadas à conservação e a falta de preparo da população local têm contribuído para a degradação desse ecossistema. Como resultado, a Caatinga é considerada um dos ecossistemas mais ameaçados do Brasil (TEXEIRA, 2016; MORAES, 2016).

Conforme destacado anteriormente, a biodiversidade da Caatinga possui um patrimônio biológico de valor incalculável, tornando essencial o entendimento de suas potencialidades. Para alcançar as metas de desenvolvimento sustentável, que têm como pilares fundamentais a garantia da sustentabilidade e a erradicação da pobreza, é crucial reconhecer que a biota desempenha funções significativas na redução das vulnerabilidades relacionadas a desastres econômicos, sociais e ambientais.

Para Palma (2005), a integração da Educação Ambiental (EA) como parte da convivência com o semiárido pode abrir caminhos para o desenvolvimento sustentável da região, uma vez que existe uma estreita relação entre as pessoas e seu ambiente. Portanto, é imperativo desenvolver uma compreensão profunda sobre a interligação entre ecologia e sociedade, a fim de avaliar, gerenciar, restaurar e preservar tanto os recursos naturais quanto os recursos humanos. Esse entendimento é essencial para promover o equilíbrio ambiental, o bem-estar das comunidades locais e a conservação da rica biodiversidade da Caatinga.

A abordagem conceitual de Fisher, Turner e Morling (2009) em relação aos serviços ecossistêmicos fornece uma estrutura valiosa para entender e classificar esses serviços com base na finalidade do estudo. Conforme os modelos conceituais apontados por esses autores e, a partir do referencial temático apresenta-se de forma ampla exemplos de serviços ecossistêmicos promovidos por interações ecológicas entre a biocenose (Quadro 1).

Quadro 1 – Serviços Ecossistêmicos que abordam interações ecológicas entre bactérias, algas e fungos no bioma Caatinga.

Componentes ecossistêmicos			Serviços ecossistêmicos	Resultados Obtidos
Biótopo	Biocenose	Interação Ecológica		
Áreas de floresta nativa de Caatinga ou Áreas agrícolas	Plantas e fungos	Mutualismo, formando micorrizas	Ciclagem de nutrientes e transferência de energia e matéria para as plantas, sucessivamente para os demais seres vivos da Terra.	Segurança alimentar e nutricional; e ambiental.
	Plantas e bactérias diazotróficas	Mutualismo, com ou sem	Ciclo Biogeoquímico; Fixação biológica	

Componentes ecossistêmicos			Serviços ecossistêmicos	Resultados Obtidos
Biótopo	Biocenose	Interação Ecológica		
		formação de <i>Rhizobium</i>	de nitrogênio e solubilização de fosfato para o desenvolvimento da planta.	
	Plantas e fungos	Mutualismo entre plantas e fungos endofíticos	Produção de bioativos e produtos naturais. Biorremediação.	Saúde humana. Segurança ambiental.
	Plantas e fungos entomopatogênicos ( <i>Beauveria bassiana</i> )	Harmônica entre plantas e fungos que parasitam insetos que atuam como pragas na agricultura, sendo positiva para as plantas.	Controle microbiano de pragas.	Segurança ambiental.
	Fungos liquenícolas e algas	Associação mutualística (Líquens)	Bioindicadores de poluição.	Saúde humana.

Fonte: Autoral Própria, adaptado por Alves *et al.* (2020)

### 3. METODOLOGIA

A presente pesquisa foi consumada tendo como perspectiva a temática sequência didática. Neste sentido, este trabalho se caracteriza em um estudo de alcance descritivo e com abordagem qualitativa. Ao estudo descritivo Sampieri, Collado e Lucio (2013) postulam que especificam propriedades, características e traços importantes de qualquer fenômeno que analisarmos e descreve tendências de um grupo ou população.

Assim, conhecendo adequadamente essa metodologia, poderá ser aplicada para o estudo do fenômeno da percepção humana sobre o ambiente Caatinga, quanto aos seus recursos naturais, as interações ecológicas entre fauna e flora e outros componentes da biodiversidade, os serviços ecossistêmicos prestados e uma discussão sobre como as ações antrópicas podem influenciar nessa dinâmica natural. Dessa forma, em paralelo, também se revisou o tema biodiversidade da Caatinga dentro do enfoque da Educação Ambiental.

Vergara (2000), quanto as sequências didáticas e sobre a Caatinga, o trabalho adotado foi uma revisão da literatura, em que utilizou a pesquisa bibliográfica e foram realizadas de forma íntegra na busca de livros e artigos científicos de autores consagrados que fundamentaram a presente pesquisa. Esta escolha se justificou em razão do método escolhido e para qualificar sua importância.

A escolha de direcionar uma sequência didática para alunos do Ensino Médio com base na maturidade intelectual é uma decisão pedagógica compreensível. O Ensino Médio é uma etapa da educação em que os estudantes geralmente têm um nível de desenvolvimento cognitivo e inteligência emocional mais avançada do que os alunos do Ensino Fundamental. Isso permite elucidar temas mais complexos e desafiadores e conseqüentemente promover discussões mais profundas e reflexivas sobre questões relevantes.

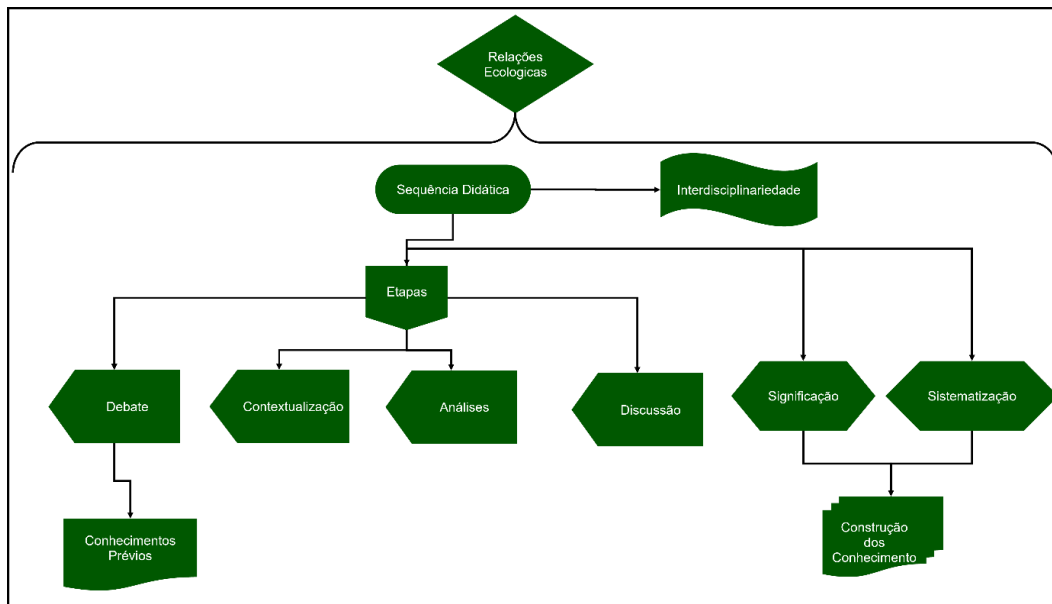
Além disso, a comunicação eficiente também desempenha um papel crucial no sucesso de qualquer sequência didática. Os discentes do Ensino Médio de maneira eventual, possuem habilidades de comunicação mais aprimoradas, o que facilita a permuta de ideias e o debate construtivo sobre as temáticas abordadas. Neste sentido, pode levar-se a um aprendizado mais significativo, uma vez que os estudantes estão mais preparados para expressar suas opiniões, ouvir os colegas e participar ativamente das atividades em sala de aula (ROSEMBLAT, 2000).

Para que este estudo fosse conduzido adequadamente, seguiram-se as seguintes etapas: (1) especificação do problema de pesquisa, que foi a escolha do eixo: valorização dos serviços ecossistêmicos promovidos pelas interações ecológicas entre fauna e flora da Caatinga; (2) pesquisa bibliográfica temática, para a fundamentação inicial; e (3) desenvolvimento da proposta, construção da sequência didática.

De acordo com Zabala (1998) uma sequência didática (SD) pode ser elencada como um conjunto ordenado, estruturado e articulado de atividades que tem como objetivo atingir metas educacionais específicas. Essas metas têm um início e um fim bem definidos, tanto para os professores quanto para os alunos. A criação de uma SD conforme requer uma fase de contextualização, análise e discussão, onde aspectos mais profundos de um problema são explorados e examinados de forma perscrutada (Figura 1).



Figura 1 - Modelo Conceitual da Sequência Didática



Fonte: Autoria própria, adaptado por Araújo (2013)

A pesquisa temática abarcou os seguintes fundamentos: sequência didática; Educação Ambiental como ferramenta para a construção da sensibilidade ambiental; relevância da preservação do bioma como um caminho para a sustentabilidade e para o bem-estar humano; o uso do aplicativo Wordwall na educação como estratégia de ensino-aprendizagem.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi estruturado uma sequência didática que tem como temática “Enaltecimento da biodiversidade da Caatinga: tipificação dos serviços ecossistêmicos provenientes de interações entre biocenose e biótopo” (Quadro 2).

Quadro 2 - Sequência didática para promover a valorização da biodiversidade da Caatinga e dos serviços ecossistêmicos resultantes das interações entre biocenose e biótopo no ensino médio.

“Enaltecimento da biodiversidade da Caatinga: tipificação dos serviços ecossistêmicos provenientes de interações entre biocenose e biótopo” Público-alvo: Ensino Médio.

Área do conhecimento: Educação Ambiental, Ecologia, Biologia.

### INTRODUÇÃO

A Educação Ambiental (EA) deve ser entendida e incorporada pelos alunos como parte da sua cidadania, uma vez que vai além das questões que visam à proteção dos ecossistemas e das espécies, pois também está relacionada aos aspectos sociais, éticos, econômicos e políticos. A EA na perspectiva

da Caatinga deve ser conjecturada considerando todos esses aspectos. Também é interessante incluir metodologias ativas, como por exemplo, apresentações e aplicativos educacionais como o Wordwall.

#### HABILIDADES DA BNCC

**(EM13CNT206)** Discutir a importância da preservação e conservação da biodiversidade, considerando parâmetros qualitativos e quantitativos, e avaliar os efeitos da ação humana e das políticas ambientais para a garantia da sustentabilidade do planeta.

**(EM13CNT301)** Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.

**(EM13CNT303)** Interpretar textos de divulgação científica que tratem de temáticas das Ciências da Natureza, disponíveis em diferentes mídias, considerando a apresentação dos dados, tanto na forma de textos como em equações, gráficos e/ou tabelas, a consistência dos argumentos e a coerência das conclusões, visando construir estratégias de seleção de fontes confiáveis de informações.

#### OBJETIVO

Desenvolver nos alunos do ensino médio a sensibilidade ambiental sobre o ecossistema Caatinga, considerando o ambiente natural, aspectos econômicos, políticos e culturais sob o enfoque da sustentabilidade, evidenciando a importância da biodiversidade do bioma e seus respectivos dos seus serviços ecossistêmicos.

#### DESENVOLVIMENTO

**1º momento:** Fomentar uma discussão crítica sobre a biodiversidade da Caatinga e a importância das relações ecológicas estabelecidas é fundamental para sensibilizar os alunos sobre a relevância desse ecossistema. Além disso, promover práticas ambientais voltadas para o equilíbrio ambiental e o desenvolvimento sustentável é crucial para preparar os alunos para um papel ativo em uma sociedade ecologicamente responsável, economicamente viável, culturalmente diversa, politicamente atuante e socialmente justa.

**2º momento:** Organizar os grupos, sortear os temas, definir os prazos e apresentar as orientações para produção dos seminários, que devem nortear-se para responder a seguinte pergunta: Quais as ações antrópicas a curto e a longo prazo que provocam a perda de serviços ecossistêmicos e o que poderá ser feito para mitigação e/ou adaptação dessas consequências?

#### TÓPICOS DOS SEMINÁRIOS:

1. Interações entre plantas e animais: polinização e dispersão de diásporas;
2. Interações entre plantas e animais: controle pragas e enfermidades;
3. Interações entre plantas e microrganismos: biorremediação;
4. Interações entre plantas e ruminantes: mitigação dos gases de efeito estufa e manejo adequado do solo;

5. Interações entre plantas e microrganismos (mutualismos): produção de compostos bioativos;
6. Interação Mutualística entre fungos e algas: líquens, sua função na natureza e sua importância biotecnológica.

#### CRITÉRIOS AVALIATIVOS PARA A ELABORAÇÃO DOS SEMINÁRIOS:

- Quais são as espécies da Caatinga envolvidas nessas interações?
- Como é caracterizado o ambiente que abriga essas interações?
- Quais serviços ecossistêmicos (diretos e indiretos) estão envolvidos e qual a sua importância para a população, incluindo a questão do pagamento por serviços ambientais?
- Quais fatores ambientais, sociais, políticos e culturais afetam essas funções ecológicas, incluindo dados estatísticos sobre degradação de terras, políticas regionais e atuação de empresas?
- Quais ações ou serviços ambientais podem ser realizados ou promovidos para mitigar ou adaptar-se às consequências da perda de serviços ecossistêmicos?

**3º momento:** Apresentação dos trabalhos produzidos pelas equipes, inclusive, deve-se promover incentivo à participação do ambiente escolar, por exemplo, uma feira de ciências, com o foco de desenvolver o protagonismo estudantil no âmbito escolar para a sensibilização conservacionista do meio ambiente.

**4º momento:** Dinâmica realizada com a plataforma digital Wordwall, preparadas pelos alunos de cada grupo e aplicada aos discentes dos demais grupos. Neste caso, será utilizado com a finalidade de revisar o conhecimento pós-seminários. Portanto, cada grupo deverá elaborar as questões conforme sua temática.

**5º momento:** Os professores podem divulgar os trabalhos desenvolvidos e seus produtos a fim de difundir o conhecimento acerca da realidade ambiental da Caatinga com respeito às interações ecológicas envolvidas para valoração dos serviços ambientais.

#### MATERIAIS

Projektor de Slides, pendrive, quadro, piloto, smartphones e Internet.

#### AVALIAÇÃO

Apresentação e uso de recursos, questões relevantes abordadas, criatividade, insights e novos pontos de vista, apresentação de dados estatísticos sobre a realidade, domínio do assunto e exposição clara dos fatos.

Fonte: Autoral (2023)

No primeiro estágio da sequência didática, o foco está na construção de um conhecimento substancial, fundamental para capacitar os alunos na elaboração de seus trabalhos. Isso envolve identificar lacunas no conhecimento, formular hipóteses e avaliar os desafios. Para alcançar esse objetivo, sugere-se realizar encontros com os alunos e convidar palestrantes especializados na área, a fim de promover uma discussão

crítica sobre a importância das relações ecológicas e das práticas ambientais para o desenvolvimento sustentável da Caatinga.

Além disso, é recomendável apresentar projetos ambientais realizados na região, oferecendo uma contextualização da realidade local. Esses projetos podem servir como inspiração para os grupos de alunos que irão desenvolver seus próprios trabalhos. Nos seminários, cada grupo terá a responsabilidade de abordar um tema específico, conduzindo pesquisas e apresentações relacionadas à biodiversidade da Caatinga, dados estatísticos sobre a realidade local e as questões ambientais pertinentes. Um dos principais questionamentos que os alunos devem explorar é: "Quais são as ações humanas de curto e longo prazo que estão causando a perda de serviços ecossistêmicos e como podemos mitigar e/ou nos adaptar a essas consequências?"

Os alunos deverão investigar os fatores que impactam a disponibilidade desses serviços ecossistêmicos para o nosso bem-estar, de acordo com o tema atribuído a cada grupo. Isso pode incluir ameaças às espécies nativas, como a introdução de espécies invasoras; práticas insustentáveis de manejo do solo e da água, como desmatamento, queimadas e irrigação inadequada que pode contaminar lençóis freáticos e aquíferos com o uso de agrotóxicos; subsídios governamentais que promovem práticas prejudiciais ao meio ambiente em prol do ganho econômico, como o uso de agrotóxicos para aumentar a produtividade, mesmo que isso cause desequilíbrio ambiental, entre outros fatores impulsionadores. Dessa forma, os grupos de alunos terão a oportunidade de explorar em detalhes as diferentes facetas das ações humanas que afetam o ecossistema da Caatinga e propor soluções para mitigar ou adaptar-se às consequências dessas ações.

Dessa forma, os estudantes deverão resumir de maneira qualitativa as possíveis soluções. O objetivo é destacar que o espírito da cidadania não se limita apenas a estar ciente das questões e desafios que nos cercam, mas também implica em pensar em ações viáveis para combater desigualdades, adversidades e injustiças. É importante ter consciência de que é por meio de contribuições individuais e coletivas, mesmo que pequenas, que podemos tornar o nosso planeta Terra mais seguro do ponto de vista ambiental. Nesse contexto, também buscamos envolver toda a comunidade escolar, incluindo todos os participantes desse ambiente, por meio da divulgação das

experiências e do compartilhamento dos resultados obtidos relacionados à percepção ambiental da Caatinga, abrangendo todas essas interações.

No momento da culminância da sequência didática, sugere-se a utilização da plataforma digital Wordwall, usando o recurso que se assemelha a um Quiz (jogo de perguntas e respostas), conforme exemplificado na Figura 2, com o objetivo de avaliar os conhecimentos construídos pelos estudantes nos seminários e para que seja consolidada a aprendizagem de todos. Sendo assim, cada grupo de trabalho, após a preparação do seminário, pode utilizar esse recurso para avaliar o conhecimento acerca dos outros alunos que estarão como plateia, por meio da elaboração de perguntas sobre o tema discutido pelo grupo.

Figura 2 – Quiz elaborado na plataforma Wordwall

The image shows a screenshot of a Wordwall quiz interface with four questions. Each question consists of a text prompt, an image, and a grid of six multiple-choice options labeled A through F.

- Question 1 (0:07):** Os líquens são formados pela associação entre fungos e algas. Eles também ocorrem na Caatinga. Na imagem abaixo a relação ecológica é:
  - A: Sociedade
  - B: Inquilismo
  - C: Parasitismo
  - D: Competição
  - E: Mutualismo
  - F: Canibalismo
- Question 2 (0:45):** Cupins são excepcionais devoradores de madeira e tornam-se pragas em meio urbano ameaçando obras sacras, prédios históricos, etc. Entretanto eles não conseguiriam esse poder destrutivo sem a presença de protozoários em seus intestinos capazes de digerir a celulose. Essa relação ecológica é um exemplo de:
  - A: Mutualismo
  - B: Comensalismo
  - C: Amensalismo
  - D: Parasitismo
  - E: Inquilismo
  - F: Predatismo
- Question 3 (1:20):** Os vírus precisam utilizar moléculas e organelas da célula hospedeira para sintetizar as suas proteínas e amplificar o seu material genético. Por esse tipo de interação ecológica, os vírus são, obrigatoriamente, considerados:
  - A: predadores
  - B: mutualistas
  - C: simbiosites
  - D: comensais
  - E: parasitas
  - F: sociedade
- Question 4 (1:56):** Em um experimento realizado por Gause (1934), foram colocadas duas populações de protozoários, *Paramecium caudatum* (em azul) e *Paramecium aurelia* (em vermelho), em um mesmo frasco de cultura com meio apropriado para o crescimento de ambos. O crescimento das duas populações foi quantificado ao longo de 15 dias, conforme gráfico abaixo.
  - A: mutualismo
  - B: cooperação interespecífica
  - C: competição intraspecífica
  - D: simbiose
  - E: comensalismo
  - F: restrição das respostas ambientais

Fonte: Autoral (2023)

A avaliação desempenhará um papel crucial no que diz respeito à proposta. Portanto, é recomendável realizar a coleta de informações de forma contínua em todos os momentos, garantindo a constante verificação da assimilação de conhecimento, seja ela parcial ou completa. Isso também permitirá ajustar as abordagens de acordo com a realidade, possibilitando a revisão das ações ou a exploração de novos caminhos, conforme necessário.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A estratégia de sequência didática apresentada oferece uma abordagem valiosa para explorar os conceitos relacionados às interações ecológicas na Caatinga e aos serviços ecossistêmicos. Esta abordagem possibilita que os estudantes desempenhem um papel mais ativo no processo de aprendizagem, abrindo oportunidades para uma compreensão mais aprofundada dos tópicos relevantes. Além disso, essa abordagem pode levar a uma ressignificação da aprendizagem, uma vez que os estudantes se empenham em responder aos desafios apresentados.

A implementação das fases da sequência didática oferece aos estudantes a oportunidade de desenvolver habilidades e competências alinhadas com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Além disso, estimula-os a buscar soluções para desafios que se relacionem com suas próprias vivências e contextos. Essa abordagem é de suma importância para promover a formação de estudantes conscientes de sua cidadania ativa, que reconhecem a responsabilidade em relação ao meio ambiente e ao futuro.

O uso do recurso lúdico Wordwall é altamente interessante para a fase final da sequência didática, especialmente durante a avaliação dos conhecimentos adquiridos no processo de realização da metodologia de seminários. Ele pode contribuir significativamente para a aprendizagem efetiva e significativa dos estudantes. Através do Wordwall, é possível criar atividades interativas e envolventes que permitem aos alunos consolidarem o que aprenderam de uma forma divertida e prática. Isso não apenas ajuda.

## REFERÊNCIAS

ABÍLIO, Francisco José Pegado; DA SILVA FLORENTINO, Hugo; DE MELO RUFFO, Thiago Leite. Educação Ambiental no Bioma Caatinga: formação continuada de professores de escolas públicas de São João do Cariri, Paraíba. **Pesquisa em Educação Ambiental**, v. 5, n. 1, p. 171-193, 2010.

AB'SÁBER, Aziz Nacib. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. Ateliê editorial, 2003.

ARAÚJO, D.L. O que é (e como faz) sequência didática? **Entrepalavras**, v. 3, n. 1, p. 322-334, 2013.

- BEZERRA, J. M.; Moura, G. B. A.; Silva, B. B.; Lopes, P. M. O.; Silva, E. F. F. **Parâmetros biofísicos obtidos por sensoriamento remoto em região semiárida do estado do Rio Grande do Norte**, Brasil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 18 (1), 73–84, 2014. doi: 10.1590/S1415-43662014000100010.
- BRASIL. Saiba quais são as características da Caatinga. **Fundação Joaquim Nabuco**, 2019. Disponível em: <<https://www.fundaj.gov.br/index.php/conselho-nacional-da-reserva-da-biosfera-da-caatinga/9193-saiba-quais-sao-as-caracteristicas-da-caatinga>>. Acesso em: 21 jun. 2019.
- CALIXTO JÚNIOR, J. T.; DRUMOND, M. A. **Estudo comparativo da estrutura fitossociológica de dois fragmentos de Caatinga em níveis diferentes de conservação**. *Pesquisa Florestal Brasileira*, 34(80), 345-355, 2014. doi: 10.4336/2014.pfb.34.80.670
- CARDOSO DA SILVA, José Maria; CARDOSO DE SOUSA, Marcelo; CASTELLETTI, Carlos HM. Areas of endemism for passerine birds in the Atlantic forest, South America. **Global Ecology and Biogeography**, v. 13, n. 1, p. 85-92, 2004.
- CASTELLETTI, C. H. M. *et al.* Quanto ainda resta da Caatinga? Uma estimativa preliminar (p. 91–100). **Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2004.
- CCD. (1995). **Convenção das nações unidas de combate à desertificação**. Instituto de CONDESSA, Beatriz; SÁ, Ana; TRIGUEIROS, Tiago. Oportunidades para a Sustentabilidade Urbana Workshop e Conferência Final. **Rio e Cidades: oportunidades para a sustentabilidade urbana**, v. 16, 2009.
- DE ARAÚJO FILHO, José Oswaldo; KUYUMJIAN, Raul Minas. Regional distribution and structural control of the gold occurrences/deposits in the Goiás Massif and Brasília Belt. **Brazilian Journal of Geology**, v. 26, n. 2, p. 109-112, 1996.
- DELUIZ, Neise; NOVICKI, Victor. Trabalho, meio ambiente e desenvolvimento sustentável: implicações para uma proposta crítica de educação ambiental. **Reunião Anual da ANPED – Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Educação**. Caxambu-MG, 2004.
- DE SOUSA ALVES, Danielle *et al.* Interações ecológicas na Caatinga: uma proposta de sequência didática utilizando seminários e o aplicativo Kahoot. **Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA)**, v. 15, n. 6, p. 133-153, 2020.
- DE SOUZA, Bartolomeu I.; DE SILANS, Alain MBP; DOS SANTOS, José B. Contribuição ao estudo da desertificação na Bacia do Taperoá Contribution to study of desertification in the Taperoá Basin. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi**, 2004.



- FERRAZ, R.P.D. *et al.* **Marco Referencial em Serviços Ecosistêmicos**. Brasília, DF: Embrapa, 2019.
- FIGUEIREDO, M.V.B. *et al.* **Tecnologias potenciais para uma agricultura sustentável**. Recife: Ipa/Emater/Seagri-AL, 2013.
- FISHER, B.; TURNER, R.K.; MORLING, P. Defining and classifying ecosystem services for decision making. **Ecological Economics**, v. 68, n. 3, p. 643–653, 2009.
- GARDA, A.A. *et al.* Os animais vertebrados do Bioma Caatinga. **Ciência e Cultura**, v. 70, n. 4, p. 29-34, 2018.
- KOECHLIN, J.; TAVARES, MAS. Le milieu biologique: la végétation. **MELO, AS TAVARES de. Géographie et écologie de la Paraíba (Brésil)**. Talence: Centre d'Etudes de Géographie Tropicale, (Trav. et Doc. de Géogr. Tropicale, n. 41), 1980.
- MAIA, L.C. **Fungos do Parque Nacional do Catimbau**. Recife: Editora UFPE, 2014.
- MELO, W. F. *et al.* **A importância dos sistemas agrossilvipastoril para a região da caatinga**. Informativo Técnico do Semiárido, v. 10, n. 2, p. 10-15, 2016.
- MILLER JÚNIOR, G.T. **Ciência Ambiental**. 14ª ed. São Paulo: Cengage Learning, 2012.
- MORAES, D. In vivo. FIOCRUZ. **Bioma Caatinga**, 2016. Disponível em: <<http://www.invivo.fiocruz.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infoid=962&sid=2>>. Acesso em: 15 set. 2023.
- MYERS, Norman *et al.* Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, n. 6772, p. 853-858, 2000.
- PALMA, I. R. **Análise da percepção ambiental como instrumento ao planejamento da educação ambiental**. 2005. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005. Promoção Ambiental.
- ROSEMBLAT, E. Critérios para a construção de uma sequência didática no ensino dos discursos argumentativos. *In*: Rojo, R. (Org.) **A Prática de Linguagem em Sala de Aula: Praticando os PCNs**. Campinas: Mercado de Letras, 2000.
- ROTENBERG, Eyal; YAKIR, Dan. Contribution of semi-arid forests to the climate system. **Science**, v. 327, n. 5964, p. 451-454, 2010.
- SAMPIERI, Roberto Hernández; COLLADO, Carlos Fernández; LUCIO, M. D. P. B. Metodologia de Pesquisa (5th edição). **Grupo A**, 2013.
- SILVA, A. C. C.; Prata, A. P. N.; Souto, L. S.; Mello, A. A. **Aspectos de ecologia de paisagem e ameaças à biodiversidade em uma unidade de conservação na Caatinga, em**

**Sergipe.** Revista *Árvore*, 37(3), 479-490, 2013. doi: 10.1590/S0100-67622013000300011.

SUNDARAM, Bharath *et al.* Ecology and impacts of the invasive species, *Lantana camara*, in a social-ecological system in South India: perspectives from local knowledge. **Human ecology**, v. 40, p. 931-942, 2012.

TABARELLI, M.; LEAL, I.R.; SCARANO, F.R.; SILVA, J. M.C. Caatinga, legado, trajetória e desafios rumo à sustentabilidade. **Ciência e Cultura**, v.70, n.4, p.25-28, 2018.

TABARELLI, M.; SILVA J.M.C. Áreas e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da Caatinga. *In*: LEAL, I.R.; TABARELLI, M.; SILVA, J.M.C. **Ecologia e conservação da Caatinga**. Recife: Editora Universitária UFPE, 2003. p.777-796.

TEIXEIRA, M.N. O sertão semiárido. Uma relação de sociedade e natureza numa dinâmica de organização social do espaço. **Sociedade e Estado**, v.31, n. 3, p. 769–780, 2016.

TROVÃO, Dilma M. de et al. Variações sazonais de aspectos fisiológicos de espécies da Caatinga. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 11, p. 307-311, 2007.

VENDRAMINI, A. *et al.* **Serviços Ecosistêmicos** - Que bicho é esse? p. 22, 2023. Disponível em: <<http://www.p22on.com.br/2015/10/01/pdf-da-edicao-2/>>. Acesso em: 15 set. 2023.

VERGARA, S. C. Começando a definir a metodologia. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**, v. 3, p. 46-53, 2000.

ZABALA, Antoni. A avaliação. **ZABALA, Antoni. A prática educativa: como ensinar**. Porto Alegre: Artmed, 1998.

## CAPÍTULO XXVI

## DESEMPENHO PRODUTIVO DE CAPRINOS ALIMENTADOS COM RAÇÃO CONTENDO *MIMOSA CAESALPINIFOLIA* E *ACACIA MEARNsii*

### PRODUCTIVE PERFORMANCE OF GOATS FED WITH FEED CONTAINING *MIMOSA CAESALPINIFOLIA* AND *ACACIA MEARNsii*

DOI: 10.51859/AMPLA.MAC3468-26

Pedro Celestino Serejo Pires Filho <sup>1</sup>  
 Domingos Rodrigues Bastos Neto <sup>2</sup>  
 Jéssica Rodrigues Santos Valois <sup>2</sup>  
 José Antônio Alves Cutrim Júnior <sup>3</sup>  
 Livio Martins Costa Júnior <sup>4</sup>  
 Danilo Rodrigues Barros Brito <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Mestrando do Programa em Ciência Animal da Universidade Federal do Maranhão – UFMA.

<sup>2</sup> Graduando do curso de Zootecnia. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão – IFMA.

<sup>3</sup> Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão – IFMA, Campus Maracanã.

<sup>4</sup> Professor da Universidade Federal do Maranhão – UFMA, Campus São Luís.

#### RESUMO

Os pequenos ruminantes desempenham um papel crucial na região nordeste do Brasil, sendo uma importante fonte de renda e proteína. Nesse contexto, este estudo teve como objetivo avaliar o desempenho produtivo de caprinos alimentados com ração contendo Sabiá - *Mimosa caesalpinifolia* e Acácia Negra - *Acacia mearnsii*. No experimento, utilizamos 30 cabritas mestiças da raça Anglonubiana, com uma idade média inicial de dez meses e um peso médio de 20 kg. Os animais foram submetidos a três grupos de tratamento: Grupo 1 - Controle (recebeu ração sem plantas ricas em tanino); Grupo 2 (ração com uma mistura de 50% de Acácia negra e 50% de Sabiá); e Grupo 3 (ração com mistura de 70% de Acácia negra e 30% de Sabiá). Ao longo de um período experimental de 42 dias, os animais foram pesados a cada sete dias, sem jejum prévio. Além disso, amostras de forragem foram colhidas durante o período experimental. O consumo voluntário de pasto foi estimado usando a metodologia LIPE. As

análises nutricionais revelaram diferenças nas rações, com variações nos teores de proteína bruta, umidade e matéria seca. Notavelmente, o grupo 50/50% apresentou maiores médias de peso ao longo das sete semanas do experimento em comparação com os outros grupos, indicando um melhor aproveitamento dos nutrientes e um maior crescimento dos animais.

**Palavras-chave:** Alimentação. Produtividade. Pequenos Ruminantes.

#### ABSTRACT

Small ruminants play a crucial role in the northeastern region of Brazil, being an important source of income and protein. In this context, this study aimed to evaluate the productive performance of goats fed with feed containing "Sabiá" - *Mimosa caesalpinifolia* and "Acacia Negra" - *Acacia mearnsii*. In the experiment, we used 30 crossbred female kids of the Anglonubian breed, with an average initial age of ten months and an average weight of 20

kg. The animals were subjected to three treatment groups: Group 1 - Control (received feed without tannin-rich plants); Group 2 (feed with a mixture of 50% Black Acacia and 50% Sabiá); and Group 3 (feed with a mixture of 70% Black Acacia and 30% Sabiá). Over a 42-day experimental period, the animals were weighed every seven days, without prior fasting. In addition, forage samples were collected during the experimental period. Voluntary pasture intake was estimated using the LIPE

methodology. Nutritional analyses revealed differences in the feeds, with variations in crude protein, moisture, and dry matter content. Remarkably, the 50/50% group showed higher average weights throughout the seven weeks of the experiment compared to the other groups, indicating better nutrient utilization and greater animal growth.

**Keywords:** Feeding. Productivity. Small Ruminants.

## 1. INTRODUÇÃO

A criação de pequenos ruminantes como uma das principais fontes de renda e proteína na região nordeste do Brasil tem se tornado cada vez mais relevante. Em meio a um cenário em que pequenos e médios produtores buscam constantemente aprimorar suas atividades econômicas, a exploração desses animais se destaca, desempenhando um papel crescente na agricultura familiar, subsistência e empreendimentos rurais. Diante desse contexto, surge a necessidade de encontrar alternativas que aperfeiçoem a alimentação e o desempenho desses animais, visando não apenas a redução de custos, mas também aspectos como crescimento, ganho de peso e eficiência alimentar.

A produtividade de ruminantes na região tropical consiste principalmente na oferta de pasto, mas somente a forrageira no campo pode não ser suficiente para suprir todas as demandas nutricionais desses animais. Leguminosas forrageiras tropicais, geralmente, são importantes fontes de proteína para pequenos ruminantes, porém, seus altos níveis de metabólitos secundários, incluindo os taninos, e seu conteúdo de lignina são considerados fatores que limitam o uso (BEN SALEM et al., 2005). No entanto, dependendo da sua natureza química e da concentração nos alimentos, os taninos podem ser benéficos para os ruminantes (PATRA & SAXENA, 2011).

A produção de ruminantes a pasto tem sido desafiadora para produtores rurais, principalmente quando a qualidade e disponibilidade de forragem dependem das condições edafoclimáticas. A utilização de plantas nativas na alimentação animal, como é o caso do sabiá e da acácia negra, leguminosas consumidas comumente no nordeste

brasileiro por caprinos e ovinos, poder ser uma alternativa no período de escassez bem como usada com fins de suplementação.

Em um estudo realizado por Hernández-Ortega et al. (2017), avaliou-se o efeito da inclusão de tanino da casca de romã na dieta de cabras leiteiras e verificou-se um aumento significativo na produção de leite e na eficiência alimentar dos animais. Em outro estudo, realizado por Elghandour et al. (2018), avaliou-se o efeito da suplementação de tanino da casca de acácia negra na dieta de cabras em lactação e observou-se um aumento na produção e qualidade do leite, além de uma melhora na digestibilidade dos nutrientes.

Estudos sobre os efeitos de taninos condensados tem demonstrado a viabilidade para tratamentos anti-helmínticos na produção de caprinos. Existem demonstrações dos efeitos do Sabiá (*Mimosa ceasalpinnifolia*) (BRITO et al., 2018) sobre helmintos gastrointestinais de caprinos e o efeito nutracêutico de casca de Acácia negra (*Acacia mearnsii*) (COSTA-JUNIOR et al., 2014). O custo com o tanino condensado de Acácia negra é utilizado no mercado para o curtimento de couro e tem seu valor no mercado cotado em dólar, o que eleva o custo de sua utilização. As leguminosas desses dois grupos de forrageira apresentam bons índices de proteína bruta em suas composições. *M. ceasalpinnifolia*, considerando as suas folhas, possuem alto valor nutricional, contendo aproximadamente 17% de proteína (EMBRAPA, 2003). *A. mearnsii*, forragem desta espécie, apresenta 13 a 15,3% de proteína bruta (LEME et al., 1993).

Esses estudos indicam que a inclusão de leguminosas taniníferas na dieta de caprinos pode ser uma estratégia promissora para melhorar seu desempenho produtivo, com aumento da produção e qualidade do leite e melhoria na eficiência alimentar. No entanto, é importante que sejam realizados mais estudos para avaliar os efeitos a longo prazo e as quantidades adequadas de suplementação.

Dessa forma, este trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho produtivo de caprinos alimentados com ração contendo *Mimosa ceasalpinnifolia* e *Acacia mearnsii*.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Instituto Federal do Maranhão, IFMA, Campus São Luís-Maracanã, no setor de Caprinocultura, em São Luís, estado do Maranhão. O

ensaio foi conduzido entre os meses de setembro e outubro de 2022, sendo utilizadas 30 cabritas, mestiças da raça Anglonubiana com idade e peso médios iniciais de dez meses e 20 kg/PV, respectivamente. Os animais foram submetidos aos tratamentos com ração contendo *A. Mearnsi* e *M. caesalpinifolia* em diferentes proporções, com a finalidade de verificar o desempenho produtivo. Os animais foram divididos em três grupos, com dez animais cada, assim constituídos: Grupo 1- Controle (recebeu ração sem planta taninífera em sua composição); Grupo 2 (ração com uma mistura de 50% de Acácia negra e 50% de Sabiá) e Grupo 3 (ração com mistura na sua composição de 70% de Acácia negra e 30% de Sabiá). Os procedimentos experimentais foram aprovados pelo Comitê de Ética em Experimentação Animal do Instituto Federal do Maranhão, sob o número do parecer: 01/2022.

A mistura concentrada, considerada como ração base (Tabela 1), acácia negra e sabiá foi formulada para ser isoproteica e isoenergética, com as necessidades prescritas pela NRC (2007), para animais com peso vivo médio de 20 Kg, com crescimento tardio e que permite um ganho de peso médio de 100g/dia.

Tabela 1 - Dieta fornecida aos animais durante o período experimental

Ingredientes	Quantidade (%)
Milho	41,14
Capim massai	40,00
Farelo de trigo	5,28
Soja	12,91
Calcário	0,66

Fonte: Autoria própria.

Os animais pastavam em uma área constituída por três piquetes de 0,8 hectares cada, formados com as gramíneas *Panicum maximum* cv. Massai e *Panicum maximum* - BRS Zuri, providos de bebedouros. Pastejavam no período das 08:00 às 16:00 h, onde posteriormente eram alocados em um galpão experimental contendo baias individuais. Quando os animais retornavam às baias experimentais, era fornecido ração para os devidos tratamentos de ensaio.

As análises bromatológicas foram realizadas em parceria com o Laboratório de Nutrição Animal e Bromatologia (LANAB) do Centro de Ciências Agrárias – UEMA e

seguem a metodologia da Association of Official Analytical Chemist (AOAC) e Van Soest (1994). Foram determinadas as porcentagens de matéria seca (Método 934.01; AOAC, 2011), fibra (fibra em detergente neutro-FDN, fibra em detergente ácido-FDA e lignina detergente ácido – LDA) (VAN SOEST, 1994) e proteína bruta (método 920.87; AOAC, 2011) do material vegetal de *M. caesalpinifolia*.

Para mensurar o desempenho, os animais foram pesados a cada sete dias até o final do experimento sem jejum prévio, por um período total de 42. Foi realizada a rotação dos animais entre os piquetes experimentais a cada 14 dias, visando reduzir possíveis variações entre a disponibilidade e qualidade da forragem disponível. Foram realizadas colheitas de amostras da forragem nos diferentes piquetes.

O indicador de digestibilidade dos alimentos ofertados foi medido pela LIPE, que consiste no teste de ingestão e digestibilidade fornecido após um período de adaptação de dois dias, em seguida no período experimental – fornecimento do indicador com 0,25g de LIPE duas vezes ao dia e coleta de fezes no período de cinco dias. Foi calculado a quantidade de capsulas necessárias para os experimentos nas seguintes proporções: N° de animais x 05 (n° de dias) x N° de tratamentos.

O armazenamento foi feito em potes de plástico com tampa rosqueável, identificados e enviados para análise laboratorial, fornecendo a matéria seca a 105°C, o tipo de animal que foi fornecido a LIPE, peso médio dos animais e a dose da LIPE utilizada. As amostras foram enviadas para laboratório, para estimar o consumo.

A ingestão estimada foi medida de forma indireta por meio da saída fecal em relação ao inverso da digestibilidade da matéria seca in vitro (IVDMD) da pastagem e do suplemento, de acordo com a fórmula citada por Penning e Johnson (1983):

$$\text{Consumo estimado na Matéria Seca} = \frac{\text{Produção fecal}}{1 - \text{IVDMD}/100}$$

Os dados obtidos foram apresentados como média  $\pm$  desvio padrão e submetidos ao teste de análise de variância seguido pelo teste Tukey, utilizando o programa GraphPad Prism 8 (GraphPad Software Inc., San Diego, CA, EUA).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nos resultados das análises bromatológicas feitas em laboratório, obtivemos os seguintes resultados para PB (Proteína Bruta), FDN (Fibra em Detergente



Neutro), FDA (Fibra em Detergente Ácido), Umidade e MS (Matéria Seca), no volumoso e no concentrado fornecido durante o período experimental.

Tabela 2 – Análise bromatológica dos volumosos consumidos pelos caprinos durante o período experimental

	<b>PB</b> <b>(%)</b>	<b>FDN</b> <b>(%)</b>	<b>FDA</b> <b>(%)</b>	<b>Umidade</b> <b>(%)</b>	<b>Matéria Seca</b> <b>(%)</b>
<i>Panicum Maximum cv. Zuri</i>	11,30	78,42	40,27	8,88	91,12
<i>Panicum Maximum cv. Massai</i>	10,19	80,33	43,84	8,90	91,10

Fonte: Autoria própria.

O comunicado técnico 172 da EMBRAPA nos mostra o capim Massai apresentando porcentagens de proteína bruta de 7,7 %, fibra em detergente neutro 81,4 %, fibra em detergente ácido 54,7% e matéria seca 68,6 % (EMBRAPA, 2018).

As porcentagens de proteína bruta do capim *Panicum Maximum cv. Zuri* segundo Jank et al. (2022), apresentaram valores de 9,1% na estação seca e 11,2% nas águas. A média da digestibilidade in vitro da matéria orgânica foi calculada em 57%. Além disso, a fibra detergente neutra (FDN) variou de 72,3% na estação seca para 75,9% nas águas. Essas variações sazonais são de grande importância na avaliação da composição nutricional da amostra e na formulação de estratégias alimentares para os animais (JANK et al., 2022).

A categoria e o estado fisiológico dos animais, como gestação, lactação ou engorda, influenciam significativamente suas necessidades nutricionais. A qualidade da forragem disponível desempenha um papel crítico nas exigências nutricionais dos animais em sistemas de pastagens, composição e teor de nutrientes da forragem podem variar amplamente, impactando as necessidades de suplementação ou ajustes na dieta dos animais (DA SILVA, 2021).

Os resultados obtidos para as análises bromatológicas das rações constituídas estão sumarizados na tabela 3.

Tabela 3 – Análises bromatológicas das rações utilizadas no fornecimento aos caprinos durante o período experimental

<b>Tratamento</b>	<b>PB (%)</b>	<b>Umidade (%)</b>	<b>Matéria Seca (%)</b>
<i>Controle</i>	17,65	9,2	90,8

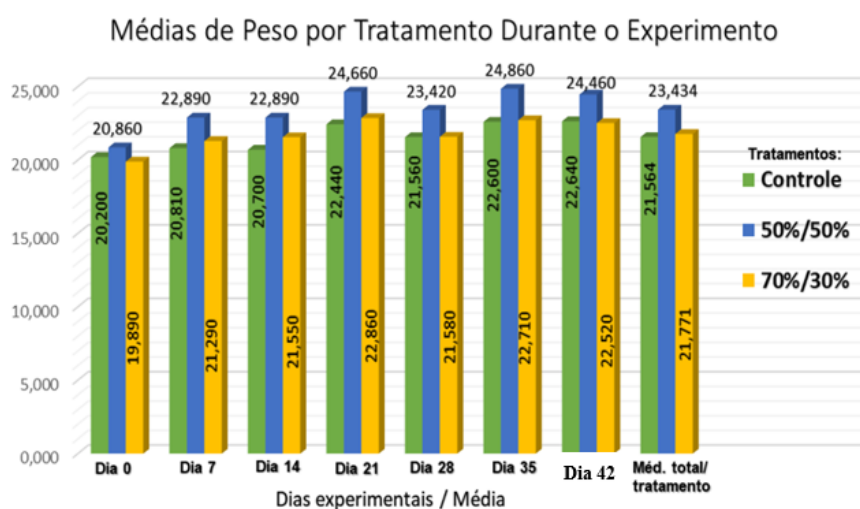
Tratamento	PB (%)	Umidade (%)	Matéria Seca (%)
50%/50%	17,76	9,3	90,7
70%/30%	17,53	9,0	91,0

Fonte: Autoria própria.

Na primeira semana, no dia 0, foi fornecido a ração com base na média do peso dos animais para adaptação ao concentrado fornecido, sendo usado na ração do grupo controle 310 g de ração de milho, soja e trigo; no grupo que recebeu 50% de sabiá e 50% de acácia foi usado 21 g de sabiá, 10 g de acácia e 310 g de ração de milho, soja e trigo; e no grupo da ração com 70% de acácia e 30% de sabiá foi utilizado 14 g de acácia, 12,50 g de sabiá e 310 g de ração de milho, soja e trigo. Essas proporções foram estabelecidas de acordo com o nível de tanino em cada produto utilizado, sendo assim balanceado o nível de consumo diário de tanino para cada animal. Nas semanas seguintes foram estabelecidas as proporções de acordo com o peso de cada animal, regulado em 20 g de sabiá e 10 g de acácia / peso vivo individual na ração do grupo 50%/50%; 20 g de sabiá e 14 g de acácia / peso vivo individual na ração 70%/30%; na ração controle não foi adicionado tanino condensado.

Antes de iniciar o experimento, os animais foram submetidos ao período de adaptação de sete dias, posteriormente foram pesados a cada sete dias para verificar o desempenho zootécnico através do ganho de peso expresso em Kg/Peso vivo. Os resultados obtidos estão apresentados no gráfico 1.

Gráfico 1 - Média do peso dos animais durante os dias de tratamento comparado a média total dos tratamentos



Fonte: Autoria Própria.

Não houve diferença estatística pelo teste de Tukey, para o ganho de peso entre os grupos experimentais durante a pesquisa.

Em comparação aos estudos realizados por Cipriano et al. (2019), avaliando os efeitos da inclusão de taninos condensados do fruto do "casalote" (*Caesalpinia coriaria*) nas dietas de caprinos, observaram que os níveis de taninos condensados utilizados nas dietas afetaram o consumo de matéria seca nos tratamentos, afetando o consumo voluntário dos animais. Por outro lado, os parâmetros de ganho diário de peso e conversão alimentar também não tiveram diferença estatística.

Em estudos realizados com de inclusão de taninos, desempenho e características de carcaça de ovinos recebendo dietas com feno de jurema preta (*Mimosa tenuiflora* (wild.)), não se observou impactos variados no ganho de peso e nem outras variáveis relacionadas ao desempenho dos animais. A inclusão de taninos não teve relação significativa no peso final, o que sugere que o peso corporal dos animais não foi afetado pela presença de taninos na dieta. Da mesma forma, a inclusão de taninos não teve relação significativa com o ganho de peso total dos animais (CALDAS, 2018).

A tabela 4 demonstra os valores de consumo estimado das gramíneas e concentrado consumidos.

Tabela 4 – Média±desvio padrão do consumo estimado do capim Massai, Zuri e do concentrado ingerido pelos caprinos durante o período experimental

<b>Tratamento</b>	<b>Capim Massai (g)</b>	<b>Capim BRS Zuri (g)</b>	<b>Ração (g)</b>
Controle	1345,68 ± 104,2a	1368,37±105,9a	2895,75±224,2a
50%/50%	1440,52 ± 29,8b	1464,81±30,3b	2395,23±62,0b
70%/30%	1384,26 ± 35,8ab	1407,60±36,4ab	2240,93±46,4c

Valores seguidos de letras minúsculas na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p>0,05$ ).

Fonte: Autoria própria.

Houve diferença estatística significativa entre o grupo controle e o grupo 50% de sabiá e 50% de acácia, tanto para o capim massai bem como para o capim zuri. Considerando a ração, houve diferença estatística entre os três grupos experimentais (tabela 4).

Em trabalho que investigou os efeitos da inclusão de taninos na dieta de ovinos em relação ao consumo de matéria seca, digestibilidade de nutrientes, balanço hídrico

e balanço de nitrogênio, o aumento dos níveis de tanino na dieta dos ovinos teve efeitos variados no consumo de nutrientes, com efeitos lineares decrescentes ou quadráticos para várias variáveis, como ingestão de matéria seca (IMS), ingestão de matéria orgânica (IMO), ingestão de carboidratos não fibrosos (ICNF), carboidratos totais (ICHOT), extrato etéreo (IEE), e ingestão de nutrientes digestíveis totais (INDT). Os diferentes níveis de inclusão de taninos na dieta de ovinos podem ter efeitos significativos no consumo de matéria seca e na digestibilidade de nutrientes (CALDAS, 2018).

O uso de alimentos com taninos na dieta dos animais pode ser benéfico quando a dosagem e as fontes de taninos são apropriadas, levando em consideração a espécie e a fisiologia dos animais. Os taninos condensados podem inibir o desenvolvimento de microrganismos, a ação de algumas enzimas e a formação de complexos com proteínas ou enzimas, o que modula a fermentação ruminal. Esses complexos de taninos podem aumentar a eficiência de utilização do nitrogênio na dieta, reduzir a emissão de nitrogênio na urina e aumentar o saldo final de proteína metabolizável (FERREIRA, 2020).

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados das análises bromatológicas e nos dados de ganho de peso obtidos durante o período experimental, podemos concluir que a inclusão de plantas taniníferas, como o sabiá e a acácia, na alimentação dos animais, teve um impacto positivo no ganho de peso.

O grupo que recebeu a ração com a proporção de 50% de sabiá e 50% de acácia apresentou os maiores ganhos de peso ao longo das seis semanas do experimento. Essa dieta parece ter proporcionado um melhor aproveitamento dos nutrientes, resultando em um maior crescimento dos animais.

Por outro lado, o grupo que recebeu a ração com a proporção de 70% de acácia e 30% de sabiá apresentou um desempenho semelhante ao grupo controle, que recebeu uma ração sem adição de plantas taniníferas. Embora alguns animais desse grupo tenham demonstrado um ganho de peso elevado em algumas semanas, a média geral ficou próxima à do grupo controle. É importante ressaltar que, apesar da diferença no ganho de peso entre os grupos, a média do grupo controle se manteve estável ao longo do experimento.

A inclusão de Acácia Negra e Sabiá, apresentou diferença para o consumo estimado dos animais influenciando no ganho de peso dos animais, segundo observado nos resultados do experimento.

Mais pesquisas se fazem necessária para a obtenção de mais dados fortalecendo as evidências sobre o potencial benefício das plantas taniníferas no desempenho dos animais.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão – IFMA, a Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão – FAPEMA e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pelo apoio financeiro e concessão de bolsa de pesquisa.

## REFERÊNCIAS

- AGUIAR, Fabricio. Consumo, digestibilidade, balanço de nitrogênio e de água em ovinos alimentados com dietas contendo níveis crescentes de taninos. *In*: AGUIAR, Fabricio. **Consumo, digestibilidade, balanço de nitrogênio e de água em ovinos alimentados com dietas contendo níveis crescentes de taninos**. 2020. Dissertação (Mestrado) - Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Patos-PB, [S. l.], 2020. p. 55.
- AOAC (Official Methods of Analytical Chemists). **Official Methods of Analytical Chemists**. Association of Official Analytical Chemists International, Gaithersburg, 1993-2020, 2011.
- BEN SALEM, H. Ben *et al.* Effect of the level and frequency of PEG supply on intake, digestion, biochemical and clinical parameters by goats given kermes oak (*Quercus coccifera* L.)-based diets. **ScienceDirect**, [s. l.], v. 56, p. 127-137, 2005.
- BRITO, D. R. B.; COSTA-JÚNIOR, L. M.; GARCIA, J. L.; TORRES-ACOSTA, J. F. J.; LOUVANDINI, H.; CUTRIM-JÚNIOR, J. A. A.; ARAÚJO, J. F. M.; SOARES, E. D. S.; Supplementation with dry Mimosa caesalpinifolia leaves can reduce the *Haemonchus contortus* worm burden of goats. **Veterinary Parasitology**, [s. l.], v. 252, p. 47-51, 2018.
- CALDAS, Ana. **Desempenho e características de carcaça de ovinos recebendo dietas com feno de jurema preta (mimosa tenuiflora (wild.) (poir.) como fonte de tanino**. 2018. 78 p. Dissertação (Mestrado) - - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Patos-PB, 2018.

- CIPRIANO, Moisés *et al.* Comportamiento productivo de caprinos suplementados con diferentes niveles de taninos en fruto de cascalote (*Caesalpinia coriaria* (Jacq.) Willd). **Foro de Estudios sobre Guerrero**, [s. l.], v. 6, p. 745-754, abril 2019.
- COSTA-JÚNIOR, L. m. *et al.* Efeito do tanino da casca de *Acacia mearnsii* (black wattle) sobre a contagem de células somáticas e a produção de leite de cabras Saanen. **Ciência Rural**, [s. l.], v. 44, p. 178-183, 2014.
- DA SILVA, Emanuel. Formulação e Fabricação de Rações Para Ruminantes: Bovinos, Caprinos e Ovinos. *In*: DA SILVA, Emanuel. **Formulação e Fabricação de Rações Para Ruminantes: Bovinos, Caprinos e Ovinos**. Belo Jardim-PE: Instituto Federal de Pernambuco, 2021. v. 1.
- ELGHANDOUR, M. M. M. Y. *et al.* Inclusion of quebracho tannin extract and *Acacia mearnsii* tannin extract in dairy goats diet: effect on feed utilisation and milk quality. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, [s. l.], v. 102, ed. 3, p. 928-936, 2018.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia* Benth.). Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/731102/sabia-mimosa-caesalpiniiifolia-benth-?ano=2003>. Acesso em: 15 de maio de 2022.
- FERREIRA, Jakcelly. **Efeito aditivo do tanino na alimentação animal**. 2020. 33 p. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Zootecnia) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiás, Ceres-GO, 2020.
- HERNÁNDEZ-ORTEGA, M. *et al.* Effect of pomegranate peel tannin inclusion in the diet of dairy goats on milk production and feed efficiency. *Small Ruminant Research*, v. 154, p. 47-53, 2017.
- JANK L. SANTOS M. e BRAGA G. **O Capim-BRS Zuri (*Panicum maximum* Jacq.) na diversificação e intensificação das pastagens**. Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), 2022. Comunicado técnico 163, 46 páginas.
- NRC. **Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids**. 1st ed. National Academy Press, Washington, DC, 2007.
- PATRA, A.K.; SAXENA, J. Exploitation of dietary tannins to improve rumen metabolism and ruminant nutrition. **Journal of Science of Food and Agriculture**, [s. l.], v. 9, p. 24-37, 2011.
- PENNING, P.D.; JONHSON, R.H. The use of internal markers to estimate herbage digestibility and intake: Indigestible acid detergent fibre. **Journal of Agricultural Science**, [s. l.], v. 100, p. 133-138, 1983.

POMPEU R., et al. **Estrutura e composição Químico-bromatológica do cultivar BRS Massai sob épocas de vedação e idades de utilização.** Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), 2018. Comunicado técnico 172, 17 páginas.

VAN SOEST, P.J. Nutritional ecology of the ruminant. **Cornell University Press**, [s. l.], ed. 2, p. 476, 1994.



# CAPÍTULO XXVII

## ANÁLISE GEOAMBIENTAL DO SÍTIO COCOS, GRANJEIRO – CE

### GEOENVIRONMENTAL ANALYSIS OF THE COCOS SITE, GRANJEIRO - CE.

DOI: 10.51859/AMPLA.MAC3468-27

Lucas Melo dos Santos <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Graduado do curso de Geografia. Universidade Regional do Cariri – URCA

#### RESUMO

Os lixões a céu aberto têm ocasionado problemas ambientais a décadas, principalmente devido sua influência negativa em aspectos sanitários e ecológicos. O acúmulo de resíduos sólidos podem gerar substâncias tóxicas que ao serem escoadas pela chuva, chegam a lagos e rios, ocasionando a morte de peixes e prejudicando a fauna e flora do ecossistema que o rodeia. Com isso, essa pesquisa foi desenvolvida com o objetivo de analisar os principais impactos causados pelo lixão municipal da cidade de Granjeiro-CE para com a comunidade local e ao meio ambiente. Essa pesquisa se trata de uma revisão bibliográfica, a partir da plataforma "Google acadêmico", além de estudo cartográfico de mapas e registros fotográficos a partir de dados locais da cidade de Granjeiro. A realização desta pesquisa permitiu uma melhor visualização da realidade de um problema existente na comunidade do sítio Cocos, Granjeiro/CE que, mesmo próximo a população, não é levado a sério. Com a análise realizada foi possível verificar a dimensão do problema causado pelo lixão se encontrar próximo a essa comunidade. Desse modo, foi possível averiguar a falta de cuidados voltados a preservação dos recursos naturais e um descomprometimento de uma boa parte da população, fazendo com que isso só oferte problemas tanto ao meio ambiente quanto a própria comunidade.

**Palavras-chave:** Meio Ambiente. Impactos Ambientais. Descarte de Resíduos Sólidos. Lixões a Céu Aberto.

#### ABSTRACT

Open dumps have caused environmental problems for decades, mainly due to their negative influence on sanitary and ecological aspects. The accumulation of solid waste can generate toxic substances which, when washed away by the rain, reach lakes and rivers, killing fish and damaging the fauna and flora of the surrounding ecosystem. This research was carried out with the aim of analyzing the main impacts caused by the municipal dump in the city of Granjeiro-CE on the local community and the environment. This research is a bibliographic review, based on the "Google Scholar" platform, as well as a cartographic study of maps and photographic records based on local data from the city of Granjeiro. Carrying out this research allowed us to better visualize the reality of an existing problem in the community of Cocos, Granjeiro/CE, which, even though it is close to the population, is not taken seriously. The analysis made it possible to see the scale of the problem caused by the dump being close to this community. In this way, it was possible to ascertain the lack of care taken to preserve natural resources and the lack of commitment on the part of a large part of the population, which only leads to problems for both the environment and the community itself.

**Keywords:** Environment. Environmental Impacts. Solid Waste Disposal. Open Dumps.

## 1. INTRODUÇÃO

Historicamente, desde os primórdios o avanço das civilizações causa problemas ao meio ambiente que estão ligados com a geração de resíduos. E que isso desde a antiguidade com o surgimento das civilizações e das grandes cidades, nascem consigo os problemas sanitários relacionados aos resíduos.

Desta forma, a poluição passou a ser mais abundante a partir da revolução industrial, devido ao crescimento do processo de industrialização e urbanização, sendo essa poluição causadora dos impactos ao meio ambiente. E essa evolução que é responsável pelo agravamento dos problemas envolvendo resíduos em função de elementos tóxicos, artificiais ou sintéticos que podem prejudicar o ambiente. Sendo o homem como o principal opressor desses impactos.

Pode-se dizer que o descarte do lixo vem tornando-se como um dos grandes causadores em relação ao prejuízo e poluição do meio ambiente, e principalmente caso sejam descartados sem nenhum tratamento, podendo afetar o solo e com isso alterando as suas características físico-química, na qual representa uma grande ameaça para a saúde pública, e que acaba sendo um ambiente favorável para o desenvolvimento transmissores e causadores de várias doenças.

Desse modo, essa pesquisa conteve como principal objetivo: analisar os principais impactos causados pelo lixo municipal da cidade de Granjeiro-CE para com a comunidade local e ao meio ambiente. Com isso, foi possível destacar alguns pontos como: os aspectos geoambientais da área de estudo, o uso e a ocupação do solo referente ao sítio Cocos, os impactos geoambientais e suas consequências para a comunidade e o meio ambiente, e possíveis alternativas ambientais que possam amenizar esses impactos que são ocorridos na comunidade.

Entretanto, para a realização desta pesquisa, foi-se necessário o estudo de levantamentos de dados bibliográficos com temas voltados a linha da sustentabilidade, como também um levantamento cartográfico dos mapas da área trabalhada. Sendo que para isso, foi preciso um estudo voltado ao campo com anotações e registros fotográficos.

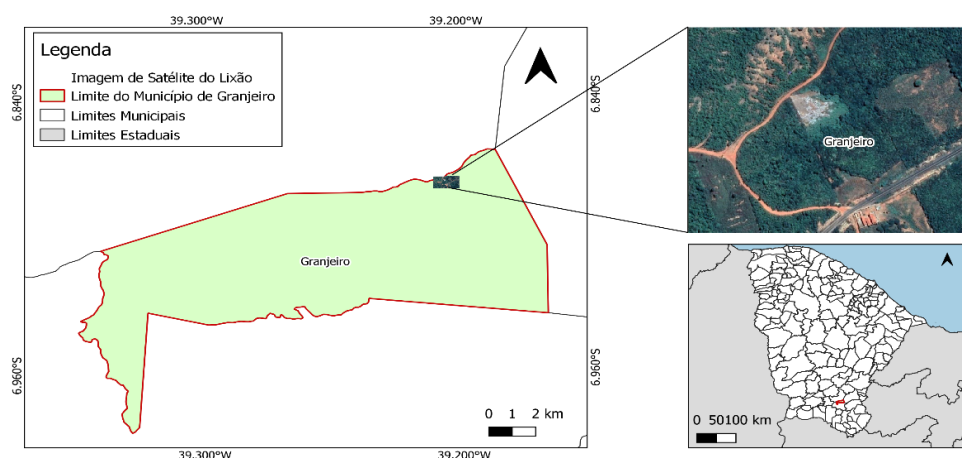
Entende-se que o impacto ambiental é toda aquela alteração em relação à qualidade ambiental que tem como resultado a modificação dos processos naturais que

são provocados pela ação humana. Sendo a partir desta pesquisa abordada no sítio Cocos, Granjeiro-CE, que foi destacado há presença de alguns impactos como: desmatamento, erosão, esgoto e lixo a céu aberto. E pode-se dizer que isso acaba trazendo complicações de modo geral para o meio ambiente e moradores como sérios riscos de saúde, devido aos descuidos ali presentes. Motivo de estarem contribuindo para a destruição da camada de ozônio, mudanças climáticas e poluição. Sendo que no lixo, não há controle ou monitoramento dos resíduos depositados, fazendo com que resíduos domiciliares e comerciais de baixa periculosidade sejam depositados juntamente com os industriais e hospitalares, de alto poder poluidor.

## 2. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA

A área escolhida para o estudo geoambiental se localiza no município de Granjeiro, especificamente na zona rural denominada de sítio Cocos (figura 1). Granjeiro é um município localizado ao sul do estado do Ceará na região Nordeste do Brasil. Se encontrando cerca de 359 km da capital Fortaleza. Contendo como cidades limítrofes, Várzea Alegre, Caririçu e Lavras da Mangabeira, situado a 19 km a Norte-Leste de Caririçu a maior cidade aos arredores. O município estende por uma área de 100,1 km<sup>2</sup>. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) a cidade possui 4.629 habitantes, com população estimada de 4.814 pessoas (2020). Instalado a 350 metros de altitude, Granjeiro possui as seguintes densidades geográficas: latitude: 6° 53' 18" sul (S), longitude: 39° 13' 04" oeste (W). (IPECE,2017).

Figura 1 – Mapa da Localização do lixão do município de Granjeiro-CE



Fonte: autoria própria

### 3. CARACTERIZAÇÃO GEOAMBIENTAL

#### 3.1. GEOLOGIA

Segundo A CPRM – Serviço Geológico do Brasil, empresa vinculada ao Ministério de Minas e Energia, O município de Granjeiro apresenta um quadro geológico simples, observando-se um predomínio de rochas do embasamento cristalino de idade pré-cambriana, representadas por gnaisses, quartzitos e migmatitos diversos. Onde os quartzitos perfazem os Maciços Residuais Cristalinos, enquanto gnaisses compõem a Depressão Sertaneja. Sobre esse substrato, repousam coberturas aluvionares, de idade quaternária, encontradas ao longo dos principais cursos d'água que drenam o município.

#### 3.2. RELEVOS

Segundo A CPRM – Serviço Geológico do Brasil, empresa vinculada ao Ministério de Minas e Energia, o relevo apresenta as formas suaves e pouco dissecadas da Depressão Sertaneja e as formas em colinas e cristas dos maciços residuais. As altitudes variam entre os 200 a 500 metros.

#### 3.3. SOLOS

Em concordância a Fundação Cearense de Metodologia e Recursos Hídricos (FUNCEME,2009) e o Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE), Granjeiro possui características do solo podzólico vermelho amarelo também conhecido como argissolo, que é um tipo de solo bem desenvolvido e drenados, apresentam uma boa capacidade de armazenamento de água. Possui de modo geral, como fator limitante uma baixa fertilidade natural, alta suscetibilidade à erosão quando possui mudança textural abrupta. Sendo esses solos apresentados pelo horizonte do tipo B.

#### 3.4. CLIMA

Segundo a Fundação Cearense de Metodologia e Recursos Hídricos (FUNCEME,2009) e o Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE), a cidade de Granjeiro-CE apresenta um clima entre tropical quente a semiárido brando, clima este caracterizado pela escassez e irregularidade de chuvas. Com temperatura

média de 24° a 26°C, contendo período chuvoso de janeiro a maio, com pluviosidade de 1236,6 MM.

### 3.5. VEGETAÇÃO

De acordo com o Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE), a superfície da cidade de Granjeiro apresenta predominância da vegetação da caatinga arbustiva densa, mais especificamente floresta caducifólia espinhosa, como também a presença de cerrado em alguns locais. Ocorrendo em áreas mais baixas e planas, com árvores de menor porte de até 8 m de altura, associadas a cactáceas como o xique-xique, o facheiro e bromélias como a macambira e o croatá.

### 3.6. HIDROLOGIA

Conforme a CPRM - Serviço Geológico do Brasil, empresa vinculada ao Ministério de Minas e Energia, o município de Granjeiro está totalmente inserido na bacia hidrográfica do Salgado e suas drenagens mais expressivas representam as nascentes do riacho do Meio, um dos principais tributários do rio Salgado, e o riacho Samambaia. Como reservatórios de água superficial pode-se citar os açudes Ingazeira e o Municipal. Sendo por meio do açude municipal que a (CAGECE) realiza o abastecimento da sede municipal, atendendo cerca de 90% da população urbana. Sendo distinguido dois tipos de domínios hidro geológicos como: rochas cristalinas e depósitos aluvionares. Essas rochas cristalinas predominam totalmente na área e representam o que é denominado comumente de “aquífero fissural”. Sendo que basicamente não existe porosidade primária nesse tipo de rocha, dessa forma, água subterrânea é condicionada por uma porosidade secundária representada por fraturas e fendas, o que se traduz por reservatórios aleatórios, descontínuos e de pequena extensão. No caso dos depósitos aluvionares, esses são representados por sedimentos areno-argilosos recentes, que ocorrem margeando próximo aos principais rios e riachos que drenam a região.

## 4. USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

Granjeiro, cidade pequena e com poucos habitantes, porém, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Junco foi o nome primitivo da localidade que com o decreto nº 448, de 20 de dezembro de 1938 passou a se chamar

Granjeiro (figura 2). Era distrito do município de Caririaçu, quando a lei nº 3.963 de primeiro de dezembro de 1957 transformou-o em município com um único distrito.

Em divisão administrativa referente ao ano de 1911, figura no município de São Pedro do Grado o distrito de Junco. Em divisão administrativa referente ao ano de 1933, figura no município de São Pedro o distrito com a denominação de São Pedro do Cariri. Assim permanecendo em divisões territoriais datadas de 31-12-1936 e 31-12-1937. Pelo decreto estadual nº 448, de 20-12-1938, o distrito Junco passou a denominar-se Granjeiro em homenagem a família Granjeiro. No quadro fixado para vigorar no período de 1944-1948, o distrito já denominado Granjeiro figura no município de São Pedro. Pelo decreto-lei estadual nº 114, de 30-12-1943, o município de São Pedro passou a denominar-se Caririaçu. Em divisão territorial datada 01-07-1950, o distrito de Granjeiro, figura no município de Caririaçu ex-São Pedro. Assim permanecendo em divisão territorial datada de 01-07-1955. Elevado à categoria de município com a denominação de Granjeiro, pela lei estadual nº 3.963, de 10-12-1957, desmembra do Caririaçu. Sede no antigo distrito de Granjeiro. Constituído do distrito sede. Instalado em 09-12-1958. Em divisão territorial datada de 01-07-1960, o município é constituído do distrito sede. Assim permanecendo em divisão territorial datada de 2005.

**Figura 2** - Granjeiro, CE – 1984



**Fonte:** IBGE

Dentre os sítios integrantes do município de Granjeiro-CE, o sítio cocos também apresenta as mesmas características de uso e ocupação do solo, sendo através de: desmatamento para agricultura, construção de casas, estradas, esgotos a céu aberto e

servindo até mesmo para o descarte do lixo. Contendo como diferencial entre os demais, é que o lixão municipal se encontra localizado próximo ao sítio Cocos, sendo um dos principais degradadores do solo. Como consequência tornando- os improdutivos e afetando a qualidade de vida da comunidade em volta.

## 5. IMPACTOS GEOAMBIENTAIS

De acordo com o estudo realizado sobre os impactos geoambientais que se encontram presentes na comunidade do sítio Cocos, Granjeiro-CE e com base em registros de dados que foram coletados, pode-se destacar os seguintes impactos: Desmatamento, erosão, esgoto a céu aberto e o principal dessa pesquisa o lixão municipal.

### 5.1. DESMATAMENTO

O desmatamento é visto como um dos mais graves problemas ambientais que vem sendo causados. Segundo Arraes, Mariano e Simonasse (2012), ao longo da história, indivíduos vem sempre se beneficiando da remoção da vegetação para o uso de diversas fontes. Nesse caso, o desmatamento (figura 3) que é promovido pelos moradores da comunidade do Sítio Cocos, está tornando-se cada vez mais evidente, com a retirada das árvores para dar lugar a agricultura com o cultivo da plantação, construções de moradia e até mesmo para a produção de asfaltos. Neste viés, o desmatamento contribui para a perda da biodiversidade, tanto da fauna como da flora, a degradação do solo, aquecimento global- Pois é evidente na comunidade que após a derrubada da fauna, agricultores fazem queimadas para realizar o plantio, assim através desses gases que são emitidos, resultam colaborando na realização do aceleração do efeito estufa.



Figura 3 – Desmatamento



Fonte: autoria própria

## 5.2. EROSÃO

A degradação do solo ocasionada pela erosão (figura 4) promove inúmeras alterações, sejam em ambientes urbanos, como rurais, gerando consequências de ordem socioambiental para as populações afetadas por essa dinâmica. Guerra e Mendonça (2004), dizem que a erosão é um processo nas quais partículas do solo são desprendidas e arrastadas. Essa degradação do solo quando ocasionada de forma natural, é lenta, comparado quando induzida pelo homem.

As causas desse processo erosivo são várias, de forma natural pode ser causado pelos ventos e chuva, processo este que levariam centenas de anos para removerem grandes quantidades do solo. Guerra e Mendonça (2004), afirmam que o mal-uso do solo pelo homem aceleram os processos erosivos. E isso se dá com a intensa atividade agropecuária, desmatamento, indústrias, etc. No caso do sítio Cocos, onde não tem atividades urbanísticas, a agropecuária, e principalmente o desmatamento, são os principais causadores. Ainda, Guerra e Mendonça (2004), afirmam que a perda dessa cobertura vegetal, ou seja, matas ciliares e vegetação como um todo, o solo está submetido à erosão e a chuva ao cair terá mais facilidade em arrastar as partículas e nutrientes do solo, ocorrendo uma erosão laminar e com passar do tempo, ravinas e voçorocas vão se formando, assim perdendo a camada superficial do solo.

Figura 4: Erosão



Fonte: autoria própria

### 5.3. ESGOTO A CÉU ABERTO

De acordo com a organização mundial da saúde (OMS), o saneamento básico é de vital importância para garantir não só o bem-estar do homem, como preservar o meio ambiente. Pois serve como controle de todos fatores que podem apresentar nocividade para o bem-estar físico, mental e social. Em outras palavras, configura-se como um conjunto de ações socioeconômicas que buscas alcançar a salubridade ambiental.

Dentre os fatores ocasionados pelo homem que se configura como nocivo, que está mais presente na comunidade já citada, é o sistema de esgotos, e o lixo, que será citado posteriormente. O sistema de esgotos segundo Leal (2008), é o conjunto de instalações que coleta, transporta, afasta e trata as águas que vem das residências, de forma adequada. De forma simples, é afastar a possibilidade de contato de dejetos dos seres humanos, com águas de abastecimento, ou de impedir a possibilidade da manifestação de vetores de doenças. Entretanto, isso não se ocorre a comunidade, visto que em muitas casas, a água que vem das pias e chuveiros, tem destino final as estradas, assim criando alagamentos, infestação de mosquitos, e cheiro desagradável.

Figura 5 - Esgoto a céu aberto



Fonte: autoria própria

#### 5.4. LIXÃO

O lixo segundo Ribeiro e Rooke (2010, p.11) é “o conjunto de resíduos sólidos resultantes da atividade humana. Ele é constituído de substâncias putrescíveis, combustíveis e incombustíveis. O lixo tem que ser bem acondicionado para facilitar sua remoção”.

A comunidade do sítio Cocos, é palco de um dos maiores causadores de impactos ambientais, o lixão (figura 6). Este lixão provindo da cidade de Granjeiro- CE, e é disposto de forma inadequada que segundo Ribeiro e Rooke (2010), quando o lixo é disposto de forma errada, como em lixões a céu aberto, problemas ambientais aparecem.

Alguns problemas que são ocasionados por lixões são doenças, pois o mesmo, atraem animais que acabam sendo vetores de doenças, afetando principalmente pessoas que vivem da catação, poluição do ar, poluição do solo, e das águas superficiais e subterrâneas.

Figura 6 - Lixão municipal da cidade de Granjeiro-CE



Fonte: autoria própria

## 6. ALTERNATIVAS GEOAMBIENTAIS

Nesta seção será apresentado possíveis alternativas geoambientais para os impactos citados no tópico 6.

### 6.1. REFLORESTAMENTO

O desmatamento é muito frequente na comunidade sítio Cocos, que oriunda na grande maioria por moradores locais para à agricultura. Uma alternativa para mudar este cenário é o reflorestamento. Trata-se então da recuperação natural ou intencional de matas e vegetações que foram desmatadas, resultando na melhora na qualidade de vida da população e do meio ambiente.

Esse reflorestamento pode se dá de duas formas: heterogênea- cujo objetivo é recuperação das áreas degradadas e melhoria em funções ecológicas, e homogênea- que pode ser utilizada para fins econômicos (SCARPINELLA, 2002).

### 6.2. COMBATE AO PROCESSO EROSIVO

Como apontado anteriormente, o processo erosivo se dá a partir das chuvas que transportam segmentos, e que na maior parte, esse processo é acelerado com ação humana. A solução para esse problema está entrelaçada com o desmatamento, pois, como apontado, a derrubada da mata ciliar proporciona que ações da água e vento não sejam interrompidas. Nesta perspectiva, o reflorestamento de plantas de espécie nativa contribui para impedir a passagem de enxurradas favorecendo a diminuição da ação de escoamentos superficiais e subsuperficiais.

Outra estratégia sustentável para impedir o processo erosivo, a exemplo das voçorocas, é uma espécie de paliçadas, uma barreira defensiva que pode ser construída com material de baixo custo como bambu, conseqüentemente retendo os sedimentos e diminuindo a erosão.

### 6.3. SANEAMENTO BÁSICO

Invés do que muitos pensam, o saneamento não consiste em coleta e tratamento de água e esgoto, mas engloba vários outros serviços. Para o Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB), caracteriza-se o saneamento básico como “o conjunto



de serviços, infraestrutura, abastecimento e tratamento da água das casas e drenagem das águas da chuva, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos.

Neste viés, uma solução para o problema dos esgotos domésticos a céu aberto é a coleta e tratamento. Esse processo é importante para evitar doenças e mosquitos, afastando o esgoto da comunidade, como também evitar a poluição de rios, açudes, prejudicando a vida aquática e terrestre.

O processo é simples: O esgoto é levado para as estações de tratamento de esgoto (ETE), que realizam a canalização do material, na qual os procedimentos seria deixa-lo livre de resíduos sólidos e micro-organismos, que após a realização dessas etapas, pode retornar para a natureza de forma limpa.

Enquanto ao manejo das águas pluviais, a Lei Nº 11.445/2007, diz que “o conjunto de atividades, infraestrutura e instalações operacionais de drenagem urbana de águas pluviais, do transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, do tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas associadas às ações de planejamento e de gestão da ocupação do espaço territorial urbano”. Em outras palavras, para evitar alagamentos, inundações, é realizado o transporte da água da chuva a partir de galarias pluviais. Mas para funcionar de maneira correta, é necessária conscientização da população frente ao descarte do lixo, pois o acúmulo de lixo entope as galarias pluviais, impedindo o transporte d’água da chuva.

#### 6.4. ATERROS SANITÁRIOS

O lixo é apontado como um dos principais vilões para a degradação do meio ambiente. O ser humano todos os dias descartam resíduos sólidos que condicionam para a formação de lixões. Para isso é necessária uma forma que o lixo seja bem condicionado para facilitar sua remoção. Medidas técnicas devem ser adotadas, e quanto a melhor adequação for o tratamento final da disposição do lixo, menores os impactos para a saúde do ambiente e da população. Algumas soluções apontadas são: aterros controlados e aterros sanitários.

Os aterros controlados, consiste no recobrimento diário do lixo com terra. O que pode minimizar os problemas sanitários, diminuindo os impactos da saúde da população (RIBEIRO E ROOKE 2010). Entretanto, os problemas ambientais continuam, pois, o lixo aterrado compromete as águas subterrâneas e superficiais, devido a não

impermeabilização do lixo, e os líquidos resultados da decomposição do lixo. Entre outros problemas ao ambiente enquanto a esse processo está a poluição da atmosfera, devido os gases emitidos.

O aterro sanitário é uma medida avançada do aterro controlado, que provinha das tecnologias da engenharia sanitária. Os problemas apontados que ficam após a implementação de sistemas anteriores como lixão a céu aberto, aterros controlados, aqui são minimizados. Os resíduos sólidos têm uma melhor disposição final, pois nos aterros sanitários são implementadas mantas sintéticas impermeáveis e de alta resistência, assim diminuindo os riscos a contaminação das águas subterrâneas e superficiais. Ao que se refere aos líquidos percolados da decomposição, também é impedida por essa manta sintética, o que coloca o aterro sanitário como um dos melhores sistemas para a disposição final do lixo (RIBEIRO E ROOKE 2010).

Como mostrado anteriormente, a incorporação de tecnologias da engenharia sanitária minimiza problemas ambientais e de saúde, porém não os eliminam. Neste viés, é necessárias políticas públicas direcionadas ao padrão de consumo e diminuição da produção de resíduos sólidos, e incentivando à coleta seletiva e reciclagem.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante as observações e coletas de dados realizados no sítio Cocos, Granjeiro-CE, foi possível detectar os tipos de impactos geoambientais que são ocorridos nesta comunidade. Podendo apontar esses impactos que foram mencionados como os principais opressores que geram graves problemas na saúde humana e ao meio ambiente. Pode-se constatar que os objetivos que foram estabelecidos para a realização deste relatório foram alcançados. Onde neste relatório foi trago uma visão geral acerca do sítio Cocos, desde sua caracterização ambiental que mostra o quão diversificado é a conjuntura ambiental dessa área. Visto também o quão a pesquisa é importante não só para uma melhor análise e compreensão da área estudada, mas também para o levantamento de problemáticas e suas soluções.

## REFERENCIAS

- Arraes, Ronaldo de Albuquerque e, Mariano, Francisca Zilania e Simonassi, Andrei Gomes. Causas do desmatamento no Brasil e seu ordenamento no contexto mundial. *Revista de Economia e Sociologia*. 2012, v. 50, n. 1 [Acessado 31 maio 2021] , pp. 119-140. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0103-20032012000100007>>.
- GUERRA, A.J.T. e MENDONÇA, J.K.S. (2004). Erosão dos Solos e a Questão Ambiental. In: *Reflexões sobre a Geografia Física*. Rio de Janeiro. P. 225-280.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística | v. 4.6.2 2017.
- CPRM – Serviço Geológico do Brasil Diretoria de Hidrologia e Gestão Territorial Residência de Fortaleza. Programa de recenseamento de fontes de abastecimento por água subterrânea no estado do Ceará: DIAGNÓSTICO DO MUNICÍPIO DE GRANJEIRO. Fortaleza. 1998.
- LEAL, F. C. T. Juiz de Fora. 2008. Sistemas de saneamento ambiental. Faculdade de Engenharia da UFJF. Departamento de Hidráulica e Saneamento. Curso de Especialização em análise Ambiental. 4 ed. 2008. Notas de Aula.
- PMSB- Plano Municipal de Saneamento Básico de Granjeiro- Ce. 2012. Disponível em: [http://aprece.org.br/wp-content/uploads/2019/11/aprece-associacao-dos-municipios-do-estado-do-ceara\\_pmsb-granjeiro.pdf](http://aprece.org.br/wp-content/uploads/2019/11/aprece-associacao-dos-municipios-do-estado-do-ceara_pmsb-granjeiro.pdf). Acesso em: 26 maio 2021.
- RIBEIRO, J. W. ROOKE, J. M. S. Saneamento básico e sua relação com o meio ambiente e a saúde pública. Universidade federal de Juiz de Fora. 2010.
- SCARPINELLA, Gustavo D'Almeida. Reflorestamento do Brasil e o protocolo de Quioto. 2002. 182 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestre em Energia, Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002. Cap. 1. Disponível em: [https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/86/86131/tde-12042010-112054/publico/Gustavo\\_Scarpinella.pdf](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/86/86131/tde-12042010-112054/publico/Gustavo_Scarpinella.pdf). Acesso em: 02 jun. 2021.
- VIANA, C.M.P. SOUSA, F.J. LIMA, K.A. NASCIMENTO, M.M.S. Perfil básico municipal: Granjeiro. Instituto de pesquisa e estratégia econômica do Ceará (IPECE). Fortaleza. 2009.



# CAPÍTULO XXVIII

## AGRICULTURA REGENERATIVA: PILARES E APLICAÇÕES

### REGENERATIVE AGRICULTURE: PILLARS AND APPLICATIONS

DOI: 10.51859/AMPLA.MAC3468-28

Ana Paula de Freitas <sup>1</sup>  
 Adriana Rodolfo da Costa <sup>2</sup>  
 Patrícia Costa Silva <sup>2</sup>  
 Eliana Paula Fernandes Brasil <sup>3</sup>  
 Joyce Vicente do Nascimento <sup>4</sup>  
 Amanda de Brito Silva <sup>5</sup>  
 Josué Gomes Delmond <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Engenheira Agrônoma pela UNIFIMES, Especialista em Gestão Estratégica dos Agronegócios e suas Tecnologias pela Universidade Estadual de Goiás, UnU Santa Helena.

<sup>2</sup> Professor (a) do Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Goiás, UnU Santa Helena.

<sup>3</sup> Professora Adjunto do Departamento de Solos, Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás.

<sup>4</sup> Cientista Ambiental pela UFG, Mestranda em Ciências Ambientais, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, UFG.

<sup>5</sup> Graduanda em Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Goiás, UnU Santa Helena

#### RESUMO

A palavra regenerativa vem de regenerar, reformar, reorganizar, renovar, logo a agricultura regenerativa é uma prática de manejos adotados visando o equilíbrio ambiental. A presente pesquisa objetivou realizar uma revisão bibliográfica acerca dos princípios básicos da agricultura regenerativa, assim como suas aplicações em diferentes práticas de manejo agropecuário. O objetivo da agricultura regenerativa é produzir alimentos mais sustentáveis, isto é, não causar alterações no sistema, ou seja, com menor impacto ambiental e com os custos de produção mais viáveis. Isso acontece porque o ambiente contribui de forma sustentável para alavancar a produtividade, mediante a presença de microrganismos capazes de transformar a natureza. E é com essa finalidade de cuidar da biodiversidade do solo que os manejos como Sistema de Plantio Direto, sucessão de culturas, sistemas integrados de produção são utilizados na agricultura regenerativa como princípios

fundamentais. Através da revisão bibliográfica notou-se um aumento no uso da agricultura regenerativa para a produção de alimentos no mundo, e revelou que com a adoção de manejos mais sustentáveis os custos de produção diminuíram ao longo das safras. Esse conjunto de ações tem aumentado potencialmente a produtividade de muitas propriedades rurais.

**Palavras-chave:** sistemas agrícolas. manejo do solo. biodiversidade. regenerar.

#### ABSTRACT

The word regenerative comes from regenerate, reform, rearrange, renew. Regenerative agriculture is a management practice adopted for an agriculture developed in environmental balance. This research aimed to carry out a bibliographic review about the basic principles of regenerative agriculture, as well as its applications in different practices of agricultural management. The objective of regenerative agriculture is to produce more sustainable food,

that is, not to cause changes in the system, that is, with less environmental impact and more viable production costs. This happens because the environment itself works in favor of productivity. The environment is composed of microorganisms capable of transforming waste into nutrients needed to increase agricultural productivity. And it is with this purpose of taking care of soil biodiversity that management practices such as direct planting, crop succession, integrated production systems use regenerative agriculture as a fundamental

principle. Through the bibliographic review, this work noted an increase in the use of regenerative agriculture for food production in the world and revealed that with the adoption of more sustainable managements, production costs decreased throughout the harvests. This set of actions has potentially increased the productivity of many rural properties.

**Keywords:** agricultural system. soil management. Biodiversity. regenerate.

## 1. INTRODUÇÃO

Segundo a Fao (2021), o Brasil está entre os três maiores produtores de alimentos do mundo, ocupando segundo a agência, a liderança na produção mundial de soja, commodity de suma importância para a economia brasileira. Porém, é verdadeiro que o país é um dos maiores consumidores de defensivos químicos no mundo, o que torna primordial a inserção de manejos mais sustentáveis na rotina das propriedades agrícolas, visando obter maior eficiência produtiva e sustentável.

Tendo-se em vista que cerca de um terço do produtor interno bruto (PIB) brasileiro é proveniente do agronegócio (CEPEA-ESALQ, 2023), e que os efeitos das mudanças climáticas sobre a produtividade e o potencial de sequestro de carbono já são fatores decisivos para a agricultura a longo prazo (LOBATO, 2019), vários produtores têm-se preocupado nos últimos anos em produzir mais alimentos com menor impacto ambiental. Utilizar agricultura mais limpa, mais sustentável está sendo o grande desafio para produtores e pesquisadores. E isso tem levado cada vez mais a sério, trazendo muitos resultados de pesquisas gratificantes.

A agricultura regenerativa que é uma prática, uma forma de produzir alimentos regenerando o solo que foi degradado ao longo dos anos. É um manejo que visa a reconstrução da matéria orgânica do solo, recuperando a microbiota dos solos, a preocupação com o sequestro de carbono pelo solo, a redução da emissão dos gases do efeito estufa, além do manejo preocupado com a qualidade das águas e da biodiversidade do ecossistema/bioma, e a questão do socioeconômica do meio agrícola rural, promove a forma de trabalho e remunerações mais dignas (MACHADO; RHODEN, 2022).

A agricultura regenerativa de acordo com Robert Rodale “é abordagem holística da agricultura baseada nos princípios da agricultura orgânica combinados com práticas de saúde do solo e gestão da terra que imitam a natureza” (RODALE INSTITUTE, 2014). Na sua visão abrangente de sustentabilidade, esta modalidade de agricultura oferece uma série de outros benefícios aos sistemas de culturas agrícolas e ao ambiente, tais como: 1. melhor utilização da terra, dependendo da adequação dos mesmos; 2. reabilitação de áreas degradadas; 3. utilizar insumos orgânicos; 4. valorizar e otimizar os recursos naturais e os microrganismos do solo; 5. apoio para reverter as alterações climáticas. Estas são algumas das muitas vantagens deste sistema de produção.

A fim de se compreender os princípios e aplicações da agricultura regenerativa, este trabalho foi realizado a partir de um levantamento de revisão bibliográfica, abordando o tema com o intuito de expor que está condução na agricultura vem sendo cada dia mais explorada e aplicada pelos produtores rurais, independentemente do tamanho da propriedade, de modo a produzir alimentos mais saudáveis, com menor impacto ambiental, custos de produção reduzidos de maneiras sustentáveis.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. O QUE É AGRICULTURA REGENERATIVA?

O termo agricultura regenerativa foi criado na década de 80 por Robert Rodale (fundador do Instituto Rodale), com o objetivo de melhorar a qualidade dos solos utilizando técnicas orgânicas. Segundo Rodale Institute (2014), a agricultura regenerativa melhora os recursos ao invés de destruí-los ou esgotá-los, incentivando a inovação contínua na lavoura, com foco no bem-estar ambiental, social e econômico.

A regeneração de acordo com o dicionário quer dizer “construir novamente; desenvolver ou realizar algo outra vez: esse tratamento regenera os tecidos; as células regeneraram-se”. Em outras palavras, sustentabilidade tem como objetivo neutralizar o impacto gerado no passado, enquanto a regeneração maximiza impacto positivo. Trata-se de um sistema agrícola que trabalha em harmonia com a natureza para melhorar a qualidade de vida de cada criatura envolvida.

A agricultura regenerativa é descrita por Rhodes (2017) como um processo que melhora a saúde do solo e restaura um ambiente altamente degradado, contribuindo

para sua produtividade. Dessa forma, evita-se o esgotamento de recursos naturais (solo e água), criando um ambiente sustentável para o cultivo de alimentos. A Regeneração prioriza a saúde do solo e, simultaneamente, abrange altos padrões de bem-estar animal e justiça do trabalhador (RODALE INSTITUTE, 2014).

Conforme Miatton; Karner (2020):

“A agricultura regenerativa visa abordar os aspectos ambientais e socioeconômicos, redesenhando os sistemas humanos para eficiência da produtividade mediante manejos que promovam qualidade do meio ambiente e abundância de produção agrícola. Esta prática aborda uma série de manejos como Sistema de Plantio Direto, sucessão de culturas, sistemas integrados de produção as quais, em conjunto com movimentos sociais, estão sendo desenvolvidas na América Latina”

Esse tipo de agricultura vai além do cultivo sustentável e do orgânico, ela emprega manejos que protegem e restauram o ecossistema. Busca diminuir o uso de fertilizantes minerais tradicionais e defensivos químicos e se emprega a rotatividade das culturas, visando o aumento da biodiversidade e da captura de carbono pelo solo. Essa agricultura evidencia os microrganismos presentes no solo, reestabelecendo e ampliando a microbiota ajudando a promover a manutenção do equilíbrio no sistema. Ainda de acordo com Rhodes (2017) a agricultura regenerativa tem sido proposta como um meio alternativo de produzir alimentos que podem ter impactos ambientais e/ou sociais mais baixos – ou mesmo positivos. Esta modalidade de manejo traz uma abordagem para a agricultura que constrói a saúde do solo apoiando a biodiversidade acima e abaixo solo para devolver carbono e nutrientes ao solo (MOYER et al., 2020).

Rhodes (2017) afirmou que “a agricultura regenerativa tem em seu núcleo a intenção de melhorar a saúde do solo ou restaurar o solo altamente degradado, o que aumenta simbioticamente a qualidade da água, vegetação e produtividade da terra”. O sequestro de carbono pelo solo é uma das principais chaves para combater o aquecimento global. A melhoria dessas “funções do solo” levaria a rendimentos maiores e mais estáveis globalmente, salvaguardando assim, a segurança alimentar global e a adaptação da produção agrícola global às mudanças climáticas (LAL, 2004. p. 1623).

Em 1987, Robert Rodale publicou a obra “Por que a agricultura regenerativa tem um futuro brilhante”, na qual levantou a possibilidade de integrar os processos de regeneração do ecossistema nas práticas agrícolas. Na época, o autor tinha uma visão

otimista do futuro da agricultura, esperando que a adoção de práticas regenerativas se tornasse a norma. Um elemento fundamental da abordagem de Rodale é a democratização da informação, elemento necessário para empoderar os produtores e desvinculá-los da imposição do conhecimento hegemônico da revolução verde. Trinta anos depois, o processo de transformação continua e o agronegócio parece mais forte do que nunca (MOYER *et al.*, 2020).

O fato de essas abordagens serem pouco pesquisadas pela academia chama a atenção e convida à reflexão sobre as motivações de quem pesquisa, e as dinâmicas estabelecidas pelos agentes de difusão de cada um dos modelos abrangidos pela agricultura regenerativa. Talvez não seja por acaso que os movimentos que ganham interesse são aqueles que conseguem posicionar no mercado ou estabelecer discursos altamente politizados. Ambos representam códigos hegemônicos além do nível de confronto. Essa nova forma de agricultura baseada na regeneração parece representar uma mudança radical (raiz) na relação da humanidade com a natureza. Sem dúvida, requer um olhar mais atento e detalhado para determinar se representa algo além do visível ou é simplesmente mais uma variante, limitada a alguns (GILLER *et al.*, 2021).

A agricultura baseada na regeneração do sistema produtivo parece fornecer novos elementos para a integração das práticas agrícolas. Bases para o planejamento consciente da produção de alimentos, a partir de padrões naturais e não de padrões industriais. A gestão holística permite a tomada de decisão orgânica desde o planejamento até a execução, respeitando a natureza e levando em conta os aspectos motivacionais daqueles (RODALE INSTITUTE, 2014). Essa nova prática de agricultura é uma transformação na gestão agrícola para reverter as mudanças climáticas por meio de práticas que restauram solos degradados. Ao reconstruir a matéria orgânica do solo e a biodiversidade do solo, o sequestro de carbono pelo solo será consideravelmente alto, melhorando a fertilidade do solo e o ciclo da água (MIATTON; KARNER, 2020).

## 2.2. CINCO PRINCÍPIOS DA AGRICULTURA REGENERATIVA

### 2.2.1. Solos

A agricultura regenerativa parte de um simples lema: ao se aumentar e melhorar a capacidade de produção dos ecossistemas a partir da regeneração do solo, consegue-

se maior infiltração e retenção de água, e aumento da biodiversidade, replicando, desta forma, o processo de sucessão natural, pois o foco principal são as práticas produtivas (MERFIELD, 2019 apud MIATTON; KARNER, 2020).

Especificamente, a agricultura regenerativa é uma prática que busca entendimento integral dos eventos administrados pela natureza, que aproveita o poder da fotossíntese nas plantas para fechar o ciclo do carbono construindo um solo saudável, aumentando a resiliência das culturas e distribuição de nutrientes. Melhora o solo, principalmente por meio de práticas que aumentam a matéria orgânica do solo. Isso não só ajuda a aumentar a diversidade e a saúde da biota do solo, mas também a biodiversidade tanto acima e abaixo da superfície do solo. Ao mesmo tempo em que melhora a capacidade de retenção de água e o sequestro de carbono em maiores profundidades do solo, reduzindo assim os níveis de poluição atmosférica por CO<sub>2</sub> e melhorando a estruturação do solo para que este se regenere e volte a ser natural (LASALLE; DALEY, 2017).

Ronnie Cummins, chefe da Associação de Consumidores Orgânicos cita no comunicado divulgado para imprensa em junho de 2017 que “A agricultura regenerativa complementa o movimento global a uma alimentação mais saudável. A comida orgânica mantém pessoas saudáveis a agricultura regenerativa mantém o planeta saudável”.

De acordo com Tim LaSalle, PhD, ex-chefe da Rodale Instituto e codiretor da Agricultura Regenerativa Iniciativa da California State University Chico: “essa prática mantém os ciclos naturais saudáveis – como água e carbono – para que a terra possa continuar a produzir alimentos e manter carbono e o clima em equilíbrio”. Uso de práticas regenerativas como plantas de cobertura, rotação de culturas e lavoura de conservação. Constrói matéria orgânica e promove a biodiversidade sem insumos sintéticos (CRUVINEL *et al.*, 2022). Os cuidados com o solo é um aspecto importante para a regeneração da natureza, pois as práticas adotadas recuperaram os solos empobrecidos e garantem o bom uso dos mesmos (RHODES, 2017; BURGUESS, 2019 apud GILLER *et al.*, 2021).

No caso da regeneração de um solo empobrecido, os procedimentos possuem o objetivo de disponibilizar água, alimento e ar, podendo torná-lo apto para o plantio. Em

solos agrícolas erodidos, por sua vez, é preciso recolocar o seu teor em nutrientes, que vão auxiliar o seu processo de regeneração (GILLER *et al.*, 2021).

De acordo com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2022), a prática da agricultura regenerativa nos diferentes sistemas de produção pode auxiliar a reverter as mudanças climáticas. Pois, algumas práticas de manejo, como aração do solo para a semeadura pode resultar na emissão do carbono armazenado. Na atmosfera, esse elemento se combina com o oxigênio para formar dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), um dos principais gases de efeito estufa.

Manter uma raiz viva no solo o tempo todo, como prevê a agricultura regenerativa, ajuda a fazer o ciclo de nutrientes sem retirar o carbono armazenado, ou seja, estoca-se carbono no solo. Enquanto isso, o uso de matéria orgânica aumenta a variedade de micro-organismos presentes na terra, que alimentam as plantas e ajudam a gerenciar pragas. O plantio consorciado, isto é, o cultivo de mais de uma espécie no mesmo espaço, também é uma técnica importante na agricultura regenerativa. Essas práticas agrícolas podem ajudar a restaurar o equilíbrio natural de solos saudáveis (SAVORY, 1998, apud MACHADO; RHODEN, 2022).

O solo é a base da produção agropecuária sem ele não há produção de larga escala. Seus organismos vivos fazem a decomposição da matéria orgânica e ajudam a liberar nutrientes essenciais para as plantas, ele necessita de manejo que restaura a microbiota, tornando saudável e fértil para as plantas.

A fertilidade do solo é aumentada por meio da atuação da biológica presente no solo em sistemas regenerativos através da aplicação de culturas de cobertura, rotação de culturas, composto e estrume animal, que restauram os nutrientes essenciais para planta/solo para promover a liberação, transferência, e ciclagem de nutrientes essenciais dos solos (SAVORY, 1998, apud MACHADO; RHODEN, 2022).

Fertilizantes artificiais e sintéticos criaram desequilíbrios na estrutura e função dos microrganismos comunidades em solos, contornando a aquisição biológica natural de nutrientes para as plantas, criando um agroecossistema dependente e mais fraco, plantas menos resistentes (GILLER *et al.*, 2021). A aplicação de produtos sintéticos e fertilizantes artificiais contribuem para um custo de produção e degradação maiores que o necessário, degradando as comunidades microbianas do solo, e os inimigos naturais



das pragas e ainda promovendo uma decomposição acelerada da matéria orgânica do solo (MPANGA, 2021, apud MACHADO; RHODEN, 2022).

### 2.2.2. Água

A água é um recurso essencial para a sobrevivência dos seres vivos. As práticas do sistema regenerativo aumentam a retenção e a percolação de água no solo, e melhora a sua qualidade e disponibilidade, diminuindo a necessidade de pivôs e irrigações, e protegendo os mananciais (MPANGA, 2021, apud MACHADO; RHODEN, 2022).

O uso de fertilizantes e defensivos químicos de forma mais consciente e precisa, e o manejo correto da matéria orgânica no solo auxiliam no processo de manutenção da umidade no solo, criando um microclima favorável para o crescimento das culturas. E diminuindo de maneira significativa a contaminação dos rios, lagos e lençol freático (NEVES *et al.*, 2023).

### 2.2.3. Meio ambiente

Agricultura regenerativa pode sequestrar carbono da atmosfera. Se forem aplicadas práticas regenerativas, pode-se reverter as mudanças climáticas e cultivar alimentos mais saudáveis. Ao ser cultivado alimentos utilizando métodos regenerativos, seremos capazes de sequestrar mais de 100% das emissões anuais de dióxido de carbono em todo o mundo (MOINET *et al.*, 2023).

De acordo com um estudo feito pelo Instituto Rodale, os benefícios da agricultura regenerativa para o meio ambiente são enormes. Com rotações mais longas e complexas, incluindo culturas de cobertura, plantas perenes, e árvores, certifique-se de que haja diversas raízes vivas no solo para maior parte do ano possível - um princípio importante para agricultura regenerativa. Reintroduzindo gado altamente manejado, retendo os resíduos da colheita, reduzindo a lavoura e adicionando compostos ou inoculantes microbianos podem ampliar ainda mais a saúde do solo.

Essas práticas sinérgicas se combinam para formar sistemas regenerativos que promovem a biodiversidade acima e abaixo do solo. As práticas que tornam um sistema apropriado para qualquer fazenda são diferentes, mas o menu de práticas regenerativas é amplo e fundamentado o suficiente agora, que cada fazenda pode implementar

algumas mudanças de gestão que ajudam a mover a agricultura de um problema de crise, a parte da solução. Como um dos princípios dos sistemas regenerativos tem-se o meio-ambiente, uma vez que suas condições desenham o cenário em que qualquer prática produtiva seja desenvolvida. Se cuidamos de forma zelosa da natureza com os cuidados de reflorestar as áreas desmatadas; acumular matéria orgânica no solo; restaurar as pastagens; conseqüentemente a natureza mesma vai se encarregar de sequestrar e armazenar carbono (MOYER *et al.*, 2020).

#### 2.2.4. Biodiversidade

“A biodiversidade consiste na variedade de plantas, animais, microrganismos e o ecossistemas que estão inseridos” (PADOVAN *et al.*, 2019). Os microrganismos são responsáveis por promover um ciclo de simbiose e disponibilizar os nutrientes que já estão no solo para as plantas. Além disso, dentro do contexto da agricultura regenerativa, os biofertilizantes são produzidos de maneira sustentável

O sistema da regeneração é a transformação da matéria orgânica no solo em nutrientes essenciais, compensando os danos causados pela atividade extrativista do passado e dedicando os recursos para restaurar o meio ambiente tão importante para a produção e a vida dos seres. O uso da diversificação nas culturas integrando vários sistemas de produção em uma mesma área. Pode utilizar como por exemplo o cultivo da agrofloresta, do silvipastoreio e do agrossilvipastoreio; e também a utilização da rotação ou sucessão de culturas fazem parte desse sistema, o uso dos bioinsumos que propiciam o avanço dos sistemas regenerativos de produção, e pretendem proteger as áreas produtivas e restaurar os habitats que fornecem os alimentos para toda a população do planeta (NEVES *et al.* 2023; EMBRAPA, 2022).

#### 2.2.5. Socioeconômico

Esse modelo de produção preconizado pela agricultura regenerativa atinge a gestão da agricultura e proporcionam ganhos para todos: com o aumento dos lucros da propriedade rural, produção de alimentos seguros para os consumidores e melhorando as condições ambientais, para a classe dos trabalhadores rurais garantias justas com salários e benefícios dignos, condições de trabalho seguras, capacitação e liberdade de associação (ASSAD; ALMEIDA, 2004).

## 2.3. APLICAÇÕES PRÁTICAS DE MANEJO AGROPECUÁRIO

Práticas que contribuem para a geração/construção da fertilidade e saúde do solo; aumento da percolação de água, retenção de água e água limpa; aumento da biodiversidade, saúde e resiliência dos ecossistemas; inverter as emissões de carbono para sequestro de carbono, limpando assim a atmosfera de níveis elevados de CO<sub>2</sub>.

As práticas de acordo com Lacanne; Lundgren (2018), é a minimizar o preparo do solo, não deixar solos descobertos, diversificar as culturas, incentivar infiltração do solo, consórcios animais/plantas (MACHADO; RODEN, 2022) para obter esses resultados os manejos adquiridos são rotação de culturas ou cultivo sucessivo de mais de uma planta na mesma área; produzir culturas perenes, para que o solo não fique descoberto durante as entressafras, o que ajuda a evitar a erosão do solo; não fazer manejo para revirar o solo com uso de arado e grades; Pastoreio do gado em pequenas áreas alternadas para descanso correto dos pastos estimulando naturalmente o crescimento dos mesmos; Diminuição do uso de fertilizantes e pesticidas; Plantio direto / cultivo mínimo, uso de esterco animal, para restaurar a atividade microbiana do solo e pastoreio gerenciado. Dentre estas algumas são mais utilizadas e por isso serão melhor descritas a seguir, conforme Vilela (2021).

### 2.3.1. Rotação de cultura

Rotação de cultura é basicamente o plantio alternados de plantas de diferentes famílias botânicas na área cultivada, nas mesmas estações do ano, em anos alternados. Essa rotação é um manejo indispensável na agricultura regenerativa.

A rotação de culturas é uma das práticas mais importantes no manejo da agricultura regenerativa, ela consiste em alternância planejada de culturas. Pode ser realizada dentro de uma mesma gleba (talhão) de terra, ou entre glebas de terras diferentes (ALTIERI, 2002). A rotação de cultura na prática consiste na quebra do ciclo de pragas e doenças, levando a redução ou até o não uso de insumos químicos.

### 2.3.2. Sistema Plantio direto

O Sistema Plantio direto consiste em fazer o plantio das sementes sem revolver o solo. A semente é depositada no solo sob a palhada da cultura anterior. A máquina faz o corte da palhada e deposita a semente nos sulcos sem grandes revolvimentos no solo.

Esse manejo é um dos mais importantes na agricultura regenerativa, pois conserva a microbiota do solo (EMPRABA, 2022).

Mantem os microrganismos protegidos, pois a palhada além de proteger o solo do sol, ainda fornece nutrientes para a biota, maior retenção de água, melhora a infiltração da água das chuvas, reduz a erosão. Além da economia de hora máquina, mão de obra e combustível e defensivos químicos, mantendo os microrganismos vivos. Planta-se em linhas direto na cobertura vegetal já existente. Esse sistema proporciona menor uso de trabalho humano e de máquinas e combustível fóssil, reduzem a erosão, o uso de corretivos e fertilizantes e favorecem o manejo integrado de pragas, doenças e plantas daninhas (EMBRAPA, 2022).

### 2.3.3. Sistemas integrados de produção agrícola

“No manejo da agricultura regenerativa, as árvores são plantadas dentro da lavoura, dentro de faixas florestais que ficam entre canteiros de hortaliças. É uma agrofloresta aberta que permite o uso de máquinas agrícolas leves, viabilizando a produção em larga escala” (GUERREIRO, 2021).

Nos sistemas integrados de produção agropecuária pode-se descrever a pecuária integrada com lavoura ou com floresta ou com os dois. A pecuária consorciada na agricultura regenerativa é baseada nas quatro leis universais de André Voisin (GRASS, 1959 apud MIATTON; KARNER, 2020). Tempo de rotação do gado pela paisagem de acordo com a fisiologia vegetal e animal, para evitar o sobrepasteio e garantir a nutrição animal ideal (VOISIN, 2014 apud MIATTON; KARNER, 2020).

### 2.3.4. Bioinsumos

De acordo com o Programa Nacional de Bioinsumos, conforme Decreto nº 10.375, de 26 de maio de 2020:

“Bioinsumo é todo produto, processo ou tecnologia de origem vegetal, animal ou microbiana, destinado ao uso na produção, no armazenamento e no beneficiamento de produtos agropecuários, nos sistemas de produção aquáticos ou de florestas plantadas, que interfiram positivamente no crescimento, no desenvolvimento e no mecanismo de resposta de animais, de plantas, de microrganismos e de substâncias derivadas e que interajam com os produtos e os processos físico-químicos e biológicos” (BRASIL, 2020.p. 105-106).

Esses ativos geralmente têm baixa toxicidade e agem com o intuito de eliminar a praga alvo sem agredir o meio ambiente, promovendo a manutenção de insetos benéficos na lavoura e reduzindo a dependência de aplicações constantes de outros produtos de origem química (BRASIL, 2020).

Insumos biológicos são os produtos ou processos agroindustriais desenvolvidos a partir de enzimas, extratos (de plantas ou de microrganismos), microrganismos, macrorganismos (invertebrados), metabólitos secundários e feromônios, destinados ao controle biológico (EMBRAPA, 2022).

Os bioinsumos compreendem três grandes categorias: (i) biofertilizantes, (ii) bioestimulantes e (iii) biodefensivos (defensivos biológicos), que se diferenciam na sua função predominante durante o desenvolvimento vegetal (SARITHA, TOLLAMADUGU, 2019).

### 2.3.5. Biofertilizantes

Os biofertilizantes são produzidos a partir de uma ou mais linhagens de microrganismos benéficos que, quando aplicados no solo ou nas sementes, promovem o crescimento da planta ou favorecem o uso de nutrientes em associação com a planta ou sua rizosfera (SARITHA, TOLLAMADUGU, 2019).

### 2.3.6. Bioestimulantes

Os bioestimulantes contém substâncias naturais com diferentes composições, concentrações e proporções, podendo ser aplicados diretamente nas plantas, nas sementes e no solo, com a finalidade de incrementar a produção, melhorar a qualidade de sementes, estimular o desenvolvimento radicular, favorecer o equilíbrio hormonal da planta e a germinação mais rápida e uniforme, interferir no desenvolvimento vegetal, estimular a divisão, a diferenciação e o alongamento celular (BRASIL, 2020).

### 2.3.7. Defensivos biológicos

Entre os defensivos biológicos, encontram-se os agentes de controle biológico, que são organismos (micro e macro) benéficos para a lavoura e que fazem parte de um grande número de produtos fitossanitários. Os microrganismos são estudados e incorporados a formulações – bioinseticida, biofungicida, bioherbicida, bionematicida,

bioacaricida, - permitindo recomendações de uso de acordo com cada cultura, em função das pragas e doenças que as afetam (BRASIL, 2020).

### 3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos na produtividade, nos custos, na biodiversidade e na sustentabilidade são satisfatórios. Estes resultados com o uso da agricultura regenerativa são atrativos para o produtor para o consumidor, que por sinal, exige cada vez mais uma alimentação de qualidade e saudável, mas principalmente ao meio ambiente.

Agricultura regenerativa é uma prática agrícola capaz de melhora do ambiente para que se torne o mais favorável e ideal possível à fauna e flora, elevando a qualidade da biodiversidade, sendo assim, gerando também efeitos positivos na qualidade da água e na saúde do solo.

Portanto, necessita-se cada dia mais investigações científicas, divulgações de resultados e gestão desta prática, para que essas informações de suma importância alcance toda a sociedade.

### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à PrP/UEG pelo fomento Pró-Projetos – Projeto Institucional Estratégico Bioinsumos nº 23/2023. A quinta autora agrade à Capes pela bolsa de mestrado e a sexta autora pela bolsa permanência proveniente da UEG.

### REFERÊNCIAS

- ALTIERI, M. A. Agroecologia: Bases científicas para uma agricultura sustentável, Guaíba: Editora Agropecuária, 2002.
- ASSAD, M. L. L.; ALMEIDA, J. Agricultura e sustentabilidade. Contexto, desafios e cenários. Revista Ciência & Ambiente, n. 29. p.15-30. 2004.
- CEPEA; ESALQ, USP. PIB do agronegócio. <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-do-agronegocio-brasileiro.aspx> Acesso em: 06 jan. 23.
- CRUVINEL, A. *et al.* Rentabilidade na produção de soja na fazenda Bom Jardim Lagoano com manejo de biológicos “*on farm*”. Research, Society and Development. v. 11, n. 14. 2022.

- EMBRAPA, AGROPECUÁRIA. Sistema de plantio direto. 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/sistema-plantio-direto> Acesso em: 27 fev. 23.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). Desenvolvimento sustentável nas indústrias de sementes é vital. 2021. Disponível em: <https://news.un.org/pt/story/2021/11/1769342>. Acesso em: 24 out. 23.
- GILLER, Ken E. et al. Agricultura regenerativa: uma perspectiva agrônômica. *Perspectivas sobre a agricultura*, v. 50, n. 1, pág. 13-25, 2021.
- GUERREIRO, C. Conceitos da agricultura regenerativa. 2021. Disponível em: <https://croplifebrasil.org/conceitos/agricultura-regenerativa/> Acesso em: 26 out. 23.
- LACANNE, C.; LUNDGREN, J. Agricultura regenerativa: fundir a agricultura e a conservação dos recursos naturais de forma lucrativa. *Peer Journal*, v. 6, p. e4428, 2018.
- LAL, R. O sequestro de carbono no solo tem impacto nas alterações climáticas globais e na segurança alimentar. *Ciência*, v. 304, n. 5677, pág. 1623-1627, 2004.
- LASALLE, T.; DALEY, C.; Regenerative Agriculture Initiative, California State University, Chico. 2017. Disponível em: <https://www.csuchico.edu/regenerativeagriculture/ra101-section/ra101-definitions.shtml> Acesso em: 25 out. 22.
- LOBATO, B. Agricultura conservacionista: conheça os preceitos e práticas para o Cerrado. *Transferência de Tecnologia*. 2019. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/48440960/agricultura-conservacionistaconheca-os-preceitos-e-praticas-para-o-cerrado>. Acesso em: 15 out. 23
- MACHADO, M. A.; RHODEN, A. C. APLICAÇÃO DA AGRICULTURA REGENERATIVA NO BRASIL: ESTUDO DE CASO NO OESTE CATARINENSE. *Anais de Agronomia*, v. 2, n. 1, p. 14-36, 2022.
- MIATTON, M.; KARNER, M. *Regenerative Agriculture in Latin America*. Mustardseed Trust Research Reports, 2020.
- MOINET, G, Y, K.; HIJBEEK, R.; VAN VUUREN, D, P.; GILLER, K, E. Carbon for soils, not soils for carbon. *Global Change Biology*, p. 1–15, 2023.
- MOYER, J. et al. *Agricultura regenerativa e a solução de carbono do solo*. Instituto Rodale, 2020.



- NEVES, M. F.; CAMBAÚVA, V.; CASAGRANDE, B. P. Sistemas regenerativos – 5 princípios. Disponível em: <https://agrivalle.com.br/marcos-fava/sistemas-regenerativos-5-principios> Acesso em: 24 out. 23.
- PADOVAN, M. P. *et al.* Sistemas agroflorestais biodiversos em Mato Grosso do Sul, Região Oeste do Brasil: situação atual e perspectivas. *In*: RODRIGUES, T. A.; NETO, J. L. (Org.). Competência técnica e responsabilidade social e ambiental nas ciências agrárias. Ponta Grossa, PR: Atena Editora. p. 25-35, 2019.
- RHODES, Christopher J. The imperative for regenerative agriculture. *Science progress*, v. 100, n. 1, p. 80-129, 2017.
- RODALE - INSTITUTE. Regenerative Organic Agriculture and Climate Change: A Down-to-Earth Solution to Global Warming. Kutztown, PA: Rodale Institute, 2014. Disponível em: <https://rodaleinstitute.org/why-organic/organic-basics/regenerative-organic-agriculture/> e <https://regenorganic.org/why-regenerative-organic/> Acesso em: 15 ago. 23.
- SARITHA, M.; TOLLAMADUGU, N.V.K.V. P. The Status of Research and Application of Biofertilizers and Biopesticides: Global Scenario. *In*: Recent Developments in Applied Microbiology and Biochemistry. Elsevier. p. 196-207. 2019
- VILELA, F. 2021. A importância da agricultura regenerativa na agricultura. Disponível em: <https://umsoplaneta.globo.com/google/amp/opiniao/colunas-e-blogs/felipe-villela/post/2021/05/o-que-e-agricultura-regenerativa.ghtml/> Acesso em: 25 ago. 23.

# CAPÍTULO XXIX

## LIGNINA E AS PLANTAS: A ARTE DA RESILIÊNCIA

### LIGNIN AND PLANTS: THE ART OF RESILIENCE

DOI: 10.51859/AMPLA.MAC3468-29

Diego Eduardo Romero Gonzaga<sup>1</sup>  
 Jaqueline Cristina Romero Gonzaga<sup>2</sup>  
 Ariane Narumi Koga<sup>3</sup>  
 Wagner Mansano Cavalini<sup>4</sup>  
 Rogério Marchiosi<sup>5</sup>  
 Osvaldo Ferrarese Filho<sup>5</sup>  
 Wanderley Dantas dos Santos<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Doutorando em Agronomia. Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Universidade Estadual de Maringá

<sup>2</sup> Graduanda em Agronomia - Centro Universitário Ingá

<sup>3</sup> Mestranda em Agronomia. Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Universidade Estadual de Maringá

<sup>4</sup> Doutorando em Ciências Biológicas - Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas - Universidade Estadual de Maringá

<sup>5</sup> Professor Doutor do departamento de Bioquímica. Universidade Estadual de Maringá

#### RESUMO

A resiliência das plantas se refere à capacidade de adaptação e resistência à fatores bióticos, como doenças, ou abióticos, como mudanças climáticas. Essa característica envolve a ativação de mecanismos de defesa, tanto passivos quanto ativos. Os mecanismos de defesa passiva referem-se a barreiras físicas e bioquímicas constitutivas, isto é, produzidas durante o crescimento. Já a defesa ativa, também conhecida como resistência induzida, é acionada quando ocorre uma infecção ou estímulo por elicitores endógenos ou exógenos, como o ácido jasmônico ou extrato fúngico, respectivamente, resultando na produção de moléculas protetoras, como espécies reativas de oxigênio e lignina. A lignina é uma macromolécula fenólica presente em todas as plantas vasculares e desempenha papel crucial na resiliência das plantas por formar uma barreira física que impede a entrada de patógenos. A sua biossíntese envolve a criação de unidades fundamentais a partir dos aminoácidos aromáticos fenilalanina e tirosina. A pesquisa para manipular a via de biossíntese da lignina pode produzir ferramentas valiosas para aprimorar características de interesse em

culturas como a soja, tornando-a mais resiliente a doenças e danos físicos. Assim, compreender e controlar esses processos contribui para uma agricultura sustentável e adaptada aos desafios ambientais, além de garantir a segurança alimentar.

**Palavras-chave:** Parede celular. Recalcitrância. Fenilpropanoide. Resistência. Defesa.

#### ABSTRACT

Plant resilience refers to the capacity for adaptation and resistance to biotic factors such as diseases or abiotic factors like climate changes. This trait involves the activation of defense mechanisms, both passive and active. Passive defense mechanisms relate to constitutive physical and biochemical barriers, which are produced during growth. On the other hand, active defense, also known as induced resistance, is triggered when an infection or stimulation by endogenous or exogenous elicitors, such as jasmonic acid or fungal extract, occurs. This results in the production of protective molecules like reactive oxygen species and lignin. Lignin is a phenolic macromolecule present in all vascular plants and

plays a crucial role in plant resilience by forming a physical barrier that prevents the entry of pathogens. Its biosynthesis involves creating fundamental units from the aromatic amino acids phenylalanine and tyrosine. Research aimed at manipulating the lignin biosynthesis pathway can yield valuable tools to enhance desirable traits in crops like soybeans, making

them more resilient to diseases and physical damage. Thus, understanding and controlling these processes contribute to sustainable agriculture adapted to environmental challenges and ensure food security.

**Keywords:** Cell wall. Recalcitrance. Phenylpropanoid. Resistance. Defense.

## 1. INTRODUÇÃO

### A RESILIÊNCIA DAS PLANTAS

A palavra resiliência, embora o conceito esteja em constante discussão e debate (Junqueira & Deslandes, 2003), de acordo com Yunes (2003), o termo está relacionado com a capacidade de superar adversidades. No ramo da psicologia, a introdução do conceito foi precedida pela utilização de termos relacionados à invulnerabilidade diante de fatores estressantes (Barlach, 2005). Ao fazer uma correlação entres os dois conceitos, pode-se dizer que a resiliência das plantas é a capacidade dos vegetais a ajustes, recuperação ou resistência perante situações estressantes provocadas por adversidades, seja por fator biótico ou abiótico. Isso implica em uma variedade de mecanismos e respostas adaptativas que as plantas adquirem ao longo do tempo.

A proteção natural das plantas é uma interação de mecanismos induzíveis e barreiras preexistentes, o que envolvem defesas físicas ou bioquímicas (Rangel et al., 2010). Em seu ambiente natural, as plantas regularmente se deparam com uma diversidade de desafios, seja causado por pragas e doenças (Durrant & Dong 2004) ou por fatores do ambiente, tais como exposição à radiação UV, variações na temperatura, disponibilidade de água e nutrientes e competição (Meiners et al., 2012; Ghimire et al., 2019).

As plantas podem produzir uma ampla variedade de moléculas através do metabolismo primário e secundário (Kutchan et al. 2015). Os metabólitos primários são substâncias produzidas por todas as plantas e desempenham um papel fundamental em seu crescimento e desenvolvimento. Esses compostos incluem açúcares, aminoácidos, ácidos graxos, lipídios, nucleotídeos e também moléculas mais complexas, como proteínas, polissacarídeos, membranas, DNA e RNA, que são fabricadas a partir desses componentes básicos (García e Carril, 2009). Os metabólitos secundários variam de

espécie para espécie e exercem um papel significativo na evolução das plantas e nas suas interações com outros organismos (Shitan, 2016).

Os compostos secundários, que englobam a produção de fenilpropanoides, antocianinas, alcaloides, cumarinas, terpenos, taninos, glucosinolatos, flavonoides, isoflavonoides, lignanas, ligninas e uma variedade de outros compostos, possuem um impacto significativo no ecossistema, desempenhando papéis importantes, como a defesa contra herbívoros e microorganismos e nas interações entre diferentes plantas (Kennedy e Wightman 2011; Kutchan et al. 2015).

## 2. MECANISMOS DE RESISTÊNCIA VEGETAL

Existem várias estratégias defensivas nas plantas contra patógenos. Alguns mecanismos são de defesa passiva, baseados em propriedades existentes antes da tentativa de infecção. Outros são de defesa ativa, também conhecida como defesa induzida, sendo dinâmicos e surgindo em resposta à penetração do patógeno (Cruz et al., 2006).

As plantas contam com mecanismos de defesa passiva que se dividem em duas categorias. A primeira abrange as barreiras naturais da planta, como a cera, cutícula, parede celular, forma, espessura e o tamanho. Esses recursos não precisam de estímulo adicional para sua produção (Agrios, 2005). A segunda categoria inclui barreiras bioquímicas preexistentes, que envolvem a produção natural de moléculas específicas. Essas substâncias podem inibir o crescimento, desenvolvimento ou a reprodução de patógenos (Lundstedt e Valdés, 2013).

Os mecanismos de defesa ativa, também conhecidos como resistência induzida, são ativados somente em resposta a ataque de patógenos em plantas, de tal forma que os genes são ativados de maneira diferente, o que provoca alterações nas rotas metabólicas, como a síntese de fitoalexinas, o aumento na concentração de compostos fenólicos, a transformação de glucosídeos em fenóis tóxicos para o patógeno e a produção de enzimas que oxidam fenóis (Collinge et al., 2001; Agrios, 2005; Robledo et al., 2012). Além disso, a planta pode sintetizar substâncias complexas de defesa, como a lignina, através da ativação de enzimas da via dos fenilpropanoides, como a cafeoil chiquimato esterase, enzima esta que apresenta papel fundamental na defesa vegetal contra infecções de patógenos (Yu et al., 2023).

### 3. INDUTORES DE RESISTÊNCIA

Os indutores de resistência atuam na planta, restringindo o acesso e diminuindo a atividade dos patógenos nos tecidos afetados (Gómez e Reis, 2011). De acordo com Camarena & Torre (2007), alguns mecanismos de indução até agora foram identificados, com destaque para a resistência sistêmica adquirida (RSA) e a resistência sistêmica induzida (RSI).

A RSA ocorre no local e de maneira sistêmica após a planta ser infectada por patógenos que causam necrose, como vírus, bactérias ou fungos. Este tipo de resistência confere proteção por semanas contra o patógeno que a desencadeou e, também, contra outros que podem acometer a planta (Ryals et al., 1996; Molina e Rodríguez, 2008).

A RSI é ativada pela resposta sistêmica de defesa da planta pelo contato através da aplicação de compostos químicos, como os ácidos salicílico e jasmônico (hormônios vegetais) ou extratos de patógenos. A principal distinção entre os dois tipos de resistência induzida é se a causa é natural ou artificial. A principal semelhança entre esses dois tipos de resistência é que, após a exposição a um agente elicitor, seja através do contato direto do patógeno ou através da aplicação de moléculas indutoras de resistência, as plantas ativam seus mecanismos de defesa tanto no local da infecção quanto em áreas distantes, resultando em respostas sistêmicas de maneira geral (Cavalcanti et al., 2005).

### 4. A LIGNINA E A SUA BIOSÍNTESE

A lignina, biomolécula mais abundante no planeta encontrada em todas as plantas vasculares, é um complexo heteropolímero composto por ácidos fenólicos simples (fenilpropanoides) que desempenha papel fundamental na arquitetura das plantas devido à conferência de alta resistência mecânica à parede celular vegetal devido à sua recalcitrância (dos Santos et al., 2014; McCann & Carpita, 2015; dos Santos et al., 2023), além de auxiliar no transporte eficiente de água e nutrientes das raízes para as folhas através da capilaridade (Alber & Ehling 2012; dos Santos et al. 2014).

A biossíntese de compostos fenólicos nas plantas pode ser realizada mediante duas rotas metabólicas: a rota do chiquimato e a rota do malonato. Embora seja uma fonte importante de compostos fenólicos, a biossíntese através da via do malonato é

menos significativa em plantas superiores, ao contrário da via do chiquimato que participa da biossíntese da maioria dos compostos fenólicos, inclusive à produção dos aminoácidos fenilalanina e tirosina que são os fenólicos responsáveis por alimentarem diretamente a via de biossíntese de lignina, conhecida também como via dos fenilpropanoides (Hattenschwiler & Vitousek 2000; Marchiosi et al., 2020).

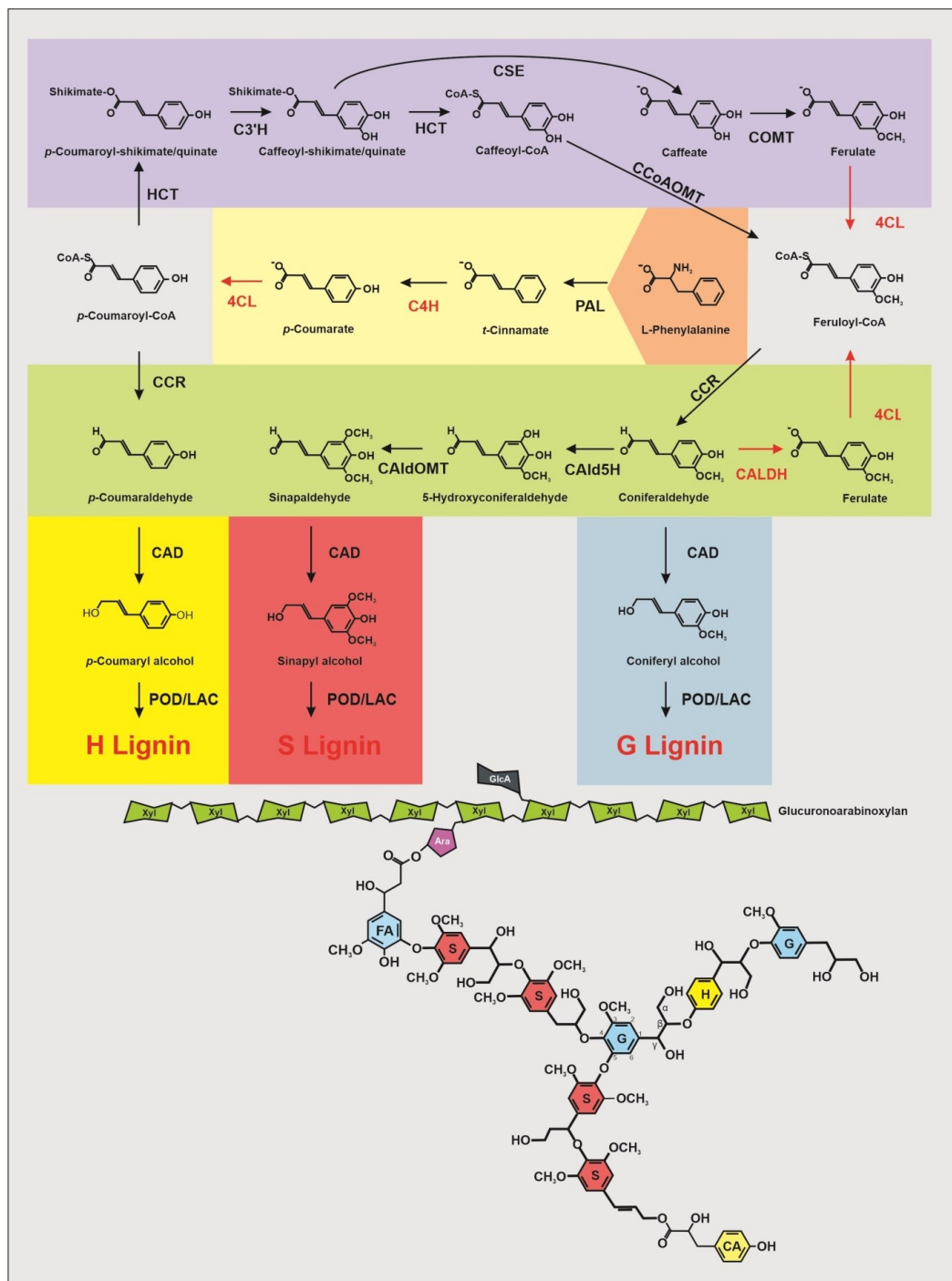
A produção das unidades formadoras de lignina envolve a sucessiva hidroxilação e metilação do anel aromático, bem como modificações na cadeia lateral a partir da fenilalanina e da tirosina (Cesarino et al. 2016). A enzima fenilalanina amônia-liase (PAL) possui uma localização estratégica entre o caminho do metabolismo primário e secundário das plantas, pois é responsável por iniciar a rota dos fenilpropanoides (Figura 1) através da desaminação da fenilalanina para formar o ácido trans-cinâmico (Barros et al. 2016).

## 5. O PAPEL DA LIGNINA NA RESILIÊNCIA DAS PLANTAS

As plantas, devido à sua imobilidade, enfrentam constantes desafios de diversos patógenos durante seu ciclo de vida (Molina et al. 2021). A primeira linha de defesa contra o estresse causado por patógenos é a parede celular das plantas, desempenhando um papel crucial na resposta ao estresse patogênico, principalmente devido à presença da lignina, um dos principais elementos que causam a recalcitrância da parede celular (Xiong et al. 2021; Zhu et al. 2022).

Quando os patógenos invadem as células vegetais, a biossíntese ou deposição de lignina na parede celular é induzida, criando uma barreira física que impede a entrada de enzimas que degradam a parede celular e toxinas produzidas pelos patógenos. Além disso, a acumulação de lignina reforça as respostas de defesa mencionadas e ativa respostas imunológica específicas da planta por meio de modificações químicas na parede celular. Vários estudos demonstraram que genes envolvidos na biossíntese da lignina desempenham um papel importante nas respostas imunes das plantas contra patógenos (Xiong et al. 2021; Dong e Lin 2021; Ma et al. 2018; Eynck et al. 2021; Yu et al., 2023).

Figura 1 – Esquema simplificado da biossíntese da lignina.



O ácido ferúlico (FA) e ácido *p*-cumárico (CA) se ligam aos polissacarídeos da parede celular e à lignina, mas apenas os resíduos de FA ancoram a lignina aos polissacarídeos da parede celular. Fenilalanina amônia-liase (PAL); cinamato 4-hidroxilase (C4H); 4-cumarato-CoA: ligase (4CL); -hidroxicinamoil-CoA: quinato/shiquimato *p*-hidroxicinamoil transferase (HCT); 4-cumarato 3-hidroxilase (C3H *p*-coumaroil-shikimate/quinato 3-hidroxilase (C3'H); cafeoil chiquimato esterase (CSE); cinamil (cafeato) *O*-metiltransferase (COMT); cafeoil-CoA 3-*O*-metil transferase (CCoAOMT); coniferil aldeído desidrogenase (CALDH); coniferaldeído 5-hidroxilase (Cald5H), cinamoil-CoA redutase (CCR); álcool cinâmico desidrogenase (CAD); peroxidase (POD); lacase (LAC); xilose (Xyl); ácido glucurônico (GlcA); arabinose (Ara); siringil (S); guaiacil (G); *p*-hidroxifenil (H). A ligação β-O-4 é mostrada no centro.

Fonte: Autoria própria.



A pesquisa sobre o mecanismo de biossíntese da lignina tem sido uma área de foco durante décadas (Ferrarese et al., 2000; dos Santos et al., 2004; dos santos et al., 2008a; dos santos et al., 2008b; Lima et al., 2013; Salvador et al., 2013., dos Santos et al., 2023). Recentemente, estudos relataram a importância do gene CsCSE1 envolvido na atividade da enzima CSE na via dos fenilpropanoides na promoção da resposta de defesa das plantas contra os patógenos oídio (*Podosphaera xanthii*) e mancha-alvo (*Corynespora cassiicola*) (Yu et al. 2022, Yu et al. 2023).

## 6. A IMPORTÂNCIA DE AUMENTAR A LIGNINA EM PLANTAS DE INTERESSE ECONÔMICO

As commodities, como soja e milho, desempenham um papel fundamental tanto para o Brasil quanto para o mundo. No cenário mundial, na safra 2022/2023, o Brasil manteve o patamar de maior produtor de soja, com produção de mais de 154 milhões de toneladas, o que representa quase 42% de toda a produção de soja (Caligaris et al., 2022; Embrapa, 2023).

Para elevar os níveis de produtividades das plantas de interesse econômico, a obtenção de plantas mais lignificadas e resistentes é essencial para garantir a proteção contra doenças e mudanças climáticas, além de promover a sustentabilidade e a oferta contínua desses recursos essenciais, visto que plantas que possuem maior teor de lignina garantem maior resistência à incidência e desenvolvimento de doenças (Brzezinski et al., 2022a) e dano mecânico (Carbonell & Vello, 2001; Brzezinski et al., 2022b).

Estudos realizados por Ranjan et al. (2019) mostram que a resistência à *Sclerotinia sclerotiorum*, causador do mofo branco na cultura da soja e diversas outras fitopatologias em outros grupos, está associada a uma reprogramação da via fenilpropanoide que leva ao aumento da atividade antifúngica devido à concentração de intermediários da via, como o como 4-hidroxibenzoato, ácido cinâmico, ácido ferúlico e ácido cafeico.

A relação entre o teor de lignina no tegumento e os parâmetros de absorção de água de sementes de soja é evidente. As sementes que absorvem maiores volumes de água tendem a mostrar menor tolerância aos parâmetros que ocorrem durante o armazenamento, o que é prejudicial para a manutenção da qualidade e características

fisiológicas da semente (Abati et al., 2022). Além disso, tegumentos que apresentam menor conteúdo de lignina são mais suscetíveis ao dano mecânico (Carbonell & Vello, 2001).

Para garantir os níveis de lignina oferecidos pelo potencial genético de cada cultura é necessário oferecer os requisitos mínimos para o seu desenvolvimento. Dentre os requisitos, a nutrição balanceada está estritamente associada com a produção do conteúdo de lignina. Estudos demonstram que o Cobre (Cu) Silício (Si) e Cálcio (Ca) estão envolvidos no processo de lignificação. Com o aumento da duração do tratamento de cobre, as enzimas lacases e peroxidases (POD) passam a atuar em conjunto na síntese da lignina (Cheng et al., 2005; Teixeira et al., 2006; Kuai et al., 2017).

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A lignina desempenha um papel fundamental na resistência das plantas diante de condições adversas, sejam elas bióticas ou abióticas. Sua presença fortalece as estruturas das plantas, conferindo-lhes maior resistência mecânica e tornando-as menos suscetíveis a danos físicos, químicos e biológicos. Além disso, a lignina atua como uma barreira eficaz contra a invasão de microrganismos e herbívoros.

A capacidade de manipular a via dos fenilpropanoides abre oportunidades significativas para melhorar a resistência das culturas, adaptando-se aos desafios específicos do ambiente. Essa manipulação possibilita o desenvolvimento de plantas que são mais resilientes a fatores como doenças, estresses e mudanças climáticas. À medida que avançamos na compreensão da via de biossíntese da lignina e de como ela afeta a resposta das plantas às condições adversas, podemos direcionar nossos esforços para a criação de variedades mais resistentes e produtivas ou para o desenvolvimento de novas moléculas elicitoras. Assim, a manipulação da via de biossíntese da lignina apresenta grande relevância para a agricultura e a produção de culturas comerciais para fortalecer a segurança alimentar.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Universidade Estadual de Maringá (UEM) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

## REFERÊNCIAS

- ABATI, J.; ZUCARELI, C.; BRZEZINSKI, C. R.; LOPES, I. de O. N.; KRZYZANOWSKI, F. C.; CARDOSO, M. L. A.; HENNING, F. A. **Acta Scientiarum Agronomy**, 2022.
- AGRIOS, G. N. How pathogens attack plants. In: AGRIOS, G. N. **Plant pathology**. San Diego: Academic Press, 5 ed., cap. 5, p. 177-205. 2005.
- ALBER, A.; EHLTING, J. Cytochrome P450s in lignin biosynthesis. In: JOUANIN, L.; LAPIERRE, C. (Eds.). **Lignins: biosynthesis, biodegradation and bioengineering**. Elsevier, 2012.
- BARLACH, L. **O que é resiliência humana? Uma contribuição para a construção do conceito**. Dissertação de Mestrado, Instituto de Psicologia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.
- BARROS, J.; SERRANI-YARCE, J. C.; CHEN, F.; WU, H. et al. Role of bifunctional ammonia-lyase in grass cell wall biosynthesis. **Nat. Plants**, v. 2, p. 1-9, 2016.
- BRZEZINSKI, C. R.; ABATI, J.; ZUCARELI, C.; KRZYZANOWSKI, F. C.; HENNING, A. A.; HENNING, F. A. Quality and chemical composition of soybean seeds with different lignin contents in the pod and seed coat subjected to weathering deterioration in pre-harvest. **Journal of Seed Science**, 2022.
- BRZEZINSKI, C. R.; ABATI, J.; ZUCARELI, C.; KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA-NETO, J. B.; HENNING, F. A. Water uptake of soybean pods and seeds with different lignin contents. *Revista Ceres, Viçosa*, v. 4, p. 476-482, jul./ago. 2022.
- CALIGÁRIS, B. S. A.; RANGEL, L. E. P.; POLIDORO, J. C.; FARIAS, P. I. V. **Revista de Política Agrícola**, 2022.
- CAMARENA, G.; TORRE, R. Resistencia sistémica adquirida en plantas: estado actual. **Rev. Chapingo Ser. Cienc. Forest. Amb.** v. 13, n. 2, p. 157-162, 2007.
- CARBONELL, S. A. M.; VELLO, N. A. Crop Breeding and Applied Biotechnology, v. 1, n. 1, p. 35-43, 2001. RANJAN, A.; WESTRICK, N. M.; JAIN, S.; PIOTROWSKI, J. S.; RANJAN, M.; KESSENS, R.; STIEGMAN, L.; GRAU, C. R.; CONLEY, S. P.; SMITH, D. L.; KABBAGE, M. **Plant Biotechnology Journal**, 2019, 17, pp. 1567–1581.
- CAVALCANTI, L.; PIERO, R.; CIA, P.; PASCHOLATI, S.; DERESENDE, M.; ROMEIRO, R. La inducción de resistencia de las plantas a los patógenos e insectos. Piracicaba: **FEALQ**, 153 p, 2005.
- CESARINO, I.; SIMÕES, M. S.; DOS SANTOS, B. M.; FANELLI, A.; da França Silva, T.; ROMANEL, E. Building the wall: recent advances in understanding lignin metabolism in grasses. **Acta Physiol Plant**, v. 38, p. 269, 2016.

- COLLINGE, D.; BORCH, J.; MADRIZ, A.; NEWMAN, K. The responses of plants to pathogens. In: HAWKESFORD, M. J.; BUCHNER, P. Molecular analysis of plant adaptation to the environment. Dordrecht, Holanda: **Kluwer Academic Publishers**, 390 p, 2001.
- CRUZ, M.; HERNÁNDEZ, Y.; RIVAS, E. Mecanismos de resistencia de las plantas al ataque de patógenos y plagas. **Temas de ciencia y tecnología**, v. 10, p. 45-54, 2006.
- DONG, N. Q.; LIN, H. X. Contribution of phenylpropanoid metabolism to plant development and plant-environment interactions. **J Integr Plant Biol**, v. 63, p. 180-209, 2021.
- DOS SANTOS, W. D.; FERRARESE, M. D. L. L.; DEDO, A.; DEDO, A.; TEIXEIRA, A. C. N.; FERRARESE-FILHO, O. Lignificação e enzimas relacionadas na inibição do crescimento radicular de *Glycine max* pelo ácido ferúlico. **Revista Química. Ecol.**, v. 30, pág. 1203-1212, 2004.
- DOS SANTOS, W. D.; FERRARESE, M. L. L.; FERRARESE-FILHO, O. Ferulic acid: an allelochemical troublemaker. **Funct Plant Sci Biotechnol**, v. 2, p. 47-55, 2008a.
- DOS SANTOS, W. D.; FERRARESE, M. L. L.; NAKAMURA, C. V.; MOURÃO, K.S.; MANGOLIM, C. A; FERRARESE-FILHO, O. Lignificação de raízes de soja (*Glycine max*) induzida por ácido ferúlico. O possível modo de ação. **Revista Chem Ecol.**, v. 1230-1241, 2008b.
- DOS SANTOS, W. D.; MARCHIOSI, R.; VILAR, F. C. M.; LIMA, R.; SOARES, A. R.; OLIVEIRA, D. M.; FERRARESE-FILHO, O. Polyvalent lignin: recent approaches in determination and applications. In: LU, F. (ed) Lignin: structural analysis, applications in biomaterials and ecological significance. **New Science**, p. 1-25, 2014.
- DOS SANTOS, W. D.; GONZAGA, D. E. R.; SALVADOR, V. H.; FREITAS, D. L.; JOIA, B. M.; OLIVEIRA, D. M.; LEITE, D. C. C.; BIDO, G. S.; FINGER-TEIXEIRA, A.; SOUZA, A. P. de; POLIZELI, M. L. T. M.; CONSTANTIN, R. P.; MARCHIOSI, R.; RIOS, F. A.; FERRARESE-FILHO, O.; BUCKERIDGE, M. S. Natural lignin modulators improve lignocellulose saccharification of field-grown sugarcane, soybean, and brachiaria. **Biomass and Bioenergy**, 2023.
- DURRANT, W. E.; DONG, X. Systemic acquired resistance. **Annu Rev Phytopathol**, v. 42, p. 185-209, 2004.
- EMBRAPA. **Dados econômicos da soja**, 2023.

- EYNCK, C.; SÉGUIN-SWARTZ, G.; CLARKE, W. E.; PARKIN, I. A. P. Monolignol biosynthesis is associated with resistance to *Sclerotinia sclerotiorum* in *Camelina sativa*. **Mol Plant Pathol**, v. 13, p. 887-899, 2012.
- FERRARESE, M. L. L.; RODRIGUES, J. D.; FERRARESE-FILHO, O. Phenylalanine ammonia-lyase activity in soybean roots extract measured by reverse-phase high-performance liquid chromatography. **Plant Biol**, v. 2, p. 152-153, 2000.
- GARCÍA, A. Á.; CARRIL, E. P-U. Metabolismo secundário de plantas. **Reduca (biología)**, v. 2, n. 3, p. 119-145, 2009.
- GÓMEZ, D.; REIS, E. Indutores abióticos de resistencia contra fitopatógenos. **Rev. Química Viva**, v. 1, 2011.
- GHIMIRE, B.; SEONG, E. S.; CHUNG, I. M. Allelopathic Potential of Phenolic Compounds in *Secale Cereale* Cultivars and Its Relationship with Seeding Density. **Applied Sciences**, v. 9, n. 15, p. 01-17, 2019.
- HATTENSCHWILER, S.; VITOUSEK, P. M. The role of polyphenols in terrestrial ecosystem nutrient cycling. **Tree**, v. 15, p. 238-243, 2000.
- JUNQUEIRA, M. F. P. S.; DESLANDES, S. F. Resiliência e maus-tratos é criança. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 19, n. 1, p. 227-235, 2003.
- KENNEDY, D. O.; WIGHTMAN, E. E. L. Herbal extracts and phytochemicals: plant secondary metabolites and the enhancement of human brain function. **Adv Nutr**, v. 2, p. 32–50, 2011.
- KUAI, J.; SUN, Y.; GUO, C.; ZHAO, L.; ZUO, Q.; WU, J.; ZHOU, G. Root-applied silicon in the early bud stage increases the rapeseed yield and optimizes the mechanical harvesting characteristics. **Field Crop Research**, 2017.
- KUTCHAN, T. M.; GERSHENZON, J.; MOLLER, B. L.; GANG, D. R. Natural products. In: BUCHANAN, B. B.; GRUISSEM, W.; JONES, R. L. **Biochemistry & molecular biology of plants**. Wiley, New York, pp. 1132–1205, 2015.
- LIMA, R. B.; SALVADOR, V. H.; DOS SANTOS, W. D. et al. Enhanced lignin monomer production caused by cinnamic acid and its hydroxylated derivatives inhibits soybean root growth. **Plos One**, v. 8, p. 1-8, 2013.
- LIN, C. C.; CHEN, L. M.; LIU, Z. H. Rapid effect of copper on lignin biosynthesis in soybean roots. **Plant Science**, 2005.
- LUNDSTEDT, J.; VALDÉS, R. Mecanismos de defensa de las plantas e inducción de resistencia. **Boletín Técnico**. Núm. 11. Departamento Técnico ASP Chile S. A., 86 p, 2013.

- MA, Q. H.; ZHU, H. H.; QIAO, M. Y. Contribution of both lignin content and sinapyl monomer to disease resistance in tobacco. **Plant Pathol**, v. 67, p. 642-650, 2018.
- McCANN, M.C.; CARPITA, N.C. Biomass recalcitrance: a multi-scale, multi-factor, and conversion-specific property. **Journal of Experimental Botany**, v. 66, n. 14, p. 4109-4118, 2015.
- MEINERS, S. J.; KONG, C-H.; LADWIG, L. M.; PISULA, N. L.; LANG, K. A. Developing an ecological context for allelopathy. **Plant Ecology**, v. 213, n. 8, p. 1221-1227, 2012.
- MOLINA, A.; RODRÍGUEZ, P. Resistencia sistémica inducida: una herramienta bio-ecológica. In. II Conferencia internacional sobre eco-biología del suelo y el compost. 43 p, 2008.
- MARCHIOSI, R.; DANTAS DOS SANTOS, W.; CONSTANTIN, R. P.; BARBOSA DE LIMA, R.; SOARES, A. R.; FINGER-TEIXEIRA, A.; MOTA, T. R.; OLIVEIRA, D. M.; FOLETTI-FELIPE, M. P.; ABRAHÃO, J.; FERRARESE-FILHO, O. Biosynthesis and metabolic actions of simple phenolic acids in plants. **Phytochem Rev**, 2020.
- MOLINA, A.; MIEDES, E.; BACETE, L.; BACETE, L.; RODRÍGUEZ, T.; MÉLIDA, H.; DENANCÉ, N.; SÁNCHEZ-VALLET, A.; RIVIÉRE, M. P.; LÓPEZ, G.; FREYDIER, A.; BARLET, X.; PATTATHIL, S.; HAHN, M.; GOFFNER, D. Arabidopsis cell wall composition determines disease resistance specificity and fitness. **Proc Natl Acad Sci USA**, v. 118, 2021.
- RANGEL, G.; CASTRO, E.; BELTRAN, E.; REYES H.; GARCÍA, E. El ácido salicílico y su participación en la resistencia a patógenos en plantas. **Biológicas**, v. 12, n. 2, p. 90-95, 2010.
- ROBLEDO, M.; LOZOYA, H.; COLINAS, M. Inducción de defensa en papa (*Solanum tuberosum* L.) contra *Phytophthora infestans* Mont. de bar y por fungicidas. **Interciencia**, 37, p. 688-695, 2012.
- RYALS, J.; NEUENSCHWANDER, A.; WILLITS, H.; MOLINA, G.; STEINER, A.; HUNT, M. **Plant Cell**, v. 8, p. 1809-1819, 1996.
- SALVADOR, VH; LIMA, RB; DOS SANTOS, WD; SOARES, AR; BOHM, PAF; MARCHIOSI, R.; FERRARESE, MLL; FERRARESE-FILHO, O. O ácido cinâmico aumenta a produção de lignina e inibe o crescimento da raiz da soja. **Plos One**, v. 1-10, 2013.
- SHITAN, N. Secondary metabolites in plants: transport and self-tolerance mechanisms. **Biosci Biotechnol Biochem**, v. 80, p. 1283–1293, 2016.

- TEIXEIRA, A. F.; ANDRADE, A. D. B.; FERRARESE-FILHO, O.; FERRARESE, M. D. L. L. Role of calcium on phenolic compounds and enzymes related to lignification in soybean (*Glycine max* L.) root growth. **Plant Growth Regulation**, v. 49, p. 69–76, 2006.
- XIONG, X. P.; SUN, S. C.; ZHU, Q. H.; ZHANG, X. Y.; LI, Y. J.; LIU, F.; XUE, F.; SUN, J. The cotton lignin biosynthetic gene Gh4CL30 regulates lignification and phenolic content and contributes to *Verticillium* wilt resistance. **Mol Plant Microbe Interact**, v. 34, p. 240-254, 2021.
- YU, Y.; ELE, J.; LIU, L.; ZHAO, H.; ZHANG, M.; HONG, J.; MENG, X.; FAN, H. A caracterização da família do gene cafeoil chiquimato esterase identifica CscSE5 como um regulador positivo de *Podosphaera xanthii* e *Corynespora cassicola*. Relatórios de células vegetais. **Springer**. 2023.
- YU, Y.; YU, Y.; CUI, N.; MA, L.; TAO, R.; MA, Z.; MENG, X.; FAN, H. Lignin biosynthesis regulated by CscSE1 is required for *Cucumis sativus* defense to *Podosphaera xanthii*. **Plant Physiol Biochem**, v. 186, p. 88-98, 2022.
- YUNES, M. A. L. Psicologia positiva e resiliência: o foco no indivíduo e na família. *Psicologia em Estudo*, v. 8, N. especial, p. 75-84, 2003.
- ZHU, Y.; HU, X.; WANG, P.; WANG, H.; GE, X.; LI, F.; HOU, Y. GhODO1, an R2R3-type MYB transcription factor, positively regulates cotton resistance to *Verticillium dahliae* via the lignin biosynthesis and jasmonic acid signaling pathway. **Int J Biol Macromol**, v. 201, p. 580-591, 2022.



## CAPÍTULO XXX

IMPACTOS AMBIENTAIS DAS ATIVIDADES  
AGRÍCOLAS: A DESERTIFICAÇÃOENVIRONMENTAL IMPACTS OF AGRICULTURAL  
ACTIVITIES: DESERTIFICATION

DOI: 10.51859/AMPLA.MAC3468-30

Talles Rodrigo Barbosa de Aquino <sup>1</sup>  
 Francisco David Nascimento Braga <sup>2</sup>  
 Andressa Marcelly Silvestre Pereira <sup>2</sup>  
 Kadidja Ianne do Vale Almeida <sup>2</sup>  
 Daniel Valadão Silva <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Mestrando em Administração – Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA

<sup>2</sup> Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Ambiente, Tecnologia e Sociedade. Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA.

<sup>3</sup> Professor do Programa de Pós-Graduação em Ambiente, Tecnologia e Sociedade. Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA.

## RESUMO

Este capítulo realiza uma revisão de literatura sobre desertificação impacto ambiental das atividades agrícolas. Apesar de ser um fenômeno que pode ser desencadeado pela combinação de fatores climáticos e geomorfológicos, atividades antrópicas podem não só agravar como também iniciar processos de desertificação. A Agenda 2030 com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável – ODS busca guiar o enfrentamento de problemas globais como a fome, pobreza e desigualdades. O ODS6 – água potável e saneamento, considera o papel social da água, recurso fundamental para a vida natural e social e destaca o uso racional pela indústria e agricultura como metas. O OSD15 – vida terrestre, lista como principais objetivos o combate à desertificação e a restauração de solo degradado. As atividades agrícolas, por sua vez, podem ser ancoradas no ODS2 – fome zero e agricultura sustentável, destacando-se as metas para aumentar a produtividade de pequenos produtores e garantir sistemas produtivos sustentáveis que mantenham os ecossistemas e ainda contribuam para a melhoria da qualidade da terra e do solo. Evidencia-se assim o desafio de

abordagem holísticas desses objetivos e metas, pois à medida em que as atividades agrícolas possuem papel fundamental no suprimento de alimentos, os sistemas produtivos desse setor interagem com os recursos essenciais para toda a sociedade: a água e solo, podendo causar impactos que prejudiquem a própria atividade agrícola. A compreensão das relações entre as atividades agrícolas e os recursos naturais se faz premente para reflexão acerca das implicações socioambientais da produção agrícola e para busca por alternativas.

**Palavras-chave:** Atividades Agrícolas. Desenvolvimento Sustentável. Impactos Ambientais.

## ABSTRACT

This chapter carries out a literature review on desertification and the environmental impact of agricultural activities. Despite being an occurrence that can be triggered by a combination of climatic and geomorphological factors, human activities can not only aggravate but also initiate desertification processes. The 2030 Agenda with the Sustainable Development

Goals – SDGs seeks to guide the confrontation of global problems such as hunger, poverty and inequalities. SDG6 – clean water and sanitation, considers the social role of water, a fundamental resource for natural and social life and highlights rational use by industry and agriculture as goals. OSD15 – life on land, lists combating desertification and restoring degraded soil as its main objectives. Agricultural activities, in turn, can be anchored in SDG2 – zero hunger, highlighting the goals to increase the productivity of small producers and guarantee sustainable production systems that maintain ecosystems and also contribute to improving the quality of food, land and soil. This highlights the

challenge of a holistic approach to these objectives and goals, as agricultural activities play a fundamental role in food supply, the production systems of this sector interact with essential resources for the entire society: water and soil, which may cause impacts that harm agricultural activity itself. Understanding the relationships between agricultural activities and natural resources is essential for reflection on the socio-environmental implications of agricultural production and for the search for alternatives.

**Keywords:** Agricultural Activities. Sustainable development. Environmental impacts.

## 1. INTRODUÇÃO

A desertificação do solo tem sido uma problemática global de interesse de toda sociedade, tendo em vista seu potencial para impactar a vida das pessoas através de diversos aspectos econômicos, socioambientais e políticos, como por exemplo pela migração de populações para terras produtivas ou centros urbanos, possibilitando conflitos socioambientais (D'ODORICO, 2013).

O reconhecimento da gravidade desse fenômeno levou a sua inclusão na Agenda 2030 como forma de proteger a vida terrestre (ONU, 2015). Sendo o uso do solo em conjunto com a água o principal meio das atividades agrícolas, reside aí a pertinência em analisar como interagem os sistemas de produção agropecuária com o meio ambiente natural. Este trabalho objetiva compreender, a partir de revisão de literatura nos principais periódicos sobre o tema disponíveis na base de dados *Web of Science*, como as atividades agrícolas contribuem para a desertificação, quais as consequências disso e as formas de combate a essa problemática.

São abordados, portanto, as principais causas para a desertificação no que se refere às atividades agrícolas, ou seja, como essas atividades impactam o meio ambiente podendo favorecer a degradação do solo. Além disso, apresenta-se as principais consequências da desertificação, não só para o ambiente natural mas para a sociedade como um todo em suas dimensões sociais e econômicas. Por fim, algumas estratégias de combate a esse fenômeno são identificadas, tanto em aspectos físicos como sociais.

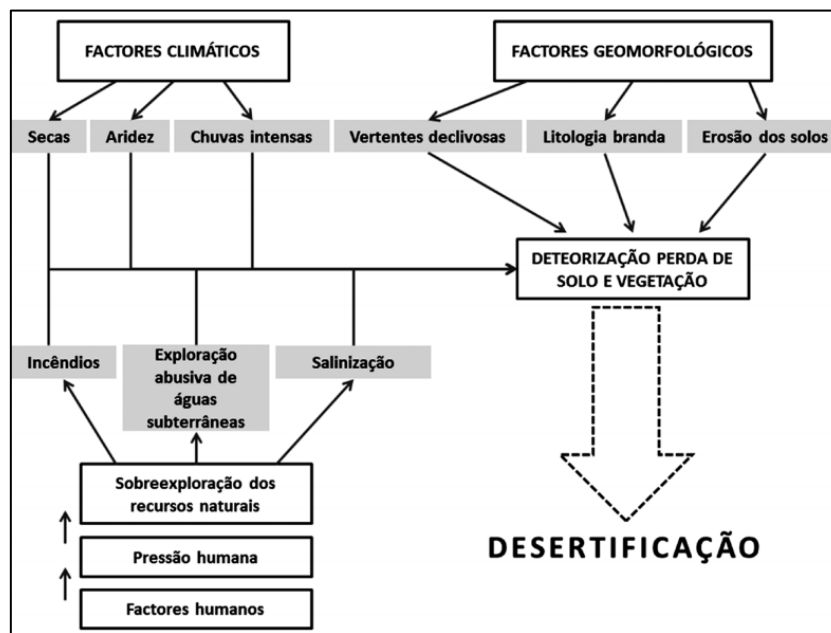
## 2. DESERTIFICAÇÃO

No contexto da Conferência das Nações Unidas para o Ambiente e Desenvolvimento realizada no Rio de Janeiro em 1992, firmou-se a Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação nos Países Afetados por Seca Grave e/ou Desertificação (CNUCD). O documento é o primeiro a inserir a temática numa agenda global e reconhece que a problemática é resultado de fatores físicos, biológicos, políticos, sociais, culturais e econômicos. Para a CNUCD, desertificação é “a degradação da terra em zonas áridas, semiáridas e sub-húmidas secas, resultantes de vários factores, incluindo as variações climáticas e as actividades humanas” (ONU, 1995). Desde então, a preocupação global com esse fenômeno levou a inclusão da temática no ODS 15 que trata da vida terrestre, visando combater a desertificação, deter e reverter a degradação da terra e deter a perda de biodiversidade (ONU, 2015).

A desertificação do solo é um processo em que há sua perda de produtividade e é resultado de processos físicos, biológicos, históricos, econômicos, sociais, culturais e políticos em diferentes escalas espaciais e temporais. Causa impactos negativos às populações de áreas afetadas e geram desequilíbrios nos principais fatores ecológicos, tais como a vegetação, albedo, temperatura, precipitações, humidade do solo e erosões. Em conjunto com causas indiretas como o crescimento demográfico e econômico, além do contexto global de mudanças climáticas, essas pressões condicionam o uso do solo e levam à desertificação (ROXO; MACHADO, 2019).

Na **Figura 1**, Roxo e Machado (2019) apresentam os principais elementos envolvidos no processo de desertificação. Os fatores climáticos incluem as secas, aridez e chuvas intensas e nos fatores geomorfológicos estão as vertentes declivosas, litologia branda e erosão dos solos. Já os fatores decorrentes de ação antrópica são definidos como uma sequência de fatores humanos, pressão humana e sobreexploração de recursos naturais, que resultam em incêndios, exploração abusiva de águas subterrâneas e em salinização da água. Esses três últimos elementos, por sua vez, interagem com os fatores climáticos e, juntamente com a geomorfologia, resultam na deterioração e perda do solo e da vegetação, caracterizando a desertificação.

Figura 1 - fatores que originam a desertificação.



Fonte: Roxo e Machado (2019).

As atividades agrícolas envolvendo toda a cadeia de produção de alimentos e outros produtos pela agricultura e pecuária, portanto, estão na dimensão dos fatores humanos que exercem pressão sobre os recursos naturais, por vezes resultando em efeitos que levam a degradação do solo. A seguir, são apresentados alguns dos principais fatores ligados às atividades agrícolas que favorecem o processo de desertificação em conjunto com os fatores climáticos e geomorfológicos.

## 2.1. PRINCIPAIS CAUSAS DA DESERTIFICAÇÃO

Apesar de não haver consenso na comunidade científica quanto aos aspectos mais responsáveis pela desertificação (climáticos ou antrópicos), existindo aqueles que dão maior importância às condições climáticas e outros que dão igual importância para as atividades humanas, essa análise depende fundamentalmente de cada contexto geográfico e especificidades socioeconômicas (ROXO; MACHADO, 2019).

Buriti e Barbosa (2022) citam como algumas das principais causas antrópicas da desertificação:

- a) agropecuária, quando se explora intensivamente o solo sem o manejo adequado, o que o deixa exposto a processos erosivos que contribuem para a desertificação;

- b) sobrepastoreio, pois as grandes extensões usadas para pastejo de animais de grande porte ou a superpopulação destes interfere na propriedade dos solos, intensificando a degradação e acelerando processos erosivos, decorrente por exemplo da compactação do solo pelo pisoteio;
- c) desmatamento, em razão das diversas pressões de uso e ocupação do solo, pois a remoção da vegetação deixa o solo vulnerável à erosão.
- d) irrigação, quando desprovida de manejo adequado, na medida em que alguns solos como das regiões semi-áridas correm o risco de sofrerem salinização, caracterizada pelo excesso de sais minerais que leva a dificuldade para a germinação etc.

D’Odorico (2013) argumenta que as causas antropogênicas que contribuem para a desertificação estão relacionadas principalmente à inadequada gestão das terras, resultando em sobrepastoreio e em práticas agrícolas não sustentáveis que ultrapassam os limites dos ambientes já vulneráveis. E essas práticas podem resultar em erosão do solo e acúmulo de sais na superfície. Para o autor, a falta de gestão pode ser atribuída muitas vezes ao desconhecimento ou mesmo à ganância. Outro agravante é a marginalização dessas regiões vulneráveis, que se refere à pouca atuação política e ao distanciamento dos criadores de políticas públicas ou dos centros de decisão, dificultando o adequado entendimento do problema local, muitas vezes implicando na implementação de ações que até contribuem com a desertificação.

A seguir são abordadas as principais causas da desertificação no que se refere a atividades agrícolas.

### 2.1.1. Agropecuária

Dentre as causas humanas mais diretas para a desertificação destacam-se a agricultura intensiva e o sobrepastoreio em conjunto com o desmatamento, desflorestação e irrigação inadequada. Um dos problemas da agricultura intensiva baseada em irrigação é o uso de águas de má qualidade química e com excesso de sais, apresentando crostas salinas que tornam o solo improdutivo. Esse fenômeno é mais visível em áreas litorâneas onde a exploração dos mananciais conduz à intrusão de água salgada ou salobra em aquíferos e nos solos (ROXO; MACHADO, 2019).

D’Odorico (2013) comenta que cerca de 44% das áreas agrícolas no mundo são localizadas em regiões áridas e semiáridas e que quase 15% de áreas nessas regiões previamente usadas para pasto foram convertidas em plantio até metade do século XX. Para o autor essa conversão tipicamente resulta no sobrepastoreio de outras áreas marginais ainda remanescentes, além de resultar nos efeitos da agricultura intensiva no solo.

Outros problemas relacionados à agricultura intensiva envolvem a acidificação dos solos, contaminação por pesticidas e fertilizantes e expansão para solos sem aptidão agrícola. Além disso, práticas produtivas como a cultura de sequeiro favorecem a perda de nutrientes do solo decorrente da erosão hídrica, a exemplo da cultura de cerealífera (trigo, centeio ou cevada) em terrenos com declividade e sem práticas de conservação e proteção do solo contra os elementos climáticos. Assim como o uso de queimadas ou mesmo de maquinário pesado no sentido de maior inclinação do solo também favorecem processos erosivos e a consequente degradação do solo (ROXO; MACHADO, 2019).

### 2.1.2. Sobrepastoreio

Segundo Roxo e Machado (2019), o sobrepastoreio ocorre quando há um excessivo número de cabeças de gado na pastagem, ultrapassando a capacidade de produtividade. Para os autores, os dois aspectos principais relacionados a essa situação são o pisoteio dos animais que compacta o solo e desencadeia a diminuição da infiltração, dificuldade de germinação e processos erosivos; e a quantidade excessiva de animais que degradam a cobertura herbácea e arbustiva, repercutindo portanto na degradação do solo.

Conforme Ibáñez, Martínez e Schnabel (2007), o pastoreio de gado afeta a vegetação, solo e hidrologia, o que ocorre em função da densidade das espécies de ruminantes, seus comportamentos de forrageamento e preferências alimentares. O pastoreio excessivo leva, portanto, principalmente, à redução da vegetação e de sua diversidade. Mas para os autores, os efeitos dessa atividade no solo são diversos, como o pisoteio pelo gado que causa a compactação com alteração da porosidade e perturbação da superfície do solo; a redução de vegetação reduz o suprimento de matéria orgânica no solo; e esses processos levam à redução da capacidade de

infiltração da água no solo, aumentando o escoamento superficial e acelerando a erosão.

Por sua vez, Belnap (1995) observa que a perda de solo pela erosão pelo ar ou água diminui a diversidade da biota do solo e, adicionalmente, pode ocorrer alteração de ciclos de nutrientes devido à baixa quantidade de nitrogênio e carbono disponíveis.

A taxa de infiltração da água tem sido um dos temas centrais para uma potencial irreversibilidade de processos de desertificação, o que por sua vez tem sido relacionado positivamente com a cobertura de vegetação gramínea perene, ou seja, uma maior cobertura gramínea acompanha maior taxa de infiltração do solo e uma menor cobertura acompanha uma menor taxa de infiltração. Além disso, existe um limite de cobertura por gramíneas abaixo do qual a taxa de infiltração de água reduz ao ponto de ser insuficiente para o próprio crescimento da vegetação e sua recuperação, de modo que a redução dessa cobertura devido a alimentação de animais ou secas induz à estabilidade da desertificação ainda que se encerrem as situações degradantes (CASTELLANO; VALONE, 2007).

Castellano e Valone (2007) observam que não apenas a cobertura de vegetação interfere na taxa de infiltração, mas também a compactação do solo, causada principalmente pelo pisoteio de animais nas atividades pecuárias, que reduz drasticamente a capacidade de infiltração do solo. Portanto, os autores consideram que a compactação do solo usado na pecuária interfere na taxa de infiltração, afetando a cobertura de vegetação em terras desertificadas. Em um estudo de caso, observaram que a remoção da pecuária a longo prazo (54 anos) resultou na diminuição da compactação do solo concomitantemente com aumento da taxa de infiltração e da cobertura vegetal de gramínea perene. A mesma reversão não foi observada para a retirada após 10 anos ou 25 anos.

A compactação e perturbação da superfície do solo pode ainda, ao reduzir a infiltração da água e aumentar o albedo, possibilitar a redução e precipitações (BELNAP, 1995).

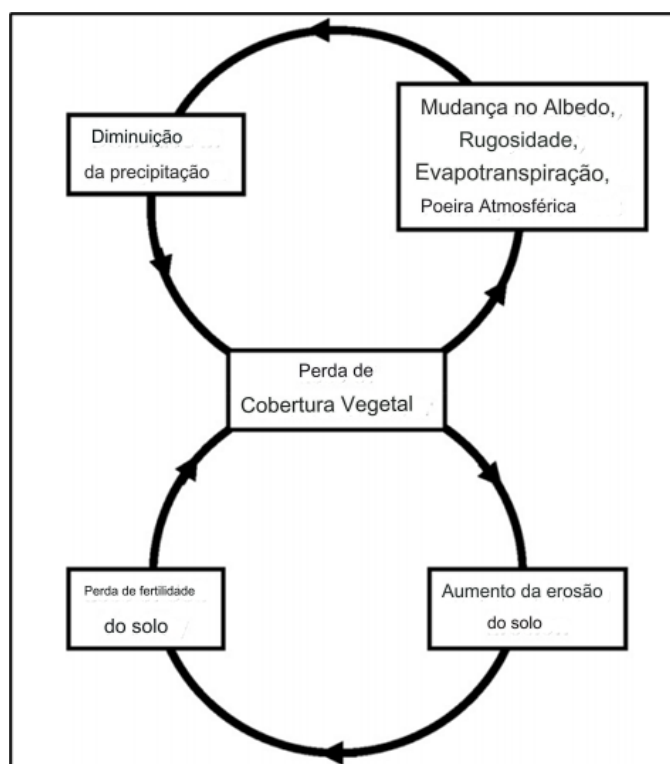
### 2.1.3. Desmatamento

Na **Figura 2** verifica-se segundo D’Odorico (2013) que a perda de cobertura vegetal está relacionada a ciclos envolvendo o solo e atmosfera. No ciclo inferior a perda



de cobertura vegetal leva à erosão, que por sua vez impacta na baixa fertilidade do solo, realimentando o ciclo de perda vegetal. Já no ciclo superior, a falta de cobertura vegetal pode gerar alterações no albedo, rugosidade evapotranspiração e partículas atmosféricas que por sua vez impactam na redução de precipitações, que assim contribui para mais degradação da cobertura vegetal.

Figura 2 - ciclos de degradação envolvendo vegetação-atmosfera e vegetação-solo.



Fonte: Adaptado de D'Odorico (2013).

Os modelos de estudo desse ciclo da atmosfera apresentam resultados que demonstram acréscimo na precipitação ao aumentar a cobertura vegetal (D'ODORICO, 2013).

#### 2.1.4. Irrigação/salinização

A salinização é outro fator que pode contribuir para a desertificação, e um dos principais responsáveis por esse processo é o uso de irrigação inadequada, seja por meio de técnicas ou água de má qualidade química. Têm sido relatados como fatores para o aumento da salinidade a alteração da composição vegetal, dinâmica dos lençóis freáticos e o acúmulo de sais, de modo que a substituição de vegetação nativa por

plantios agrícolas tem sido associada a uma ascensão dos lenções freáticos, favorecendo a evaporação da água e acúmulo de sais. (D'ODORICO, 2013).

A salinização se caracteriza pelo acúmulo de sais solúveis em água, em geral o Cloreto de Sódio (NaCl) na parte mais superior do perfil do solo e que impacta na produção agrícola e no funcionamento dos ecossistemas. Uma das formas de salinização se dá pela sodicidade, quando os íons de Sódio (Na<sup>+</sup>) representam mais de 15% dos cátions trocáveis. “A sodicidade refere-se à ação de íons carbonatos, bicarbonatos que elevam o pH do meio, além de promoverem precipitação de cálcio e magnésio, elevando o teor relativo de sódio solúvel e trocável do solo” (LEITE *et al.*, 2010, p. 2).

Para a agricultura os efeitos da salinidade não só estão na redução do crescimento das plantas e da colheita mas também na possibilidade de o solo chegar a um estado de degradação permanente (D'ODORICO, 2013). A salinidade causa redução de água e nutrientes disponíveis às plantas “devido os sais solúveis presentes na solução do solo estarem prontamente disponíveis aos vegetais” (LEITE *et al.*, 2010, p. 2). Dias *et al.*, (2016, p. 1) explicam que “em solos salinos, os sais solúveis na solução do solo aumentam as forças de retenção de água devido ao efeito osmótico, ocorrendo assim redução na absorção de água pela planta”. A depender do grau de salinidade em relação à capacidade de tolerância da planta, pode ocorrer não só a dificuldade de absorção mas também a planta poderá perder a água existente em seus tecidos (DIAS *et al.*, 2016).

D'Odorico (2013) cita três principais mecanismos de salinização do solo:

- a) **Salinidade associada ao lençol freático:** casos em que o lençol freático é raso (menos de 2,5 metros), onde os sais dissolvidos na água são trazidos por capilaridade até a zona das raízes das plantas. A exclusão dos sais pelas plantas potencializam ainda mais a salinidade nessas áreas;
- b) **Salinidade não associada ao lençol freático:** ocorrem quando há profundidade do lençol frético de pelo menos 20 metros e dificuldade de drenagem. Nesse caso os sais são introduzidos através da chuva e do intemperismo de rochas, armazenando-se na zona de raízes;
- c) **Salinidade associada a irrigação:** ocorre em áreas de agricultura irrigada ao ser utilizada água de baixa qualidade. Em conjunto com uma insuficiente lixiviação

e altas taxas de evaporação causam o acúmulo de sais na zona de raízes superficial.

## 2.2. PRINCIPAIS CONSEQUÊNCIAS DA DESERTIFICAÇÃO

Quanto a impactos da desertificação para a sociedade, a deterioração de condições de vida em comunidades decorrente da diminuição da produtividade agrícola em conjunto com eventos climáticos extremos recorrentes e instabilidade política podem resultar numa migração em larga escala, com importantes consequências ambientais, socioeconômicas e políticas. Dessa forma a degradação ambiental pode tanto ser causa como consequência de migrações e conflitos humanos. Estima-se que o número de refugiados ambientais já seja superior ao de outros refugiados, conquanto seja difícil a mensuração precisa desse fenômeno. (D'ODORICO, 2013).

Sendo assim, em termos gerais a desertificação afeta o equilíbrio socioambiental, em especial agravando a pobreza, o que leva as populações de agricultores (em geral os mais vulneráveis) a abandonarem as terras e a migrarem na busca por terras produtivas ou para áreas urbanas. Isso estaria no cerne de questões como o crescimento desordenado de áreas urbanas e de conflitos sociais e ambientais (ROXO; MACHADO, 2019).

Algumas das principais consequências da desertificação são citadas por Roxo e Machado (2019) como:

- a) Participação nas mudanças climáticas pois reduz o sequestro de carbono; diminui a matéria orgânica nos solos e aumenta o albedo. Na interação com a atmosfera também há interferência na absorção de energia solar, fluxos de temperatura, evaporação etc.;
- b) A degradação da cobertura vegetal de florestas para o pastoreio substitui a vegetação original por outras secundárias como arbustivas, que pela característica reduz a proteção dos solos tornando-os suscetíveis à erosão eólica e hídrica.
- c) A redução de biomassa e perda da biodiversidade favorece a invasão de espécies xerófitas mais adaptada às condições de aridez e solos pobres;
- d) Com os processos erosivos, a consequente perturbação no ciclo hidrológico provoca a perda de capacidade de recarga de aquíferos, piora da qualidade das

águas superficiais, maior variabilidade de regime dos cursos de água e riscos de inundações. Os recursos hídricos também interferem na biodiversidade.

- e) Diminuição da estabilidade da estrutura dos solos que em geral é acompanhada pela compactação e acúmulo de crostas salinas. Consequentemente a baixa infiltração leva ao maior escoamento superficial, fazendo acumular sedimentos nas bases de encostas e vales, o que favorece o assoreamento.
- f) A erosão superficial reduz a fertilidade dos solos adequada às atividades agrícolas, além de favorecer o afloramento de formações mais profundas do solo, como de rocha-mãe.

### 2.3. ESTRATÉGIAS DE ENFRENTAMENTO À DESERTIFICAÇÃO

Segundo Roxo e Machado (2019) a recuperação de solos abandonados devido a não aptidão agrícola depende de uma análise das condições que levaram ao abandono. Em caso de área desertificadas, por exemplo, há locais com possível reversibilidade quando há condições climáticas que favoreçam a humidade dos solos, repercutindo na viabilidade de recuperação vegetal. No entanto, em locais onde a degradação foi muito intensa, os autores argumentam que as condições áridas tornam a recuperação demasiada lenta e, portanto, verifica-se a continuidade da erosão dos solos.

Nesse sentido e diante da complexidade da problemática em diversos países, a ONU tem atuado traçando estratégias de combate à desertificação. Portanto, a própria inserção da temática em agendas políticas globais já se mostra um avanço alcançado para o enfrentamento do problema. Uma das estratégias traçadas pela Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação nos Países Afetados por Seca Grave e/ou Desertificação (CNUCD) foi a criação de anexos regionais mapeando áreas suscetíveis a desertificação, que subsidiam a elaboração de programas de ação nacionais (*National Action Program – NAP*). Tais programas dão origem a áreas piloto onde se implementam ações de combate à desertificação.

Nesse contexto, Roxo e Machado (2019) comentam que há dois componentes a serem levados em consideração no combate à desertificação:

- (i) a decisão política que tem por obrigação estabelecer os instrumentos que possibilitem uma utilização sustentável dos recursos naturais, através do diagnóstico, monitorização e aplicação de directivas e regulamentações e;
- (ii) a participação das populações afetadas na procura de soluções para minimizar as consequências dos processos que estão na origem da desertificação (ROXO; MACHADO, 2019, p. 25).

As soluções passam pela atuação direta nas causas da desertificação, mas não há uma maneira única de se planejar as ações tendo em vista a complexidade e especificidade de cada local. Deve-se, portanto, considerar não só a gravidade do fenômeno mas também os recursos sociais e económicos disponíveis ao enfrentamento. Deve-se levar em conta “[...] a variabilidade climática, as limitações impostas pela qualidade dos solos, a tipologia e dinâmica da vegetação, as técnicas e práticas agrícolas, os métodos e usos da água, bem como, as necessidades estruturais e sociais das áreas em que a degradação dos recursos naturais é notória” (ROXO, MACHADO, 2019, p. 25).

Alguns exemplos de sucesso no combate à desertificação buscam uma gestão mais racional dos recursos naturais (água, solo e vegetação), integrando conhecimentos de técnicas tradicionais e novas nas atividades agrícolas. Algumas das ações são:

- (i) o cultivo de espécies mais resistentes à seca;
- (ii) a consociação de culturas;
- (iv) a reflorestação com espécies endógenas com interesse económico;
- (v) a multifuncionalidade nas explorações agrícolas;
- (vi) a aplicação de medidas de conservação do solo e da água;
- (vii) o melhoramento das pastagens; e
- (viii) a utilização das energias renováveis (ROXO; MACHADO, 2019, p. 26).

Conforme observa D’Odorico (2013) a existência de indicadores é também essencial para ações de mitigação, controle e recuperação de áreas em processo de desertificação. Os indicadores mais usuais segundo o autor são biofísicos (mudança em cobertura do solo, biodiversidade, fertilidade); económicos (redução dos rendimentos agrícolas, produção de forragem, rendimento familiar e eficiência de mercado); sociais (aumento de êxodo rural, mudanças estruturais da população, declínio de solidariedade social, piora de condições de saúde, taxas de desemprego); e políticos (encolhimento do

poder estatal, conflitos decorrentes de imigrações). O monitoramento de tais indicadores depende da disponibilidade de informações através de estudos de campo, documentos e sensoriamento remoto.

D’Odorico (2013) propõe soluções nas dimensões socioeconômicas e biofísicas:

- a) **Soluções biofísicas:** em agro-ecossistemas afetados pela desertificação o principal passo para diminuir ou reverter a desertificação é a garantia de segurança alimentar através do incentivo à agricultura e uso sustentável dos recursos. Além disso, as soluções no aspecto biofísico devem envolver o controle da erosão do solo, remediação da salinidade, gestão de pastos, introdução de novas variedade de plantios, introdução de novas tecnologias de irrigação e captação de água e gestão do fogo.
- b) **Soluções socioeconômicas:** a participação da população local e envolvimento das partes interessadas é crucial para garantia das soluções biofísicas. A otimização do uso dos recursos em regiões áridas e semiáridas pode ser obtido por incentivos econômicos, investimentos públicos e privados direcionados de longo prazo, diversificação de rendimentos e meios de subsistência, investimento em energia renovável, criação de sistemas de marketing eficientes e conduzindo pesquisas orientadas para problemas. Tais ações contribuem para a segurança alimentar, redução da pobreza e fortalecimento da capacidade adaptativa das regiões secas aos efeitos das mudanças climáticas.

Em termos gerais, o combate à desertificação, como destacam Roxo e Machado (2019, p. 27), “só será uma realidade quando a sociedade tiver consciência da complexidade deste fenômeno e das suas consequências. Um fenômeno desta índole exige a implementação de medidas e ações integradas e o comprometimento de todos na salvaguarda dos recursos naturais”.

### 3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante da importância fundamental das atividades agrícolas para o desenvolvimento das sociedades, a compreensão de seus impactos no meio ambiente contribui para a reflexão crítica não só de produtores, mas também da população como um todo. Entender que a desertificação é um processo complexo e multidimensional pode auxiliar produtores e governos a buscarem melhorias nos sistemas produtivos e

na relação destes com o meio socioambiental. Desse modo, aproximando-se de uma busca integrada e holística dos objetivos de desenvolvimento sustentável da Agenda 2030.

## REFERÊNCIAS

- BELNAP, Jayne. Surface disturbances: their role in accelerating desertification. *Environmental monitoring and assessment*, v. 37, p. 39-57, 1995.
- BURITI, C. de O.; BARBOSA, H. A. Desertificação e mapeamento de áreas degradadas no Semiárido brasileiro a partir de satélites. *Ensino de Geografia e a Redução do Risco de Desastres em espaço rural e urbano*. São Paulo: Centro Paula Souza, p. 465-483, 2022.
- CASTELLANO, M. J.; VALONE, T. J. Livestock, soil compaction and water infiltration rate: Evaluating a potential desertification recovery mechanism. *Journal of Arid Environments*, v. 71, n. 1, p. 97-108, 2007.
- D'ODORICO, Paolo et al. Global desertification: Drivers and feedbacks. *Advances in water resources*, v. 51, p. 326-344, 2013.
- DIAS, N. S. et al. Efeitos dos sais na planta e tolerância das culturas à salinidade (Salinity effects on plants and tolerance of crops to salinity). *Book Chapter*, p. 151-162, 2016.
- IBÁÑEZ, Javier; MARTÍNEZ, Jaime; SCHNABEL, Susanne. Desertification due to overgrazing in a dynamic commercial livestock–grass–soil system. *Ecological Modelling*, v. 205, n. 3-4, p. 277-288, 2007.
- LEITE, Egeiza Moreira et al. Redução da sodicidade em solo irrigado com a utilização de ácido sulfúrico e gesso agrícola. *Revista Caatinga*, v. 23, n. 2, p. 110-116, 2010.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). *Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação: nos países afetados por seca grave e/ou desertificação, particularmente na África*. 1995
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). *Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável*. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>
- ROXO, Maria; MACHADO, Carlos. Desertificação. *Catástrofes Mistas*, p. 211-239, 2019.





**AMPLLA**  
EDITORA



9 786553 811768