

COLETÂNEA INTERNACIONAL DE

PESQUISA EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS E BIOLÓGICAS

Fernanda Chaves Aloisio
(Organizadora)

V.01

SEVEN
publicações acadêmicas

COLETÂNEA INTERNACIONAL DE
**PESQUISA EM CIÊNCIAS
AGRÁRIAS E BIOLÓGICAS**

Fernanda Chaves Aloisio
(Organizadora)

V.01

EDITORES CHEFE

Prof.º Me. João Victor Lucas
Prof.º Dr. Wanderson Farias

EDITOR EXECUTIVO

Nathan Albano Valente

ORGANIZADOR DO LIVRO

Fernanda Chaves Aloisio

PRODUÇÃO EDITORIAL

Seven Publicações Ltda

EDIÇÃO DE ARTE

Alan Ferreira de Moraes

BIBLIOTECÁRIA

Eliete Marques da Silva

IMAGENS DE CAPA

AdobeStok

ÁREA DO CONHECIMENTO

Ciências Agrárias e Biológicas

2022 by Seven Editora

Copyright © Seven Editora

Copyright do Texto © 2022 Os Autores

Copyright da Edição © 2022 Seven Editora

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Coletânea internacional de pesquisa em ciências agrárias e biológicas [livro eletrônico]:

v. 1 / organização Seven Publicações. --Curitiba, PR : Seven Events, 2022.

PDF

Vários autores. Bibliografia.

ISBN 978-65-84976-00-9

1. Artigos - Coletâneas
2. Ciências agrárias
3. Ciências biológicas I. Seven Publicações.

22-125175

CDD-501

Índices para catálogo sistemático:

1. Divulgação científica 501

Eliete Marques da Silva - Bibliotecária - CRB-8/9380

Conselho Editorial

Prof. Dr. Pedro Henrique Ferreira Marçal. Universidade Vale do Rio Doce

Prof. Msc. Adriana Barni Truccolo- Universidade Estadual do Rio Grande do Sul

Prof. Msc. Marcos Garcia Costa Moraes- Universidade Estadual da Paraíba

Prof. Dra. Mônica Maria de Almeida Brainer - Instituto Federal Goiano Campus Ceres

Prof. Me. Caio Vinicius Efigenio Formiga - Pontifícia Universidade Católica de Goiás

Prof. Me. Egas José Armando - Universidade Eduardo Mondlane de Moçambique.

Profª Drª. Ariane Fernandes da Conceição- Universidade Federal do Triângulo Mineiro

Prof. Dr. Wanderson Santos de Farias - Universidad de Desarrollo Sustentable

Profª Drª. Maria Gorete Valus -Universidade de Campinas

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra **DECLARAM** para os seguintes fins que:

1. Não possui qualquer interesse comercial que enseje um conflito de interesses em relação ao conteúdo publicado;
2. Declara que participou ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente nas seguintes condições: "a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão; "
3. Certifica que o texto publicado está completamente isento de dados e/ou resultados fraudulentos e vícios de autoria;
4. Confirma a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas;
5. Reconhece ter informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa;
6. Autoriza a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Seven Publicações Ltda.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Seven Publicações Ltda **DECLARA**, para fins de direitos deveres e eventuais aceções metodológicas ou jurídicas, que:

1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, constituindo direito sobre a publicação e reprodução dos materiais. Não se responsabilizando solidariamente na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; Sendo única e exclusivamente responsabilidade do (s) autor (es) a verificação de tais questões autorais e outras, se eximindo portando a Editora de eventuais danos civis, administrativos e penais que surjam.
2. Autoriza A DIVULGAÇÃO DA OBRA, pelo (s) autor (es) em palestras, cursos eventos, shows, meios midiáticos e televisivos, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial, com a apresentação dos devidos CRÉDITOS a SEVEN EVENTOS ACADÊMICOS, podendo ser responsabilizado o autor (es) e divulgadores pela omissão/apagamento de tais informações;
3. Todos os e-book são open access, desta forma não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de e-commerce, ou qualquer outro meio virtual ou físico. Sendo, portanto, isenta de repasses de direitos autorais aos autores, vez que o formato não enseja demais direitos que não os fins didáticos e publicitários da obra que podem ser consultados a todo momento.
4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro;
5. A Seven Eventos Acadêmicos, não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra, em conformidade ao Marco Civil da Internet, a Lei Geral de Proteção de Dados e a Constituição da República Federativa.

Caro (a) leitor (a),

Primeiramente, gostaria de parabenizar a todos que participaram desse livro acerca das Ciências Agrárias. A presente leitura está posta pelos mais diversos itens e apresentações sobre o mais acurado rol de pertinência temática para o campo. Ademais, a colocação que se faz ao leitor é que as indagações e questionamentos são realizados por profissionais e estudantes em todos os níveis trazendo harmonia e inovação por parte multidisciplinar e dentro de variadas visões. Informamos que, as ciências agrárias apesar de ser uma das áreas que mais auxiliam no desenvolvimento do Brasil é uma das menos pesquisadas, por vezes, logo as indagações aqui feitas e trazidas por todos esses profissionais, acadêmicos e comunidade em geral é fundamental para o desenvolvimento do campo e quiçá do país e em, conformidade, o mundo. Por fim, desejamos desde já uma boa leitura, e que caso deseje participar das próximas edições, basta entrar em contato conosco e contribuir cada dia mais com a pesquisa e o progresso científico acadêmico das ciências agrárias.

Autores

Adriana E. González
Adriane Pagani
Alessandra Oliveira Pinheiro
Amanda Cristina Machado da Silva
Amanda Cristine Abreu Silva
Amanda Laís Enes Costa
Ana Carolina Silva Dutra
Anderson Mathias Pereira
Andresa Carla Feihmann
Annecler Rech de Marins
Antônio Jacinto Demuner
Antônio Leonício Ferreira da Cruz
Antônio Natanael Soares
Beatriz Ronchi-Teles
Benjamim Cardoso da Silva Neto
Bertoldo Henrique Rodrigues
Bruna Dalcin Pimenta
Bruna Dalcin Pimenta,
Rodrigo Luiz Ludwig
Caio Abílio Silva Lima
Caroline Tombini
Ceci Sales-Campos
Celina de Almeida Furnallete
Mançanares
Charles Esteffan Cavalcante
Cícero de La Martini da Penha Junior
Cícero Nicolini
Claudia D. de Paula
Cleocides Silva Soares
Daniel Gomes e Silva
Daniela Batista dos Santos
Eder Júlio de Jesus
Edna Peixoto da Rocha Amorim
Elaine Alves dos Santos
Eliana Janet Sanjinez-Argandoña
Eliena da Silva Gomes
Eliéverson Guerchi Gonzales
Erica Silva Mendes
Everton Fernando Ribeiro Schrede
Fabrício Custódio de Moura Gonçalves
Fabrício Custódio de Moura Gonçalves

Fernando A. Mendoza
Francieli Dalcanton
Francineuma Ponciano de Arruda
Francisco de Jesus Silva de Sousa
Gabriela Iaschombeck Kohl
Gabriele Molinari Rother
Geórgia Souza Peixinho
Giovana Lima de Souza
Glaucio Nonose Negrão
Gustavo Henrique Barroso da Silva
Hébelys Ibiapina da Trindade
Hellen Ramos do Prado
Henrique Guilhon de Castro
Hudson Silva Soares
Ilisandra Zanandrea
Irina C. Herazo
Izael Oliveira Silva
Jairo Ribeiro Barbosa
João Antônio Rodrigues Santos
João Tomaz da Silva Borges
Josiane Maria Muneron de Mello
Josué Chaves Ferreira
Júlia Letícia Cassel
Juliana Paiva Carnaúba
Juliano dos Santos
Karina Penha Andrade Costa
Karoline Aparecida da Silva Braga
Ketson Patrick de Medeiros Freitas
Kevin Lucas Oliveira Barboza
Kevyn Melo Lotas
Larissa Suellen Gil Borges
Leiliane do Socorro Sodrê de Souza
Lorena Bueno Scarpioni
Loyz Sousa Assis
Luciana Paes de Andrade
Ludmila Oliveira Campos
Luis Aguirre Villasenor
Luiz Carlos Ferreira
Luiz Cláudio de Almeida Barbosa
Lukas Allayn Diniz Corrêa
Magdalena Armendáriz Rojas

Marcos Antonio Matiucci
Mária Luiza Rodrigues de Souza
Mária Manuela Camino Feltes
Michelle Bezerra da Silva Siebra
Miquéias Oliveira de Souza
Moisés da Costa Cunha
Nagela Janniny Veloso
Coelho Moraes
Natalya Marques da Silva
Nurzia Cristina Correia Santana
Paola Fontana de Vergas
Paulo Jackson Colacio dos Santos
Pedro Hurtado de Mendoza Borges
Pedro Hurtado de Mendoza Moraes
Raimunda Liége Souza de Abreu
Riquelmy Pereira Diniz
Roberta da Rocha Santana
Rodrigo Hinojosa Valdez
Rodrigo Luiz Ludwig
Rogério César de Lara da Silva
Ronnilda Maria Gonçalves Araujo
Rosemary Aparecida Roque
Samanta Jaqueline Dalanholt-Nardi
Stênio Cristaldo Heck
Stéphani Caroline Beneti
Tainara dos Santos Lacerda
Talita Aparecida Ferreira de Campos
Tamara Gysi
Tamires Milan dos Anjos
Tânia Aparecida Pinto de Castro Ferreira
Tânia Granzotti da Silva
Thiallison Furtado de Medeiros
Vitória Lima Silva Teixeira
Yan Victor Silva Machado
Yenis I. Pastrana
Zaíra Moraes dos Santos
Hurtado de Mendoza

SUMÁRIO

Sistema de producción lechera en el ejido los llanos, municipio de Arteaga, Coahuila: un estudio de caso en la lechería familiar

Magdalena Armendáriz Rojas e Luis Aguirre Villasenor

  [10.56238/cipcaebv1-001](https://doi.org/10.56238/cipcaebv1-001)

.....1-7

Perfil dos tutores participantes do programa de microchipagem e esterilização cirúrgica no município de São João da Boa Vista – SP

Lorena Bueno Scarpioni, Caio Abilio Silva Lima, Alessandra Oliveira Pinheiro e Celina de Almeida Furnallete Mançanares

  [10.56238/cipcaebv1-002](https://doi.org/10.56238/cipcaebv1-002)

.....8-20

Solarização de substrato a base de esterco ovino como alternativa ao substrato comercial na produção de mudas de tomate

Juliana Paiva Carnaúba, Paulo Jackson Colacio dos Santos, Izael Oliveira Silva, Geórgia Souza Peixinho e Edna Peixoto da Rocha Amorim

  [10.56238/cipcaebv1-003](https://doi.org/10.56238/cipcaebv1-003)

.....21-30

Auxina: ação do hormônio indutor de crescimento em soja

Júlia Letícia Cassel, Gabriele Molinari Rother, Bruna Dalcin Pimenta, Rodrigo Luiz Ludwig e Daniela Batista dos Santos

  [10.56238/cipcaebv1-004](https://doi.org/10.56238/cipcaebv1-004)

.....31-44

Adubação silicada em plantas cultivadas

Júlia Letícia Cassel, Tamara Gysi, Gabriele Molinari Rother, Bruna Dalcin Pimenta, Rodrigo Luiz Ludwig e Daniela Batista dos Santos

  [10.56238/cipcaebv1-005](https://doi.org/10.56238/cipcaebv1-005)

.....45-56

Consumo de água por la ganadería lechera y disponibilidad hídrica en la microrregión Aripuanã de Mato Grosso

Pedro Hurtado de Mendoza Borges, Zaíra Morais dos Santos Hurtado de Mendoza, Pedro Hurtado de Mendoza Morais e Charles Esteffan Cavalcante

  [10.56238/cipcaebv1-006](https://doi.org/10.56238/cipcaebv1-006)

.....57-72

Fontes e doses de silício modificam parâmetros produtivos de milho BRS 3046

Antônio Leonício Ferreira da Cruz, Antônio Natanael Soares, Ludmila Oliveira Campos, Daniel Gomes e Silva, Josué Chaves Ferreira, Fabrício Custódio de Moura Gonçalves e Francineuma Ponciano de Arruda

  [10.56238/cipcaebv1-007](https://doi.org/10.56238/cipcaebv1-007)

.....73-84

Estado da arte sobre os efeitos da radiação não ionizante para a saúde a partir de estudos experimentais com animais

Moisés da Costa Cunha, Kevin Lucas Oliveira Barboza, Larissa Suellen Gil Borges, Eliéverson Guerchi Gonzales e Luciana Paes de Andrade

  [10.56238/cipcaebv1-008](https://doi.org/10.56238/cipcaebv1-008)

.....85-98

Barras de cereais com ingredientes funcionais: uma breve revisão da literatura

Caroline Tombini, Paola Fontana de Vergas, Adriane Pagani, Maria Manuela Camino Feltes, Josiane Maria Muneron de Mello e Francieli Dalcanton

  [10.56238/cipcaebv1-009](https://doi.org/10.56238/cipcaebv1-009)

.....99-118

Obtenção e caracterização da farinha de Munguba

Tânia Granzotti da Silva, Loyz Sousa Assis, Tamires Milan dos Anjos, Rogério César de Lara da Silva e Eliana Janet Sanjinez- Argandoña

  10.56238/cipcaebv1-010

.....119-130

Avaliação de diferentes solventes combinados a técnica de alta pressão para extração de compostos fenólicos totais e atividade antioxidante da erva-mate (*ilex paraguariensis*)

Natalya Marques da Silva, Talita Aparecida Ferreira de Campos, Annecler Rech de Marins, Elienae da Silva Gomes, Marcos Antonio Matiucci, Maria Luiza Rodrigues de Souza, Stéphanie Caroline Beneti, Stênio Cristaldo Heck e Andresa Carla Feihmann

  10.56238/cipcaebv1-011

.....131-139

Contaminação microbiológica de hortaliças produzidas em uma comunidade rural do município de Januária-MG

Tainara dos Santos Lacerda e Luiz Carlos Ferreira

  10.56238/cipcaebv1-012

.....140-146

Gestão ambiental: uma ferramenta para o desenvolvimento e práticas sustentáveis

João Antônio Rodrigues Santos, Roberta da Rocha Santana, Ronilda Maria Gonçalves Araujo e Michelle Bezerra da Silva Siebra

  10.56238/cipcaebv1-013

.....147-157

Legislação e vulnerabilidade social no Município de Guarapuava, PR

Everton Fernando Ribeiro Schrede e Glauco Nonose Negrão

  10.56238/cipcaebv1-014

.....158-171

Responsabilidade ambiental e sustentabilidade: questões éticas em um cenário de busca pelo progresso

Amanda Cristina Machado da Silva, Erica Silva Mendes, Riquelmy Pereira Diniz, Yan Victor Silva Machado e Francisco de Jesus Silva de Sousa

  10.56238/cipcaebv1-015

.....172-188

Influencia de la marca en la preferencia sensorial de cervezas

Claudia D. de Paula, Fernando A. Mendoza, Adriana E. González, Irina C. Herazo, Yenis I. Pastrana e João Tomaz da Silva Borges

  10.56238/cipcaebv1-016

.....189-197

Produção de cerveja artesanal estilo witbier com adição da casca de limão siciliano e da folha da árvore caneleira

Hudson Silva Soares, Kevyn Melo Lotas, Giovana Lima de Souza, Gustavo Henrique Barroso da Silva, Ketson Patrick de Medeiros Freitas, Leiliane do Socorro Sodrê de Souza e Anderson Mathias Pereira

  10.56238/cipcaebv1-017

.....198-207

As plantas medicinais e o ambiente: fatores que influenciam na produção de óleos essenciais

Nagela Janniny Veloso Coelho Moraes, Juliano dos Santos, Amanda Laís Enes Costa, Ana Carolina Silva Dutra, Lukas Allayn Diniz Corrêa, Amanda Cristine Abreu Silva, Karina Penha Andrade Costa e Ilisandra Zanandrea

  [10.56238/cipcaebv1-018](https://doi.org/10.56238/cipcaebv1-018)

.....208-232

Fitorremediação: plantas como mitigadoras de metais pesados em solos contaminados

Ana Carolina Silva Dutra, Nagela Janniny Veloso Coelho Moraes, Juliano dos Santos, Amanda Laís Enes Costa, Nurzia Cristina Correia Santana, Cícero de La Martini da Penha Junior, Lukas Allayn Diniz Corrêa e Ilisandra Zanandrea

  [10.56238/cipcaebv1-019](https://doi.org/10.56238/cipcaebv1-019)

.....233-259

Análise do óleo essencial do capim citronela (*Cymbopogon nardus*) nas condições edafoclimáticas de Juiz de Fora- MG

Henrique Guilhon de Castro, Karoline Aparecida da Silva Braga, Vitória Lima Silva Teixeira, Luiz Cláudio de Almeida Barbosa e Antônio Jacinto Demuner

  [10.56238/cipcaebv1-020](https://doi.org/10.56238/cipcaebv1-020)

.....260-271

Fotobiomodulação no tratamento de necrose de língua em cão

Diniz, C.M., Diniz, R.C., Santos, W.G. e Patrícia Maria Coletto Freitas

  [10.56238/cipcaebv1-021](https://doi.org/10.56238/cipcaebv1-021)

.....272-276

Potassium application via fertigation increases productivity and quality of watermelon fruits (*Citrullus lanatus* L.)

Bertoldo Henrique Rodrigues, Thiailisson Furtado de Medeiros, Jairo Ribeiro Barbosa, Fabrício Custódio de Moura Gonçalves, Cícero Nicolini e Francineuma Ponciano de Arruda

  [10.56238/cipcaebv1-022](https://doi.org/10.56238/cipcaebv1-022)

.....277-290

Estudo documental da ocorrência de parasitos intestinais no serviço de saúde pública do município de Loreto - Maranhão

Cleocides Silva Soares, Hébelys Ibiapina da Trindade, Benjamim Cardoso da Silva Neto e Miquéias Oliveira de Souza

  [10.56238/cipcaebv1-023](https://doi.org/10.56238/cipcaebv1-023)

.....291-305

Família Rhinotermitidae (Isoptera) e sua relação com a madeira de cardeiro (*Scleronema micranthum*)

Raimunda Liége Souza de Abreu, Beatriz Ronchi-Teles, Rosemary Aparecida Roque e Ceci Sales-Campos

  [10.56238/cipcaebv1-024](https://doi.org/10.56238/cipcaebv1-024)

.....306-317

Coleópteros das subfamílias Scolytinae e Platypodinae (Curculionidae) do Parque Nacional do Viruá, Roraima

Raimunda Liége Souza de Abreu, Eliésio Melo de Vasconcelos e Ceci Sales-Campos, Beatriz Ronchi-Teles

  [10.56238/cipcaebv1-025](https://doi.org/10.56238/cipcaebv1-025)

.....318-330

Aplicabilidade do Método de enfleurage para Extração de Óleos Essenciais de Espécies Vegetais

Hellen Ramos do Prado, Gabriela Iaschombeck Kohl, Samanta Jaqueline Dalanhof-Nardi e Rodrigo Hinojosa Valdez

  **10.56238/cipcaebv1-026**

.....**331-349**

Sanitizantes clorados no setor alimentício: mini-revisão

Eder Júlio de Jesus, Elaine Alves dos Santos e Tânia Aparecida Pinto de Castro Ferreira

  **10.56238/cipcaebv1-027**

.....**350-354**

Sistema de producción lechera en el ejido los llanos, municipio de Arteaga, Coahuila: un estudio de caso en la lechería familiar

Crossref  10.56238/cipcaebv1-001

Magdalena Armendáriz Rojas

Alumna de la Carrera de Licenciado en Economía Agrícola y Agronegocios/Departamento de Economía Agrícola Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Calzada Antonio Narro 1923, Saltillo, Coahuila, México Correo electrónico: yami_0194@outlook.com

Luis Aguirre Villasenor

Doctorado en Economía por la Universidad Nacional Autónoma de México/Facultad de Economía Institución: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) Calzada Antonio Narro 1923, Saltillo, Coahuila, México Correo electrónico: laguirrev123@gmail.com

RESUMEN

La presente investigación se realizó con el objetivo de analizar el sistema de producción lechero a escala familiar, en un caso particular, se analizó el proceso de producción paso a paso y detalladamente, desde la ordeña, la alimentación, la sanidad del ganado hasta llegar a la comercialización, es decir, todo lo que se realizó en el proceso de producción hasta el momento en el que el productor entrega la leche al comprador, de este modo se podría encontrar los elementos en los que se está fallando, si así fuera el caso o bien

aprovechar las fortalezas y las condiciones con las que se cuenta.

Palabras clave: Sistema de Producción, Lechería Familiar, Especializado, Semiespecializado Familiar o de Traspatio, Doble Propósito.

ABSTRACT

This research was conducted to analyze the system of milk production at household, in a particular case, the production process step by step and in detail, from the milking, feeding, health of livestock to reach analyzed marketing, i.e. everything that was done in the production process until the moment the producer delivers milk to the buyer thus could find the elements that are failing, if it were the case or leverage the strengths and the conditions with which it counts.

Keywords:

Production System, Family Dairy, Specialized, Semispecialized, Family or Backyard, Double Purpose.

1 INTRODUCCIÓN

En México el sector lechero se ha venido integrando progresivamente a la globalizada economía mundial, con la consecuente apertura de sus mercados al comercio exterior. Este proceso de mercado comercial novedoso, cambiante y sorpresivo ha creado amenazas y también oportunidades en nuestro país y el mundo entero. Un ejemplo de los cambios y sus impactos, son los tratados de libre comercio de México y otros países del mundo.

Los principales productores de leche en el mundo son los países de la Comunidad Europea, siguiéndole en orden de importancia Estados Unidos, India, Rusia, Brasil y Nueva Zelanda. A nivel mundial nuestro país ocupa el decimoprimer lugar como productor, con cerca de 11,129.622 millones de litros de leche líquida al año (SIAP, 2014). En cuanto a consumo, México está considerado a nivel mundial como el primer importador de leche en polvo descremada y como país en desarrollo, la demanda de este producto va en aumento, al igual que a nivel mundial, su consumo per cápita fluctúa alrededor de los setenta litros por año. La producción nacional no satisface el consumo interno, existe por lo tanto un gran mercado a satisfacer.

Según datos del SIAP (2014), en el país existen 4 principales estados productores de leche: Jalisco, Coahuila, Durango y Chihuahua en su respectivo orden de importancia, representando el 31% de la producción anual en miles de litros en el año de 2014 y aportando el 37% del valor de la producción en miles de pesos.

A continuación, se muestran estos principales estados productores de leche:

Cuadro 1. Principales Estados productores de leche en México, 2014.

Estado	Producción	Precio	Valor de la producción
	(Miles de litros)	(Pesos por litro)	(Miles de pesos)
Jalisco	2,085,859	5.37	11,210,083
Coahuila	1,361,619	6.57	8,940,659
Durango	1,036,137	6.59	6,827,471
Chihuahua	1,007,346	6	6,042,235
Otros	5,638,662.00	6	31,979,731
Total Nacional	11,129,622	5.84	65,000,180

Fuente: elaboración propia con datos de SAGARPA, a través del SIAP.

Las diferencias en los volúmenes de producción entre los estados obedecen a varios factores, sobre todo al sistema de explotación que predomina y que de acuerdo a la zona puede ser: Especializado, Semi especializado, Doble Propósito y Familiar o de traspatio.

La lechería familiar ocupa un lugar importante en el estado de Coahuila, debido a que muchos productores no cuentan con sistemas de producción altamente tecnificados y realizan la actividad de manera familiar, algunas veces en el patio de su casa. Con este trabajo se pretende analizar el proceso de producción lechera familiar: como se realiza paso a paso, con qué instalaciones y equipo se cuenta para encontrar las posibilidades de mejorar estos aspectos cuando procedan y tener claras las oportunidades y las fortalezas que se tengan tanto en la unidad de producción, como en el núcleo familiar, puesto que en este tipo de sistema el apoyofamiliar juega un papel sumamente importante.

2 MARCO TEORICO

La producción de leche en nuestro país es una actividad representativa de la economía nacional, es realizada mediante diferentes tipos de sistemas, entre ellos se encuentra la clasificación del INIFAP, el cual maneja que en el país hay cuatro sistemas bovinos:

- Especializado
- Semi especializado
- Familiar o de traspatio
- Doble propósito

Especializado: caracterizado por contar con ganado especializado para la producción de leche, principalmente de la raza Holstein y en menor medida de las razas Pardo Suizo y Jersey; estos sistemas cuentan con tecnología altamente especializada, el manejo del ganado es predominantemente estabulado y

la dieta se basa en forrajes de corte y alimentos balanceados. La ordeña es mecanizada y la producción se destina principalmente a las plantas pasteurizadoras y transformadoras.

Semi especializado: Aun cuando predomina el ganado de las razas Holstein y Pardo Suizo no se llega a los niveles de producción del sistema anterior. El ganado se mantiene en condiciones de semi estabulado que se desarrolla en pequeñas extensiones de terreno, la ordeña puede ser manual o mecanizada, en ordeñadoras individuales o de pocas unidades, mantiene un nivel medio de tecnología y en ocasiones se cuenta con algunos sistemas de enfriamiento aunque no es lo común.

Doble Propósito: dentro de este sistema predominan las razas Cebú y sus cruza; en este sistema el ganado sirve para la producción de carne como de leche. El manejo del ganado se da en forma extensiva, confinándose a los corrales solo durante la noche, su alimentación se basa en el pastoreo y con un mínimo de complementos en alimentos balanceados. La ordeña es manual.

Familiar o de traspatio: esta actividad se limita a pequeñas extensiones de terreno, cuando se ubican cerca de la vivienda se denomina de traspatio. Las razas varían desde Holstein y Suizo Americano y sus cruza, la alimentación se basa en el pastoreo o en el suministro de forrajes y esquilmos provenientes de los que se producen en la misma granja.

Este se puede definir como el sistema que tiene como objetivo el sostén del presupuesto del hogar. La principal singularidad de la lechería familiar es la tradición de la actividad lechera, es por ello que la lechería familiar constituye una fuente importante de materia prima para la industria de lácteos en general; la leche en este tipo de sistemas se comercializa como leche bronca, para la elaboración de queso fresco y el productor no participa más allá de la cadena de valor.

3 MÉTODOS Y MATERIALES

En el ejido Los Llanos, municipio de Arteaga, Coahuila, se llevó a cabo un estudio acerca de la agricultura familiar y los sistemas de producción agropecuaria, tomando como base los resultados obtenidos de una tesis sobre el abasto de alimentos en las familias campesinas del ejido mencionado; en ella se destaca que en el ejido existen 10 productores de leche, siendo la ganadería familiar una de las principales actividades que allí se realizan, también se encontró que los productores de leche son los que presentan un ingreso mayor. A partir de los resultados analizados anteriormente, se realizó un ejercicio sobre el sistema de producción lechera en un caso particular en la lechería familiar, aplicando el método Delphi cuyo objetivo es la aplicación de la opinión de expertos en el tema; en este caso se eligió al principal productor de leche del ejido y con más experiencia realizando esta actividad. Se le preguntó si estaba dispuesto a trabajar con nosotros y permitir que se obtenga información sobre su unidad productiva.

Posteriormente se acopió información documental y teórica, sobre los sistemas de producción y en particular el de la lechería familiar, para tener un enfoque y un conocimiento amplio de lo que es correcto y como debe de ser un buen proceso de producción sustentándonos en lo que dicen las fuentes especializadas y los expertos en el tema, para poder darle las recomendaciones necesarias de mejora si fuera el caso.

También se obtuvieron asesorías de expertos en el tema, como fue el caso de una visita al Dr. Gregorio Álvarez Fuentes, del Instituto de Investigación de las Zonas Desérticas ubicado en la ciudad de San Luis Potosí. Esta visita se realizó con el fin de recibir asesorías y algunas sugerencias para poder dar las recomendaciones precisas al productor.

De la asesoría recibida se retoma que, para que el productor tenga un control más adecuado sobre el sistema de producción se recomienda llevar los siguientes registros:

El primer registro es el de producción el cual se lleva a cabo una vez teniendo identificado cada una de las vacas, al momento de la ordeña saber la cantidad de litros obtenida de cada una, un método fácil es al momento de pasar a la sala de ordeña la vaca en un cuaderno anotar el código del arete y en el mismo recipiente de la ordeñadora marcar los litros de leche de esa vaca y así con cada una. Con esta información se obtiene qué vacas son productivas y cuales significan un costo, con esto se recomienda desechar las no productivas y remplazarlas.

También se tiene que llevar un control sobre los costos que representa el semental, es decir darle a conocer al productor cuánto le está costando mantener al semental y que tan efectivo es, si bien se sabe que el semental su única labor es cargar a las vacas e implica un costo muy elevado porque es el que más come. Con este control se pretende conocer en un determinado tiempo cuántas vacas cargó y el costo que implicó tenerlo; se conoce que el semental en una eyaculación pueden obtenerse hasta 100 pajillas, entonces al tener esta información se debe hacer la comparación de qué es lo que sale más económico, seguir manteniendo el semental o tomar una capacitación de inseminación artificial.

En el registro de producción también se debe tener un apartado sobre las fechas de partos y celos de cada vaca, esto es muy importante porque se debe dejar de ordeñar las vacas a los 7 meses de gestación para evitar abortos, se dejan 2 meses que es cuando se le conoce a las vacas como vacas secas; en cada etapa se le debe dar un tipo de alimentación distinto, cuando están en la etapa de vaca secas es cuando se debe tener mayor atención y cuidado en la alimentación de la vaca. Se debe tener en cuenta la calidad de la alimentación que reúna los nutrientes y las proteínas necesarias para que el ganado esté alimentado correctamente.

Otros registros importantes son los sanitarios, al llevar estos se pueden evitar enfermedades del ganado y con ello un incremento en la producción; en este registro se debe tomar en cuenta la fecha de las vacunas del ganado, cuantas veces se tuvo la visita de un médico veterinario a la unidad y si se enfermó el ganado qué antibióticos se utilizaron y la fecha de cada uno, si se ve por el lado de que no sabemos cuándo

se enfermara el ganado, es más barata la medicina preventiva que la curativa y así se evitarían pérdidas de ganado o una disminución en la producción lechera por alguna enfermedad.

4 RESULTADOS

Se planteó el siguiente análisis FODA de la unidad de producción:

Cuadro 2. Foda de la unidad de producción.

<i>Fortalezas</i>	<i>Oportunidades</i>
Terrenos agrícolas disponibles para sembrar y producirlos propios forrajes que sirvan como alimento para el ganado.	Dar un valor agregado al producto
Maquinaria disponible como es la ordeñadora mecánica y el molino para moler la pastura obtenida de las parcelas.	Apoyos institucionales para capacitación y cursos de inseminación artificial.
Experiencia que ha adquirido el productor a lo largo de los años, al realizar la actividad productiva con conocimientos empíricos tradicionales.	
Como es un sistema de producción familiar se requiere el apoyo de la familia y en este caso cuenta con el apoyo de un hijo que le ayuda y forma parte importante en la realización de la actividad.	
<i>Debilidades</i>	<i>Amenazas</i>
Precio de la leche.	Incremento en el costo del alimento
Calidad de la leche.	Incremento en el costo del agua.
Infraestructura inadecuada e incompleta para realizar la actividad.	Enfermedades del ganado (epidemias, clima, etc).
Atención sanitaria del ganado.	
Manejo del ganado.	
Falta de tractor para incrementar la superficie agrícola.	

Fuente: elaboración propia con información obtenida de la unidad de producción.

Haciendo un análisis del FODA mostrado anteriormente, se apreció que el productor tiene un gran potencial para seguir realizando esta actividad, pero sobre todo tiene el interés y el apoyo de su familia para llevarla a cabo; se tienen algunas amenazas y debilidades pero el productor las puede sobrellevar y poder continuar realizando esta actividad que le deja un ingreso para poder solventar los gastos de su familia.

Algo importante que se debe señalar y que el productor tiene muy claro, es que dedica su tiempo por completo a la actividad, en una visita menciono “yo soy mi propio jefe, y como tal debo de velar por mis intereses, si es necesario trabajo todos los días, yo no descanso ni los domingos, ni días festivos”. Este interés que muestra el productor al realizar su trabajo lo ha ayudado a que siga realizando esta actividad y no la ha abandonado como muchos otros productores.

5 CONCLUSIONES

La presente unidad de producción al ser un sistema de producción familiar, se enfoca en llevar a cabo el proceso de manera tradicional y con conocimientos empíricos; incluye algunos elementos modernos como la ordeñadora; es una actividad que genera un ingreso para la solvencia familiar y cubre algunas necesidades básicas: pagar el estudio a los hijos y algunas necesidades prioritarias que surjan, por medio de la venta de la leche, sin embargo el productor no cuenta con algunas obras de infraestructura necesarias para tener un mejor diseño del proceso de producción y obtener un ingreso mayor; carece de algunos elementos que le son un tanto limitantes en el proceso productivo, como: la falta de un semental para mejorar genéticamente el hato, según dijo, un tractor para incrementar la superficie agrícola y obtener mayor cantidad de forraje, así como mejorar la sala de ordeña. Por lo mismo de que es una actividad realizada con conocimientos tradicionales, aunque carezca de algunos elementos en el proceso de producción se identifican las fortalezas y las oportunidades de la explotación que se pueden aprovechar en un corto plazo y poder mejorar en la producción y como consecuencia mejorar económicamente.

En el ejido como no hay muchas fuentes de empleo, las personas más adultas se dedican a la ganadería y las más jóvenes prefieren salir del ejido y buscar empleo en algunas fábricas; quieren tener un ingreso semanal asegurado y es por ello que están comenzando a abandonar la actividad. El productor muestra un interés y un entusiasmo desiguales realizando la actividad y sobre todo existe un apoyo familiar.

REFERENCIAS

Méndez, C. E. (2014). El abasto de alimentos en las familias campesinas del ejido Los Llanos, municipio de Arteaga Coahuila y la incidencia de las actividades productivas y de traspatio. Tesis de Maestría UAAAN. Saltillo, Coahuila.

H, T., Tj, G., MN, G., C, S., & L, F. (2007). La sustentabilidad en la producción familiar y sus indicadores. Montevideo, Uruguay.

Moral, A. O. (2010). Producción de Leche en la Zona Alta de Veracruz. Consultado el 01 de Marzo de 2016.

SIAP. (2014). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Consultado el 03 de Marzo de 2016. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/ganaderia-resumen-estatal-pecuario/>.

Perfil dos tutores participantes do programa de microchipagem e esterilização cirúrgica no município de São João da Boa Vista – SP

Crossref  10.56238/cipcaebv1-002

Lorena Bueno Scarpioni

Discente do curso de medicina veterinária da Fundação de Ensino Octávio Bastos – Unifeob
E-mail: lorenascarpioni@gmail.com

Caio Abilio Silva Lima

Médico Veterinário
E-mail: caiolima.img@gmail.com

Alessandra Oliveira Pinheiro

Coordenadora Médica Veterinária Doutora em Ciência Animal pela FZEA – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos – Universidade de São Paulo
E-mail: vet_alessandra@hotmail.com

Celina de Almeida Furnallete Mançanares

Docente do curso de medicina veterinária da Fundação de Ensino Octávio Bastos – Unifeob
E-mail: celina.mancanares@pro.unifeob.br

RESUMO

A prática da tutela responsável impacta diretamente na vida da sociedade, além de promover o bem-estar animal, também evita animais errantes que consequentemente impactam na Saúde Pública. As Políticas Públicas que visem desenvolver uma melhor conscientização da população sobre tutela, são essenciais quando falamos de estratégias que o Poder

Público possa exercer sobre essa cultura. As entrevistas para avaliar o perfil dos tutores participantes do Programa, garante uma melhor visão sobre o cenário do Município, auxiliando assim para que campanhas de conscientização sejam lançadas, não só em São João da Boa Vista- SP, mas que também se torne referência no País quando se trata de posse responsável.

Palavras-chave: Cães, Gatos, Posse responsável, Saúde Pública.

ABSTRACT

The practice of responsible guardianship directly impacts the life of society, in addition to promoting animal welfare, it also prevents stray animals that consequently impact on Public Health. Public Policies that aim to develop a better awareness of the population about tutelage are essential when we talk about strategies that the government can exert on this culture. The interviews to assess the profile of tutors participating in the Program ensure a better view of the city's scenario, thus helping to develop awareness campaigns, not only in São João da Boa Vista-SP, but also to become a reference in the Country when it comes to responsible guardianship.

Keywords: Dogs, Cats, Responsible ownership, Public Health.

1 INTRODUÇÃO

O grande crescimento de cães e gatos errantes nos centros urbanos, tem gerado um problema de saúde pública, podendo causar até mesmo acidentes de trânsito, mordeduras a população, contaminação do ambiente e transmissão de doenças. Isso está relacionado à falta de conscientização da população sobre tutela responsável de cães e gatos, e consequentemente a exacerbada procriação desses animais (GARCIA, 2005). Alguns tutores acabam agindo por impulso ao adquirirem um animal de estimação, não levando em consideração as particularidades daquele indivíduo em questão, suas características, porte do animal, comportamento, custo de medicamentos caso necessário, consultas médicas veterinárias, tratamentos profiláticos, custos alimentícios e abrigo de qualidade, interação do animal com o ambiente e com os seres vivos (FREITAS, 2021).

Por isso a inovação métodos de controle populacional de cães e gatos errantes estão sendo divulgadas nos meios acadêmicos e profissionais da área. Entre as estratégias propostas temos a esterilização cirúrgica, educação pública para guarda e posse responsável e aplicação de legislação pertinente (MOLENTO; LAGO; BOND, 2007).

A tutela irresponsável de cães e gatos interfere diretamente na saúde pública, pois, gera aumento de animais errantes, descontrole em medidas profiláticas e riscos de zoonoses, além dessa prática ir na contramão do que se entende por bem-estar animal.

2 DESENVOLVIMENTO

As pessoas que decidem relacionar-se com cães e gatos deviam se comprometer a desenvolver e preservar a saúde, bem-estar animal e do meio ambiente. Mesmo que o cumprimento dessas atividades pareça simples quando falamos de alimentação e mobilidade, temos também que levar em consideração a responsabilidade e os cuidados com o abrigo, controle reprodutivo, responsabilidade jurídica e saúde preventiva, o que muitas vezes não é cumprido (GOMES, 2009). Muitos tutores não possuem conhecimento sobre seus animais, com isso a deficiência do vínculo entre o ser humano e seu animal é gerada, levando uma irresponsável tutela e conseqüentemente ao abandono. Podemos afirmar que o efeito que o abandono de animais exerce sobre a saúde pública é relacionado à escassez de conduta e posturas de posse e guarda responsável de cães e gatos (GARCIA, 2005).

De acordo com Souza et.al (2002) em seus estudos, o total de 1168 tutores passaram por uma entrevista, onde constataram que a grande maioria dos tutores (67,98%) não possuem conhecimento da necessidade de vacinação de seus animais, além da vacina antirrábica. Apenas (10,53%) dos tutores fazem a administração de ectoparasitas nos seus animais mais de duas vezes por ano, mais da metade dos entrevistados não possuem o hábito de levar seus animais em consultas médicas veterinárias, (49,57%) afirmam não possuírem condições financeiras de pagarem por consultas e o estudo ainda mostra que (44,69%) não investem mais de R\$20,00/mês por animal.

A Organização Mundial da Saúde Animal (OIE) afirma que aproximadamente 60% dos patógenos que acometem humanos são de origem animal, 75% das doenças humanas recentes são zoonóticas e 80% dos patógenos que poderiam ser utilizados para bioterrorismo são zoonóticos (VALLAT, 2010). Então, ser zeloso quanto à socialização, educação, vacinação, vermifugação, domiciliação, higiene, saúde e o controle reprodutivo desses animais é de suma relevância quando falamos de prevenção de zoonoses e abandono de animais nas ruas. Investir em programas que beneficiam a saúde animal é de certa forma investir em saúde humana, já que assim prevenimos doenças e riscos à sociedade (GARCIA, 2005).

Aspectos sociais como níveis educacionais e saneamento básico baixos, relacionadas à escassez de consciência sanitária da população e à negligência do poder público resultam em um grande quantitativo de cães não domiciliados, que vivem livremente pelas ruas. (MOUTINHO; NASCIMENTO; PAIXÃO, 2015).

Segundo Andrade et.al 2008 os setores periféricos, em que a comunidade possui uma posição socioeconômica mais baixa, com maiores problemas sociais e de saneamentos ambientais, os animais não possuem acompanhamento médico veterinário. Entretanto em regiões mais desenvolvidas economicamente, sugere que a expectativa de vida dos cães é superior a dos setores periféricos

(ANDRADE, 2008). Os grupos sociais de uma comunidade possuem valores e crenças, que acabam definindo a relação desses indivíduos perante a saúde e o meio ambiente. Diante disso, um programa de educação e conscientização deve desenvolver um método que forneça à comunidade instrumentos para obterem conhecimentos necessários e transformá-los em sua realidade (GOMES, 2009).

Vários países demonstram em suas experiências que investir no controle reprodutivo animal e em programas educativos para a população é considerado o meio mais eficaz para o controle populacional de cães e gatos. Segundo a Carta São José dos Pinhais, conduzido pelos integrantes do VII Curso de Formação de Oficiais de Controle Animal e Publicada pelo Conselho Regional de Medicina Veterinária do Paraná, afirma que no Brasil se faz necessário novas estratégias para que o controle populacional de animais seja efetivo. Assim como reconhece que cães de rua que passaram pelo processo de esterilização cirúrgica, que são vacinados e vermifugados fornecem à população segurança quando se diz respeito a reprodução e sanidade. Desde que a comunidade ou instituições reconheçam a responsabilidade por um animal, e que eles não estejam em risco, ou coloquem em risco outros indivíduos, os mesmos podem ser recolhidos, esterilizados, vermifugados, vacinados e identificados, conseqüentemente devolvidos ao local onde se encontravam inicialmente (FOCA, 2009).

O programa de controle de populações de cães e gatos do estado de São Paulo 2009, afirma que a Secretaria da Saúde de São Paulo admite a necessidade de identificar os tutores de cães e gatos para então conhecer a população do Estado, utilizando um sistema de informação padronizado, unificado e centralizado de animais registrados e identificados nos municípios, o que poderá acarretar intervenção de saúde pública. As identificações e registros de animais são ferramentas que responsabilizam os tutores, impulsiona a cultura de posse responsável, promovendo a relação saudável entre seres humanos, animais e o meio ambiente. Por isso a Coordenadoria de Controle de Doenças sugere a inserção dos registros e identificações de cães e gatos nos municípios. A identificação animal, ou seja, o registro e sistema que associa dados dos animais e seus tutores, é essencial para que os programas de controle populacional sejam efetivos. A microchipagem é uma identificação permanente, recomendada pela European Convention for the Protection of Pet Animals em 1987 (GOMES, 2009).

O método contraceptivo mais disseminado é a esterilização cirúrgica, exercendo um impacto de médio a longo prazo sobre o controle populacional de animais, por isso é necessário que além da esterilização cirúrgica dos animais, seja adotado outros métodos como promover a conscientização de posse (SOTO, 2007).

O Médico Veterinário lida frequentemente com casos de abandono de animais mesmo que isso não seja de sua responsabilidade e sim da sociedade como um todo. Esses profissionais têm como responsabilidade informar e educar a comunidade a respeito da guarda de animais, orientá-los sobre sua responsabilidade perante aquele animal, visto que esse indivíduo terá custos, cuidados básicos e vida longa. Tendo em vista que orientar os tutores sobre suas responsabilidades é um modo de prevenir abandonos futuros. Instituições como os Centros de Controle de Zoonoses devem ser valorizadas, já que a elas são

atribuídas a responsabilidade do manejo e inserção na comunidade de cães abandonados, sendo que o problema é principalmente criado pela própria sociedade. Mas depositar toda a responsabilidade nos Centros de Controle de Zoonoses não é uma alternativa, pois a sua capacidade operacional e logística é limitada. Uma alternativa é o envolvimento do serviço público com médicos veterinários privados fortalecendo ações que sustentem o controle da população de animais abandonados (ALVES, 2013).

3 OBJETIVOS

Avaliar a conduta e responsabilidade dos tutores em relação a seus cães e gatos, de acordo com a distribuição geográfica e de renda, analisando o impacto que esses dados exercem sobre a posse responsável, e conseqüentemente elucidar como o Serviço Público pode intervir para a melhoria de políticas públicas, que visem conscientizar a população do município sobre o assunto.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O Programa de Controle Populacional de Cães e Gatos da Prefeitura de São João da Boa Vista, no estado de São Paulo, foi instituído em julho de 2019. O Serviço de Controle Animal é um setor do Departamento de Meio Ambiente, Agricultura e Abastecimento da Prefeitura Municipal, responsável pelos cadastramentos, microchipagens e agendamentos das esterilizações cirúrgicas de cães e gatos que ocorrem no Hospital Veterinário da Fundação de Ensino Dr. Octávio Bastos - Unifeob. A Microchipagem é uma forma de identificação que permite que os dados dos animais sejam vinculados ao seu tutor, evitando-se assim o abandono e o aumento de animais errantes no município, por meio da prática da posse responsável.

A esterilização cirúrgica é a técnica onde no macho são retirados os testículos, e na fêmea ocorre a retirada dos ovários e útero. Todo o processo é feito em ambiente cirúrgico, com protocolos anestésicos específicos para cada animal. Com a premência ao bem-estar dos cães e gatos, surge a necessidade na pesquisa e consolidação de alternativas humanitárias e eficaz para o controle desses animais em ambientes urbanos.

O estudo foi realizado no Serviço de Controle Animal, setor ligado ao Departamento de Meio Ambiente, Agricultura e Abastecimento da Prefeitura Municipal de São Joao da Boa Vista no estado de São Paulo.

Foram submetidos a um questionário 282 tutores de cães e gatos cadastrados no Programa de Microchipagem e Esterilização Cirúrgica da Prefeitura Municipal. Foi preenchida uma planilha no Microsoft Excel® com as perguntas elaboradas pelo executor e as respostas dos tutores, com os dados presentes na planilha foram elaborados gráficos, para assim ter uma melhor visão sobre o impacto em cada região específica da cidade.

As entrevistas foram realizadas presencialmente, no dia da microchipagem dos animais no Setor. Os tutores foram questionados sobre a autorização da participação da pesquisa antes das entrevistas. Após a microchipagem do animal as entrevistas eram feitas e a data da esterilização cirúrgica agendada.

Por conta da Pandemia COVID-19 as entrevistas foram realizadas esporadicamente. Segue abaixo o questionário elaborado com perguntas específicas sobre Posse Responsável, situação socioeconômica da família e o bem-estar dos animais.

Questionário para pesquisa do perfil socioeconômico e de posse responsável:

- Quantidade de cães? Quantidade de machos e fêmeas.
- Quantidade de gatos? Quantidade de machos e fêmeas.
- Quais animais já passaram por esterilização cirúrgica?
- Como adquiriu os animais?
- Seus animais possuem acesso à rua?
- Possui consciência da importância da esterilização cirúrgica além de evitar gestações?
- Possui consciência da importância da microchipagem dos animais?
- Como obteve informação sobre o programa de microchipagem e esterilização cirúrgica?
- O programa de microchipagens e esterilizações cirúrgicas da prefeitura de São João da Boa Vista poderá ter um impacto positivo? Qual?
- Reconhece a importância da vacinação?
- O animal possui vacinas? Quais? São feitas anualmente?
- Os animais são submetidos à atendimento médico veterinário regularmente?
- Quantidade de pessoas que vivem na residência?
- Qual a média da renda familiar?
- Escolaridade do tutor:

5 RESULTADOS

Como podemos observar, nos gráficos a seguir que a maior parte dos tutores são do gênero feminino (86%), masculino sendo (14%). Em relação a espécie (40%) felinos e (60%) caninos e desse montante (66%) fêmeas e (34%) machos. Como podemos observar no gráfico 5, mais da metade dos animais possuem acesso à rua, a maioria (94%) nunca passou em uma consulta veterinária. Os gastos destinados ao animal é em sua maioria de R\$20,00 a R\$50,00 mensais (gráfico 17). 100% das pessoas que participaram da pesquisa responderam que o Programa tem/terá um impacto positivo na comunidade. A maioria da população soube do Programa através de amigos/conhecidos e redes sociais. Grande parte dos animais são SRD e foram adotados das ruas, o que mostra um grande avanço quando visamos a diminuição de animais errantes, porém, grande parte dos entrevistados não tem conhecimento sobre a importância da castração e da vacinação, o que pode levar a um aumento de doenças voltadas ao trato reprodutivo, a superpopulação e contribuindo para a dissipação de doenças. Em relação a renda familiar dos tutores, foi possível notar que 41% das famílias que participaram do programa sobrevivem com menos de R\$1.000,00 mensais (gráfico 13). A maior parte dos participantes são moradores do bairro Parque dos Resedás.

Gráfico 1: Sexo dos animais submetidos ao Programa.

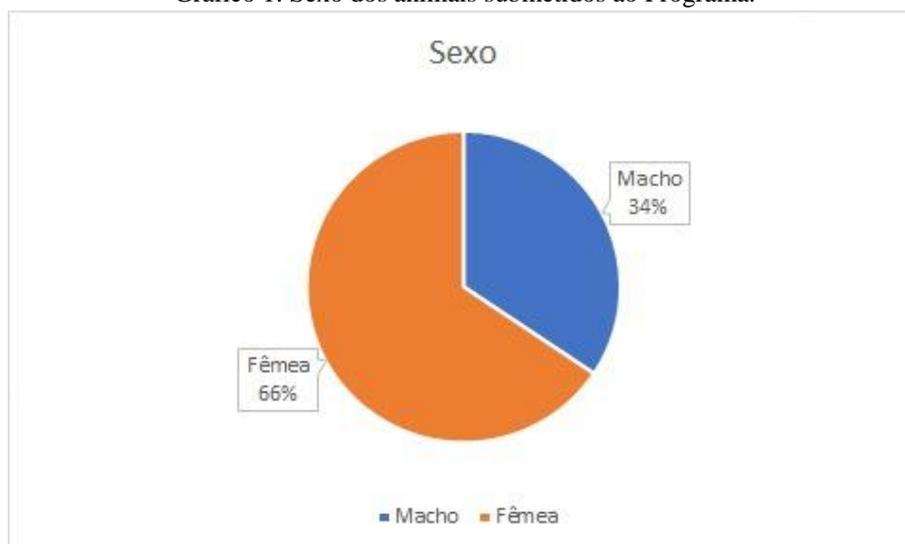


Gráfico 2: Resposta dos tutores referente a realização de esterilização cirúrgica dos animais.

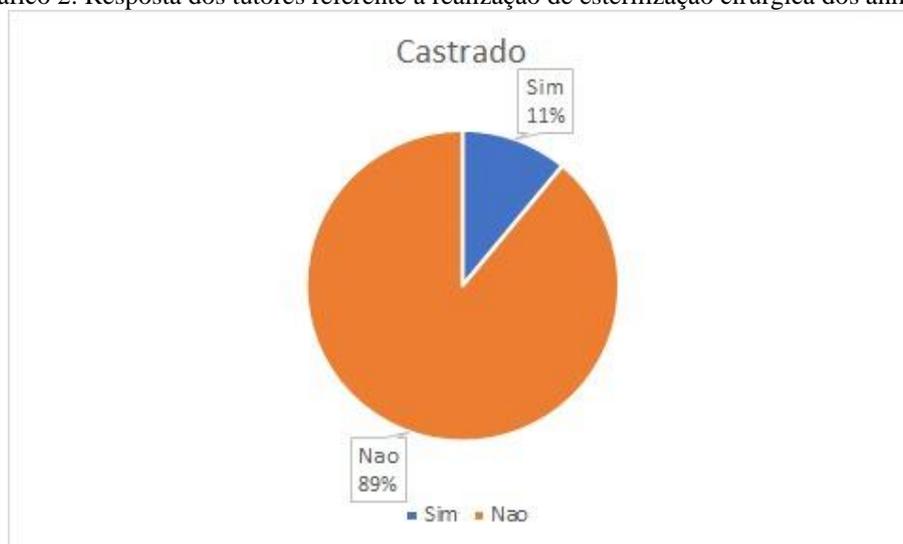


Gráfico 3: Resposta dos tutores sobre a microchipagem desses animais.

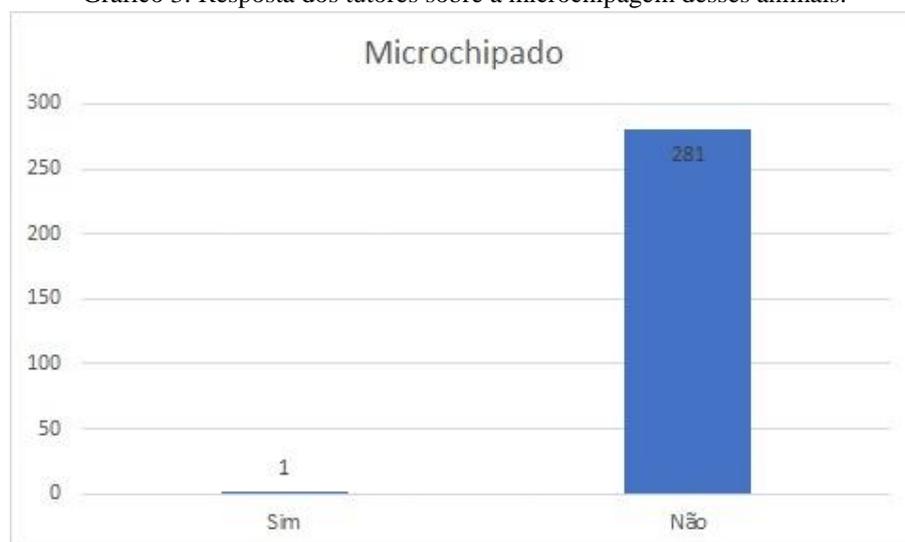


Gráfico 4: Resposta dos tutores quando perguntados à forma que adquiriram o animal.

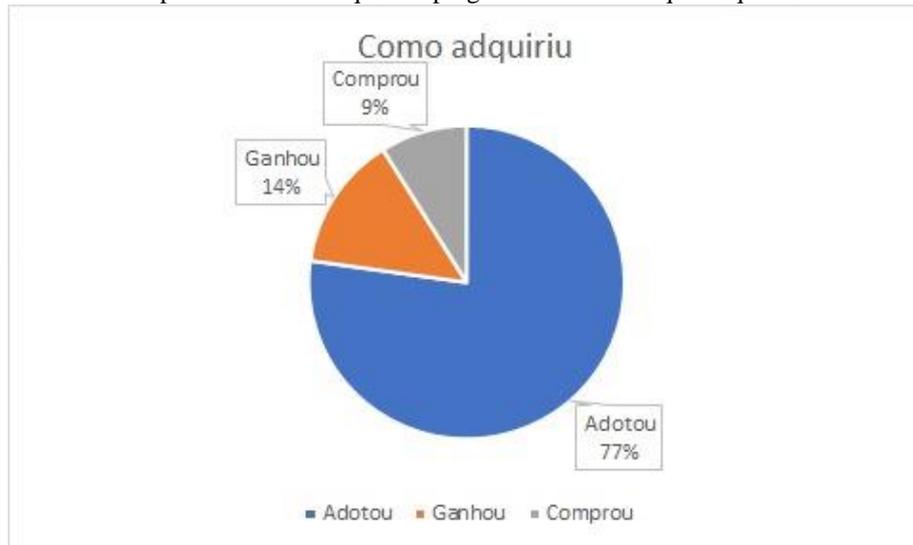


Gráfico 5: Resposta dos tutores referente ao acesso a rua dos animais.

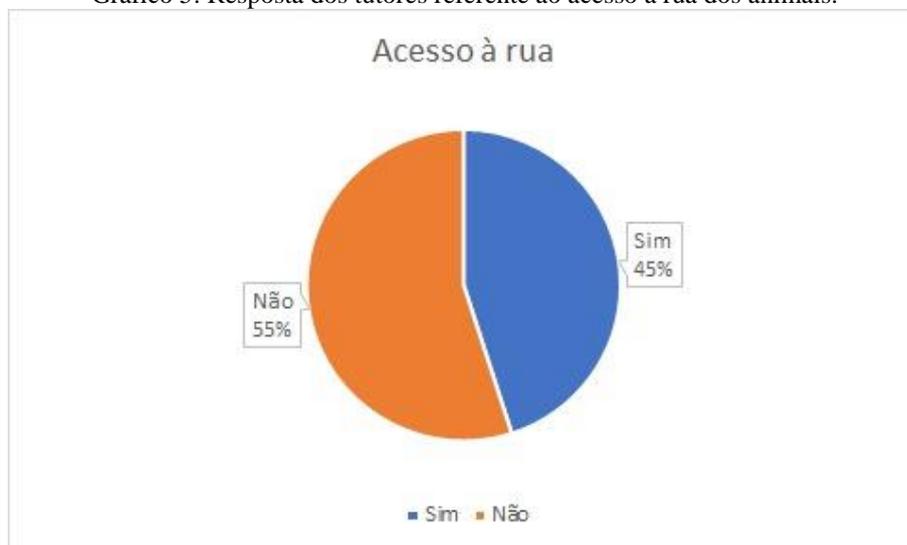


Gráfico 6: Resposta dos tutores referente a pergunta sobre o conhecimento da importância da esterilização cirúrgica além de evitar crias.

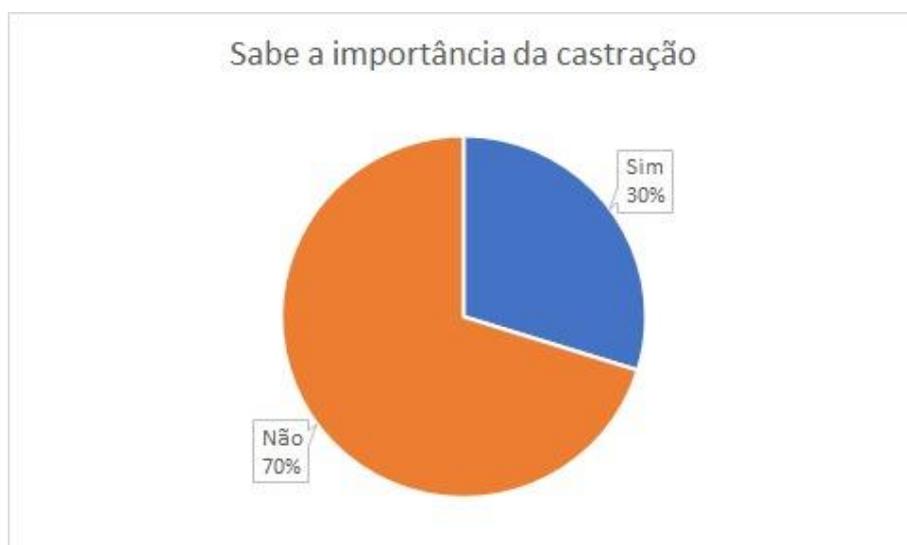


Gráfico 7: Resposta sobre o conhecimento da importância da microchipagem dos animais.



Gráfico 8: Resposta dos tutores em como receberam a informação da existência do Programa de Esterilização Cirúrgica e Microchipagem.

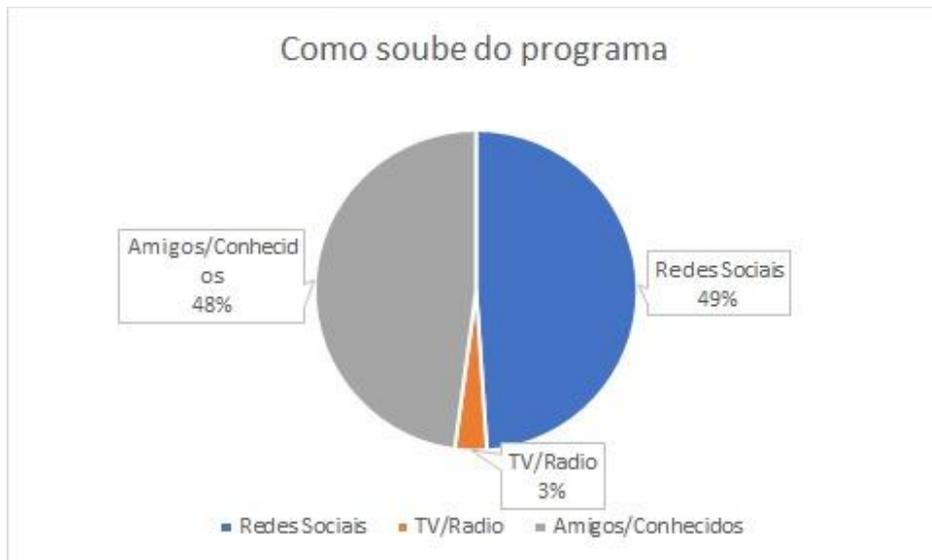


Gráfico 9: Resposta dos tutores como a importância da vacinação dos animais.



Gráfico 10 A, B.: Resposta referente a vacinação dos animais, quais tipos de vacinas são feitas e se são feitas anualmente.

A) B)

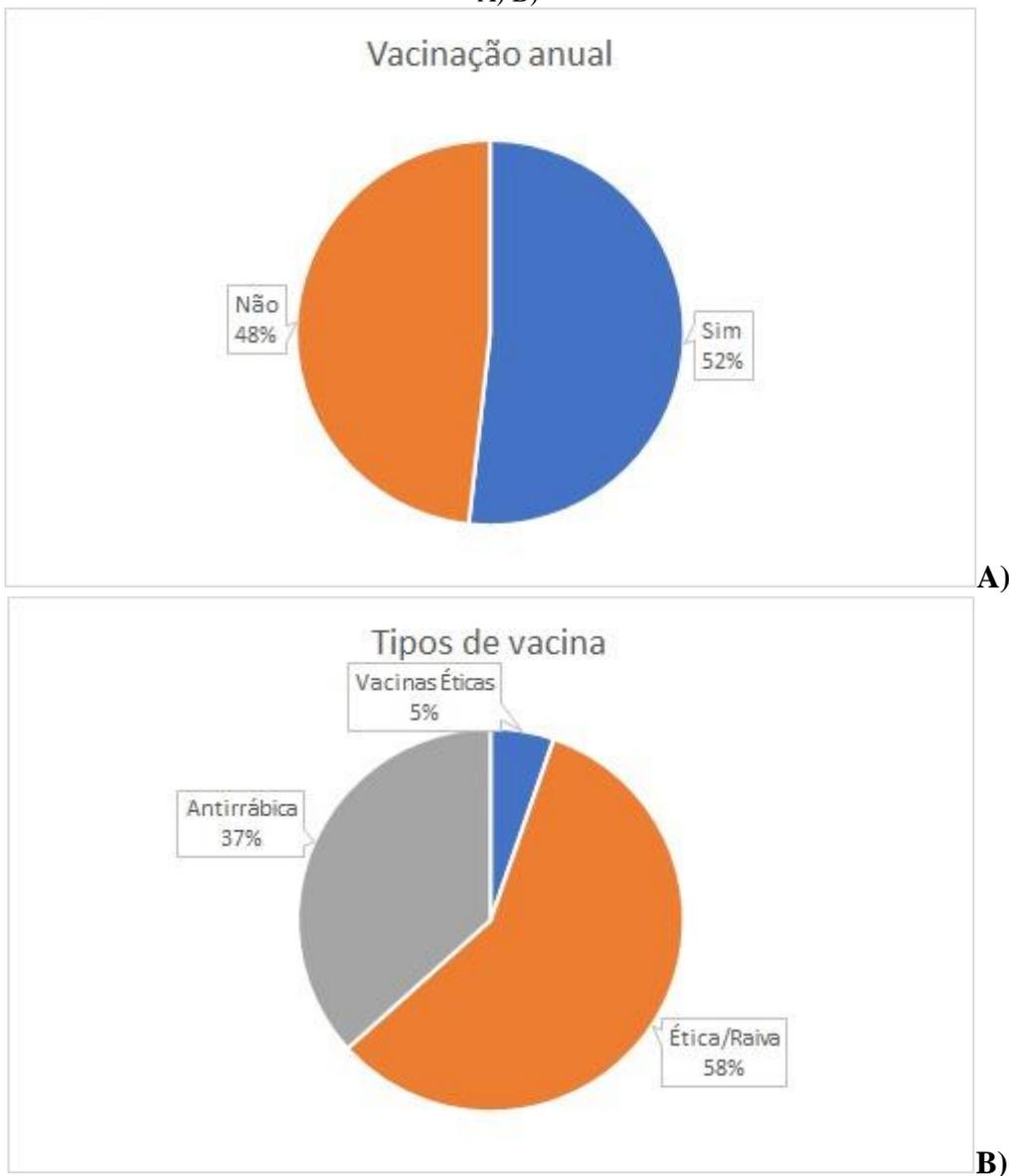


Gráfico 11: Resposta dos tutores relacionada à pergunta sobre atendimentos médico veterinário regulares.



Gráfico 12: Quantidade de pessoas que moram na residência.

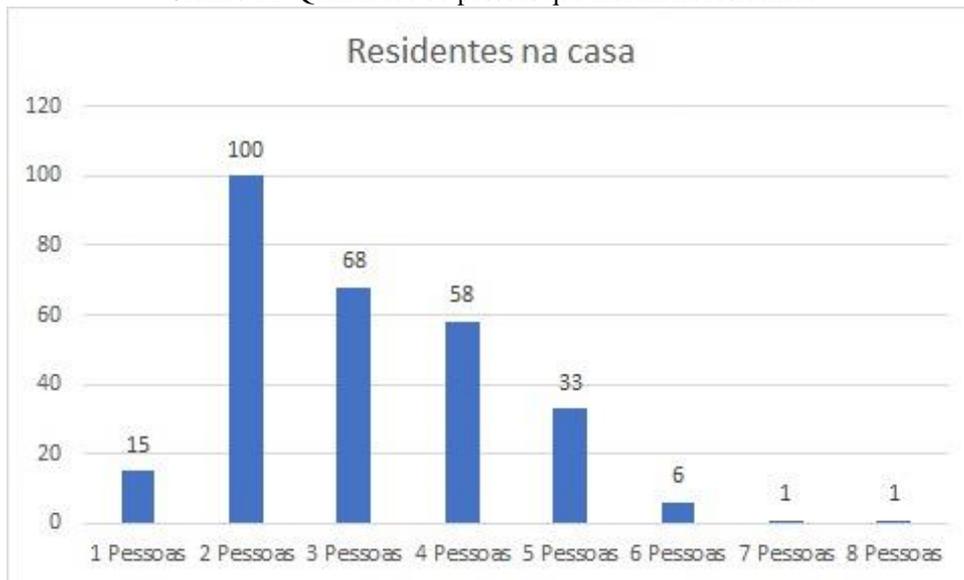


Gráfico 13: Média de renda familiar dos tutores.



Gráfico 14: Escolaridade do tutor.



Gráfico 15: Gênero dos tutores participantes do Programa.



Gráfico 16: Bairro onde os tutores e seus animais vivem.

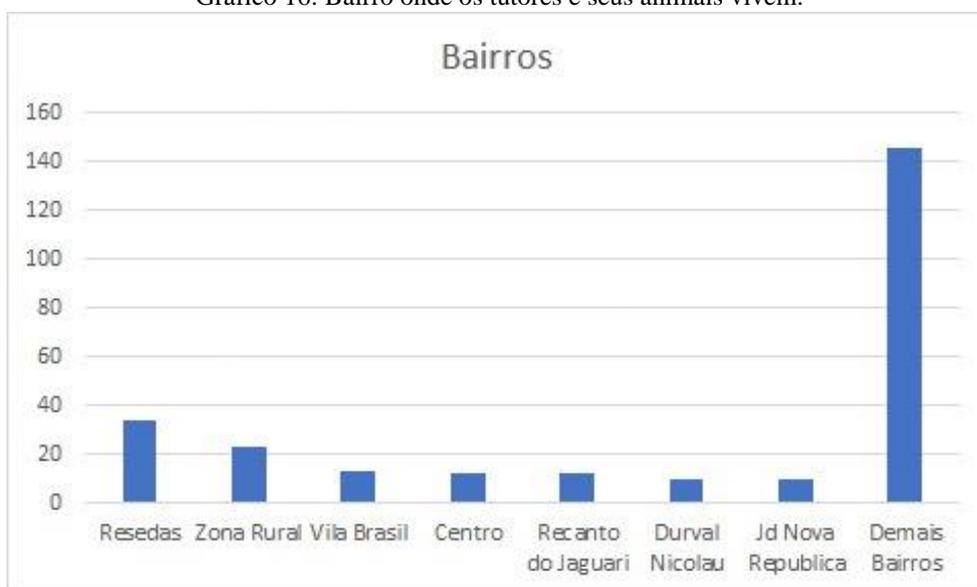
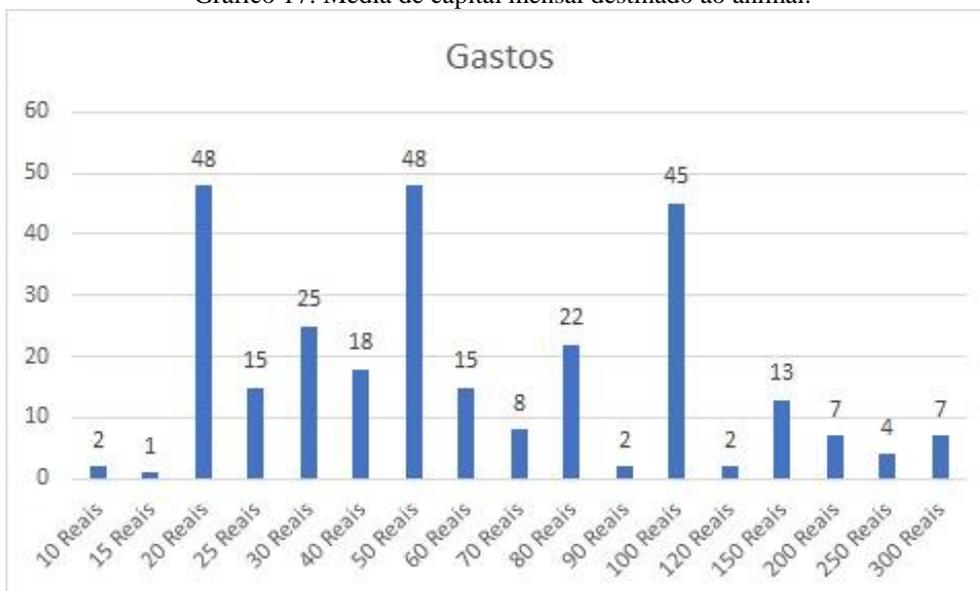


Gráfico 17: Média de capital mensal destinado ao animal.



6 DISCUSSÕES

De acordo com as entrevistas realizadas, os tutores possuem e exercem pouco conhecimento quanto à posse responsável e o bem-estar animal, assim como observado no estudo de Souza et al. (2002).

Montinho; Nascimento; Paixão (2015) analisaram que os aspectos sociais como níveis educacionais e baixa qualidade de saneamento básico juntamente com a negligência do poder público resultam em grande quantitativo de animais errantes, assim como foi observado nas entrevistas. Conclui-se na pesquisa da mesma maneira que Gomes (2009) que um programa de educação e conscientização deve desenvolver um método que forneça à comunidade instrumentos para obterem conhecimentos necessários e transformá-los em sua realidade.

7 CONCLUSÃO

O entendimento da população pelo que se entende de posse responsável e bem-estar animal é defasado, já que observamos que na maioria das entrevistas foi analisado a falta de zelo e investimento, muitos animais nunca visitaram um Médico Veterinário nem ao menos para a aplicação de vacinas, o que nos mostra a deficiência em conhecimento e cultural de boas práticas para com esses animais. O capital aplicado por parte dos tutores aos seus animais mensalmente é escasso, o que evidencia mais uma vez que a população precisa de práticas que incentivem a tutela responsável, alertando para os custos e tempo que deverá ser destinado ao animal. Assim podemos ter uma menor taxa de animais errantes, uma qualidade de vida melhor para esses animais, conseqüentemente investindo em Saúde como um todo.

REFERÊNCIAS

ALVES, A.J.S.; GUILLOUX, A.G.A.; ZETUN, C.B.; POLO, G.; BRAGA, G.B.;

ANDRADE, A.M.; QUEIROZ, L.H.; PERRI, S.H.V.; NUNES, C.M. Estudo descritivo da estrutura populacional canina da área urbana de Araçatuba, São Paulo, Brasil, no período de 1994 a 2004. *Cadernos de Saúde Pública*, v. 24, p. 927-932, 2008.

GARCIA, R.C. Controle de populações de cães e gatos em área urbana: uma experiência inovadora na Grande São Paulo. *Saúde Coletiva*, São Paulo, v. 2, n. 5, p. 24-28, mar. 2005.

GOMES, L.H.; VIEIRA, A.M.L.; ALMEIDA, A.B.; MAGNABOSCO, C.; FERREIRA, J.C.P.; CARVALHO, J.L.B.; REICHMANN, M.L.; PARANHOS, N.T.; GARCIA, R.C.; LUNA, S.L.P.; NUNES, V.F.P.; CABRAL, V.B. Programa de controle da população de cães e gatos no estado de São Paulo. São Paulo: Coordenadoria de Controle de Doenças, p. 162, 2009.

FREITAS, A. L. S. Respeito aos Animais não Humanos como Prática Educativa no Ensino Médio Integrado do Instituto Federal da Paraíba, Campus João Pessoa. 2021. Dissertação de Mestrado.

FOCA, CARACTERÍSTICAS DO CURSO. Curso de formação de oficiais de controle animal: nova perspectiva nos serviços de controle de zoonoses do Estado de São Paulo. *Rev Saúde Pública*, v. 43, n. 3, p. 558-60, 2009.

MOLENTO, C.F.M.; LAGO, E.; BOND, G.B. Controle populacional de cães e gatos em dez vilas rurais do Paraná: resultados em médio prazo. *Archives of Veterinary Science*. Curitiba v. 12, n. 3, p. 43-50, 2007.

MOUTINHO, F.F.B.; NASCIMENTO, E.R.; PAIXÃO, R.L. Percepção da sociedade sobre a qualidade de vida e o controle populacional de cães não domiciliados. *Ciência Animal Brasileira*. Niterói v. 16, n. 4, p. 574-588, 2015.

PANACHÃO, L.I.; SANTOS, O.; DIAS, R.A. Abandono de cães na América Latina: revisão de literatura. *Revista de Educação Continuada em Medicina Veterinária e Zootecnia do CRMV-SP*, São Paulo, v. 11, n. 2, p. 34-41, ago. 2013.

SECRETARIA DE ATENÇÃO À SAÚDE. Departamento de Atenção Básica. Saúde na escola / Ministério da Saúde, Secretaria de Atenção à Saúde, Departamento de Atenção Básica. – Brasília: Ministério da Saúde, 2009.

SOTO, F.R.M.; SHIMOZAKO, H.J.; SOUSA, A.J.; BERNARDI, F. Experiência da implantação do programa de castração cirúrgica de cães e gatos no município de Ibiúna, SP -Brasil. *Veterinária e Zootecnia*, Botucatu, v. 14, n. 2, p. 300-305, dez. 2007.

SOUZA, L.C.; MODOLO, J.R.; PADOVANI, C.R.; MENDONÇA, A.O.; LOPES, A.L.S.; SILVA, W.B. Posse responsável de cães no Município de Botucatu - SP: realidades e desafios. *Revista de Educação Continuada em Medicina Veterinária e Zootecnia do Crmv-Sp*, São Paulo, v. 5, n. 2, p. 226-232, jul. 2002.

VALLAT, B. One World, One Health. 2010. Disponível em: <https://www.oie.int/en/for-the-media/editorials/detail/article/one-worldonehealth/>. Acesso em: 05 set. 2020.

Solarização de substrato a base de esterco ovino como alternativa ao substrato comercial na produção de mudas de tomate

  10.56238/cipcaebv1-003

Juliana Paiva Carnaúba

Doutora em Fitopatologia pela Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE

Instituição: Instituto Federal de Alagoas/ IFAL Campus Murici (Docente)

Endereço: BR 104, km 057, s/n, Cidade Alta – Conjunto Pedro Tenório Raposo, CEP: 57.820-000, Murici – AL, Brasil

E-mail: juliana.carnauba@ifal.edu.br

Paulo Jackson Colacio dos Santos

Técnico em Agroecologia, Instituto Federal de Alagoas - Campus Murici

Instituição: Instituto Federal de Alagoas/ IFAL - Campus Murici

Endereço: BR 104, km 057, s/n, Cidade Alta – Conjunto Pedro Tenório Raposo, CEP: 57.820-000, Murici – AL, Brasil

E-mail: jacksonpaulo722@gmail.com

Izabel Oliveira Silva

Doutor em Proteção de Plantas pela Universidade Federal de Alagoas (CECA/UFAL)

Instituição: Secretaria Municipal de Educação – SEMED – São Miguel dos Campos-AL

Endereço: Av. Deputado Diney Torres, Lot. Geraldo Sampaio, CEP: 57240-000, São Miguel dos Campos – AL, Brasil

E-mail: izabelbiologo@gmail.com

Geórgia Souza Peixinho

Doutoranda em Proteção de Plantas pela Universidade Federal de Alagoas (CECA/UFAL)

Instituição: Universidade Federal de Alagoas, Centro de Engenharias e Ciências Agrárias – CECA/UFAL

Endereço: Rodovia BR104, CEP: 57100-000 – Rio Largo, AL – Brasil

E-mail: geopeixinho@gmail.com

Edna Peixoto da Rocha Amorim

Doutora em Agronomia (Proteção de Plantas) pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho/UNESP

Instituição: Universidade Federal de Alagoas, Centro de Engenharias e Ciências Agrárias – CECA/UFAL

Endereço: Rodovia BR104, CEP: 57100-000 – Rio Largo, AL – Brasil

E-mail: edna.peixoto@pq.cnpq.br

RESUMO

A produção de mudas de tomate geralmente é realizada pelo próprio agricultor em sua propriedade,

sendo que muitas plântulas são perdidas antes ou após o transplante por problemas fitossanitários. Tais problemas ocorrem principalmente devido a presença de fitopatógenos presentes nos substratos utilizados. Uma alternativa para reduzir este problema é a esterilização dos substratos, sendo que a solarização é um método de desinfestação eficiente, visto que além de eliminar muitos patógenos, estimula o desenvolvimento de antagonistas. O objetivo do presente trabalho foi testar a solarização realizada em sacos plásticos transparentes, previamente misturados à terra preta e areia, em dias de sol pleno em 5 tempos (0, 24, 48, 72 e 96h), utilizando esterco ovino e substrato comercial, no crescimento de mudas de tomate. Após esse procedimento, os substratos foram distribuídos em bandejas plásticas próprias para mudas e semeadas sementes de tomate. O experimento foi avaliado 25 dias após a semeadura. Os indicadores avaliados foram: Altura de Plantas (AP), Diâmetro do Colo (DC), Número de Folhas (NF); Massa Seca Foliar (MSF), Massa Seca Caulinar (MSC), Massa Seca Radicular (MSR) e Comprimento de Raiz (CR). Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade, por meio do programa estatístico Sisvar versão 5.7. O melhor tratamento foi o comercial submetido à 48h de solarização, no entanto, o esterco ovino com solarização de 48h é o mais viável economicamente ao pequeno agricultor. De modo geral, a solarização com 48h se mostrou promissora.

Palavras-chave: Agroecologia, Crescimento de plantas, Sanidade.

ABSTRACT

Tomato seedlings are usually produced by the farmer himself on his property, and many seedlings are lost before or after transplanting due to phytosanitary problems. Such problems occur mainly because the substrates are acquired with the presence of phytopathogenic structures. An alternative to reduce this problem is the sterilization of the substrates, since solarization is an efficient disinfection method, since besides eliminating many pathogens, it stimulates the development of antagonists. The objective of the present work was to test solarization in 5 times (0, 24, 48, 72 and 96h), using sheep manure and commercial substrate, in the growth of tomato seedlings. Solarization was carried out in transparent plastic bags containing the substrates, previously mixed with black earth and sand, on days of full sun. After this procedure, the substrates were distributed in plastic trays suitable for seedlings and sowed tomato seeds. The experiment was evaluated 25 days after sowing.

The indicators evaluated were: Plant Height (AP), Colon Diameter (DC), Leaf Number (NF); Leaf Dry Mass (MSF), Dry Cauline Mass (MSC), Root Dry Mass (MSR) and Root Length (CR). The data were subjected to analysis of variance and the means compared by the Scott-Knott test at 5% probability, using the statistical program Sisvar version 5.7. The

best treatment was the commercial substrate subjected to 48h of solarization, however, sheep manure with 48h solarization is the most economically viable for small farmers. In general, solarization up to 48h was promising in the production of tomato seedlings.

Keywords: Agroecology, Plant growth, Sanity.

1 INTRODUÇÃO

A cultura do tomate ocupa lugar de destaque na economia brasileira, não somente pelo seu valor econômico, mas também por ser uma atividade geradora de grande número de empregos (Souza et al. 2010).

As variedades de tomateiros cultivados apresentam baixa resistência à maioria das doenças e ao ataque de pragas, sendo que a medida mais utilizada para o controle tem sido aplicação em larga escala de agrotóxicos, acarretando aumento nos custos de produção, riscos de contaminação dos aplicadores, resíduos nos frutos e no meio ambiente (Medeiros et al. 2008).

Considerando a necessidade de melhoria de rendimento de algumas culturas, entre elas o tomateiro, tem se procurado introduzir novas tecnologias de produção que supram essa necessidade e ao mesmo tempo sejam acessíveis aos agricultores. Para produção eficiente de tomates em sistemas agroecológicos devido à grande suscetibilidade desta cultura às doenças, uma gama de métodos vem sendo desenvolvidos e testados, entre eles a solarização (Fonseca 2002).

A solarização é um método de desinfestação do solo para o controle de fitopatógenos, plantas daninhas, pragas e promoção do crescimento de plantas, por meio do uso de energia solar, desenvolvido em Israel, por Katan et al. 1976. O tratamento consiste na cobertura do solo, manualmente ou de forma mecanizada, com um filme plástico transparente, preferencialmente no período de maior incidência de radiação solar (Ghini 1997). O modo de ação da solarização é complexo, envolvendo uma série de processos que ocorrem no solo durante e após o tratamento (Stapleton 2000). O método é especialmente recomendado para culturas de ciclo curto e sistema radicular pouco profundo, como a maioria das hortaliças (Ghini, Bettiol e Souza 1992).

Um maior crescimento de plantas é frequentemente observado nos solos solarizados, assim como uma maior produtividade. Esse efeito, que pode ocorrer mesmo na ausência de patógenos, deve-se a diversos processos desenvolvidos durante a solarização, que envolvem mudanças nos componentes bióticos e abióticos do solo, onde diversos mecanismos estão envolvidos. O maior crescimento resulta do controle de pragas ou patógenos primários e/ou secundários, alteração da comunidade microbiana do solo em favor de antagonistas ou microrganismos promotores de crescimento, inativação térmica de plantas invasoras e liberação de nutrientes no solo, como por exemplo, nitrogênio (nas formas de amônia e nitrato), cálcio e magnésio, devido à morte e decomposição de parte da microbiota. Esses mecanismos, além de outros, como mudanças na composição gasosa do solo, liberação de substâncias voláteis, melhoria da estrutura do solo e

penetração profunda da umidade, constituem um processo integrado que altera o ambiente do solo, resultando em maior crescimento e produção de plantas (Ghini, 1997).

Estudos que indicam o substrato adequado ou alternativo para a produção de mudas de hortaliças, ainda são poucos, principalmente com o objetivo de substituir os produtos comerciais. Porém são importantes, visto que a busca por substratos alternativos, renováveis, de fácil aquisição e com baixo custo possibilita aos agricultores produzirem mudas de forma economicamente viável e mais sustentável (Souza et al. 2014).

Em algumas regiões como a Nordeste, o esterco é um insumo disponível e de baixo custo, o que tem levado os produtores a considerarem a adubação orgânica uma alternativa viável, do ponto de vista econômico e agrônomo. Estudos avaliando o potencial do esterco de ovinos na composição de substratos tem sido uma tendência, pelo fornecimento de nutrientes desse material e ao condicionamento físico que proporciona ao meio. Assim, o desenvolvimento de tecnologia que utilize o esterco ovino na produção de mudas de hortaliças, pode ser de grande utilidade para os agricultores, já que é um resíduo abundante e pode apresentar custo reduzido (Alencar et al. 2008).

A qualidade de substratos orgânicos utilizados para a produção de hortaliças é de suma importância para garantir a sanidade das mudas (Wendling; Guastala e Dedecek, 2007), e como é comum encontrar substratos com a presença de insetos-praga e patógenos, a solarização seria um método eficiente, economicamente viável e que não agride o meio ambiente.

Diante do exposto, o objetivo do trabalho foi testar o efeito da solarização de substrato a base de esterco ovino, como alternativa à utilização de substrato comercial na produção de mudas de tomate.

2 METODOLOGIA

O projeto foi desenvolvido nas dependências do Instituto Federal de Alagoas, Campus Murici, em casa de vegetação e no Laboratório de Fitossanidade.

Foram testados 2 substratos: esterco ovino e substrato comercial pronto, com 5 tempos de solarização, conforme descrito abaixo.

Obtenção do substrato e aquisição de sementes

Dois substratos foram utilizados misturados à terra preta e areia, na proporção 2:1:1 (2 de terra preta + 1 de substrato + 1 areia), sendo um a base de esterco ovino e o outro substrato comercial pronto.

Foram utilizadas sementes de tomate sem agrotóxicos, adquiridas comercialmente.

Solarização dos substratos

Após preparação dos substratos, estes foram dispostos em sacos plásticos transparentes, previamente umedecidos (Figura 1). A solarização foi realizada em dias de sol pleno nas dependências do

Campus Murici, com os seguintes tratamentos: 1) Testemunha não solarizada (0h); 2) 24h de solarização; 3) 48h de solarização; 4) 72h de solarização; e 5) 96h de solarização, como mostra a Figura 2.

Figura 1. Substratos distribuídos em sacos plásticos para solarização (Fonte: Autoria própria).



Figura 2. Solarização de substratos nas dependências do Campus Murici – IFAL (Fonte: Autoria própria).



A cada dia, um saco de cada substrato era retirado do sol e mantido à sombra conforme cronograma dos tempos de solarização – de 0 a 96h.

Produção das mudas

Após término da solarização, os substratos foram mantidos a sombra por 72h. Em seguida, foi realizado o sorteio das posições de cada substrato nas bandejas, onde os mesmos foram distribuídos em 4 repetições de 10 células. Os substratos solarizados e a testemunha (0h) foram distribuídos em bandejas plásticas para produção de mudas, devidamente identificadas. As sementes de tomate foram semeadas nas bandejas (2 por célula), e em seguida, as mesmas foram protegidas em casa de vegetação, sendo realizadas regas diárias (2 vezes ao dia) (Figura 3). Após germinação foi realizado desbaste, deixando apenas uma muda por célula.

Figura 3. Bandejas mantidas em casa-de-vegetação para produção de mudas de tomate (Fonte: Autoria própria).



O experimento foi implantado seguindo um delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições, sendo cada repetição representada por uma bandeja composta por 10 plântulas. Os tratamentos foram dispostos em esquema fatorial 2x5; sendo o primeiro fator constituído por dois substratos e o segundo por 5 tempos de solarização.

Avaliação

O experimento foi avaliado quando as mudas apresentaram em torno de 3 folhas definitivas, cerca de 25 dias após o plantio. Os indicadores avaliados foram: Altura de Plantas (AP), Diâmetro do Colo (DC), Número de Folhas (NF); Massa Seca Foliar (MSF), Massa Seca Caulinar (MSC), Massa Seca Radicular (MSR) e Comprimento de Raiz (CR).

Após higienização em água corrente para retirada de resíduos de substrato, as plantas foram separadas por partes: raiz, caule e parte aérea. O número de folhas de cada tratamento foi determinado, além da altura das plântulas. Em seguida, as plântulas foram pesadas em balança analítica eletrônica (0,001 g) para obtenção do peso verde. Após esse procedimento, os tratamentos foram distribuídos em sacos de papel identificados e colocados em estufa com circulação forçada de ar, a 60 °C durante 72 horas. O material foi novamente pesado para determinação da massa seca.

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Scott-Knott e pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade por meio do programa estatístico Sisvar versão 5.7.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após avaliação e análise dos dados, observa-se na Tabela 1 o resultado dos indicadores avaliados para o esterco ovino (EO) e substrato comercial (SC). Para AP, verificou-se que as plântulas apresentaram um maior crescimento no tratamento com SC solarizado com 48 horas, diferindo estatisticamente pelo teste de Scott-Knott à 5% de probabilidade dos demais tratamentos. Para o EO, o melhor tempo de solarização foi com 48h também, apresentando diferenças estatísticas dos demais tratamentos. Observa-se ainda que, por meio do teste de Tukey a 5% de probabilidade, nos dois tratamentos (EO e SC), ocorreu um maior crescimento das plântulas com a solarização à 24 e 48h, porém, esse crescimento é reduzido a partir de 72h de solarização, como mostram as Figuras 4 e 5. Sugere-se que isso pode ter ocorrido devido a alterações na microbiota após esse tempo de solarização.

Para o indicador CR, o tratamento com EO submetido à 48h de solarização apresentou a maior média, diferindo estatisticamente dos demais. Para o SC, as maiores médias foram encontradas com 24 e 48h de solarização, não diferindo entre si (Tabela 1).

No indicador DC, o tratamento de EO ao tempo de 72h foi o único que diferiu da testemunha, apresentando média menor que a mesma. Para o SC, todos os tratamentos apresentaram diferença estatística da testemunha.

Em relação ao número de folhas, o tratamento com SC submetido à 24h de solarização, apresentou a maior média, diferindo estatisticamente dos demais. Para o EO, o maior número de folhas foi encontrado no tratamento com 48h de solarização.

Para o indicador MSF das plântulas de tomate, as maiores médias foram obtidas nos tratamentos do SC com 24 e 72h, diferindo dos demais. Para o EO, os tratamentos com 48, 72 e 96h apresentaram médias maiores que a testemunha. Por outro lado, em relação a MSC, as maiores médias foram encontradas nos tratamentos EO à 24h e SC à 48h de solarização, não diferindo estatisticamente entre si. Nesse indicador, apenas não apresentaram diferenças das testemunhas o tratamento SC à 96h de solarização.

Por fim, para o indicador MSR, os maiores resultados foram nos tratamentos com substrato comercial submetidos à 0, 24 e 48 horas de solarização, não apresentando diferenças entre si. Nos tratamentos com EO, a maior média encontrada foi no tempo de solarização de 72 horas.

As figuras 6 e 7 mostram o comportamento dos indicadores de MSF, MSC e MSR de cada substrato, submetidos ao teste de Tukey a 5% de probabilidade. Como pode-se observar, no EO, o indicador MSR teve uma maior variação entre os tratamentos, quando comparado com os demais indicadores. Já para o SC, a variação nesse indicador foi menor.

Tabela 1. Efeito de cinco tempos de solarização (0, 24, 48, 72 e 96 horas) sobre o crescimento de mudas de tomate, utilizando esterco ovino (EO) e substrato comercial (SC), nos indicadores: Altura de Plantas (AP), Comprimento de Raiz (CR), Diâmetro do Colo (DC), Número de Folhas (NF), Massa Seca Foliar (MSF), Massa Seca Caulinar (MSC) e Massa Seca Radicular (MSR).

Substrato	AP(cm)	CR (cm)	DC (cm)	NF	MSF (g)	MSC (g)	MSR (g)
EO0H	4,75a*	5,10 a	1,85 a	2,00 a	9,29 a	5,47 a	12,64 a
EO24H	6,00 b**	4,7b	1,85 a	2,40 a	10,63 a	10,55 e	23,39 b
EO48H	6,57 c	7,0c	2,00 a	3,00 b	13,64 b	8,46 d	23,16 b
EO72H	4,20 a	3,95 a	1,25 b	2,00 a	12,22 b	7,45 c	34,97 d
EO96H	4,50 a	5,10 b	1,85 a	2,00 a	12,19 b	6,24 b	30,08 c
SC0H	4,6a	4,45 a	1,40 b	3,30 b	13,18 b	4,79 a	38,54 e
SC24H	6,82 c	5,43 b	1,90 a	4,00 c	17,86 c	6,14 b	39,16 e
SC48H	7,52 d	5,68 b	2,20 a	3,70 c	11,73 b	11,12 e	37,85 e
SC72H	5,36 e	4,42 a	2,00 a	3,60 c	18,46 c	9,12 d	21,01 b
SC96H	5,28 e	4,59 a	1,90 a	3,90 c	11,01 a	5,27 a	25,41 b
CV%	10.47	19.82	20.10	23.91	18.25	17.23	11.51

* As médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

** Médias de 10 repetições. Fonte: Elaborado pelos Autores

Figura 4. Crescimento de mudas de tomate com esterco ovino solarizado em 5 tempos (0, 24, 48, 72 e 96 horas), nos indicadores: Altura de Plantas (AP), Comprimento de Raiz (CR), Diâmetro do Colo (DC) e Número de Folhas (NF).

Barras com cores e letras iguais, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (Fonte: Elaborado pelos Autores).

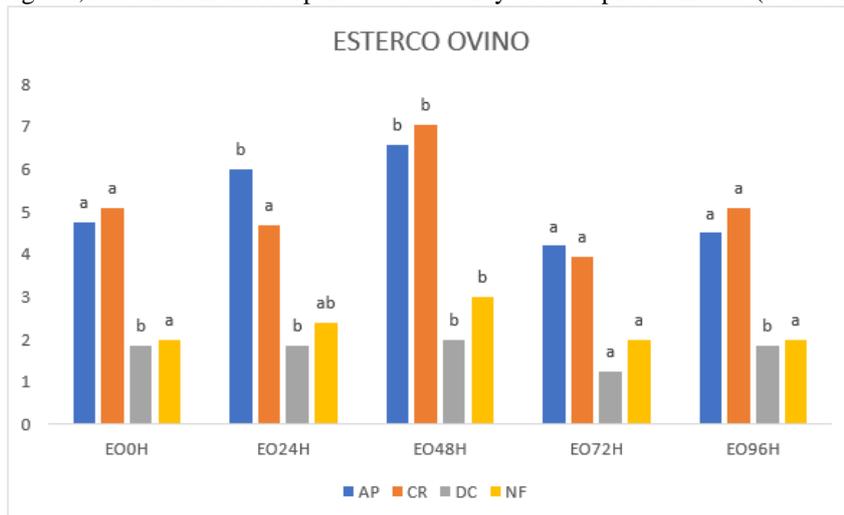


Figura 5. Crescimento de mudas de tomate com substrato comercial solarizado em 5 tempos (0, 24, 48, 72 e 96 horas), nos indicadores: Altura de Plantas (AP), Comprimento de Raiz (CR), Diâmetro do Colo (DC) e Número de Folhas (NF).

Barras com cores e letras iguais, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (Fonte: Elaborado pelos Autores).

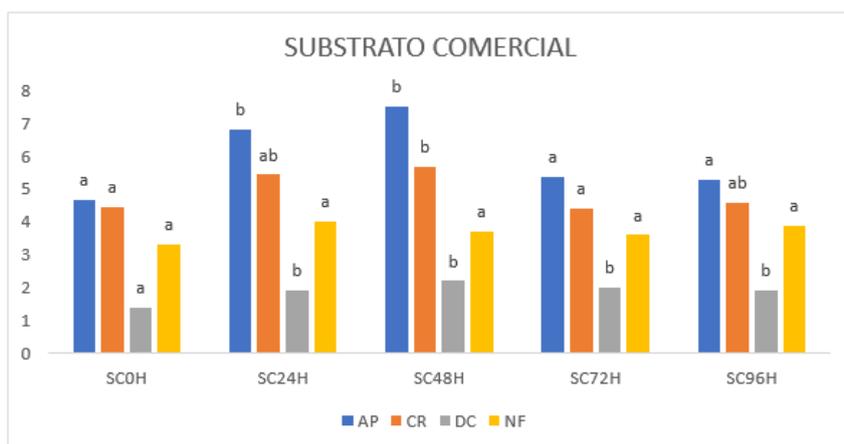


Figura 6. Crescimento de mudas de tomate com esterco ovino solarizado em 5 tempos (0, 24, 48, 72 e 96 horas), nos indicadores: Massa Seca Foliar (MSF), Massa Seca Caulinar (MSC) e Massa Seca Radicular (MSR).

Barras com cores e letras iguais, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (Fonte: Elaborado pelos Autores).

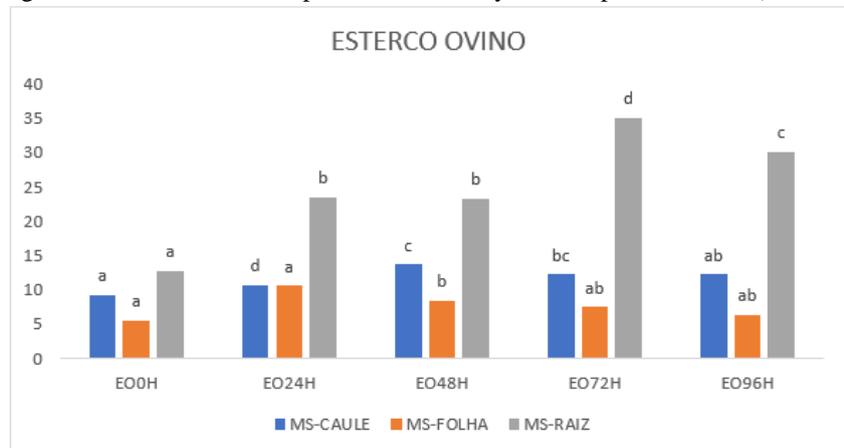
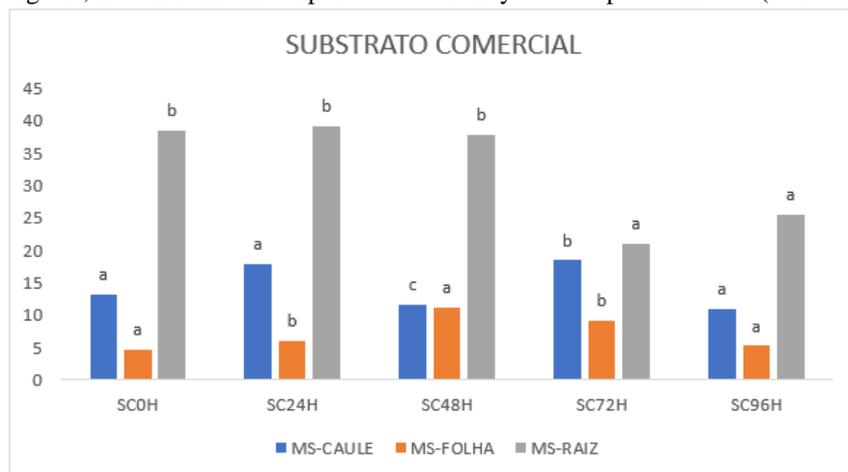


Figura 7. Crescimento de mudas de tomate com substrato comercial solarizado em 5 tempos (0, 24, 48, 72 e 96 horas), nos indicadores: Massa Seca Foliar (MSF), Massa Seca Caulinar (MSC) e Massa Seca Radicular (MSR).

Barras com cores e letras iguais, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (Fonte: Elaborado pelos Autores).



A promoção de crescimento de plantas encontrada em solos solarizados, geralmente está relacionada com o desenvolvimento de microrganismos benéficos.

(Taiz et al. 2017) ressaltam que, as plantas com maior diâmetro de colo apresentam maiores tendências à sobrevivência, principalmente pela maior capacidade de formação e de crescimento de novas raízes. Nesse trabalho, os únicos tratamentos que apresentaram médias menores foram EO72h e SC0h, diferindo dos demais.

A altura da planta, combinado com o diâmetro do colo, constitui um dos mais importantes caracteres morfológicos para se estimar o crescimento das mudas após o plantio definitivo no campo (Souza et al. 2013).

Nesse trabalho, o tratamento com maior comprimento de raiz foi o EO 48h. Ao avaliar o desenvolvimento de plântulas de melancia, em substratos com diferentes proporções de esterco ovino, Souza et al. (2010) também obtivera, maior comprimento de raízes em mudas cultivadas em substrato comercial e em substrato alternativo, com esterco ovino e solo na proporção de 2:1. A formação de raízes maiores permite às plântulas explorarem melhor o volume de substrato disponibilizado, possibilitando maior absorção de água, de nutrientes e de oxigênio para o processo respiratório. Souza et al. (2014), concluíram que o uso do esterco ovino na composição de substratos orgânicos é uma alternativa viável para a produção de mudas de cucurbitáceas.

De modo geral, o tratamento SC48h foi o que obteve as maiores médias nos indicadores avaliados, podendo ser recomendado em trabalhos futuros, na produção de mudas de tomate. Entretanto, visando o pequeno agricultor, considerando que o substrato comercial teria um custo muitas vezes elevado e que, segundo Souza et al. (2013), a região Nordeste possui um grande rebanho ovino, é de grande importância para os produtores rurais da região o desenvolvimento de tecnologia que utilize esse esterco, visto que o mesmo pode apresentar menor custo e que muitos produtores criam estes animais em suas propriedades. Dessa forma, diante dos resultados desse trabalho, o tratamento com esterco ovino submetido à solarização

de 48h seria o mais indicado ao agricultor, quando o mesmo possui animais ovinos em sua propriedade rural. Além disso, foi observado que esse tratamento (EO48H) obteve resultados superiores em 4 indicadores avaliados e sem diferenças estatísticas em 2 indicadores, quando comparado com o SC sem solarização, o qual é o normalmente utilizado por muitos agricultores.

Os benefícios da utilização de esterco ovino nas plantas vêm sendo pesquisado no mundo. Elouear et al. (2016) estudando plantas de alfafa, verificou que a aplicação de esterco de ovelha aumentou a condutividade elétrica e reduziu as concentrações de metais extraíveis com DTPA nos solos na Tunísia, concluindo que o esterco de ovelha pode ser muito útil para a fitostabilização. Além disso, esterco ovino pode ter outras utilidades. Li et al. (2020), relata que esterco ovino produzido em fazendas na China é uma potencial matéria-prima para a produção de energia limpa na forma de biogás pelo metano produzido.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados dessa pesquisa apontam que o melhor tratamento foi o substrato comercial submetido à 48h de solarização, pois, comparativamente, obteve os melhores indicadores. No entanto, o esterco ovino solarizado (48h), quando comparado com o substrato comercial não solarizado, obteve resultados superiores. Assim, considerando o pequeno agricultor, o esterco ovino com a solarização de 48h é considerado o mais viável economicamente, já que boa parte dos agricultores da região Nordeste possui criação de ovinos e, conseqüentemente, disponibilidade de esterco desses animais sem custos nas propriedades.

Pesquisas que visam o aproveitamento de outros materiais orgânicos disponíveis em propriedades rurais para a produção de mudas são necessárias, visto que geram alternativas para o pequeno agricultor na utilização de substratos comerciais, contribuindo para a autossustentabilidade das pequenas propriedades rurais.

REFERENCIAS

- Alencar, F.H.H.; Silva, W.A.; Pereira-Junior, E.B.; Damasceno, M.M.; e Souto, J.S. (2008). “Crescimento inicial de plantas de sábia em latossolo degradado do cariri cearense sob efeito de esterco e fertilizantes químicos”. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável* 3(3). <https://gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/107> (5 de novembro de 2020).
- Elouear, Z.; Bouhamed, F.; Boujelben, N. e Bouzid, J. (2016). “Application of sheep manure and potassium fertilizer to contaminated soil and its effect on zinc, cadmium and lead accumulation by alfalfa plants”. *Sustainable Environment Research* 26(3): 131–135.
- Fonseca, T.G. (2002). “Produção de mudas de hortaliças em substratos de diferentes composições com adição de CO₂ na água de irrigação.” Mestrado em Fitotecnia. Universidade de São Paulo. <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11136/tde-08042002-094507/> (4 de novembro de 2020).
- Ghini, R. (1997). “Desinfestação do solo com o uso de energia solar: solarização e coletor solar.” <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/895433> (5 de novembro de 2020).
- Ghini, R; Bettiol, W. e Souza, N.L. (1992). “Solarização do solo para o controle de *Verticilium dahliae* em berinjela.” *Fitopatologia Brasileira* 17(4): 384–388.
- Katan, J; Greenberger, A.; Alon, H. e Grinstein, A. (1976). “Solar heating by polyethylene mulching for the control of diseases caused by soilborne pathogens.” *Phytopathology* 66: 683–688.
- Li, Yu; Achinas, S.; Zhao, J.; Geurkink, B.; Krooneman, J.; e Euverink, G.J.W. (2020). “Co-Digestion of Cow and Sheep Manure: Performance Evaluation and Relative Microbial Activity”. *Renewable Energy* 153: 553–563.
- Medeiros, M. A.; Freitas, A.V.L.; Guimarães, I.P.; Madalena, J.A.S.; e Marajá, A.M. (2008). “Produção de mudas de tomateiro em bandejas multicelulares e irrigadas com efluente de piscicultura”. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável* 3(3). <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/116> (5 de novembro de 2020).
- Souza, E.G.F.; Barros Junior, A.P.; Silveira, L.M.; Santos, M.G.; e Silva, E.F. (2013). “Emergência e desenvolvimento de mudas de tomate IPA 6 em substratos, contendo esterco ovino”. *Revista Ceres* 60(6): 902–907.
- Souza, E. G. F.; Santana, F. M. S.; Martins, B. N. M.; Pereira, D. L.; Barros Junior, A. P.; e Silveira, L. M. (2014). “Produção de mudas de cucurbitáceas utilizando esterco ovino na composição de substratos orgânicos.” *Revista Agro@mbiente On-Line* 8(2): 175–183.
- Souza, J.A.R.; Moreira, D.A.; Ferreira, P.A.; e Matos, A.T. (2010). “Avaliação de frutos de tomate de mesa produzidos com efluente do tratamento primário da água residuária da suinocultura”. *Revista Engenharia na Agricultura - REVENG* 18(3): 198–207.
- Stapleton, J. J. (2000). “Soil Solarization in Various Agricultural Production Systems”. *Crop Protection* 19(8–10): 837–841.
- Taiz, L.; Zeiger, E.; Moller, I.M.; e Murphy, A. (2017). *Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal - 6ed.* Artmed Editora.
- Wendling, I. Guastala, D. Dedecek, R. (2007) Características físicas e químicas de substratos para produção de mudas de *Ilex paraguariensis* St. Hil. *Revista Árvore* 31 (2): 209-220.

Auxina: ação do hormônio indutor de crescimento em soja

Crossref  10.56238/cipcaebv1-004

Júlia Letícia Cassel

Acadêmica do Curso Superior em Agronomia pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul

Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul/ Campus Ibirubá

Endereço: Rua Nelsi Ribas Fritsch, 1111 – Bairro Esperança, Ibirubá – RS, Brasil

E-mail: casseljulial2@gmail.com

Gabriele Molinari Rother

Aluna do Curso Técnico em Agropecuária pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul

Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul/ Campus Ibirubá

Endereço: Rua Nelsi Ribas Fritsch, 1111 – Bairro Esperança, Ibirubá – RS, Brasil

E-mail: gabrielemolinarirother@hotmail.com

Bruna Dalcin Pimenta

Doutora em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Santa Maria

Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul/ Campus Ibirubá

Endereço: Rua Nelsi Ribas Fritsch, 1111 – Bairro Esperança, Ibirubá – RS, Brasil

E-mail: bruna.pimenta@ibiruba.ifrs.edu.br

Rodrigo Luiz Ludwig

Doutor em Agronomia pela Universidade Federal de Santa Maria

Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul/ Campus Ibirubá

Endereço: Rua Nelsi Ribas Fritsch, 1111 – Bairro Esperança, Ibirubá – RS, Brasil

E-mail: rodrigo.ludwig@ibiruba.ifrs.edu.br

Daniela Batista dos Santos

Doutora em Ciência do Solo pela Universidade Federal de Santa Maria

Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul/ Campus Ibirubá

Endereço: Rua Nelsi Ribas Fritsch, 1111 – Bairro Esperança, Ibirubá – RS, Brasil

E-mail: daniela.santos@ibiruba.ifrs.edu.br

RESUMO

A auxina é um importante fitormônio para o crescimento e desenvolvimento de espécies vegetais, dentre elas, a soja (*Glycine max*) que possui destaque

na economia mundial, sendo matéria prima de alimentos para humanos e animais. Diante disso, este trabalho objetiva abordar, com enfoque à cultura da soja, a importância da auxina às plantas, descrevendo sua biossíntese, rotas e transporte, bem como fornecer uma visão geral sobre as aplicabilidades na agricultura. A auxina atua em distintos processos, dentre eles a dominância apical e o alongamento caulinar. Todo o desenvolvimento da planta depende de um ajuste fino de gradientes locais de auxina. Isso é possível graças à dinâmica de modulação das vias de síntese, transporte, conjugação e degradação da auxina. Essa dinâmica é regulada pela própria auxina, fato que aumenta drasticamente a complexidade para o entendimento da ciência. Sua biossíntese ocorre, principalmente, a partir do aminoácido triptofano, por distintas rotas bioquímicas recentemente mencionadas na literatura. Após sintetizada, a auxina é transportada em sentido basípeto preferencialmente por transporte polar, lento e com gasto de energia. Contudo, há registros também de um transporte entre células através de plasmodesmos. Para a cultura da soja, há estudos que comparam a ação do hormônio em plântulas de soja sombreadas com aquelas que obtiveram iluminação, fornecem fontes de auxina e ainda, avaliam a concentração do fitormônio após a remoção do cotilédone. As descobertas demonstram que a auxina se concentra principalmente nas zonas de alongamento e zona de maturação do caule e, neste local, provocam o alongamento celular atuando na promoção do crescimento do caule em busca de luz. Além disso, a auxina tem papel importante na dominância apical, fenômeno que inibe o desenvolvimento de gemas axilares e influencia diretamente a arquitetura da planta, cuja “arquitetura ideal” tem sido massivamente buscada por pesquisas de melhoramento genético visando a obtenção do máximo de rendimento. Ainda, existem auxinas sintéticas utilizadas como herbicidas seletivos para plantas daninhas dicotiledôneas, entre eles o ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D), que quando em altas doses provoca um alongamento celular excessivo levando a planta à morte, enquanto que em baixas doses atua de forma semelhante ao ácido 3-indolacético (IAA), que é a principal forma de auxina encontrada nas plantas e por sua vez pode contribuir no aumento de rendimento. Diante do exposto, pode-se perceber que há uma complexidade acerca da temática e embora estudos estejam sendo conduzidos e seus resultados publicados em revistas de alto impacto e relevância científica, ainda existem lacunas acerca dos efeitos e mecanismos da auxina que precisam ser elucidadas, em especial, em situações como sombreamento e remoção da dominância apical

na cultura da soja, para que, então, possam impactar em ações de melhoramento genético e em manejos para incremento de rendimento.

Palavras-chave: Fitormônios, *Glycine max*, Biossíntese, Crescimento caulinar, Dominância apical.

ABSTRACT

Auxin is an important vegetal hormone for plant growing and development, among them, soybean (*Glycine max*) which is prominent in the world economy, being a raw material for food for humans and animals. So, this bibliographic review aims to approach, with a soybean focus, the auxin importance, describing their biosynthesis, routes and transport, as well as providing an overview of their applicability in agriculture. Auxin acts in different processes, including apical dominance and stem lengthening. All plant development depends on a fine adjustment of local auxin gradients. This is possible thanks to the modulation of auxin synthesis dynamics, transport, conjugation and degradation pathways. This dynamic is regulated by the auxin itself, a fact that dramatically increases the complexity of understanding science. Its biosynthesis occurs mainly from the amino acid tryptophan, through different biochemical routes recently mentioned in the literature. After synthesized, auxin is transported in a basipetal direction, preferably by polar transport, slow and with energy expenditure. However, there are also records of transport between cells through plasmodesms. For soybean crops, there are studies that compare the hormone action in

shaded seedlings with those that obtained lighting, provide auxin sources and also evaluate the phytohormone concentration after cotyledon removal. The findings show that auxin is mainly concentrated in the stem elongation and maturation zones and, in this location, they cause cell elongation, which act to promote stem growth in search of light. In addition, auxin is an important role in apical dominance, a phenomenon that inhibits the development of axillary buds and directly influences the plant architecture, whose “ideal architecture” has been massively searched by breeding program to obtain maximum yield. Still, synthetic auxins are used as selective herbicides for dicotyledonous weeds, among them 2,4-dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D), which when used in high doses causes an excessive cellular elongation that leading to the plant's death. On the other hand, low doses act as similar way to 3-indolacetic acid (IAA), which is the main form of auxin found in plants and in turn can contribute to increased yield. So, it can be seen that this is a complex theme and although studies are being conducted and their results have been published in high-impact and scientifically relevant journals, there are gaps about the auxin effects and mechanisms that need to be elucidated, especially in situations such as shading and removal of apical dominance at soybean. This knowing can impact on genetic improvement and management action to increase yield.

Keywords: Phytohormones, *Glycine max*, Biosynthesis, Stem growth, Apical dominance.

1 INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max*) é uma das mais importantes culturas fixadoras de nitrogênio, capaz de fornecer ricas proteínas vegetais e óleo para alimentar humanos e animais em todo o mundo (JIANG et al., 2020a). Segundo Jiang et al. (2020b), em nível mundial, milhões de toneladas de soja, entre exportações e importações, circulam anualmente, configurando-a como uma das mais importantes commodities agrícolas mundiais.

Segundo dados do IBGE, no ano de 2019, a área semeada com soja no Brasil foi de 35,9 milhões de hectares com produção de 114,26 milhões de toneladas de soja em grão. A expectativa para a próxima safra brasileira (2020/2021) é recorde, cuja produção estimada é de 131 milhões de toneladas, com incremento em área semeada e em produtividade. Esses dados configuram o País como 2º maior produtor de soja no ranking mundial e prospectam um otimista cenário futuro, pois dada a atual conjuntura econômica mundial, na qual EUA e China se encontram em tensões geopolíticas somada à pandemia COVID-19, à estagnação da economia de muitos países, à alta da cotação do dólar e à alta do preço pago pela soja em razão da baixa disponibilidade do produto no mercado e da demanda crescente, o País poderá

ter boa liquidez para sua produção. Aliada a essas questões, a busca por incremento de produção e rendimento de soja tem sido uma constante.

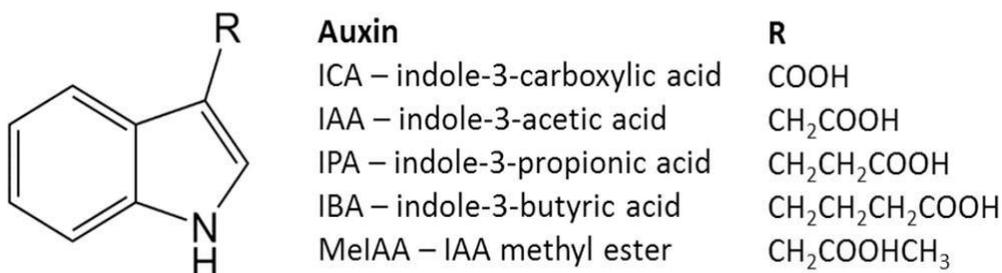
Liu et al. (2020) chamam de “revolução verde” o conjunto de descobertas capazes de aumentar o rendimento de determinada cultura. Ao fazerem um paralelo entre culturas como arroz, trigo, milho e soja, os autores mencionam que a soja não mudou significativamente o rendimento por unidade de área nas últimas décadas, e atribuem o incremento de produção da oleaginosa ao aumento da área semeada. Ainda, apontam que as estratégias de melhoramento genético utilizada para espécies de gramíneas, as quais possuem inflorescência no ápice do colmo, associado ao adensamento de semeadura não se adequam à soja. Os autores enfatizam que para a intensificação de uso dos recursos produtivos (solo, fertilizante, água) possa ocorrer mediante maior adensamento de plantas de soja, o melhoramento genético da espécie necessita considerar variedades de soja com arquitetura de planta ideal: devem ter altura de planta otimizada, comprimento de entrenó mais curto, mais entrenós, poucos ou nenhum galho, número moderado de vagens por nó, maior número de vagens, maior proporção de quatro sementes por vagem, peso moderado de 100 sementes, menor ângulo do pecíolo e pecíolo mais curto (LIU et al., 2020). Os mesmos autores sugerem algumas estratégias para o melhoramento genético por meio do uso de triagem de germoplasma, melhoramento molecular e/ou edição de genoma.

Contudo, para que as variedades se adaptem às condições ambientais é esperado que elas expressem distintas respostas fisiológicas, as quais são reguladas pelos fitormônios, dentre eles a auxina. As células vegetais precisam constantemente regular seus níveis celulares de auxina para garantir o crescimento e o desenvolvimento ideal (Yang et al., 2015; Casanova-Sáez; Voss, 2019). Nesse contexto, este trabalho de revisão bibliográfica objetiva abordar a importância da auxina às plantas de soja, descrevendo sua biossíntese, rotas e transporte, bem como fornecer uma visão geral sobre as aplicabilidades da auxina na agricultura.

2 IMPORTÂNCIA DA AUXINA ÀS PLANTAS DE SOJA

A auxina é o hormônio vegetal, de baixo peso molecular, mais importante fisiologicamente (PORFÍRIO et al., 2016), pois desempenha um papel vital no crescimento e desenvolvimento das plantas (WANG et al., 2015). Ainda, as auxinas são ácidos indólicos distinguíveis por uma cadeia lateral variável (PORFÍRIO et al., 2016), conforme demonstra a Figura 1, sendo o ácido indol-3-acético (IAA) é a principal auxina conhecida e também a mais mencionada na literatura. Há conhecimento da existência das auxinas ácido 3-indolacético (IAA), ácido indol-carboxílico (ICA), ácido indol-3-propiónico (IPA), ácido indol-3-butírico (IBA) e IAA metil-éster (Me-IAA), como mencionado por Porfírio et al. (2016).

Figura 1: Estrutura química das auxinas



Fonte: Porfírio et al. (2016)

A auxina é o principal fitormônio regulador do desenvolvimento vegetal, incluindo morfogênese e respostas adaptativas. Segundo Casanova-Sáez; Voss (2019), essa regulação se dá de maneira dose dependente, ou seja, há necessidade de sutil regulação da concentração de auxina na escala vegetal de células, tecidos e órgãos. Vários mecanismos foram desenvolvidos pelas plantas visando controlar a homeostase (que é a manutenção do equilíbrio) e a dinâmica de redistribuição das auxinas. Ainda, os tecidos vegetais apresentam sensibilidade distinta à auxina, ocasionando o modulação da capacidade de resposta (percepção e sinalização) vegetal (CASANOVA-SÁEZ; VOSS, 2019).

Em revisão bibliográfica, Porfírio et al. (2016), aponta o uso da auxina em procedimentos de propagação e outros processos da morfofisiologia vegetal. Casanova-Sáez;Voss (2019) em revisão bibliográfica sobre como o metabolismo da auxina controla as decisões do desenvolvimento de plantas terrestres, mencionam que as concentrações de auxina celular definem a divisão celular, o crescimento ou a diferenciação.

Em especial para a cultura da soja, Jiang et al. (2020) ao estudarem a diferença de concentração de auxina envolvida no desenvolvimento do caule em soja, apontam que a auxina regula a divisão celular e alongamento das células por meio de sua concentração e, em seguida, molda a arquitetura da planta. Os autores argumentam que diferentes alturas de plantas e resistência ao acamamento são consequência da divisão celular e do alongamento, que forma o entrenó da soja.

3 BIOSÍNTESE, ROTA E TRANSPORTE

O principal local de biossíntese da auxina é nos primórdios foliares e em folhas jovens (JIANG et al., 2020b), no entanto, Casanova-Sáez; Voss, (2019) relatam que a auxina também pode ser produzida em diferentes tecidos da parte aérea e da raiz. Todo o desenvolvimento da planta depende de um ajuste fino de gradientes locais de auxina. Isso é possível graças à dinâmica de modulação das vias de síntese, transporte, conjugação e degradação da auxina. Essa dinâmica é regulada pela própria auxina, fato que aumenta drasticamente a complexidade para o entendimento da ciência (CASANOVA-SÁEZ; VOSS, 2019).

Recentemente, após cerca de 70 anos depois da descoberta da auxina, as principais vias biossintéticas e catabólicas do IAA foram descritas. Segundo Wang et al. (2015), o IAA pode ser sintetizado

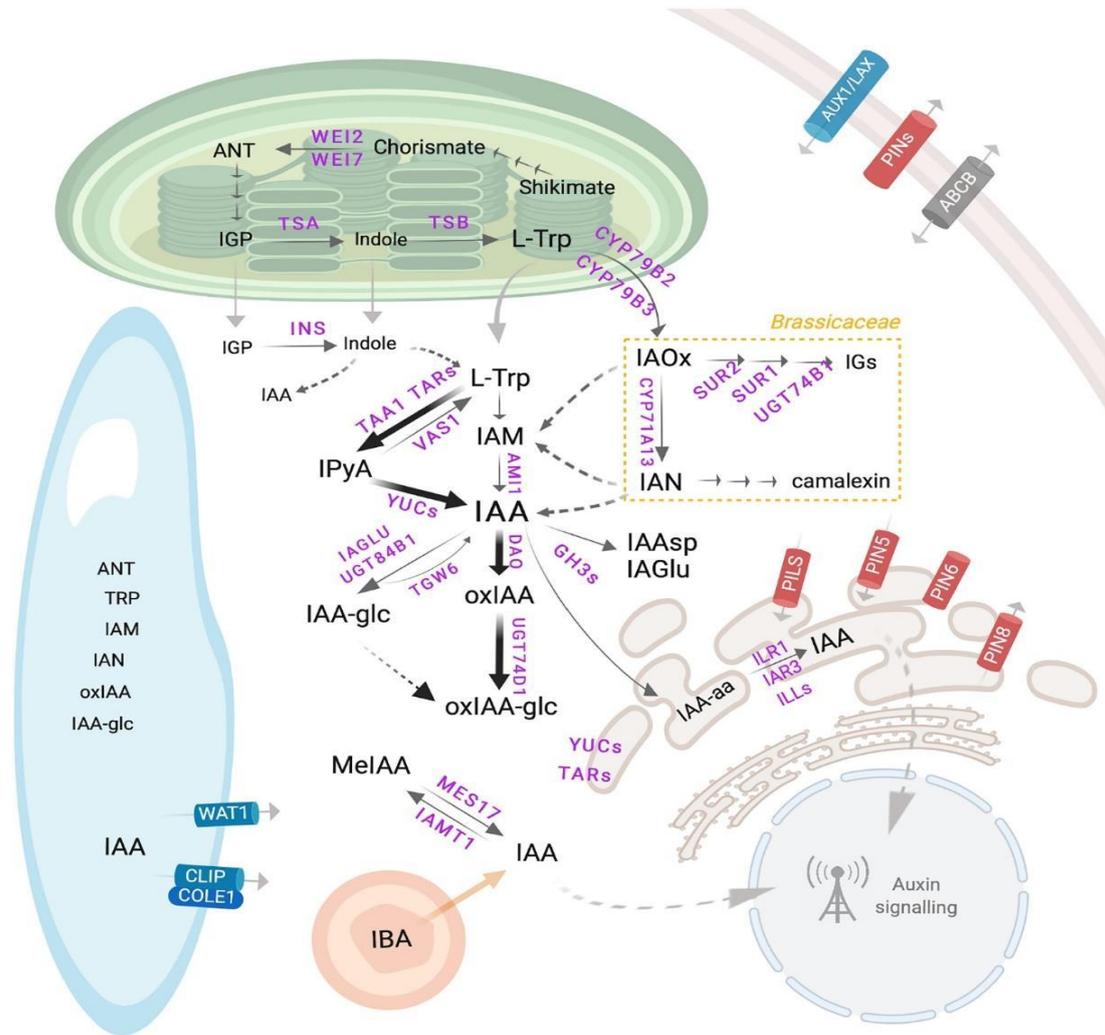
por duas rotas biossintéticas: i) a partir do triptofano precursor (Trp), conhecido como o caminho biossintético dependente de Trp; e ii) por meio de uma via biossintética independente do Trp.

Quanto à chamada biossíntese de IAA dependente de Trp, Casanova-Sáez; Voss, (2019) apontam que diferentes derivados de Trp são considerados precursores de IAA, incluindo: i) ácido indol-pirúvico (IPyA); ii) indol acetaldoxima (IAOx); e iii) indol acetamida (IAM). Já Jiang et al. (2020), em estudo recente, postularam o IAA é sintetizado a partir de: i) de triptamina diretamente para IAA; ii) de indol-3-acetonitrila (IAN) para IAA; e iii) de IPyA para IAA, sendo essa rota a única que foi completamente elucidada até o momento. Jian et al. (2020) também relataram a existência de três outras vias metabólicas do triptofano que competem para metabolizar o substrato de triptofano com as vias de síntese de IAA para regular a concentração de IAA e manter a homeostase da auxina.

As enzimas para a síntese de IAA são geralmente codificadas por grandes famílias de genes, o que tem desafiado a identificação e caracterização de vias individuais, como mencionam Casanova-Sáez; Voss (2019). No entanto, como é repertoriado por Casanova-Sáez; Voss (2019), um progresso notável foi alcançado até o momento na compreensão da complexa obscuridade dessas vias metabólicas e como as plantas usam essa complexidade para modular firmemente a produção local de IAA.

Na Figura 2, extraída de Casanova-Sáez; Voss (2019), há um esquema acerca da biossíntese de auxina. Nela, IAA e metabólitos relacionados são indicados em preto; as enzimas que catalisam as reações metabólicas são indicadas em roxo; as vias em que as enzimas, genes ou intermediários são conhecidos são indicadas por setas contínuas; enquanto as vias que ainda não estão bem definidas são indicadas por setas tracejadas e os transportadores associados às membranas por cilindros coloridos.

Figura 2: Biossíntese da auxina (IAA)



Trends in Plant Science

Fonte: Casanova-Sáez; Voss (2019)

Legenda: ANT, antranilato; DAO, Dioxigenase para Oxidação de Auxina; GH3, Gretchen Hagen3; IAA, ácido indol-3-acético; IAM, indol-3-acetamida; IAN, indol-3-acetonitrilo; IAox, indol-3-acetaldoxima; IAR3, IAA-Alanine Resistant3; IBA, ácido indol-3-butírico; IGs, glucosinolatos de indol; IGP, fosfato de indol-3-glicerol; ILLs, ILR1-LIKE; ILR1, IAA-Leucina Resistente1; INS, indol sintase; IPyA, ácido indol-3-pirúvico; MelAA, ácido metil indol-3-acético; oxIAA, ácido 2-oxindol-3-acético; PILS, curtidas com PIN; PIN, formado por PIN; TAA1, Triptofano Aminotransferase de Arabidopsis 1; TARS, proteínas relacionadas a TAA1, aminotransferases de triptofano; TSA / TSB, subunidade A / B da triptofano sintase; UGTs, glicosiltransferases de uridina-difosfato; VAS1, reversão de SAV3 fenótipo 1; WAT1, As Paredes São Finas1; YUC, YUCCA, monooxigenases contendo flavina.

A biossíntese do principal precursor IAA, L- triptofano (L -Trp), ocorre em cloroplastos (CASANOVA-SÁEZ; VOSS, 2019). As vias subsequentes de biossíntese, catabolismo e conjugação de IAA comumente operam no citosol. Pensa-se que a biossíntese e hidrólise de IAA de conjugados de aminoácidos (IAA-aa) também ocorrem no retículo endoplasmático.

Casanova-Sáez; Voss (2019) afirmam que o metabolismo vegetal regula rigidamente os gradientes auxiliares, estabelecendo-os e mantendo-os. Para que ocorra síntese, armazenamento, sinalização, transporte e/ou inativação há uma infinidade de caminhos/rota/vias paralelas, como as ilustradas na Figura 2, que são todas reguladas por fatores genéticos e ambientais, denotando a complexidade do tema. O desenvolvimento específico da planta ou resposta a algum sinal ambiental altera rapidamente os níveis de IAA, assim, como forma de garantir que essas concentrações sejam rapidamente detectadas, o IAA é

constantemente “conferido” nos tecidos vegetais. Impressiona e intriga a comunidade científica o fato de que o próprio IAA regula sua percepção, transporte e metabolismo juntamente, e com a influência dos demais hormônios vegetais. De maneira que, como tudo isso é exatamente regulado, é uma lacuna do conhecimento (CASANOVA-SÁEZ;VOSS, 2019).

Quanto aos fatores genéticos que influenciam a dinâmica da auxina, Jiang et al. (2020a) avaliando plântulas de soja, observaram que há indução na produção de IAA pela codificação dos genes *GmYUCs* e *GmTAA1a* em plantas sombreadas. Os mesmos autores mencionam que muitas outras auxinas também podem desencadear a expressão desses genes direta ou indiretamente e se metabolizar em seus conjugados (JIANG et al., 2020b). Enquanto Xu; Hagen; Guilfoyle (1997), observaram que genes *SAUR* estão envolvidos em respostas quando aplicadas fontes externas de auxina em soja, sendo que sua codificação induzida poucas horas após o fornecimento do hormônio.

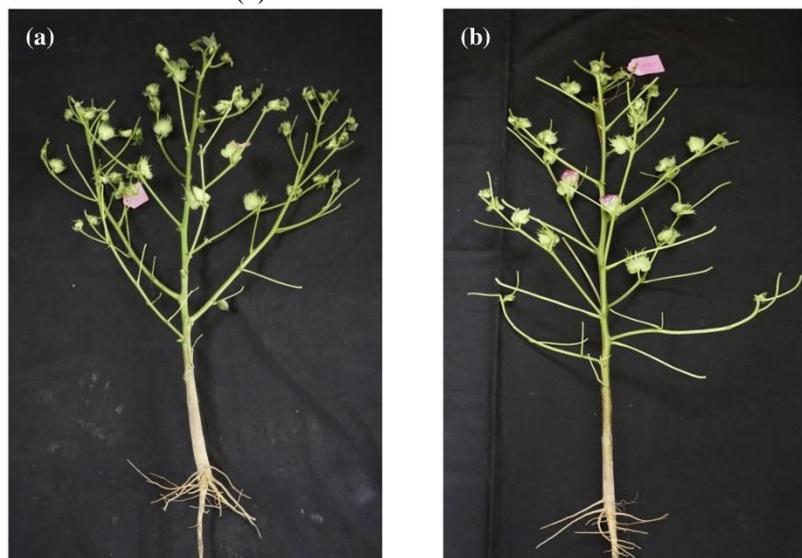
Após sintetizada, o transporte de auxina, uma molécula de característica fotofóbica, é realizado de forma ativa, polar, lento e geralmente em sentido basípeto. No entanto, ela também pode se mover de uma célula para outra, por difusão, através dos plasmodesmos (GAO et al., 2020).

4 INFLUÊNCIA DA AUXINA NO CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DA SOJA

Segundo Jiang et al. (2020a), em condições de campo, as plantas cultivadas como a soja, crescem submetidas a um ambiente no qual ocorre uma competição intraespecífica por recursos naturais, tais como luz, água, nutrientes e espaço. Este autor, ainda, chama a competição por intensidade e quantidade de luz de “estresse de sombra”, a qual é mediada por diversos mecanismos fisiológicos, entre eles os hormonais, que, por sua vez, mediam o crescimento das plantas em direção à luz.

Nesse contexto, Li et al. (2019), em seus estudos com sombreamento artificial dos ramos vegetativos basais em plantas de algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.), relatam uma modificação no desenvolvimento desses ramos, onde as plantas que receberam sombreamento, como ilustra a Figura 3, cresceram em anormalidade (b) e necessitando compensar fotossinteticamente a área sombreada. Nesse experimento, os autores concluíram que plantas sombreadas nos ramos vegetativos basais reduziram mais de 56% dos ramos, sendo que estes também tiveram o comprimento reduzido em 88%, fato explicado pelo balanço hormonal das células mas também pela privação da luz necessária à fotossíntese, salientando que a fotossíntese possui correlação positiva com o rendimento em algodão, como mencionado por Li et al. (2019).

Figura 3: Diferença de arquitetura em plantas de algodão que não sofreram sombreamento nos ramos vegetativos basais (a) e plantas que receberam sombreamento artificial (b)



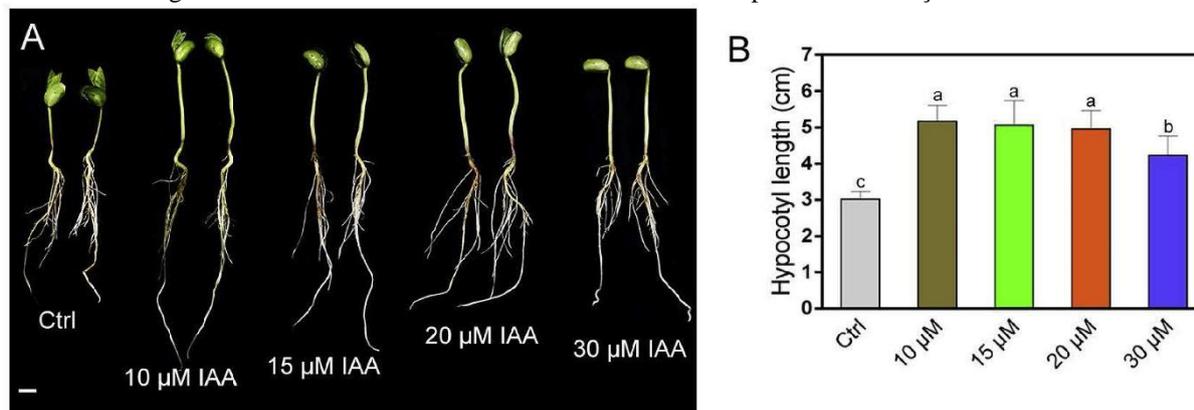
Fonte: Li et al. (2019)

A informação apresentada na Figura 3 pelo estudo de Li et al. (2019), se extrapolada à cultura da soja com maior sombreamento, situação que pode ser ilustrada por manejo que utilizem menor espaçamento (alta densidade de plantas) ou cultivares que possuam maior índice de área foliar (IAF), a tendência é de que nessas situações não haja máximo aproveitamento fotossintético. Por essa razão, o melhoramento genético têm buscado uma arquitetura de plantas de soja em formato piramidal (LIU et al., 2020). Também manejos de plantas são investigados para que essas plantas possam produzir mais ramos, e, por sua vez, maior possibilidade de ocorrência de órgãos reprodutivos (flores e posteriormente, legumes), o que conseqüentemente, faz com que ocorra elevação na produtividade de ramos laterais. Wen et al. (2020) ao avaliarem o rejuvenescimento do crescimento e desenvolvimento de plantas de soja por meio de leve estresse de sombreamento, sugerem que um sombreamento leve, de 43% de redução da intensidade da luz, é benéfico às culturas.

Estudos sobre o sombreamento de plantas e seus efeitos ainda são escassos na literatura. Jiang et al. (2020a), verificaram a ação conjunta de auxinas, giberelinas e brassinosteróides, ao analisar o sombreamento em plântulas de soja, chamando de “rede de crosstalk” o equilíbrio que ocorreu entre os fitormônios. Ainda, o autor considera a auxina como um dos principais hormônios envolvidos no crescimento de plantas e adaptação ambiental. Para que os autores realizassem o experimento, foram utilizadas cultivares de soja comumente encontradas na China e estas, foram cultivadas sob luz branca contínua ou sombra e, após, receberam tratamentos de remoção de cotilédones e adição de auxina exógena. Este experimento resultou na observação de crescimento de hipocótilo maior que 100% em plântulas sombreadas, atribuindo-se o fenômeno à concentração de auxina no caule, que provocou alongamento do hipocótilo em busca de luz. Depois dessa constatação, os autores forneceram diferentes concentrações de auxina às plântulas sombreadas (10, 15, 20 e 30 μM), observando que baixas concentrações de auxina (10 μM) aumentaram ainda mais o alongamento caulinar, em aproximadamente 60%, sendo que à medida que

a concentração de auxina exógena fornecida foi aumentada o alongamento caulinar diminuiu (Figura 4). Porém todas as plântulas nas quais foram adicionada alguma fonte de auxina ainda apresentaram crescimento maior que a testemunha, sendo este experimento capaz de demonstrar os efeitos da auxina no alongamento caulinar. Ainda, Jiang et al. (2020a) elucidaram o papel do transporte polar de auxina do ápice para o caule (sentido basípteto).

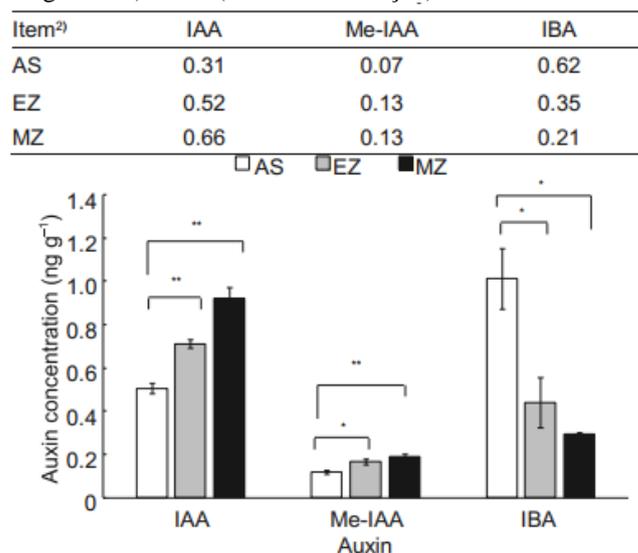
Figura 4: Teor de auxina associado ao crescimento do hipocótilo em função da sombra



Fonte: Jiang et al. (2020)

Jiang et al. (2020b), ao avaliarem as concentrações de diferentes auxinas (IAA, Me-IAA e IBA) em partes distintas do caule de soja (zona apical - AS, zona de alongamento - EZ, e zona de maturação - MZ), concluíram que o IAA ocupou cerca de 31 a 66% da proporção do total de auxinas identificadas, o que sugere que o IAA foi a auxina primária em mudas de soja. A maior parte de IAA estava concentrada na parte inferior da planta (zonas de alongamento e maturação), sugerido envolvimento no alongamento celular e crescimento caulinar. O IBA foi responsável por 21, 35 e 62% do total de auxina em mudas de soja na zona maturação, de alongamento e apical, respectivamente, sendo mais relacionado ao desenvolvimento do ápice caulinar em plantas de soja (Figura 5). Já o Me-IAA, segundo os autores, pode ter sua menor representatividade atribuída ao fato de ser uma fonte de IAA prontamente disponível quando necessário ao alongamento caulinar, ou seja, durante a modulação da auxina pois se comparado ao IAA, o Me-IAA possui aproximadamente uma concentração de 200% menor. Os autores observaram que a auxina tem uma distribuição de concentração diversa e seus componentes podem se converter para manter sua homeostase e regular o crescimento e desenvolvimento do caule da soja, e renderam-se à afirmação de que esse processo é mais complexo do que eles inicialmente previam quando propuseram o estudo.

Figura 5: Concentração de IAA (ácido indol-3-acético), Me-IAA (ácido metilindol-3-acético) e IBA (ácido indol-3-butírico) em AS (zona apical), EZ (zona de alongamento) e MZ (zona de maturação)



Fonte: Jiang et al. (2020b)

Contudo, apesar desses resultados em relação à interação auxina e crescimento caulinar da soja, a literatura ainda carece de estudos sobre o tema, elucidando como ocorrem os processos e os benefícios/malefícios do fenômeno em relação à produtividade, consequência de uma arquitetura de planta modificada que afeta processos como a fotossíntese. Além disso, outros efeitos da auxina são importantes para a agricultura, como por exemplo a dominância apical e o uso de herbicidas auxínicos.

Em estudos sobre o efeito da produção de auxina no meristema apical por meio de modelagem matemática, Shi et al. (2018) mencionam que o transporte de auxina do ápice para a base de planta eleva os teores do hormônio a um ponto crítico para a formação de órgãos laterais. Assim, segundo os autores, os órgãos meristemáticos controlam os laterais. Wilson (2000) chama este fenômeno de dominância ou controle apical, sendo que as gemas laterais podem até produzir folhas, mas a produção de ramos é inibida. A estratégia vegetal para isso é reduzindo a fotossíntese dos ramos. Ainda, Wilson (2000) cita que após a liberação/remoção da dominância apical, um novo ramo se curva para cima.

Sob esse mesmo aspecto, segundo Li et al. (2020), as características de arquitetura de uma planta podem ser afetadas por fatores genéticos e/ou ambientais, sendo que muito tem se buscado por uma planta ideal, a qual pudesse ter um nível máximo de produção. A remoção de dominância apical em soja, é um dos fatores que pode alterar a arquitetura da planta, sendo que esta última é determinada pelo padrão e número de ramificações, e a remoção da dominância apical teria por consequência o cessamento dessa inibição que a auxina causa nos meristemas axilares.

A remoção da dominância apical em plantas de soja pode se dar de maneira física (com o corte do meristema apical) ou química. A remoção de dominância apical química, como mencionado por Campos et al. (2010), pode ser realizada através de produtos como giberelinas (GA₃), benzilaminopurina (BAP), ácido indolbutírico (IBA), por produtos como Cloreto de Mepiquat, Etephon e Stimulate. Segundo os autores, com a aplicação do produto Etephon, houve aumento das ramificações laterais, inibição do

crescimento de plantas e atraso na degradação de clorofila em plantas de soja. Ainda, os autores recomendam o uso do produto para prevenção de acamamento na cultura.

Sob esse mesmo aspecto, Campos et al. (2009) sugerem que a altura da primeira vagem é afetada pelos reguladores vegetais, a qual é proporcional ao crescimento das plantas. Os mesmos autores observaram que 600 mg L⁻¹ de Etephon promoveu acréscimo nas ramificações laterais em plantas de soja e o tratamento com GA₃ via foliar promove o crescimento em altura.

Segundo Tancredi et al. (2004), a remoção física da dominância apical em plantas de soja com 25, 50 e 75 cm de altura, é eficiente para estimular a ramificação, sendo capaz de promover aumento em produtividade. Nesse mesmo contexto, Toledo et al. (2009), mencionam que a remoção do meristema apical em soja quando promovida no 6º trifólio foi eficiente para estimular a ramificação em diferentes densidades de plantas, diminuindo ainda, a altura de inserção da primeira vagem.

Ainda, segundo Todd et al. (2020), a auxina pode ter função de herbicida, quando aplicada em alta concentração. O 2,4-D (ácido 2,4-diclorofenoxiacético) é um herbicida auxínico, que possui efeito semelhante ao IAA, foi o primeiro a ser comercializado para o controle de plantas daninhas dicotiledôneas (Porciuncula et al., 2020). Sua absorção ocorre via radicular e foliar, e age através do rompimento das células e tecidos de condução (acúmulo de Ca no citoplasma, induzindo à produção de etileno e acidificação da parede celular, ocorrendo a alongação celular e crescimento desordenado), causando encarquilhamento e paralisação do crescimento das folhas terminais, além de necrose (ADAPAR, 2019). A indicação do uso do 2,4 D é aplicação de uma dose é de 320 a 2800 g ha⁻¹ para atuar como herbicida, dependendo da cultura econômica e planta daninha a ser controlada (ADAPAR, 2019). Contudo, segundo Islam et al. (2018), este herbicida é um dos maiores poluentes do sistema agrícola, por expor diversos organismos fora do alvo.

Todd et al. (2020) também mencionam que, quando em baixas concentrações, o herbicida 2,4-D pode atuar com função semelhante ao IAA. O que Barzotto; Richart (2020) sugerem ao estudarem baixas doses de 2,4-D aplicadas em soja (2, 4, 6, 8 g ha⁻¹). Seus resultados apontam para acréscimo na produtividade média de duas cultivares de soja em 20%, aproximadamente. Dentre os fatores avaliados, o número de vagens por planta se destacou, com aumento de 30 a 50% quando aplicada a dose máxima estudada comparada à testemunha.

5 CONCLUSÃO

Visto a importância da auxina aos vegetais e a complexidade de seu mecanismo de biossíntese, rotas e transporte, fazem-se necessários mais estudos elucidativos. Além de descrever e compreender essas rotas, a pesquisa também carece de estudos que avaliem os componentes de rendimento das culturas, em especial a soja, em situações de manejos que alterem a dinâmica hormonal da planta. Isso por que a remoção da dominância apical, o adensamento ou não de plantas, a escolha por cultivares com determinadas características morfológicas são alternativas comuns na prática agrícola e que se tiverem uma contribuição cientificamente comprovada quanto ao rendimento da cultura poderão fomentar o manejo da espécie, tanto

em nível local quanto mundial. Também, a aplicação de auxinas sintéticas no aumento de produtividade é outra potencialidade que necessita de mais estudos, pois é uma informação impactante.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS) - Campus Ibirubá e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Rio Grande do Sul pela bolsa concedida (Edital IFRS N° 27/2020 PROBIC/PROBITI/IFRS/FAPERGS).

REFERÊNCIAS

- ADAPAR. Bula 2,4-D Nortox. 2019. Disponível em:
<http://www.adapar.pr.gov.br/arquivos/File/defis/DFI/Bulas/Herbicidas/24-D_NORTOX_130120.pdf>
Acesso em 09/10/2020.
- BARZOTTO, B.G.; RICHART, A. Desempenho produtivo de duas cultivares de soja com aplicação de diferentes doses do ácido 2,4-diclorofenoxiacético via foliar. *Revista Cultivando o Saber*, v.13, n.2, p.145-159, 2020. Disponível em:
<https://www.fag.edu.br/upload/revista/cultivando_o_saber/5f08bcbe8b943.pdf> Acesso em 08/10/2020.
- CAMPOS, Marcelo Ferraz De; NAJM, Carolina Cattani; ONO, Elizabeth Orika; RODRIGUES, Domingos. Desenvolvimento da parte aérea de plantas de soja em função de reguladores vegetais. *Revista Ceres*, [S. l.], v. 56, n. 1, p. 74–79, 2009.
- CAMPOS, Marcelo; ONO, Elizabeth; RODRIGUES, Joao. Arquitetura de plantas de soja e aplicação de reguladores vegetais. *Pesquisa Aplicada & Agroecologia*, n. 1, v. 3, 2010.
- CASANOVA-SÁEZ, Rubén; VOSS, Ute. Auxin Metabolism Controls Developmental Decisions in Land Plants. *Trends in Plant Science*, [S. l.], v. 24, n. 8, p. 741–754, 2019. DOI: 10.1016/j.tplants.2019.05.006. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2019.05.006>.
- GAO, Chen; LIU, Xiangdong; STORME, Nico; JENSEN, Kaare; XU, Qiyu; YANG, Jintao; LIU, Xiaohui; CHEN, Shaolin; MARTENS, Helle Juel; SCHULZ, Alexander; LIESCHE, Johannes. Directionality of Plasmodesmata-Mediated Transport in Arabidopsis Leaves Supports Auxin Channeling. *Current Biology*, [S. l.], v. 30, n. 10, p. 1970- 1977.e4, 2020. DOI: 10.1016/j.cub.2020.03.014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cub.2020.03.014>.
- ISLAM, Faisal; WANG, Jian; FAROOQ, Muhammad; KHAN, Muhammad; XU, Ling; ZHU, Jinwen; ZHAO, Min; MUÑOS, Stéphane; LI, Qing; ZHOU, Weijun. Potential impact of the herbicide 2,4-dichlorophenoxyacetic acid on human and ecosystems. *Environment International*, [S. l.], v. 111, n. December 2017, p. 332–351, 2018. DOI: 10.1016/j.envint.2017.10.020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2017.10.020>.
- JIANG, Hengke; SHUI, Zhaowei; XU, Li; YANG, Yinhua; LI, Yan; YUAN, Xiaoqin; SHANG, Jing; ASGHAR, Muhammad Ahsan; WU, Xiaoling; YU, Liang; LIU, Chunyan; YANG, Wenyu; SUN, Xin; DU, Junbo. Gibberellins modulate shade-induced soybean hypocotyl elongation downstream of the mutual promotion of auxin and brassinosteroids. *Plant Physiology and Biochemistry*, [S. l.], v. 150, n. March, p. 209–221, 2020. a. DOI: 10.1016/j.plaphy.2020.02.042.
- JIANG, Zhen feng; LIU, Dan dan; WANG, Tian qiong; LIANG, Xi long; CUI, Yu hai; LIU, Zhi hua; LI, Wen Bin. Concentration difference of auxin involved in stem development in soybean. *Journal of Integrative Agriculture*, [S. l.], v. 19, n. 4, p. 953–964, 2020. b. DOI: 10.1016/S2095-3119(19)62676-6. Disponível em: [http://dx.doi.org/10.1016/S2095-3119\(19\)62676-6](http://dx.doi.org/10.1016/S2095-3119(19)62676-6).
- LI, Suzhen; ZHENG, Tangchun; ZHUO, Xiaokang; LI, Zhuojiao; WANG, Jia; CHENG, Tangren; ZHANG, Qixiang. Isolation of the crape myrtle Decreased Apical Dominance gene LfiDAD2 and characterization of its function in the control of axillary branching. *Scientia Horticulturae*, [S. l.], v. 262, n. July 2019, p. 109055, 2020. DOI: 10.1016/j.scienta.2019.109055. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.109055>.
- LI, Ting; DAI, Jianlong; ZHANG, Yanjun; KONG, Xiangqiang; LI, Cundong; DONG, Hezhong. Topical shading substantially inhibits vegetative branching by altering leaf photosynthesis and hormone contents of cotton plants. *Field Crops Research*, [S. l.], v. 238, n. May, p. 18–26, 2019. DOI: 10.1016/j.fcr.2019.04.019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2019.04.019>.

LIU, Shulin; ZHANG, Min; FENG, Feng; TIAN, Zhixi. Toward a “Green Revolution” for Soybean. **Molecular Plant**, [S. l.], v. 13, n. 5, p. 688–697, 2020. DOI: 10.1016/j.molp.2020.03.002. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.molp.2020.03.002>.

PORCIUNCULA, Larissa M.; TEIXEIRA, Alex R.; SANTOS, Maria F. C.; D’OCA, Marcelo G. M.; SANTOS, Leonardo S.; NACHTIGALL, Fabiane M.; ORTH, Elisa S.; D’OCA, Caroline R. M. Novel lipophilic analogues from 2,4-D and Propanil herbicides: Biological activity and kinetic studies. **Chemistry and Physics of Lipids**, [S. l.], v. 231, n. May, p. 104947, 2020. DOI: 10.1016/j.chemphyslip.2020.104947. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.chemphyslip.2020.104947>.

PORFÍRIO, Sara; GOMES DA SILVA, Marco D. R.; PEIXE, Augusto; CABRITA, Maria J.; AZADI, Parastoo. Current analytical methods for plant auxin quantification - A review. **Analytica Chimica Acta**, [S. l.], v. 902, p. 8–21, 2016. DOI: 10.1016/j.aca.2015.10.035.

SHI, Bihai; GUO, Xiaolu; WANG, Ying; XIONG, Yuanyuan; WANG, Jin; HAYASHI, Ken ichiro; LEI, Jinzhi; ZHANG, Lei; JIAO, Yuling. Feedback from Lateral Organs Controls Shoot Apical Meristem Growth by Modulating Auxin Transport. **Developmental Cell**, [S. l.], v. 44, n. 2, p. 204–216.e6, 2018. DOI: 10.1016/j.devcel.2017.12.021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.devcel.2017.12.021>.

TANCREDI, Fábio Daniel; SEDIYAMA, Tuneo; REIS, Múcio Silva; CECON, Paulo Roberto; TEIXEIRA, Rita De Cassia. Influência da remoção do meristema apical sobre os componentes de produtividade em populações de plantas de soja. **Acta Scientiarum. Agronomy**, [S. l.], v. 26, n. 1, p. 113–119, 2004. DOI: 10.4025/actasciagron.v26i1.1968.

TOLEDO, Márcia Ribeiro; TANCREDI, Fábio Daniel; SEDIYAMA, Tuneo; RIBEIRO JÚNIOR, José Ivo; REIS, Múcio Silva. Remoção do meristema apical e adensamento em plantas de soja visando sua utilização no método descendente de uma única semente. **Acta Scientiarum - Agronomy**, [S. l.], v. 31, n. 1, p. 113–119, 2009. DOI: 10.4025/actasciagron.v31i1.6656.

TODD, Olivia E.; FIGUEIREDO, Marcelo R. A.; MORRAN, Sarah; SONI, Neeta; PRESTON, Christopher; KUBEŠ, Martin F.; NAPIER, Richard; GAINES, Todd A. Synthetic auxin herbicides: finding the lock and key to weed resistance. **Plant Science**, [S. l.], v. 300, n. July, 2020. DOI: 10.1016/j.plantsci.2020.110631.

WANG, Bing; CHU, Jinfang; YU, Tianying; XU, Qian; SUN, Xiaohong; YUAN, Jia; XIONG, Gousheng; WANG, Goudong; WANG, Yonghoon; LI, Jiayang. Tryptophan-independent auxin biosynthesis contributes to early embryogenesis in Arabidopsis. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, [S. l.], v. 112, n. 15, p. 4821–4826, 2015. DOI: 10.1073/pnas.1503998112.

WEN, Bing xiao; HUSSAIN, Sajad; YANG, Jia yue; WANG, Shan; ZHANG, Yi; QIN, Si si; XU, Mei; YANG, Wen yu; LIU, Wei guo. Rejuvenating soybean (*Glycine max* L.) growth and development through slight shading stress. **Journal of Integrative Agriculture**, [S. l.], v. 19, n. 10, p. 2439–2450, 2020. DOI: 10.1016/S2095-3119(20)63159-8. Disponível em: [http://dx.doi.org/10.1016/S2095-3119\(20\)63159-8](http://dx.doi.org/10.1016/S2095-3119(20)63159-8).

WILSON, B. F. Apical control of branch growth and angle in woody plants. **American Journal of Botany**, [S. l.], v. 87, n. 5, p. 601–607, 2000. DOI: 10.2307/2656846.

XU, Nanfei; HAGEN, Gretchen; GUILFOYLE, Tom. Multiple auxin response modules in the soybean SAUR 15A promoter. **Plant Science**, [S. l.], v. 126, n. 2, p. 193–201, 1997. DOI: 10.1016/S0168-9452(97)00110-6.

Adubação silicada em plantas cultivadas

 **10.56238/cipcaebv1-005**

Júlia Letícia Cassel

Acadêmica do Curso Superior em Agronomia pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul

Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul/ Campus Ibirubá

Endereço: Rua Nelsi Ribas Fritsch, 1111 – Bairro Esperança, Ibirubá – RS, Brasil

E-mail: casseljulial2@gmail.com

Tamara Gysi

Acadêmica do Curso Superior em Agronomia pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul

Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul/ Campus Ibirubá

Endereço: Rua Nelsi Ribas Fritsch, 1111 – Bairro Esperança, Ibirubá – RS, Brasil

E-mail: gysitamara@gmail.com

Gabriele Molinari Rother

Aluna do Curso Técnico em Agropecuária pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul

Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul/ Campus Ibirubá

Endereço: Rua Nelsi Ribas Fritsch, 1111 – Bairro Esperança, Ibirubá – RS, Brasil

E-mail: gabrielemolinarirother@hotmail.com

Bruna Dalcin Pimenta

Doutora em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Santa Maria

Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul/ Campus Ibirubá

Endereço: Rua Nelsi Ribas Fritsch, 1111 – Bairro Esperança, Ibirubá – RS, Brasil

E-mail: bruna.pimenta@ibiruba.ifrs.edu.br

Rodrigo Luiz Ludwig

Doutor em Agronomia pela Universidade Federal de Santa Maria

Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul/ Campus Ibirubá

Endereço: Rua Nelsi Ribas Fritsch, 1111 – Bairro Esperança, Ibirubá – RS, Brasil

E-mail: rodrigo.ludwig@ibiruba.ifrs.edu.br

Daniela Batista dos Santos

Doutora em Ciência do Solo pela Universidade Federal de Santa Maria

Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul/ Campus Ibirubá

Endereço: Rua Nelsi Ribas Fritsch, 1111 – Bairro Esperança, Ibirubá – RS, Brasil

E-mail: daniela.santos@ibiruba.ifrs.edu.br

RESUMO

Diante do atual contexto de acentuado uso de defensivos agrícolas, buscam-se formas sustentáveis para que as plantas possam criar mecanismos de defesa aos fungos patogênicos e insetos-praga. Para isso, é necessário que estas se encontrem em ótimo estado nutricional, sendo fundamental uma nutrição com macro e micronutrientes, e também com nutrientes benéficos, de acordo com a demanda de cada planta. O silício é classificado como nutriente benéfico, que pode conferir maior rigidez às células vegetais, maior resistência ao acamamento, melhor tolerância a estresses hídricos, salinidade e toxidez de metais pesados, maior resistência a fungos e insetos-praga, além de aumentar a produção de diversas culturas. O elemento, geralmente, está disponível no solo, mas caso faça-se necessário, pode ocorrer adubação via solo incorporada, foliar ou fertirrigação. Diante disso, o objetivo do presente trabalho é realizar uma revisão bibliográfica sobre a influência do silício para a produção vegetal. Ainda, deseja-se verificar a importância da adubação silicada para as grandes culturas, resultando em benefícios econômicos e de manejo na agricultura. Diante do exposto, técnicas que busquem um manejo eficiente nas culturas e sustentável ao meio ambiente, como o caso da adubação de maneira consciente, são necessárias na busca pelo maior rendimento, visto a crescente demanda de alimentos.

Palavras-chave: Resistência vegetal, Insetos-praga, Fungos patogênicos, Fertilidade do solo, Nutrição vegetal.

ABSTRACT

Given the current context of increased use of pesticides, sustainable ways are sought for plants to create defense mechanisms against pathogenic fungi and pest insects. For this, it is necessary that they are in an excellent nutritional state, being essential nutrition with macro and micronutrients, and also with beneficial nutrients, according to the demand of each plant. Silicon is classified as a beneficial nutrient, which can provide greater rigidity to plant cells, greater resistance to lodging, better tolerance to water stress, salinity and toxicity of heavy metals, greater resistance to fungi and pest insects, in addition to increasing the production of diverse cultures. The

element is generally available in the soil, but if necessary, fertilization can occur via incorporated soil, foliar or fertigation. Therefore, the objective of this work is to carry out a literature review on the influence of silicon on plant production. Still, we want to verify the importance of silicate fertilization for large cultures, resulting in economic benefits and management in agriculture. Given the above,

techniques that seek efficient management of crops and sustainable environment, as in the case of conscious fertilization, are necessary in the search for greater yield, given the growing demand for food.

Keywords: Plant resistance, Pest insects, Pathogenic fungi, Soil fertility, Vegetable nutrition.

1 INTRODUÇÃO

No atual contexto mundial, é perceptível a crescente demanda de alimentos, além do consumo racional por parte da população, que busca alimentos mais saudáveis e produzidos de maneira menos nociva ao ambiente. Além disso, vale destacar a baixa possibilidade de expansão em fronteiras agrícolas, o que resulta na necessidade de aumento da produtividade por unidade de área.

Assim, o presente modelo agrícola busca o aumento de rendimento e a sustentabilidade. Exemplo disso é a adequada nutrição vegetal que busca fortalecer a planta diante de fatores bióticos e abióticos, evitando ou reduzindo as perdas em rendimento. Dentre essas, a adubação silicada está entre as alternativas que possui efeitos benéficos em muitas culturas, sendo que Bakhat et al. (2018) o consideram como “quase essencial”, principalmente sob condições de estresse biótico e abiótico (ADREES et al., 2015; MAUAD et al., 2016) além de estimular o crescimento (ADREES et al., 2015), sendo que quando as plantas encontram-se em déficit de Si, são menos resistentes a ataques de pragas e fungos, são sujeitas ao acamamento e menos tolerantes à salinidade, toxidez de metais pesados e estresse hídrico, respectivamente (VILELA, 2009; ISLAM et al., 2020; HUANG et al., 2021).

O silício pode, ainda, afetar processos bioquímicos, fisiológicos e fotossintéticos e, conseqüentemente, reduzir o estresse causado pela deficiência hídrica (MAUAD et al., 2016). Além disso, pode beneficiar a disponibilidade de outros nutrientes e ter uma interação com pH e metais pesados no solo, a qual é positiva às plantas.

Na literatura há uma diversidade de informações e contradições sobre o silício, sendo que alguns autores consideram-no como essencial (nutriente), e outros como um elemento benéfico. São descritos benefícios no crescimento de algumas espécies, entre elas sorgo (*Sorghum bicolor* L. 'Moench' Dekalb 540) e girassol (*Helianthus annuus* L. 'Double Sungold'), observados por Calero Hurtado et al. (2020). Queiroz (2016) ainda menciona o aumento de fitomassa na cultura da soja com aplicações de silício. Este elemento é encontrado naturalmente em muitos solos, sendo o segundo elemento mais abundante, com concentração de até 30%, na maior parte encontrada em minerais e rochas (ADREES et al., 2015; BAKHAT et al., 2018). Porém ao longo do tempo, com elevados índices de exportação, faz-se necessária sua reposição.

A deficiência de silício é pouco comum, já que o elemento é comum em grande parte dos solos, sendo ela apresentada em situações de extrema exploração do solo, onde o nutriente é exportado através de culturas sucessivas, ou através da lixiviação.

Assim, quando necessárias, as aplicações de silício podem ocorrer de distintas formas, onde serão aproveitadas pelas plantas para enrijecer a parede celular, como forma mecânica e barreira física de defesa (CAMARGO et al., 2011). Contudo, o mecanismo de ação do Si na resistência das plantas ainda não está claro (POZZA et al., 2015), onde se fazem necessários estudos moleculares e bioquímicos capazes de elucidar dúvidas sobre como o elemento age no metabolismo da planta.

Diante do observado, o trabalho de revisão objetiva reunir resultados recentes de literatura em relação às fontes e benefícios do silício, além de formas de aplicação e perspectivas de manejo futuras, que se realizadas de forma correta, possam ser uma alternativa viável para solucionar algumas das problemáticas da agricultura atual.

Há enormes perspectivas em relação à aplicação de silício em várias culturas, já que é uma forma sustentável de proporcionar reforços físicos e bioquímicos às plantas diante de fatores bióticos e abióticos. Ou seja, a cada safra que passa é possível perceber maior tolerância ou resistência dos patógenos e além disso, a agricultura está propensa a variações climáticas, às quais podem gerar grandes prejuízos econômicos. E assim, o silício aparece com uma adubação capaz de contornar e/ou minimizar estes danos.

2 SILÍCIO E SUAS FONTES NA NATUREZA

O silício (Si) é um metalóide que está ganhando a atenção mundial dos cientistas de plantas devido ao seu impacto na melhoria do crescimento e desenvolvimento das plantas (GAUR et al., 2020).

A maior parte do silício no solo é encontrado na forma de óxido de silício (SiO_2) predominantemente nas formas de quartzo, opala ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) e outras formas não disponíveis às plantas, que se formaram durante os processos de intemperização dos solos (BARBOSA FILHO; PRABHU, 2000).

Segundo Pereira et al. (2003), os solos tropicais são, de modo geral, altamente intemperizados, onde os minerais primários facilmente intemperizáveis que contêm Si são quase inexistentes. Schleier et al. (2014); Bakhat et al. (2020) afirmam que o elemento compõe cerca de 27 a 30% da crosta terrestre. E apesar de ser o segundo elemento de maior abundância na crosta terrestre, a maioria dos solos carece da forma disponível de Si aos vegetais, ou seja, ácido silícico (GAUR et al., 2020). Ainda, para Vilela (2009), apesar de a maioria dos solos contém quantidades consideráveis de silício, cultivos sucessivos podem reduzir o nível do elemento, tornando-se necessária a adubação de reposição.

No ciclo biogeoquímico do silício, o maior dreno é a planta (sendo a cultura do arroz uma das que mais acumula o elemento em sua estrutura), através da formação de sílica amorfa, sendo que a exportação agrícola anual de Si é estimada em 201-224 milhões de toneladas de silício, incluindo no cálculo a quantidade dissolvida e levada por cursos d'água (ZAMBOLIM et al., 2012).

3 ABSORÇÃO E TRANSPORTE DE SILÍCIO NAS PLANTAS

Segundo Bakhat et al. (2018), o silício é absorvido pelas raízes e transferido à parte aérea seguindo os fluxos de transpiração, provocando um acúmulo capaz de aumentar a polimerização no sistema

intercelular e abaixo das cutículas, criando uma barreira à infecção de patógenos. Ainda, segundo os autores, o Si solúvel no citosol desencadeia vias metabólicas que resultam na produção de ácido jasmônico e outros compostos orgânicos que possuem produção induzida na planta pelo consumo de herbívoros, além de atrair predadores naturais e parasitóides durante a ocorrência de pragas, o que favorece um controle biológico. Contudo, as alterações bioquímicas que o Si causa nas plantas ainda necessitam ser melhor elucidadas. Assim, essa combinação de defesas físicas e bioquímicas gera na planta uma forma de defesa diante de adversidades bióticas e abióticas.

Segundo Gaur et al. (2020), a absorção de Si é um processo ativo. As plantas desenvolveram um sistema de transporte de Si bem otimizado, incluindo várias proteínas transportadoras, como baixo silício1 (Lsi1), baixo silício2 (Lsi2), baixo silício3 (Lsi3) e baixo silício6 (Lsi6) em locais subcelulares específicos, juntamente com o perfil de expressão que cria uma rede coordenada com precisão entre esses transportadores, o que também facilita a absorção e o acúmulo de Si (GAUR et al., 2020).

Lsi1 é um canal permeável a Si, pertence ao subgrupo da proteína intrínseca principal semelhante a Nod26 (NIP) III da família de proteínas de membrana de aquaporina com uma seletividade distinta, enquanto Lsi2, um transportador de efluxo de Si, pertence a uma família de transportadores de ânions não caracterizados (MA; YAMAJI, 2015). Segundo os mesmos autores, esses transportadores estão localizados na membrana plasmática, mas, em diferentes espécies de plantas, apresentam padrões de expressão e localizações celulares ou teciduais diferentes que estão associados a diferentes níveis de acúmulo de Si.

Contudo, de acordo com Ma; Yamaji (2015), ainda é necessária uma caracterização molecular e fisiológica adicional dos transportadores de Si em diferentes espécies de plantas.

Quando absorvido pela planta, há precipitação de SiO_2 , que fornece o enrijecimento à planta, ocorre principalmente perto dos terminais transpiracionais, mas também pode ocorrer em estruturas como vasos do xilema e na endoderme das raízes (RAVEN, 1983).

Essa precipitação está ligada ao aumento da resistência da parede celular, resistência das plantas à incidência de doenças e pragas, regulação da evapotranspiração (economia de água), aumento da rigidez estrutural (maior resistência ao acamamento), melhoria arquitetura da planta, menor sombreamento de folhas eretas, aumento da taxa fotossintética e tolerância a elementos tóxicos, e por fim, aumento da produtividade (VILELA, 2009). O mesmo autor apresenta, também, os benefícios ao ambiente: diminuição de emprego de fungicidas e inseticidas, mantém inimigos naturais contra pragas, melhora aproveitamento da água e preserva a camada de ozônio (não emite CO_2 à atmosfera).

4 IMPORTÂNCIA DO SILÍCIO NO CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO VEGETAL E SINTOMAS DE DEFICIÊNCIA

O Si não é um elemento essencial às plantas, do ponto de vista fisiológico, mas é um elemento benéfico para o crescimento e desenvolvimento das plantas, bem como para fornecer proteção contra vários tipos de estresses abióticos e bióticos, sendo a absorção, transporte e acúmulo do elemento indispensáveis

aos vegetais (GAUR et al., 2020). Devido a esse contexto, a literatura é farta em resultados de pesquisa demonstrando efeitos adversos relativos ao crescimento, desenvolvimento e reprodução de algumas plantas em condições de extrema deficiência de Si (BARBOSA FILHO; PRABHU, 2000). Barbosa Filho; Prabhu (2000) mencionam que ele se encontra em níveis que variam de 0,1 a 10% da massa vegetal, com base em peso seco.

Ainda, o elemento destaca-se por seu potencial de diminuir a incidência e severidade de doenças em muitas culturas (POZZA, et al., 2015), a exemplo dos trabalhos de Bakhat et al. (2018) que mencionam a resistência de plantas com suplementação silicada a doenças como mancha marrom (*Bipolaris oryzae*), mancha foliar (*Cercospora kikuchii*), oídio (*Sphaerotheca fuliginea*), antracnose (*Colletotrichum spp.*) e ferrugem (*Phakopsora pachyrhizi*), entre outras. Além disso, IPNI Canadá (2016) traz que várias são as culturas estudadas, como algodão, feijão, soja, hortaliças e gramíneas (arroz, cana-de-açúcar e trigo).

Quanto à redução da incidência de insetos praga, já existem diversos estudos associando a aplicação de Si para redução do gênero *Spodoptera* em plantas de milho (GOUSSAIN, et al., 2002), batata-inglesa (SILVA, 2010) e tomateiro (SANTOS et al., 2008).

Segundo Gaur et al. (2020), doenças em plantas e insetos praga são os principais fatores limitantes, que reduzem a produção agrícola de todo o mundo, ponto que ressalta ainda mais a importância dos mecanismos de defesa vegetal.

Segundo Menegale et al. (2015), essa discussão não pode subjugar sua importância no sistema solo-planta, visto os benefícios obtidos na aplicação deste elemento, destacando uso de silicatos de cálcio e magnésio, proporcionando respostas positivas à cultura e também às reações no solo (aumento de teores de P e redução de alguns metais pesados), gerando maior estabilidade produtiva.

Como sintomas de falta do elemento, plantas privadas de silício geralmente são estruturalmente mais fracas do que as plantas repletas de silício, com crescimento anormal, desenvolvimento, viabilidade e reprodução, mais suscetíveis a estresses abióticos como toxicidade de metais, e presas mais fáceis para organismos patogênicos e herbívoros que variam de insetos fitófagos a mamíferos (EPSTEIN, 1999), sendo que muitas dessas mesmas condições atingem plantas em solos pobres em silício.

Além disso, deficiência de Si pode diferir das plantas nutridas corretamente com Si na (i) composição química; (ii) características estruturais; (iii) resistência mecânica; (iv) vários aspectos do crescimento, incluindo rendimento; (v) atividades enzimáticas; (vi) características da superfície; (vii) resistência a doenças; (viii) resistência a pragas; (ix) resistência à toxicidade do metal; (x) tolerância ao sal; (xi) relações hídricas; (xii) resistência ao frio; e provavelmente recursos adicionais (EPSTEIN, 2001). Tomadas em conjunto, as evidências são impressionantes de que o silício deve ser incluído entre os elementos que têm maior influência na vida das plantas (EPSTEIN, 1999).

Já quando apresentado em excesso, segundo Etesami; Jeong (2018), o silício não é prejudicial, corrosivo ou poluente para as plantas, tornando o uso de fertilizantes a base de silício ecologicamente

compatíveis e uma técnica ambientalmente “amigável”, capaz de estimular o crescimento vegetal e aliviar os estresses.

5 FORMAS DE ADUBAÇÃO SILICADA

A aplicação de silício pode ocorrer via solo (PEREIRA JÚNIOR et al., 2010) ou foliar (MOREIRA, et al., 2010), dependendo do fertilizante, contudo é importante saber que ambas obtêm resultados positivos e satisfatórios. Ainda, o Si pode ser aplicado via fertirrigação (SILÍCIO, IPNI Canadá; IPNI Canadá, 2011).

Segundo Lima Filho (2010), a tecnologia baseada na aplicação de silício possui enorme potencial de diminuição de emprego de agroquímicos e aumento de produtividade através de nutrição equilibrada e fisiologicamente eficiente, resultando em plantas produtivas, eficientes e vigorosas.

Estesami; Jeong (2018), preveem que o uso de Si (principalmente como escórias industriais e palha de arroz) se tornará uma estratégia sustentável e uma tendência emergente na agricultura para aumentar o crescimento da safra e aliviar o estresse abiótico e biótico em um futuro não muito distante.

6 APLICAÇÃO DO SILÍCIO EM GRANDES CULTURAS

Várias culturas, entre elas milho, trigo, aveia, abóbora, pepino, espécies ornamentais, respondem favoravelmente a adições de Si sob certas condições; sendo os melhores resultados observados em cana-de-açúcar e arroz (SILÍCIO, IPNI Canadá).

Estudos como os de Oliveira Júnior et al. (2018), concluem que as aplicações de doses de silício não interferem na qualidade das sementes de trigo, porém melhoram o desempenho de emergência e estande inicial. Ainda, diferentes cultivares apresentaram características agrônômicas interessantes, como maior quantidade de perfilhos, massa seca, clorofila A, B e total; sendo que a taxa de transporte de elétrons, fluorescência inicial e fitotoxicidade foram influenciadas negativamente com o aumento de doses de silício foliar (OLIVEIRA JÚNIOR, et al., 2018).

Ainda, segundo estudos de Moreira, et al. (2010), três aplicações de silício via foliar na cultura da soja, variedade cultivada DB BRS FAVORITA RR, nos estádios fenológicos V8, R1 e R5.1, na dose de 500 mL ha⁻¹, aumentam o acúmulo de fitomassa seca e a taxa de crescimento da cultura, sendo efeitos responsáveis pelo incremento médio de 19 sacas.ha⁻¹ (aumentando não necessariamente o peso de grãos, mas sim a quantidade produzida). Ainda, foi possível observar que as plantas que receberam três aplicações de Si, possuíam maior espessura de folha, supostamente pelo acúmulo de silício na epiderme, e por consequência, maior índice de massa seca (MOREIRA, et al., 2010).

Além disso, o acréscimo no acúmulo de fitomassa seca e de área foliar nas plantas, provavelmente foi um reflexo da maior taxa de assimilação líquida e de crescimento relativo da cultura, sendo o efeito das três aplicações de silício no aumento da produção de grãos, mesmo não apresentando efeito sobre a massa de mil grãos (MOREIRA, et al., 2010).

Já a aplicação de silício via solo, segundo Oliveira et al. (2015), é benéfico para a cultura da soja, melhorando as características agrônômicas e aumentando a massa de sementes e seu vigor, sendo influenciado positivamente em doses de 1,67 Mg.ha⁻¹ a 2,32 Mg.ha⁻¹, dependendo da cultivar em análise.

Pereira Júnior et al. (2010), trabalhando com diferentes doses de Si aplicadas nos sulcos de semeadura da soja, observaram que o número de legumes por planta aumentou significativamente com a aplicação de 200 kg ha⁻¹ de silicato, sendo este um importante componente do rendimento. Ainda, percebe-se que a massa de sementes por planta também apresentou resultados significativos apenas para a cultivar BMX Turbo RR (PEREIRA JÚNIOR et al., 2010).

Segundo Queiroz (2016), o Si tem potencial de aumentar a nodulação em leguminosas, como feijão e soja, conseqüentemente, aumentando o teor de N na parte aérea da planta. Isso se dá devido ao aumento de parte aérea e radicular e, quanto mais raízes, maior o sítio de infecção por invasão rizobial, o qual aumenta nodulação e fixação biológica de N₂ da atmosfera - FBN (QUEIROZ, 2016).

Diante de tantos benefícios, têm-se que para o uso de fertilizantes silicados na agricultura, os silicatos (como por exemplo o silicato de cálcio) são as principais fontes de Si. Mas, para que eles possam ser aplicados, é necessário que sejam retirados metais pesados do composto, fator que pode gerar sérios danos ambientais (VILELA, 2009). Alguns desses metais, que podem ainda ser prejudiciais às plantas devido sua toxidez, são Al e Mg (LIMA FILHO, 2009).

As características consideradas ideais para uma fonte de silício são alta fonte de Si-solúvel, boas propriedades físicas, facilidade de aplicação mecanizada, pronta disponibilidade para as plantas, boa relação e qualidades de cálcio e magnésio, baixa concentração de metais pesados e baixo custo (VILELA, 2009). Pereira et al. (2003) mencionam outras fontes de Si: xistos - rocha essencialmente silto-argilosa denominada “folhelhos oleígenos”; escórias - básicas de siderurgia, constituídas basicamente de silicatos de Ca e Mg; e termofosfatos - obtido pela fusão de rocha fosfatada com serpentinito (silicato de magnésio) a 1.500°C.

Além destes, existem vários subprodutos industriais que servem como fontes de silício e que podem ser usados na agricultura (CASTELLANOS et al., 2016), sendo uma possibilidade atrativa de destino de resíduos industriais e uma fonte muitas vezes pouco onerosa de adubo. Um destes é a cinza de casca de arroz, que é um subproduto da indústria arroseira que se obtém quando a casca do arroz, extraída no beneficiamento, é carbonizada em fornalhas ou fornos especiais a temperaturas controladas (CASTELLANOS et al., 2016). Diante disso, estudos estão sendo conduzidos visando identificar a forma de aplicação mais eficiente deste material (CASTELLANOS et al., 2016).

Fica evidente que o aproveitamento adequado da cinza de casca de arroz resultará em benefício ao processo de conservação ambiental (FOLETTTO et al., 2005). Como a cinza contém alto teor de sílica (> 92%), isto a torna um resíduo valorizado (FOLETTTO et al., 2005), sendo uma fonte atrativa de silício para a agricultura.

Estudos de Castellanos et al. (2016), apontam que cinza de casca de arroz como fonte de silício na cultura do trigo, até à dose de 2000 kg ha⁻¹ de SiO₂, conduz a um aumento do número de espigas e do peso de sementes por planta.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS FUTURAS

Em suma, é possível perceber que o silício é um elemento que gera muitos benefícios aos vegetais, tais como resistência à fungos (como por exemplo, a ferrugem asiática) e insetos-praga (como lagartas do gênero *Spodoptera*), rigidez e diminuição ao acamamento e maior tolerância à elementos tóxicos. Além disso, o Si também está associado à maior resistência das plantas diante de déficit hídrico. Sabe-se ainda que este elemento gera rigidez à parede celular e outros elementos da célula. Devido a esses e outros fatores, ele é citado na literatura como um nutriente (essencial) ou elemento benéfico, dependendo dos autores.

Fisiologicamente, o Si é absorvido de maneira ativa e transportado até órgãos vegetais como folha e caule/colmo. Após, ele precipita e se associa ao enrijecimento da parede celular e então, os benefícios são atingidos, como maior resistência a fatores bióticos e abióticos, que normalmente causam prejuízos fisiológicos e de rendimento.

Como formas de aplicação, se estudam aplicações líquidas ou a solo, sendo mencionado na literatura até mesmo a aplicação via fertirrigação. Como principais fontes, são destacados os silicatos (como por exemplo o silicato de cálcio), contudo, já existem estudos com fontes alternativas como a casca de arroz, que é um subproduto da indústria.

Para a aplicação em grande escala nas lavouras comerciais, ainda são necessários estudos em relação aos efeitos fisiológicos que o silício promove nos vegetais, principalmente nas grandes culturas, além da indicação de dosagens diante das fontes do fertilizante e formas de aplicação.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos professores, colegas e familiares, pelo auxílio e orientação na realização do trabalho. Ainda, agradecemos ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul e às agências de fomento à pesquisa, pela concessão de bolsas e recursos, sem os quais não seria possível a realização dos trabalhos.

REFERÊNCIAS

- ADREES, Muhammad; ALI, Shafaqat; RIZWAN, Muhammad; ZIA-UR-REHMAN, Muhammad; IBRAHIM, Muhammad; ABBAS, Farhat; FARID, Mujahid; QAYYUM, Muhammad Farooq; IRSHAD, Muhammad Kashif. Mechanisms of silicon-mediated alleviation of heavy metal toxicity in plants: A review. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, [S. l.], v. 119, p. 186–197, 2015. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2015.05.011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoenv.2015.05.011>. Acesso em 03/10/2020.
- BAKHAT, Hafiz Faiq; BIBI, Najma; ZIA, Zahida; ABBAS, Sunaina; HAMMAD, Hafiz Mohkum; FAHAD, Shah; ASHARAF, Muhammad Rizwah; SHAH, Ghulam Mustafa; RABBANI, Faiz; SAEED, Shafqat. Silicon mitigates biotic stresses in crop plants: A review. **Crop Protection**, [S. l.], v. 104, n. March 2017, p. 21–34, 2018. DOI: 10.1016/j.cropro.2017.10.008. Acesso em 03/10/2020.
- BARBOSA FILHO, M.P.; PRABHU, A.S. Silício para quem precisa. **Cultivar Grandes Culturas**, n.22, 2000. Disponível em: <<https://www.grupocultivar.com.br/artigos/silicio-para-quem-precisa>> Acesso em 16/07/2020.
- CALERO HURTADO, Alexander; CHICONATO, Denise Aparecida; PRADO, Renato de Mello; SOUSA JUNIOR, Gilmar da Silveira; OLIVERA VICIEDO, Dilier; PICCOLO, Marisa de Cássia. Silicon application induces changes C:N:P stoichiometry and enhances stoichiometric homeostasis of sorghum and sunflower plants under salt stress. **Saudi Journal of Biological Sciences**, [S. l.], n. xxxx, 2020. DOI: 10.1016/j.sjbs.2020.08.017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2020.08.017>. Acesso em 03/10/2020.
- CAMARGO, J.M.M.; MORAES, J.C.; ZANOL, Q.M.R.; QUEIROZ, D.S.L. Interação silício e insetos-praga: defesa mecânica ou química? **Revista de Agricultura**, v.86, n.1, p.62-79, 2011. Disponível em <<http://www.fealq.org.br/ojs/index.php/revistadeagricultura/article/view/81>> Acesso em: 13/05/2020.
- CARLIN, S.D.; SANTOS, D.M.M. Indicadores fisiológicos da interação entre déficit hídrico e acidez do solo em cana-de-açúcar. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.44 n.9, 2009. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-204X2009000900006>> Acesso em 16/07/2020.
- CASTELLANOS, C.I.S.; ROSA, M.P.; DEUNER, C.; BOHN, A.; BARROS, A.C.S.A.; MENEGHELLO, G.E. Aplicação ao solo de cinza de casca de arroz como fonte de silício: efeito na qualidade de sementes de trigo produzidas sob stresse salino. **Revista de Ciências Agrárias**, v.39 n.1, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.19084/RCA15011>> Acesso em 16/07/2020.
- EFEITO DO SILÍCIO NA TOLERÂNCIA DAS PLANTAS AOS ESTRESSES BIÓTICOS E ABIÓTICOS. **International Plant Nutrition Institute (IPNI) Canadá**, Piracicaba/SP, n.155, set/2016. Disponível em <https://www.researchgate.net/publication/309465267_Efeito_do_silicio_na_tolerancia_das_plantas_aos_estresses_bioticos_e_abioticos> Acesso em 13/05/2020.
- EPSTEIN, E. Silicon in plants: Facts vs. concepts. In: **Silicon in Agriculture**. v.8, p.1-15, 2001. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/S0928-3420\(01\)80005-7](https://doi.org/10.1016/S0928-3420(01)80005-7)> Acesso em 14/07/2020.
- EPSTEIN, E. Silicon. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**. v.50, p.641-664, 1999. Disponível em: <<https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.50.1.641>> Acesso em 14/07/2020.
- ETESAMI, Hassan; JEONG, Byoung Ryong. Silicon (Si): Review and future prospects on the action mechanisms in alleviating biotic and abiotic stresses in plants. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, [S. l.], v. 147, n. September 2017, p. 881–896, 2018. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2017.09.063. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2017.09.063>. Acesso em 03/10/2020.
- FILGUEIRAS, O. Silício na agricultura. **Pesquisa FAPESP**, p.72-74, out/2007. Disponível em <<https://revistapesquisa.fapesp.br/2007/10/01/silicio-na-agricultura/>> Acesso em 12/05/2020.

FOLETTTO, E.L.; HOFFMANN, R.; HOFFMANN, R.S.; PORTUGAL JR, U.L.; JAHN, S.L. Aplicabilidade das cinzas da casca de arroz. **Química Nova**, v.28 n.6, 2005. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-40422005000600021>> Acesso em 16/07/2020.

FREITAS, L.B.; FERNANDES, D.M.; MAIA, S.C.M. Silício na nutrição mineral e acúmulo de alumínio em plantas de arroz de terras altas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.45, n.4, p.440-448, out/dez 2015. Disponível em: <<https://www.revistas.ufg.br/pat/article/view/38085>> Acesso em 12/05/2020.

GAUR, Shweta; KUMAR, Jitendra; KUMAR, Dharmendra; CHAUHAN, Devendra Kumar; PRASAD, Sheo Mohan; SRIVASTAVA, Prabhat Kumar. Fascinating impact of silicon and silicon transporters in plants: A review. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, [S. l.], v. 202, n. March, p. 110885, 2020. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2020.110885. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.110885>. Acesso em 03/10/2020.

GOUSSAIN, M.M.; MORAES, J.C.; CARVALHO, J.C.; NOGUEIRA, N.L.; ROSSI, M.L. Efeito da aplicação de silício em plantas de milho no desenvolvimento biológico da lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*) (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). **Neotropical Entomology**, v.31, n.2, p.305-310, abr/jun 2002. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/ne/v31n2/a19v31n2.pdf>> Acesso em 12/05/2020.

GUAZINA, R.A.; THEODORO, G.F.; MUCHALAK, S.M.; PESSOA, L.G.A. Aplicação foliar de silício na produtividade e sanidade de cultivares de soja. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v.18, n.2, 2019. Disponível em <<http://www.revistas.udesc.br/index.php/agroveterinaria/article/view/10139>> Acesso em: 12/04/2020.

HUANG, Hengliang; LI, Mei; RIZWAN, Muhammad; DAI, Zhihua; YUAN, Yuan; HOSSAIN, Md Muzammel; CAO, Menghua; XIONG, Shuanglian; TU, Shuxin. Synergistic effect of silicon and selenium on the alleviation of cadmium toxicity in rice plants. **Journal of Hazardous Materials**, [S. l.], v. 401, n. April, p. 123393, 2021. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2020.123393. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.123393>. Acesso em 03/10/2020.

ISLAM, Waqar; TAYYAB, Muhammad; KHALIL, Farghama; HUA, Zhang; HUANG, Zhiqun; CHEN, Han Y. H. Silicon-mediated plant defense against pathogens and insect pests. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, [S. l.], v. 168, p. 104641, 2020. DOI: 10.1016/j.pestbp.2020.104641. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2020.104641>. Acesso em 03/10/2020.

LIMA FILHO, O.F. **Histórico e uso do silicato de sódio na agricultura**. Embrapa Agropecuária Oeste: Dourados/MS, 2009. 112p.

LIMA FILHO, O.F. O silício e a resistência das plantas. **Embrapa**, março/2010. Disponível em <<http://www.diatom.com.br/pt-BR/noticias/item/artigo-o-silicio-e-a-resistencia-das-plantas>> Acesso em 12/05/2020.

LIMA, D.T.; SAMPAIO, M.V.; ALBUQUERQUE, C.J.B.; PEREIRA, H.S.; MARTINS, W.G. Silicon accumulation and its effect on agricultural traits and anthracnose incidence in lignocellulosic sorghum. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.49, 2019. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/1983-40632019v4954201>> Acesso em 17/07/2020.

MA, Jian Feng; YAMAJI, Naoki. A cooperative system of silicon transport in plants. **Trends in Plant Science**, [S. l.], v. 20, n. 7, p. 435–442, 2015. DOI: 10.1016/j.tplants.2015.04.007. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tplants.2015.04.007>.

MAUAD, M.; CRUSCIOL, C.A.C.; NASCENTE, A.S.; GRASSI FILHO, H.; LIMA, G.P.P. Effects of silicon and drought stress on biochemical characteristics of leaves of upland rice cultivars. **Revista Ciência Agronômica**, v.47, n.3, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.5935/1806-6690.20160064>> Acesso em 16/07/2020.

MENEGALE, M.L.C.; CASTRO, G.S.A.; MANCUSO, M.A.C. Silício: Interação com o sistema Solo-Planta. **Journal of Agronomic Sciences**, Umuarama, v.4, n. especial, p.435-454, 2015. Disponível em <https://www.researchgate.net/publication/282008661_SILICIO_INTERACAO_COM_O_SISTEMA_SOLO-PLANTA> Acesso em: 12/05/2020.

MOREIRA, A.R.; FAGAN, E.B.; MARTINS, K.V.; SOUZA, C.E.E. Resposta da cultura de soja a aplicação de silício foliar. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.26, n.3, p.413-423, maio/jun 2010. Disponível em <<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/7122>> Acesso em: 12/05/2020.

OLIVEIRA JÚNIOR, S.G.; FERREIRA, E.A.; NERY, M.C.; SILVA, R.F.C.; MELO, S.G.F.; TEIXEIRA FILHO, C.M. Aplicação foliar de silício em plantas de trigo associado a qualidade fisiológica das sementes. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)**, v.8, n.1, p.9-16, março/2018. Disponível em <<https://periodicos.ufv.br/rbas/article/view/3001>> Acesso em: 12/05/2020.

OLIVEIRA, S.; LEMES, E.S.; MENEGHELLO, G.E.; TAVARES, L.C.; BARROS, A.C.S.A. Aplicação de silício via solo no rendimento e na qualidade fisiológica de sementes de soja. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.36, n.5, p.3029-3042, set/out 2015. Disponível em <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/download/17074/1715>> Acesso em 12/05/2020.

PEREIRA JÚNIOR, P.; REZENDE, P.M.; MALFITANO, S.C.; LIMA, R.K.; CORRÊA, L.V.C.; CARVALHO, E.R. Efeito de doses de silício sobre a produtividade e características agrônômicas da soja [*Glycine max* (L.) Merrill]. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.34, n.4, p.908-913, jul/ago 2010. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/cagro/v34n4/v34n4a16.pdf>> Acesso em 12/05/2020.

PEREIRA, H.S.; VITTI, G.C.; KORNDORFER, G.H. Comportamento de diferentes fontes de silício no solo e na cultura do tomateiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.101-108, 2003. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/rbcs/v27n1/v27n1a11>> Acesso em 16/07/2020.

PORTELA, G.L.F.; SILVA, P.R.R.; GIRÃO FILHO, J.E.; PÁDUA, L.E.M.; MELO JÚNIOR, L.C. Silício como indutor de resistência para controlar o pulgão preto *Aphis craccivora* Koch, 1854 em feijão-de-lima *Phaseolus lunatus*. **Arquivos do Instituto Biológico**. v.86, São Paulo, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1808-1657000512018>> Acesso em 10/07/2020.

POZZA, E.A.; POZZA, A.A.A.; BOTELHO, D.M.S. Silicon in plant disease control. **Revista Ceres**. v.62, n.3, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/0034-737X201562030013>> Acesso em 14/07/2020.

QUEIROZ, A.A. Silício aumenta a formação de nódulos na soja. **Campo & Negócios: Grãos**, p.28-29, nov/2016. Disponível em <https://www.rigrantec.com.br/upload/produtos_artigos/c0804---silicio-aumenta-a-formacao-de-nodulos-na-soja-prosilicon-1548701541.79.pdf> Acesso em 12/05/2020.

RAMOS, A.R.P.; SANTOS, R.L.; AMARO, A.C.E.; FUMES, L.A.A.; BOARO, C.S.F.; CARDOSO, A.I.I. Eficiência do silicato de potássio no controle do oídio e no desenvolvimento de abobrinha de moita. **Horticultura Brasileira**, v.31, p.432-438, 2013. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/hb/v31n3/14.pdf>> Acesso em 16/07/2020.

RAVEN, J.A. The transport and function of silicon in plants. **Biological Reviews**. v.58, n.2, p.179-207, 1983. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.1983.tb00385.x>> Acesso em 17/07/2020.

REIS, T.H.P.; GUIMARÃES, P.T.G.; FIGUEIREDO, F.C.; POZZA, A.A.A.; NOGUEIRA, F.D.; RODRIGUES, C.R. **O silício na nutrição e defesa de plantas**. EPAMIG: Belo Horizonte, 2007. Disponível em <<http://www.epamig.br/download/bt82-o-silicio-na-nutricao-e-defesa-de-plantas/>> Acesso em 13/05/2020.

- SANDIM, A.S.; BÜLL, L.T.; FURIM, A.R.; LIMA, G.S.; GARCIA, J.L.N. Phosphorus availability in oxidic soils treated with lime and silicate applications. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, v.38, n.4, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-06832014000400018>> Acesso em 14/07/2020.
- SANTOS, M.C.; JUNQUEIRA, A.M.R.; PEIXOTO, J.R. Efeito do silício na incidência da traça-do-tomateiro em plantas de tomate industrial. **Horticultura Brasileira**, v.26, p.842-846, 2008. Disponível em: <http://www.abhorticultura.com.br/EventosX/Trabalhos/EV_2/A1048_T1553_Comp.pdf> Acesso em 23/05/2020.
- SCHLEIER, R.; GALITESI, C.R.L.; FERREIRA, E.C.M. Silício e cálcio - Uma abordagem antropológica. **Arte Médica Ampliada**, v.34, n.3, jul/set 2014. Disponível em <<http://abmanacional.com.br/arquivo/b5a7f787bfedac3cf77b4a2115f006b55f3f92d9-34-3-silicio-e-calcio.pdf>> Acesso em 12/05/2020.
- SILÍCIO. **International Plant Nutrition Institute (IPNI) Canadá**, Piracicaba/SP, n.14, s.a. Disponível em: <[https://www.npct.com.br/publication/nutrifacts-brasil.nsf/book/NUTRIFACTS-BRASIL-14/\\$FILE/NutriFacts-BRASIL-14.pdf](https://www.npct.com.br/publication/nutrifacts-brasil.nsf/book/NUTRIFACTS-BRASIL-14/$FILE/NutriFacts-BRASIL-14.pdf)> Acesso em 13/05/2020.
- SILÍCIO: UM ELEMENTO BENÉFICO E IMPORTANTE PARA AS PLANTAS. **International Plant Nutrition Institute (IPNI) Canadá**, Piracicaba/SP, n.134, jun/2011. Disponível em <[http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/66D3EE234A3DA5CD83257A8F005E858A/\\$FILE/Page14-20-134.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/66D3EE234A3DA5CD83257A8F005E858A/$FILE/Page14-20-134.pdf)> Acesso em 13/05/2020.
- SILVA, V.F., et al. Fontes de silício na indução de de resistência a insetos praga e no desenvolvimento de plantas de batata inglesa. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.5, n.2, p.149-156, 2010. Disponível em: <<http://revistas.aba-agroecologia.org.br/index.php/rbagroecologia/article/view/9636>> Acesso em 13/05/2020.
- SOUZA, L.C.; SIQUEIRA, J.A.M.; SILVA, J.L.S.; SILVA, J.N.; COELHO, C.C.R.; NEVES, M.G.; OLIVEIRA NETO, C.F.; LOBATO, A.K.S. Compostos nitrogenados, proteínas e aminoácidos em milho sob diferentes níveis de silício e deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.13, n.2, p. 117-128, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v13n2p117-128>> Acesso em 16/07/2020.
- STEINER, F.; ZUFFO, A.M.; BUSH, A.; SANTOS, D.M.S. Silicate fertilization potentiates the nodule formation and symbiotic nitrogen fixation in soybean. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.48, n.3, 2018. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/1983-40632018v4851472>> Acesso em 17/07/2020.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.
- VILELA, H. As fontes de silício (silicatos). **Agronomia: Artigos Científicos**, 2009. Disponível em: <http://www.agronomia.com.br/conteudo/artigos/artigos_fontes_silicio_brasil.htm> Acesso em 12/05/2020.
- ZAMBOLIM, L.; VENTURA, J.A.; ZANÃO JÚNIOR, L.A. **Efeito da nutrição mineral no controle de doenças de plantas**. Viçosa/MG: Os autores, 2012. 321p.
- ZANETTI, L.V.; MILANEZ, C.R.D.; GAMA, V.N.; AGUILAR, M.A.G.; SOUZA, C.A.S.; CAMPOSTRINI, E.; FERRAZ, T.M.; FIGUEIREDO, F.A.M.M.A. Leaf application of silicon in young cacao plants subjected to water deficit. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.51 n.3, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-204X2016000300003>> Acesso em 16/07/2020.

Consumo de agua por la ganadería lechera y disponibilidad hídrica en la microrregión Aripuanã de Mato Grosso

 [10.56238/cipcaebv1-006](https://doi.org/10.56238/cipcaebv1-006)

Pedro Hurtado de Mendoza Borges

Doctor en Máquinas Agrícolas por la Universidad de Rostock, Alemania

Institución: Universidad Federal de Mato Grosso

Dirección: Av. Fernando Corrêa da Costa nº 2367, Boa Esperança, Cuiabá – MT, Brasil

E-mail: pedrohmborges14@gmail.com

Zaira Morais dos Santos Hurtado de Mendoza

Doctora en Ciencia Forestal por la Universidad Federal de Viçosa

Institución: Universidad Federal de Mato Grosso

Dirección: Av. Fernando Corrêa da Costa nº 2367, Boa Esperança, Cuiabá – MT, Brasil

E-mail: zairamorais09@gmail.com

Pedro Hurtado de Mendoza Morais

Estudiante de Agronomía de la Universidad Federal de Mato Grosso

Institución: Universidad Federal de Mato Grosso

Dirección: Av. Fernando Corrêa da Costa nº 2367, Boa Esperança, Cuiabá – MT, Brasil

E-mail: pedromorais08@hotmail.com

Charles Esteffan Cavalcante

Estudiante de Agronomía de la Universidad Federal de Mato Grosso

Institución: Universidad Federal de Mato Grosso

Dirección: Av. Fernando Corrêa da Costa nº 2367, Boa Esperança, Cuiabá – MT, Brasil

E-mail: charlescavalcante05@gmail.com

RESUMEN

Esta investigación tuvo como objetivo determinar el consumo de agua por la ganadería lechera y la disponibilidad hídrica en la Microrregión Aripuanã de Mato Grosso, Brasil. En el estudio se utilizaron los valores del flujo diario, registrados en las estaciones fluviométricas del citado territorio. También fueron necesarias las informaciones sobre la cantidad de establecimientos y producción lechera en los municipios de la Microrregión seleccionada, las cuales fueron obtenidas del Censo Agropecuario realizado por el Instituto Brasileño de Geografía y Estadística (IBGE). A partir de esos elementos, asociados a las bases cartográficas disponibles en el sitio del mencionado Instituto y con auxilio del Programa QGIS, se confeccionaron los mapas temáticos para representar la distribución espacial de la producción lechera. En seguida se determinó el consumo de agua por la ganadería lechera. Para calcular la

disponibilidad hídrica se aplicó el caudal de referencia correspondiente a la permanencia igualada o superada en 95% del tiempo, definiéndose el 20% de ese caudal como el límite máximo otorgable en la captación individual. Se constató que, la disponibilidad hídrica otorgable fue muy superior a la demanda requerida por la ganadería lechera para el consumo animal y la limpieza de los establecimientos, así, no se compromete el uso de los ríos en la Microrregión Aripuanã. Sin embargo, los municipios situados en esa zona geográfica no se encuadran en la categoría de usos insignificantes para las actividades en la ganadería lechera. Además, la mencionada Microrregión presentó una elevada variabilidad espacial en el número de establecimientos, en la cantidad de animales y en la producción lechera, siendo que no hubo una relación proporcional directa entre esos tres factores.

Palabras clave: Bienestar animal, construcciones rurales, producción lechera.

ABSTRACT

This research aimed to determinate the water consumption by dairy farming and hydric availability in the Aripuanã Microregion of Mato Grosso, Brazil. In the study, the values of the daily flow, registered in the fluviometric stations of the cited territory, were used. Information on the number of establishments and milk production in the municipalities of the selected Microregion was also necessary, which was obtained from the Agricultural Census carried out by the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE). From these elements, associated with the cartographic bases available on the website of the mentioned Institute and with the help of the QGIS Program, the thematic maps were made to represent the spatial distribution of milk production. The water consumption by the dairy farming was then determined. To calculate the water availability, the reference flow corresponding to the permanence equaled or exceeded in 95% of the time was applied, defining 20% of that flow as the grantable maximum limit to the individual catchment. It was found that the grantable water availability was much higher than the demand required in dairy farming for animal consumption and cleaning of establishments, thus, the use of rivers in the Aripuanã Microregion is not compromised. However, the municipalities located in that geographical area do not fit into the category of insignificant uses for dairy farming activities. In addition, the mentioned Microregion presented a high spatial variability in the number of establishments, in the number of animals and in the milk production, and

there was no direct proportional relationship between these three factors.

Keywords: Animal welfare, rural buildings, milk production.

1 INTRODUCCIÓN

El agua posee vital importancia para el ganado lechero, influyendo directamente en su desempeño productivo. Además del agua ingerida por los animales, ella es necesaria en la limpieza de los establecimientos y equipamientos de ordeña. No obstante, el agua es un recurso natural limitado y los conflictos oriundos de su uso crecen a cada día, estimulados por la expansión de las fronteras agrícolas, el avance de la industrialización y el aumento de la población urbana. En este contexto, la estimativa de la disponibilidad hídrica en las regiones productoras de leche adquiere elevada relevancia, pues permite evaluar las reales posibilidades de garantizar el consumo de agua para los animales y la limpieza, sin perjudicar la fuente, bien como los otros usuarios de la región.

Con relación al consumo de agua en la pecuaria lechera, los trabajos realizados por Benedetti (1986), Dado e Allen (1995), Perissinotto et al. (2005), Campos (2006), Carvalho et al. (2011), Guerra et al. (2011), Palhares (2013), Oliveira et al. (2016) han reportado valiosas informaciones, en las cuales se pueden inferir los límites requeridos por las vacas lactantes y para efectuar la limpieza de las instalaciones. El análisis de la disponibilidad hídrica en cuencas hidrográficas se puede conferir en las investigaciones de Francisco y Carvalho (2004), Conejo et al. (2009), Arai et al. (2012), Soares y Campos (2013), Sabzi et al. (2019), Borges et al. (2021a) y Silva et al. (2021). Conforme esos autores, acentuase la necesidad de gestión de los recursos hídricos debido a la demanda creciente por el agua en los diversos sectores de la economía.

Las informaciones sobre consumo de agua y disponibilidad hídrica son relevantes durante el proceso de otorga para la adecuada legalidad del emprendimiento. La otorga de derecho del uso de los recursos hídricos es el instrumento de la Política de Recursos Hídricos que tienen los objetivos de asegurar: el control cuantitativo y cualitativo de los usos del agua, bien como el efectivo ejercicio de los derechos de acceso al agua (ANA, 2011, 2013). Luego, es un mecanismo de gestión de los recursos hídricos utilizado por los órganos federales y estaduais con el propósito de favorecer el uso múltiple del agua sin perjudicar la cantidad y calidad de los cuerpos de agua en determinada región.

Aunque el estado de Mato Grosso se caracteriza por su elevada producción de granos y ganadería de corte, las actividades en el sector lechero han ganado destaque en los últimos años, principalmente en municipios de la Mesorregión Norte Mato-Grossense. Este asunto motivó el presente estudio, que tuvo como objetivo determinar el consumo de agua en la ganadería lechera y la disponibilidad hídrica en la Microrregión Aripuanã, importante territorio de la mencionada Mesorregión de Mato Grosso, Brasil.

2 MATERIAL Y MÉTODOS

Para desarrollar este estudio se seleccionó la Microrregión Aripuanã, inserida en la Mesorregión Norte Mato-Grossense, Brasil (Figuras 1 e 2). Conforme la Figura 3, esa Microrregión contiene ocho municipios y pertenece a la Cuenca Hidrográfica Amazônica, siendo drenada por los cursos de agua Aripuanã, Cravari, do Sangue, Guariba, Juruena, Madeirinha, Papagaio y Roosevelt, importantes contribuyentes del río Amazonas en el estado de Mato Grosso. Las referidas Figuras se elaboraron a partir de bases cartográficas continuas del Instituto Brasileño de Geografía y Estadística (IBGE), junto con los datos públicos de la Agencia Nacional de Aguas y Saneamiento Básico (ANA), auxiliándose del programa QGIS (ANA, 2021; IBGE, 2021; QGIS, 2020).

Figura 1. Localización de la Mesorregión Norte Mato-Grossense, Brasil, América del Sur.

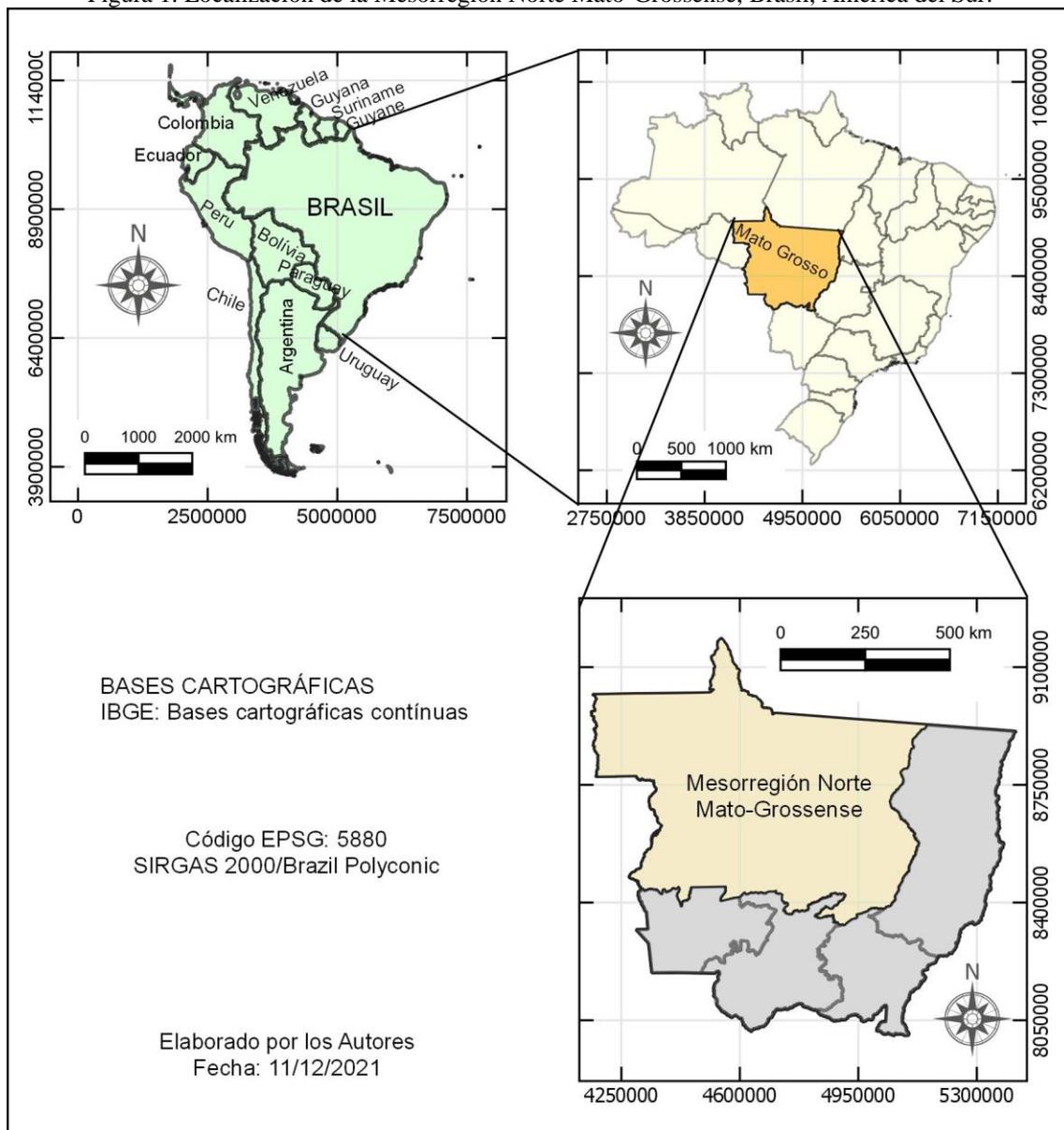


Figura 2. Localización de la Microrregión Aripuanã en la Mesorregión Norte Mato-Grossense.

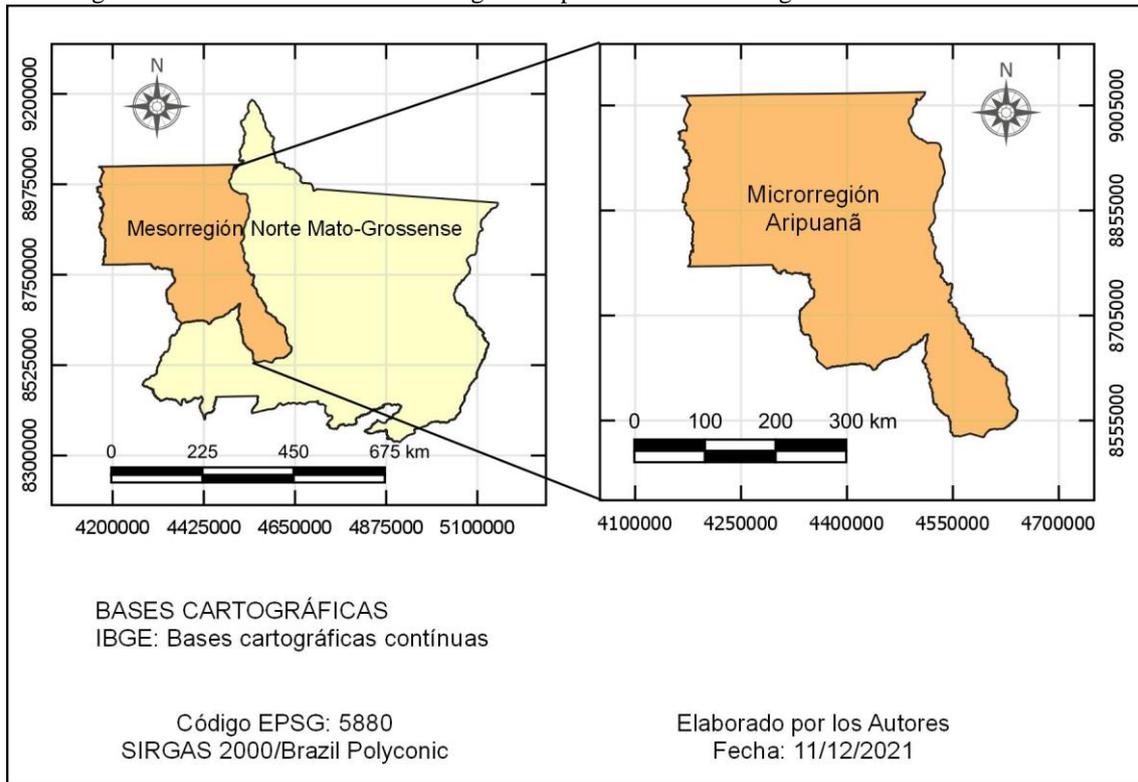
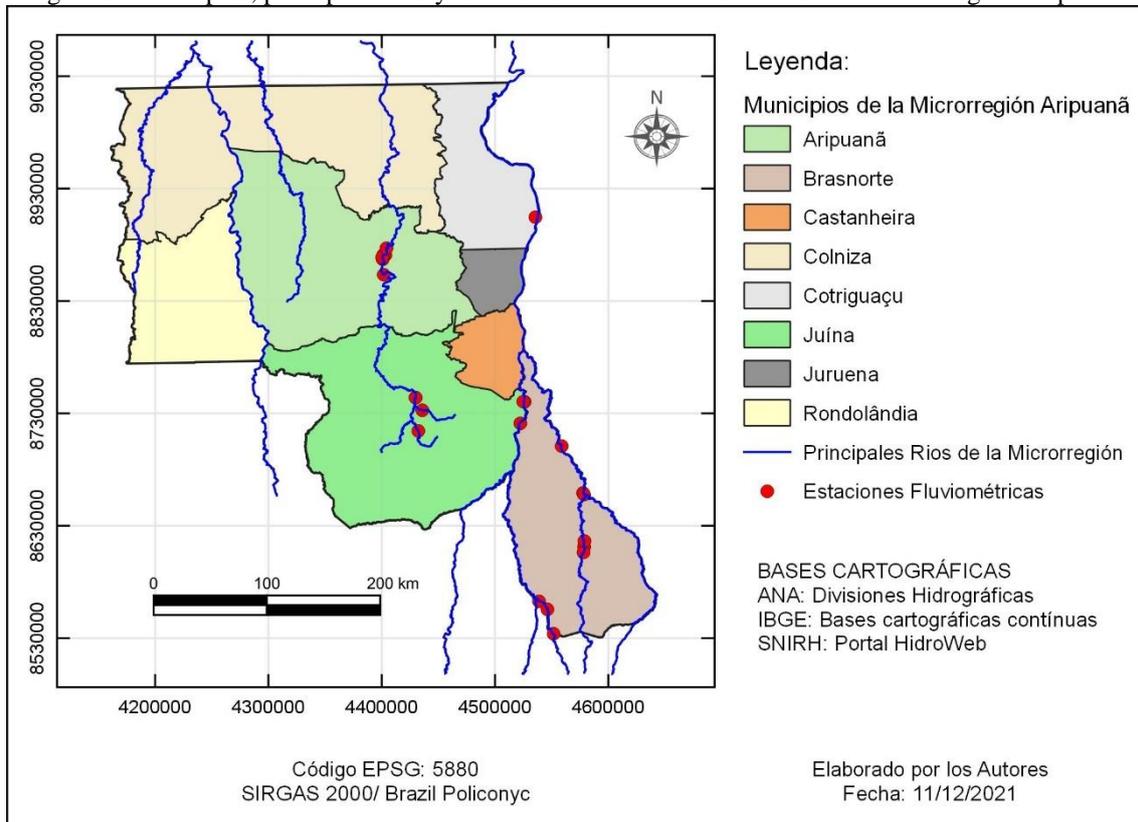


Figura 3. Municipios, principales ríos y estaciones fluviométricas activas en la Microrregión Aripuanã.



En el territorio predomina el clima Am o tropical monzónico, denominado clima tropical húmedo o clima tropical de monzones y vientos alisios, el cual se caracteriza por presentar dos temporadas bien definidas, la caliente y lluviosa con otra más amena y seca (PEEL et al., 2007; ALVARES et al., 2013). La temperatura media anual en esa zona geográfica fluctúa entre 19 °C e 33 °C, variando a pluviosidad total anual de 1659 mm a 2193 mm (INMET, 2021). La temperatura mínima de 19 °C ha sido registrada en Juína, mientras la máxima de 33 °C se ha medido en todos los municipios.

En la Tabla 1 se presentan los principales datos de las estaciones fluviométricas activas utilizadas para esta investigación. Las estaciones fluviométricas se encuentran distribuidas en solo cuatro municipios, siendo que las mayores áreas de drenaje se localizan en el río Juruena, específicamente en Contriguaçu y Juína (Tabla 1). También, las tres estaciones fluviométricas situadas en el río do Sangue, municipio de Brasnorte, merecen destaque por su área de contribución. No obstante, las menores áreas de drenaje correspondieron a los ríos Vinte e Um y Cinta Larga, municipio de Juína.

Tabla 1. Principales datos de las estaciones fluviométricas activas utilizadas para esta investigación.

Municipio	Curso de agua	Código	Área de drenaje (km ²)	Coordenadas geográficas (°)	
				Latitud	Longitud
Aripuanã	Río Aripuanã	15754000	15200	-10,164722	-59,446667
Aripuanã	Río Aripuanã	15748000	-	-10,321944	-59,462222
Aripuanã	Río Aripuanã	15753900	15170	-10,198611	-59,468611
Aripuanã	Río Aripuanã	15750550	15113	-10,161111	-59,460556
Aripuanã	Río Aripuanã	15750500	15269	-10,183056	-59,471944
Aripuanã	Río Aripuanã	15750600	15387	-10,110000	-59,437222
Brasnorte	Río Sacre	17092850	6541,5	-12,960000	-58,250833
Brasnorte	Río Sacre	17091600	6397	-13,025833	-58,184444
Brasnorte	Río Cravari	17094520	-	-12,529444	-57,878333
Brasnorte	Río Cravari	17094550	2571	-12,482222	-57,874444
Brasnorte	Río Do Sangue	17095000	24700	-11,718056	-58,048056
Brasnorte	Río Do Sangue	17094300	21622	-12,096389	-57,880278
Brasnorte	Río Do Sangue	17094200	21842	-12,109167	-57,873056
Cotriguaçu	Río Juruena	17125000	156000	-9,879167	-58,235000
Juína	Río Juruena	17093000	55900	-11,358333	-58,342778
Juína	Río Juruena	17093020	-	-11,530278	-58,379722
Juína	Río Vinte e Um	15710000	759	-11,577778	-59,205833
Juína	Río Cinta Larga	15720000	416	-11,413056	-59,170278
Juína	Río Aripuanã	15740000	3020	-11,309722	-59,223611
Juína	Río Juína Mirim	17093010	2243	-11,356389	-58,353611

Fuente: Adaptado por los autores de ANA (2021).

Las informaciones sobre la cantidad de establecimientos y producción lechera en los ocho municipios de la Microrregión seleccionada se pueden constatar en la Tabla 2, las cuales fueron obtenidas del Censo Agropecuario realizado por el Instituto Brasileño de Geografía y Estadística (IBGE, 2017). De acuerdo con esa Tabla, en el municipio de Colniza se encuentra el mayor número de establecimientos para la producción lechera, sin embargo, no le corresponde el mayor número de vacas lactantes ni la mayor

cantidad de leche. En el municipio de Castanheira fue contabilizada la mayor cantidad de vacas lactantes y de leche. De forma semejante, en los restantes municipios se puede comprobar que no hubo una relación directa entre los indicadores de la producción lechera.

Tabla 2. Indicativos de la producción lechera en cada municipio de la Microrregión Aripuanã.

Municipio	Indicativos de la producción lechera		
	Establecimientos	Vacas lactantes	Leche (mil litros)
Aripuanã	405	5143	9055
Brasnorte	226	3756	7737
Castanheira	586	11489	20256
Colniza	1159	8405	11372
Cotriguaçu	639	7437	9894
Juína	626	7261	11112
Juruena	414	5081	7572
Rondolândia	146	1802	2683

Fuente: Adaptado por los autores de IBGE (2017).

A partir de los datos contenidos en la Tabla 2, asociados a las bases cartográficas continuas del Instituto Brasileño de Geografía y Estadística (IBGE) se confeccionaron los mapas temáticos para representar la distribución espacial de las informaciones referentes a la producción lechera. Esa etapa fue realizada con auxilio del Programa QGIS (QGIS, 2020). Además, se elaboró un gráfico de columnas para caracterizar la productividad del ganado en cada municipio de la Microrregión, aplicándose los recursos del programa computacional R (R CORE TEAM, 2020). A partir de los trabajos de Torquato et al. (2017), se definió el período de lactación anual como 305 días y la productividad fue calculada por:

$$\text{Prod}_{\text{Diaria}} = \frac{N_{\text{Litros}} \cdot 1000}{N_{\text{Vacas}} \cdot 305}$$

en que:

$\text{Prod}_{\text{Diaria}}$ = Productividad diaria de las vacas lactantes ($L \cdot \text{vaca}^{-1} \cdot \text{día}^{-1}$);

N_{Litros} = Producción anual de cada vaca lactante en el municipio (L);

N_{Vacas} = Número de vacas lactantes en el municipio (adimensional);

Constante 1000 = Factor para expresar la cantidad total anual (adimensional);

Constante 305 = Factor para considerar el periodo de lactación anual (día).

Las estimativas del consumo de agua por las vacas lactantes y para la limpieza de los establecimientos se basaron en los estudios de Benedetti (1986), Dado e Allen (1995), Perissinotto et al. (2005), Campos (2006), Carvalho et al. (2011), Guerra et al. (2011), Palhares (2013), Oliveira et al. (2016). En esos estudios se verificó un amplio intervalo variando entre 20 y 150 $L \cdot \text{día}^{-1} \cdot \text{animal}^{-1}$ de agua bebida, mientras el agua utilizada para la limpieza fue de 26,8 $L \cdot \text{día}^{-1} \cdot \text{animal}^{-1}$, aproximadamente. La elevada

alteración en el consumo de agua ingerida por las vacas lactantes se debe a diversos factores inherentes al animal, tales como la raza, el peso y la producción lechera, así como a la influencia de las variables climáticas que caracterizan el ambiente, principalmente, la temperatura, la humedad y la velocidad del viento.

El caudal de los ríos medido en las estaciones fluviométricas se expresa en $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (ANA, 2021). Por esa razón, fue necesario compatibilizar los valores de consumo de agua con la disponibilidad hídrica. Además, los animales no beben constantemente durante el día completo y de igual forma acontece con los establecimientos, una vez que la limpieza ocurre por algunas horas durante el día. En ese sentido, a partir de los trabajos realizados por Dado e Allen (1995) y Perissinotto et al. (2005), en esta investigación se definieron como tiempos diarios para la ingestión de agua $16,7 \text{ min} \cdot \text{día}^{-1}$, mientras en la limpieza de los establecimientos $90 \text{ min} \cdot \text{día}^{-1}$. Así, para calcular el consumo de agua en la ganadería lechera se aplicaron las ecuaciones:

$$CA_{\text{Vacas}} = \frac{N_{\text{Vacas}} \cdot CA_{\text{Diario}}}{16,7 \cdot 60 \cdot 1000}$$

en que:

CA_{Vacas} = Consumo de agua ingerida por las vacas lactantes ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$);

N_{Vacas} = Número de vacas lactantes en el municipio (adimensional);

CA_{Diario} = Consumo diario de las vacas lactantes ($\text{L} \cdot \text{día}^{-1}$);

Constante 16,7 = Factor de conversión de unidades ($\text{min} \cdot \text{día}^{-1}$);

Constante 60 = Factor de conversión de unidades ($\text{s} \cdot \text{min}^{-1}$);

Constante 1000 = Factor de conversión de unidades ($\text{L} \cdot \text{m}^{-3}$).

Observación: El consumo diario se calculó para los límites mínimo y máximo.

$$CA_{\text{Limpieza}} = \frac{N_{\text{Vacas}} \cdot CL_{\text{Diario}}}{90 \cdot 60 \cdot 1000}$$

en que:

CA_{Limpieza} = Consumo de agua para la limpieza de los establecimientos ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$);

N_{Vacas} = Número de vacas lactantes en el municipio (adimensional);

CL_{Diario} = Consumo diario en la limpieza ($\text{L} \cdot \text{día}^{-1}$);

Constante 90 = Factor de conversión de unidades ($\text{min} \cdot \text{día}^{-1}$);

Constante 60 = Factor de conversión de unidades ($\text{s} \cdot \text{min}^{-1}$);

Constante 1000 = Factor de conversión de unidades ($\text{L} \cdot \text{m}^{-3}$).

Para determinar la disponibilidad hídrica en los municipios fue aplicado el caudal de referencia del estado de Mato Grosso, el cual corresponde a la permanencia igualada o superada en 95% del tiempo (CEHIDRO, 2009). Según la citada fuente bibliográfica, el límite máximo otorgable para captación individual se define como el 20% del caudal de referencia. Luego, la disponibilidad hídrica en este estudio se calculó por la expresión:

$$D_{\text{Hid}} = 0,20 \cdot Q_{95}$$

en que:

D_{Hid} = Disponibilidad hídrica ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$);

Q_{95} = Caudal de permanencia igualado o superado en 95% del tiempo ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$);

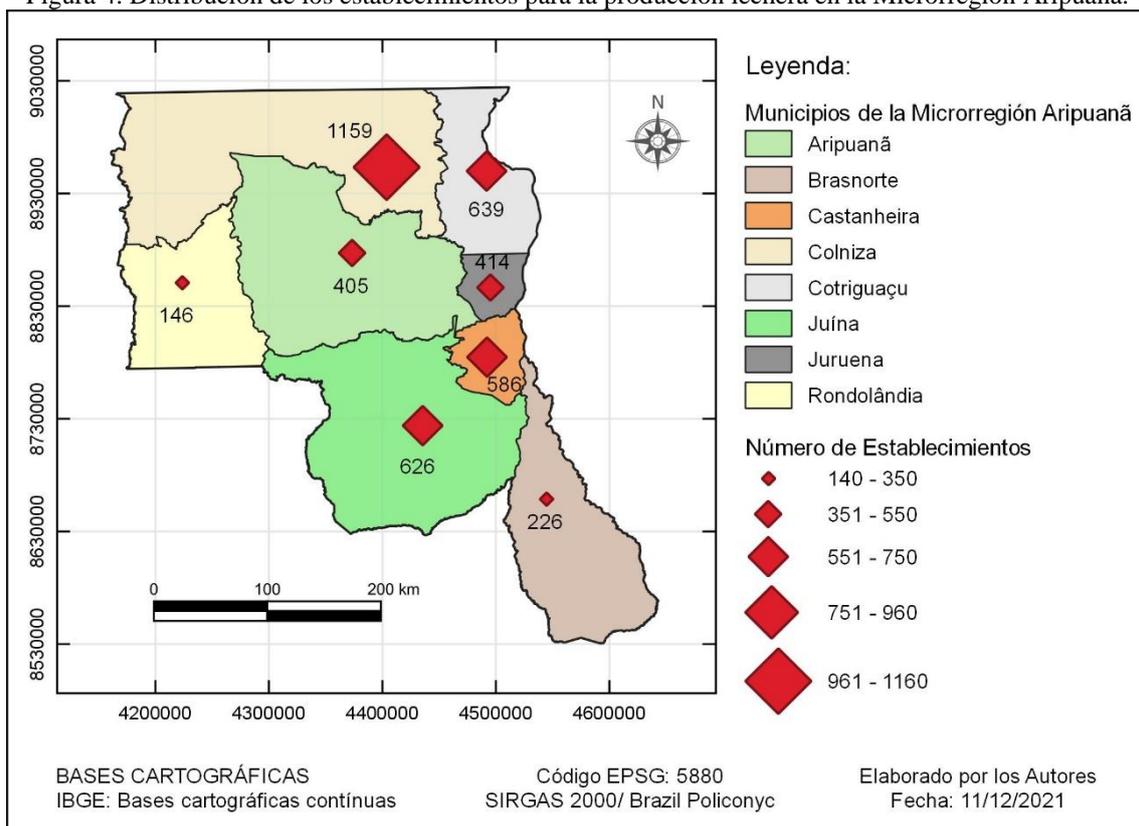
Constante 0,20 = Factor para el límite máximo otorgable de captación.

La disponibilidad hídrica en la Microrregión Aripuanã fue evaluada, utilizándose la función “*quantile*”, disponible en el Programa R (R CORE TEAM, 2020). También, con auxilio de ese programa fue elaborado un gráfico de barras compuestas, el cual tuvo como finalidad comparar la disponibilidad de agua, en relación a los límites mínimo y máximo de consumo. De esa forma, fue posible calificar la proporción entre el consumo, tanto para la ingestión de los animales, cuanto para la limpieza de los establecimientos y la disponibilidad hídrica en cada municipio.

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

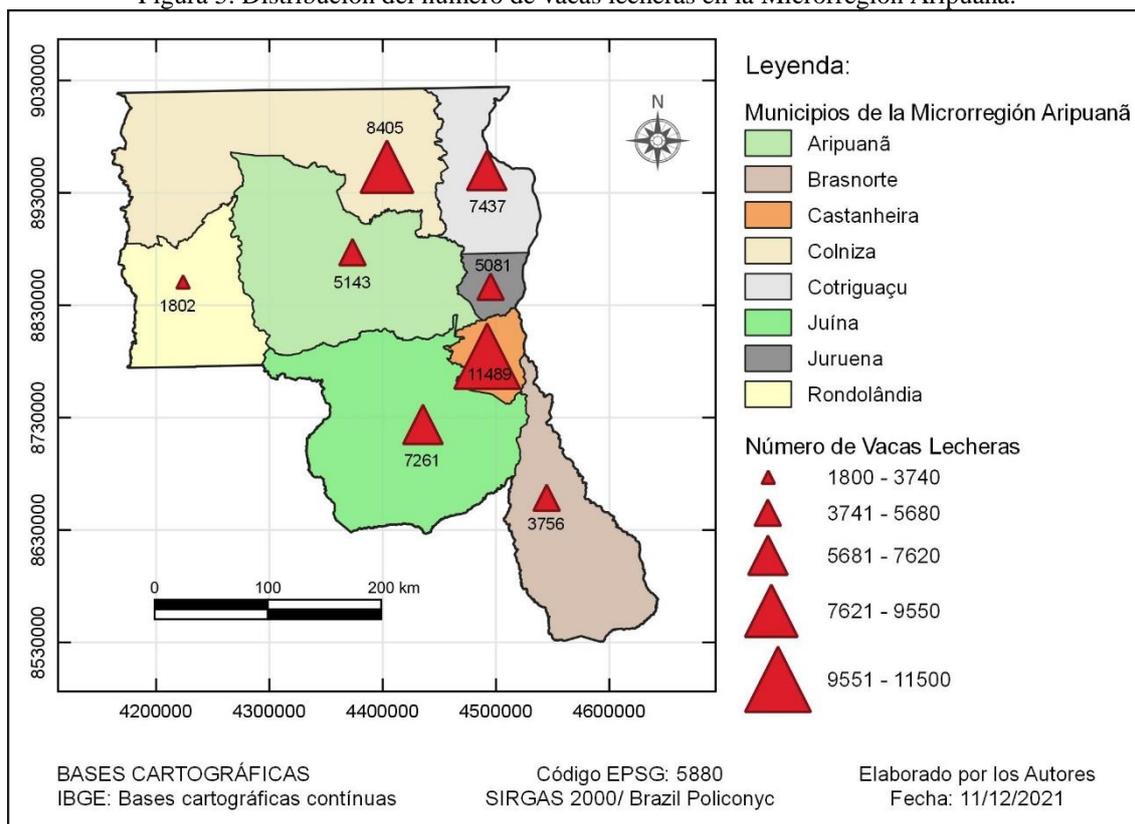
En la Figura 4 se puede constatar el número de establecimientos destinados a la producción lechera en la Microrregión Aripuanã y su distribución espacial. De acuerdo con el mapa, la mayor cantidad se concentra en los dos municipios situados al norte de la Microrregión, Colniza y Cotriguaçu. Por otro lado, los municipios con menor número de establecimientos se localizan al Oeste y al Sureste de la Microrregión, siendo ellos Rondolândia y Brasnorte, respectivamente. En los demás municipios se confirmaron valores intermedios, oscilando entre 405 y 626, correspondiendo a Aripuanã y Juína.

Figura 4. Distribución de los establecimientos para la producción lechera en la Microrregión Aripuanã.



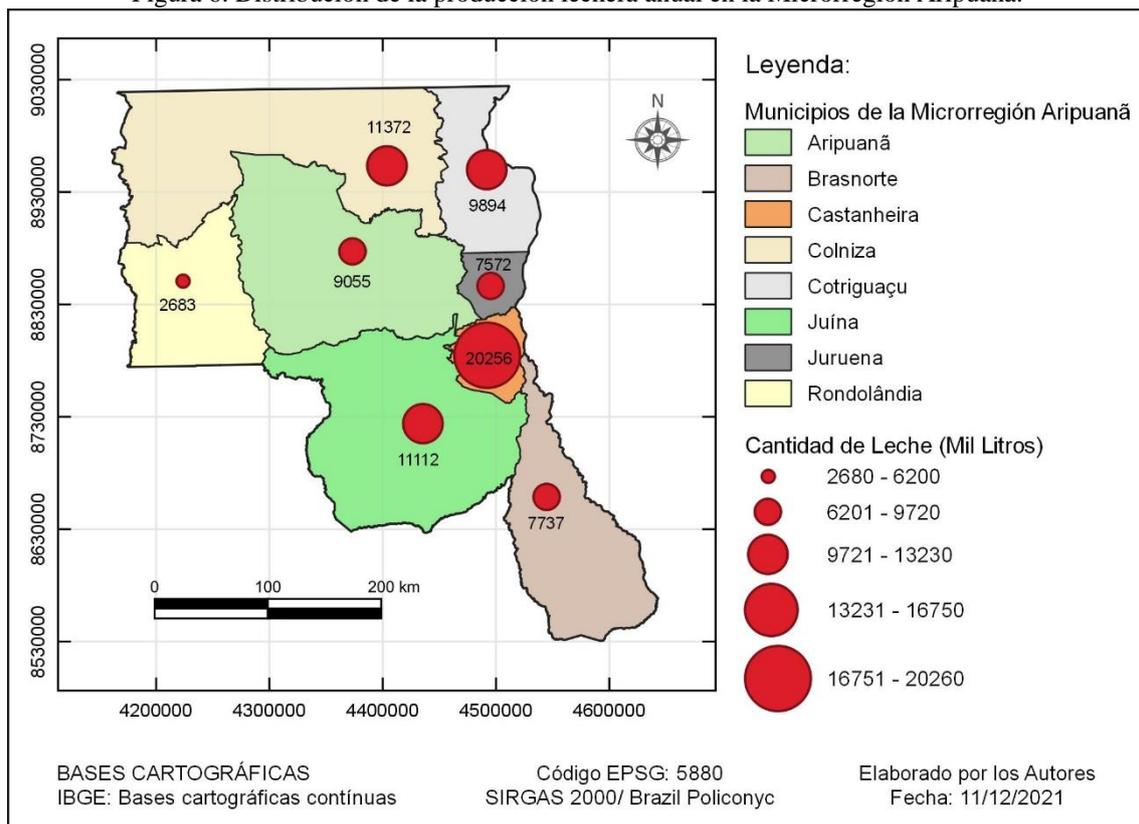
La composición del rebaño lechero en la Microrregión Aripuanã, se mostró muy discrepante, pues solamente el municipio de Castanheira presentó un grande número de vacas lactantes, mientras el municipio de Rondolândia dispone de la menor cantidad en la citada Microrregión (Figura 5). En esa Figura se puede comprobar que, para los otros municipios, el rebaño lechero osciló entre 3756 y 8405, respectivamente, para Brasnorte y Colniza, formando tres grupos intermediarios. Aún, se debe destacar que el municipio de Castanheira posee una de las menores superficies en la Microrregión seleccionada, sin embargo, tiene el mayor rebaño lechero de la Microrregión.

Figura 5. Distribución del número de vacas lecheras en la Microrregión Aripuanã.



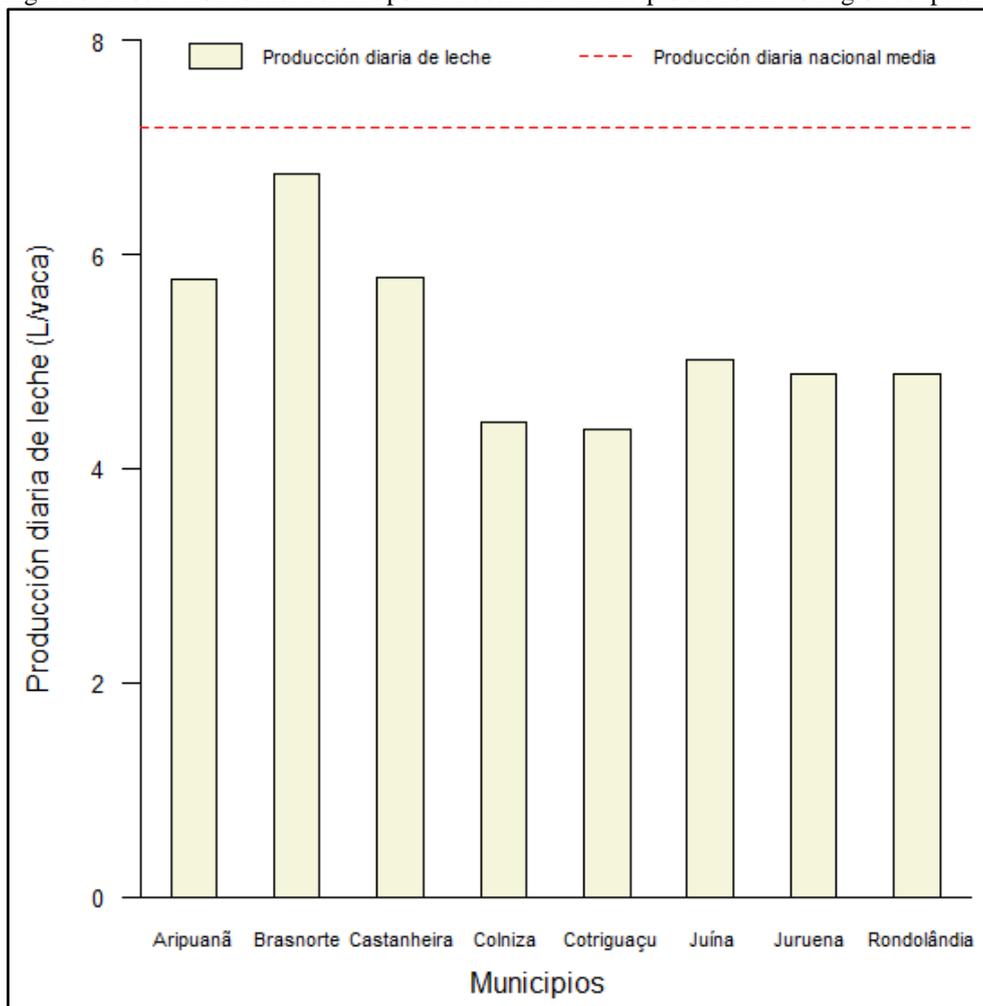
Conforme la Figura 6, la producción lechera anual en la Microrregión Aripuanã, tuvo una elevada variabilidad, destacándose el municipio de Castanheira, el cual reveló los mejores resultados cuantitativos. El menor valor de producción lechera correspondió al municipio de Rondolândia. En los restantes municipios no fue observada una relación directa entre el número de animales del rebaño y su producción lechera, principalmente, en Cotriguaçu y Juína, donde esa proporción fue inversa, es decir, Cotriguaçu con más vacas registró menor cantidad de leche al año y viceversa en Juína. Esos dos municipios se clasificaron en el tercer grupo productivo, junto con Colniza.

Figura 6. Distribución de la producción lechera anual en la Microrregión Aripuanã.



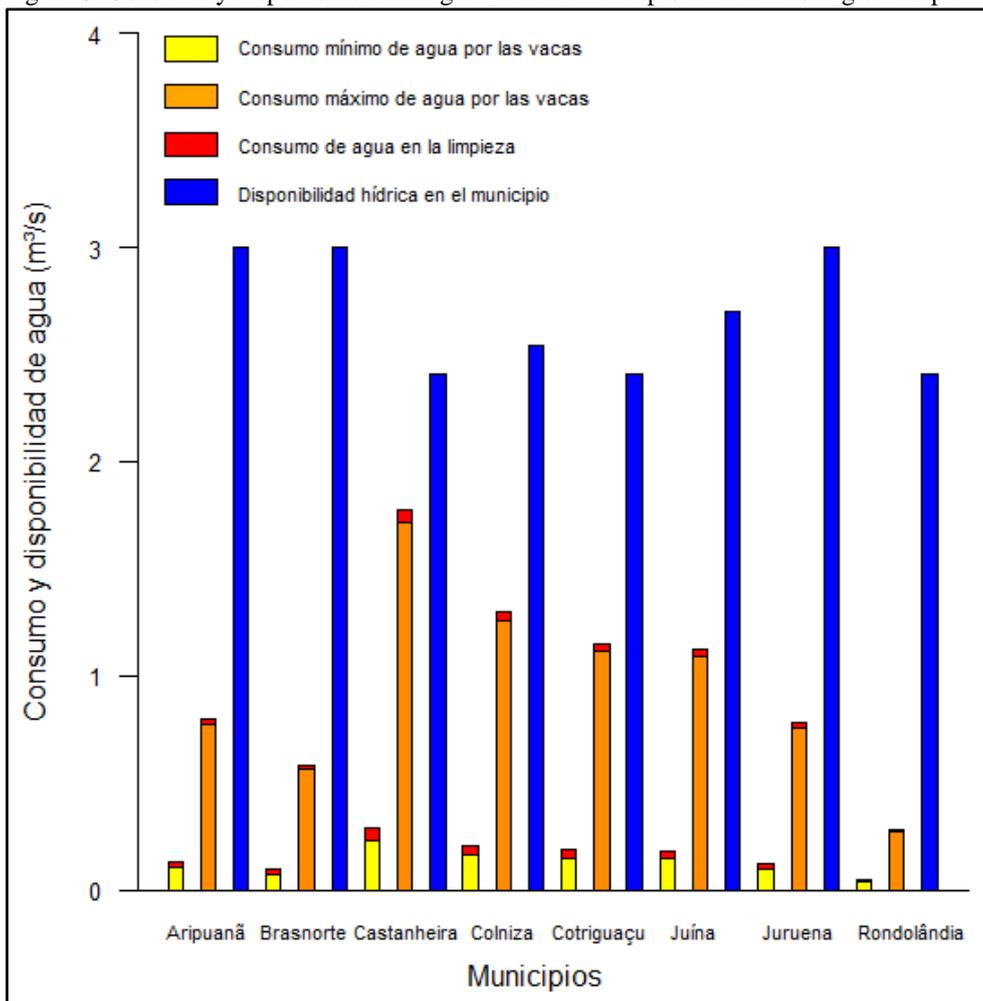
La producción lechera diaria en cada municipio de la Microrregión Aripuanã se presenta en la Figura 7. De acuerdo con esa Figura, los municipios de Aripuanã, Brasnorte y Castanheira tuvieron las mayores producciones, destacándose Brasnorte. Por otro lado, en Colniza y Cotriguaçu se constataron las menores cantidades de leche, mientras en los municipios Juína, Juruena y Rondolândia hubo una producción intermedia. Los valores de producción lechera oscilaron entre los límites de 3,42 y 7,35 L·dia⁻¹, determinados por Borges et al. (2021b). Las causas principales de esas diferencias se deben probablemente a las razas, al tipo de manejo y al período de lactación, aunque esos aspectos no formaron parte de esta investigación. Sin embargo, las productividades estimadas en los municipios del referido territorio fueron inferiores a la media diaria nacional de aproximadamente 7,20 L·dia⁻¹ (IBGE, 2020). El bajo desempeño se puede explicar por las características climáticas del territorio, las cuales dificultan el desarrollo y mejoramiento de un rebaño altamente especializado para la ganadería lechera.

Figura 7. Producción lechera diaria por vaca en cada municipio de la Microrregión Aripuanã.



En la Figura 8 se puede conferir el consumo y la disponibilidad de agua en los ríos de la Microrregión Aripuanã. En cada municipio se tomó como valor de referencia, la disponibilidad de agua otorgable correspondiente al caudal mínimo estimado en puestos fluviométricos activos o no, pues ni siempre los activos poseían datos de caudal. Otro aspecto que merece destacar fue la deducción del valor de referencia para los municipios sin estaciones fluviométricas, el cual fue considerado como 95% del valor mínimo obtenido en la Microrregión, siendo en torno de $2,41 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Además, con el propósito de presentar una proporción apropiada entre los elementos de consumo y la disponibilidad de agua otorgable, cuando el caudal mínimo del municipio superaba $3,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, las barras de la Figura fueron limitadas a ese valor.

Figura 8. Consumo y disponibilidad de agua en cada municipio de la Microrregión Aripuanã.



La disponibilidad hídrica otorgable fue muy superior a la demanda requerida en la ganadería lechera para el consumo animal y la limpieza de los establecimientos, no comprometiendo el uso de ese recurso natural en la Microrregión estudiada (Figura 8). La disponibilidad hídrica en los municipios de Aripuanã, Brasnorte y Juruena fue mayor que $3,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, no obstante, ese fue el límite establecido para efectuar la comparación. En Colniza y Juína fueron determinados como caudales mínimos entre $2,54$ y $2,70 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, mientras en los municipios de Castanheira, Cotriguaçu y Rondolândia no se pudo obtener datos de caudal, luego se asumió el valor de $2,41 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, como explicado anteriormente y considerándose que los mismos ríos drenan esas áreas.

Se debe destacar que la menor disponibilidad hídrica estimada en la Microrregión Aripuanã fue muy inferior a la estimada por Arai et al. (2012) en una Cuenca Hidrográfica en el estado de Mato Grosso del Sur, bien como a la determinada por Borges et al. (2021a) para la Microrregión del Alto Pantanal Mato-Grossense, a pesar de situarse en el mismo estado brasileño. Esas discrepancias pueden estar asociadas al régimen pluviométrico, a las características del relevo, al tipo de vegetación nativa, al uso y ocupación del suelo, bien como a las particularidades de los ríos que drenan la Cuenca Hidrográfica. Sin embargo, los resultados del presente estudio pueden servir como fundamentos técnicos y soporte a los órganos de

gerenciamiento y control de recursos hídricos en esas regiones, pues pueden contribuir con el planeamiento eficiente y reducir los conflictos sociales para el uso racional del agua.

Es importante advertir que los municipios de la Microrregión Aripuanã no se encuadran en la categoría de usos insignificantes para las actividades de la ganadería lechera, conforme la Resolución N° 27, de 09 de Julio de 2009, emitida por el Consejo Estadual de Recursos Hídricos (CEHIDRO) de Mato Grosso (CEHIDRO-MT, 2009). En especial, lo dispuesto en el Artículo N° 8, segundo párrafo, pues en los cursos de agua hubo un flujo superior a $0,2 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ y la demanda mínima de consumo de agua fue mayor que $0,0005 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Luego, será necesario solicitar la otorga por parte de los productores rurales, responsables de los establecimientos destinados a la ganadería lechera, para el uso de los cuerpos hídricos superficiales de esa región sobre el dominio de Mato Grosso.

4 CONCLUSIÓN

La metodología aplicada fue apropiada para diagnosticar la proporción entre el consumo de agua en la producción lechera y la disponibilidad de agua de los ríos en la Microrregión Aripuanã. El agua requerida para el consumo por las vacas y en la limpieza de los establecimientos no comprometió la disponibilidad hídrica de los ríos en el citado territorio. En la zona geográfica se observó una elevada variabilidad espacial en el número de establecimientos, en la cantidad de animales y en la producción lechera, siendo que no hubo una relación proporcional directa entre esos tres factores.

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Nacional de Meteorología (INMET) por permitir la consulta a los datos climáticos de los municipios de Mato Grosso, Brasil. A la Agencia Nacional de Aguas y Saneamiento Básico (ANA) y al Sistema Nacional de Informaciones sobre Recursos Hídricos (SNIRH), portal HydroWeb por posibilitar la consulta a los datos fluviométricos. Al Instituto Brasileiro de Geografía y Estadística (IBGE) por la permisión al acceso de las bases cartográficas continuas y a los datos de la producción lechera.

REFERENCIAS

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, Stuttgart, v.22, n.6, p.711–728, 2013.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Cadernos de capacitação em recursos hídricos - volume 6**. Brasília: 2011. 54p.
- ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Manual de procedimentos técnicos e administrativos de outorga de direito de uso de recursos hídricos da agência nacional de águas**. Brasília: 2013. 249p.
- ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH). Portal HidroWeb**. 2021. Disponible en: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>
- ARAI, F. K.; PEREIRA, S. B.; GONÇALVES, G. G. Caracterização da disponibilidade hídrica em uma bacia hidrográfica. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.32, n.3, p.591-601, 2012.
DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-69162012000300018>
- BENEDETTI, E. **Ingestão e gasto de água no manejo do rebanho leiteiro**. Dissertação de Mestrado. Escola de Veterinária da UFMG. Belo Horizonte, 1986. 72p.
- BORGES, P. H. M.; CAVALCANTE, C. E.; MORAIS, P. H. M.; MENDOZA, Z. M. S. Monitoramento do ambiente térmico em salas de ordenha. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, Curitiba, v.4, n.2, p. 2796-2808, 2021b.
DOI: <http://doi.org/10.34188/bjaerv4n2-100>
- BORGES, P. H. M.; MENDOZA, Z. M. S. H.; MORAIS, P. H. M. Disponibilidade hídrica na microrregião do alto Pantanal Mato-grossense, Brasil. *Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais*, v.12, n.4, p.276-287, 2021a.
DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.004.0023>
- CAMPOS, A. T. Importância da água para bovinos de leite. Instrução Técnica para o produtor de leite, Nº 31. EMBRAPA – Gado de leite, 2006. 2p. Disponible en: <https://www.fcav.unesp.br/Home/departamentos/zootecnia/IZABELLEA.M.DEA.TEIXEIRA/agua.pdf>
- CARVALHO, L. S.; WILLERS, C. D.; SILVA, N. L.; SANTOS, L. S.; RODRIGUES, L. B. Avaliação do consumo de água durante a ordenha em um setor de bovinocultura leiteira de médio porte. **In:** ANAIS: XXXI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, Belo Horizonte, MG, Brasil, 04 a 07 de outubro de 2011. 8p. Disponible en: http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2011_TN_STO_143_903_19234.pdf
- CEHIDRO-MT - CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS – GOVERNO DO ESTADO DE MATO GROSSO. **Resolução Nº 27, de 09 de julho de 2009**. 2009.
Disponible en: <https://supremoambiental.com.br/wp-content/uploads/2018/07/resolucao-n-027-cehidro-2009-criterios-tecnicos-sobre-outorgas-superficiais-em-mt.pdf>
- CONEJO, J. G. L.; MARANHÃO, N.; BURNETT, J. A. B.; ANTUNES, B. Sobre um índice de disponibilidade hídrica aplicável à gestão dos recursos hídricos. **In:** ANAIS: XVIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, Campo Grande, MS, Brasil, 22 a 26 de novembro de 2009.

Disponível em: https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/110/86d54c77ce6b54ec0e65aa3cfeae4825_c36373eaae96149566fd59126b7e2f24.pdf

DADO, R. G.; ALLEN, M. S. Intake limitations feeding behavior and rumen function of cows challenged with rumen fill from dietary fiber or inert bulk. **Journal of Dairy Science**, v.78, n.1, p.118-133. 1995.

Disponível em:

[https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(95\)76622-X/pdf](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(95)76622-X/pdf)

FRANCISCO, C. N.; CARVALHO, C. N. Disponibilidade hídrica - da visão global às pequenas bacias hidrográficas: o caso de Angra dos Reis, no Estado do Rio de Janeiro. **Revista de Geociências**, v.3, n.3., 13p. 2004. Disponível em:

<https://www.comiteguandu.org.br/downloads/ARTIGOS%20E%20OUTROS/Disponibilidade%20hidrica%20da%20visao%20global%20as%20pequenas%20bacias%20hidrograficas%20o%20caso%20de.pdf>

GUERRA, M. G.; GALVÃO JÚNIOR, J. G. B.; RANGEL, A. H. N.; ARAUJO, V. M.; GUILHERMINO, M. M.; NOVAES, L. P. Disponibilidade e qualidade da água na produção de leite. **Acta Veterinaria Brasilica**, v.5, n.3, p.230-235, 2011. Disponível em:

<https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/acta/article/view/2308/5006>

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Agropecuário de 2017**. Rio de Janeiro: 2017. Disponível em:

https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/21814-2017-censo-agropecuario.html?utm_source=landing&utm_medium=explica&utm_campaign=producao_agropecuaria&t=downloads

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Comunicado Técnico - Pesquisa Pecuária Municipal 2020**. Rio de Janeiro, v.20, p.1-12, 2020. Disponível em:

https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm_2020_v48_br_informativo.pdf

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Bases Cartográficas Contínuas**. Rio de Janeiro: 2021. Disponível em:

<https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/bases-cartograficas-continuas.html>

INMET - INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **BDMEP: Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa**. Brasília: 2021. Disponível em:

<https://bdmep.inmet.gov.br/>

OLIVEIRA, J. P. C. A.; GONÇALVES, L. C.; JAYME, D. G.; DINIZ, T. H. F.; PIRES, F. P. A. A.; CÔRTEZ, I. H. G.; CRUZ, D. S. G.; SANTOS, D.; MOURA, A. M. Considerações sobre o consumo de água por bovinos. **Revista Nutri-Time**, v.13, n.1, p.4524-4528, Artigo 357, 2016. Disponível em:

<https://www.nutritime.com.br/site/artigo-357-consideracoes-sobre-o-consumo-de-agua-por-bovinos/>

PALHARES, J. C. P. Consumo de água na produção animal. Comunicado Técnico 102. EMBRAPA PECUÁRIA SUDESTE, 2013. 6p. Disponível em:

<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/971085/consumo-de-agua-na-producao-animal>

PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; MCMAHON, T. A. Updated world of the Köppen-Geiger climate classification. **Hydrology and Earth System Sciences**, Göttingen, v.11, n.5, p.1633-1644, 2007.

DOI: <https://doi.org/10.5194/hess-11-1633-2007>

PERISSINOTTO, M.; MOURA, D. J.; SILVA, I. J. O.; MATARAZZO, S. V. Influência do ambiente no consumo de água de bebida de vacas leiteiras. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.9, n.2, p.289-294, 2005.

DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662005000200022>

QGIS DEVELOPMENT TEAM. **QGIS Geographic Information System**. Open Source Geospatial Foundation Project. Versão 3.12.0-București. 2020.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Viena, Austria. Versão 3.5., 2020.

SABZI, H. Z.; MORENO, H. A.; FOVARGUE, R.; XUE, X.; HONG, Y.; NEESON, T. M. Comparison of projected water availability and demand reveals future hotspots of water stress in the Red River basin, USA. **Journal of Hydrology: Regional Studies**, v.26, Article 100638, 2019.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2019.100638>

SILVA, G. M. F.; ZANCHI, F. B.; SILVA, J. B. L.; BERNARDES, M. E. C. Disponibilidade Hídrica de uma Bacia Hidrográfica no Sul da Bahia. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.14, n.3, p.1597-1611, 2021.

DOI: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v14.3.p1597-1611>

SOARES, R. B.; CAMPOS, K. C. Uso e disponibilidade hídrica no Semiárido do Brasil. **Revista de Política Agrícola**, v.22, n.3, p.48-57, 2013. Disponível em:

<https://seer.sede.embrapa.br/index.php/RPA/article/view/767/724>

TORQUATO, I. A.; EL FARO, L.; MASCIOLI, A. S. Desempenho produtivo e curva de lactação de animais mestiços Holandês x Gir na região agreste de Pernambuco. **Boletim de Indústria Animal**, v.74, n.1, p.27-35, 2017. Disponível em:

<http://www.iz.sp.gov.br/bia/index.php/bia/article/view/536/pdf>

Fontes e doses de silício modificam parâmetros produtivos de milho BRS 3046



10.56238/cipcaebv1-007

Antônio Leonício Ferreira da Cruz

Graduado em Engenharia Agrônoma pela Universidade Estadual do Piauí,
Campus Poeta Torquato Neto
Instituição: Universidade Estadual do Piauí - UESPI
Endereço: LC Malhada das Pedras, S/N, Altos - PI
CEP: 64290-000
E-mail: alferreira92@gmail.com

Antônio Natanael Soares

Graduado em Engenharia Agrônoma pela Universidade Estadual do Piauí,
Campus Poeta Torquato Neto
Instituição: Universidade Estadual do Piauí - UESPI
Endereço: Rua João Cabral, 2231, Bairro Pirajá, Teresina
CEP: 64002-150
E-mail: natanaelsoares05@gmail.com

Ludmila Oliveira Campos

Graduando em Engenharia Agrônoma pela Universidade Estadual do Piauí,
Campus Poeta Torquato Neto
Instituição: Universidade Estadual do Piauí - UESPI
Endereço: Rua João Cabral, 2231, Bairro Pirajá, Teresina
CEP: 64002-150
E-mail: ludmilaocampos177@gmail.com

Daniel Gomes e Silva

Graduando em Engenharia Agrônoma pela Universidade Estadual do Piauí,
Campus Poeta Torquato Neto
Instituição: Universidade Estadual do Piauí - UESPI
Endereço: Rua João Cabral, 2231, Bairro Pirajá, Teresina
CEP: 64002-150
E-mail: ds2254678@gmail.com

Josué Chaves Ferreira

Graduado em Engenharia Agrônoma pela Universidade Estadual do Piauí,
Campus Poeta Torquato Neto
Instituição: Universidade Estadual do Piauí - UESPI
Endereço: Rua João Cabral, 2231, Bairro Pirajá, Teresina
CEP: 64002-150
E-mail: zechavesferreira@gmail.com

Fabrcio Custódio de Moura Gonçalves

Prof. Doutor do curso em Engenharia Agrônoma pela Universidade Estadual do Piauí, Campus Uruçuí, PI
Instituição: Universidade Estadual do Piauí - UESPI
Endereço: Rua Almir Benvindo, S/N, Bairro Malvinas, Uruçuí-PI, CEP: 64860-000
E-mail: fabriciocustodiodemouragoncalves@urc.uespi.br

Francineuma Ponciano de Arruda

Doutora em Agronomia Solos e Nutrição de Plantas pela Universidade Federal da Paraíba - UFPB, Campus II
Instituição: Universidade Estadual do Piauí - UESPI
Endereço: Rua João Cabral, 2231, Bairro Pirajá, Teresina
CEP: 64002-150
E-mail: neuma.arruda@cca.uespi.br

RESUMO

A adubação mineral com aplicação de silício pode aumentar a resistência e a produção de plantas. No entanto, apesar dos vários estudos com diferentes fontes de silício, as informações sobre o efeito desse elemento na cultura do milho são escassas e contraditórias. Dessa forma, o presente trabalho teve por objetivo avaliar o efeito de diferentes fontes e doses de silício sobre os parâmetros produtivos de milho verde, híbrido triplo BRS 3046, nas condições do município de Teresina, PI. Para tanto, foram conduzidos paralelamente dois experimentos em delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições. Em ambos os experimentos, aplicou-se cinco doses de silício, iguais a 0,0; 1,0; 2,0; 4,0 e 6,0 L ha⁻¹ de silicato de potássio e 0,0; 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0 kg ha⁻¹ de ácido silício. Foram avaliados altura de plantas, comprimento da espiga verde comercial, diâmetro da porção média da espiga verde comercial, peso médio de espigas, produtividade e porcentagem de espigas verdes comerciais. Dos resultados, verificou-se que o silicato de potássio e o ácido silício, respectivamente, nas doses de até 6,0 L ha⁻¹ e 2,0 kg ha⁻¹ não afeta o potencial produtivo de milho verde BRS 3046. No entanto, a aplicação foliar de 4 L ha⁻¹ de silicato de potássio aumenta o diâmetro da porção média da espiga verde empalhada. Observa-se também correlações positivas entre as variáveis estudadas, mas de fraca magnitude em ambos os ensaios. Conclui-se que, a aplicação de silicato de potássio é mais eficiente no incremento de índices produtivos de milho verde BRS 4036 nas condições edafoclimáticas do município de Teresina, PI.

Palavras-chave: *Zea mays* L.. Nutrição de plantas. Produtividade.

ABSTRACT

Mineral fertilization with silicon application can increase plant resistance and production. However, despite several studies with different sources of silicon, information on the effect of this element on corn is scarce and contradictory. Thus, the present work aimed to evaluate the effect of different sources and doses of silicon on the productive parameters of

green corn, triple hybrid BRS 3046, in the conditions of the municipality of Teresina, PI. For this purpose, two experiments were carried out in a randomized block design, with four replications. In both experiments, five doses of silicon were applied, equal to 0.0; 1.0; 2.0; 4.0 and 6.0 L ha⁻¹ of potassium silicate and 0.0; 0.5; 1.0; 1.5 and 2.0 kg ha⁻¹ of silicon acid. Plant height, commercial green ear length, diameter of the average portion of commercial green ear, average ear weight, productivity and percentage of commercial green ears were evaluated. From the results, it was found that potassium silicate and silicon acid,

respectively, at doses of up to 6.0 L ha⁻¹ and 2.0 kg ha⁻¹ do not affect the yield potential of green corn BRS 3046. However, the foliar application of 4 L ha⁻¹ of potassium silicate increases the diameter of the middle portion of the green stuffed ear. Positive correlations were also observed between the variables studied, but of low magnitude in both assays. It is concluded that the application of potassium silicate is more efficient in increasing yields of green corn BRS 4036 in soil and climate conditions in the municipality of Teresina, PI.

Keywords: *Zea mays* L.. Plant nutrition. Productivity.

1 INTRODUÇÃO

A cultura do milho (*Zea mays* L.) contribui para a segurança alimentar humana e animal, além disso, é utilizado na produção de diversos produtos industriais, como combustíveis, bebidas e polímeros (MIRANDA et al., 2018). Nas últimas décadas, o milho alcançou o patamar de maior cultura agrícola do mundo, superando a marca de 1 bilhão de toneladas, acima de concorrentes como arroz e trigo (CONTINI et al., 2019).

No Brasil, o milho é cultivado em todas as regiões, sendo o país o terceiro maior produtor e o segundo maior exportador de milho. Na safra 2021/2022 a produção nacional superou a marca de 117 milhões de toneladas de grão de milho, com uma produtividade média de 5.596,00 kg ha⁻¹ (CONAB, 2021). No entanto, o cultivo dessa espécie, especialmente na região Nordeste, com exceção das áreas de cerrado da Bahia, Maranhão e Piauí onde observa-se uso de técnicas modernas para o cultivo de grãos (CAIXETA et al., 2010), ocorre de forma pulverizada, em pequenas propriedades, sem assistência técnica, preparo do solo ou adubação adequada.

Além de fatores adversos do meio, o ataque de pragas contribui para a baixa produtividade da cultura. Para Valderrama et al. (2011), dentre os principais fatores que contribuem para a baixa produtividade do milho destacam-se o clima, o potencial genético da cultura, o manejo de nutrientes e a fertilidade do solo. Nesse caso, uma das formas de se aumentar a produtividade da cultura é, sem dúvida, a nutrição adequada, considerando a quantidade e o balanço dos nutrientes.

Dentre os nutrientes requeridos, o silício (Si), embora não seja considerado um elemento essencial para as plantas, tem proporcionado incrementos de produtividade em gramíneas, como arroz, cana-de-açúcar, sorgo, milheto, aveia, trigo e milho (SILVA, 2009). O Si atua como um importante componente na melhoria do estado nutricional e nas propriedades físicas e químicas do solo. Adicionalmente, ação benéfica do Si tem sido associada a diversos efeitos indiretos, dentre os quais se destacam: aumento na eficiência de aproveitamento e uso da energia solar e, conseqüentemente, aumento da capacidade fotossintética, redução da transpiração, aumento da resistência mecânica das células, aumento da resistência das plantas a insetos e doenças, redução da acumulação tóxica de Manganês (Mn), ferro (Fe) e alumínio (Al), além de elevar a absorção e metabolismo do fósforo (P) (SADIM et al., 2010; YAGHUBI et al., 2019). Segundo Figueiredo

et al. (2010) o fornecimento de Si via foliar em pequenas quantidades, além de proporcionar efeitos benéficos às culturas, pode ser uma opção viável para as plantas, estimulando sua absorção e de outros nutrientes, refletindo em maior produção.

Dessa forma, a adubação mineral com Si na cultura do milho poderá elevar o grau de resistência das plantas e afetar a biologia e o comportamento alimentar das pragas, tendo como consequência a redução das infestações e prejuízos causados por estas, podendo ainda estimular o crescimento, resultando em aumento de altura e diâmetro do colmo e ganhos de produtividade e qualidade do milho (COSTA et al., 2009; SOUZA et al., 2015; MANIVANNAN; AHN, 2017). Ferreira et al. (2022) verificaram que o número de lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*) por espiga diminuem com o aumento das doses de silicato de potássio (K_2SiO_3), tanto via foliar como aplicado no solo, reforçando a ação benéfica do K_2SiO_3 sobre a incidência de lagartas em espigas de milho verde BRS 3046.

O potencial efeito do Si, entretanto, depende da escolha da fonte e da dose aplicada. Em geral, a aplicação de maiores doses de Si possibilita melhores respostas de plantas e, assim sendo, os fatores limitantes das doses são a relação custo/benefício e a capacidade corretiva dos silicatos, podendo elevar o pH acima do desejado e provocar desequilíbrios nutricionais por reações de insolubilização (REIS et al., 2007; SORATTO et al. 2012). Apesar disso, estudos relatam que a aplicação de Si na forma de ácido silício e em baixas concentrações melhora a absorção de nutrientes pelas plantas (SORATTO et al., 2012). Ferreira et al. (2022) demonstram que à aplicação de silicato de potássio (K_2SiO_3), via solo e foliar, não influencia o peso médio de espigas e a produtividade de plantas de milho verde BRS 3046. Dessa forma, estudos com diferentes fontes de Si, revelam efeitos controverso com esse elemento. Liang et al. (2015) afirmam que não há evidências de que as plantas possam absorver Si por meio das folhas, e que as aplicações foliares não contribuem para quantidades significativas de absorção desse elemento em comparação à absorção radicular, fato que gera especulações sobre o assunto.

Dessa forma, o presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito de fontes e doses de silício sobre os parâmetros produtivos de milho verde BRS 3046, nas condições do município de Teresina, PI.

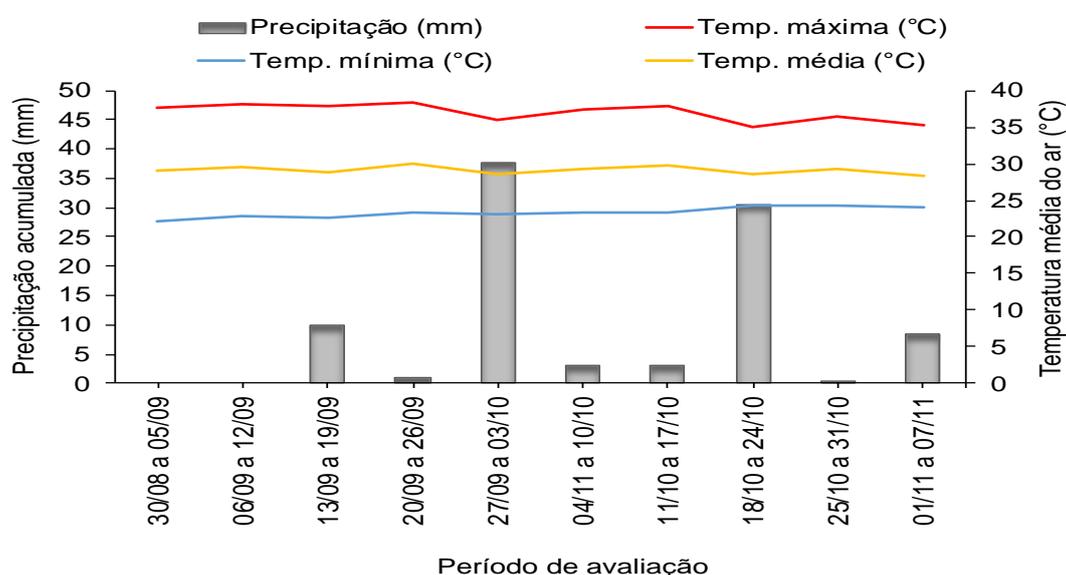
2 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos, no período de agosto a novembro de 2021, em uma área do Colégio Técnico de Teresina (CTT) da Universidade Federal do Piauí (UFPI), município de Teresina - PI (05°05' 2" S; 42°48'42" O e 72 m de altitude). O clima do município, segundo a classificação climática de Köppen, é do tipo Aw' (tropical subúmido quente) com duas estações definidas, seca, de junho a novembro e chuvosa, de dezembro a maio (ANDRADE JÚNIOR et al., 2004). As chuvas se concentram nos meses de janeiro a abril, com precipitação média anual de 1.393,2 mm, temperatura média anual do ar de 27,1 °C e umidade relativa média anual do ar de 70% (INMET, 2009).

Os dados de precipitação e temperatura foram registrados por meio de uma estação meteorológica

automática, com temperatura média semanal de 29,1 °C (mínima de 23,3 °C e máxima de 37 °C) e precipitação acumulada de 94,5 mm (Figura 1).

Figura 1 - Precipitação acumulada e temperatura média semanal durante experimento. Teresina, PI, 2021.



O solo da área, classificado como ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico (EMBRAPA, 2013), textura arenosa e relevo suave ondulado, apresenta as seguintes características químicas (Tabela 1).

Tabela 1 - Características químicas do solo da área do CTT/UFPI. Teresina - PI, 2021.

Prof. (cm)	Análise química									
	Ph	MO	P	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	H ⁺ +Al ³⁺	SB	CTC	V
	H ₂ O	%		mg dm ⁻³			Cmol _c dm ⁻³		%	
0-20	6,4	1,7	17,0	1,3	0,6	0,05	1,0	1,95	2,95	66,10

Fonte: Laboratório de Análise de Solo UNITHAL – Tecnologia Com. Prod. Agrop. Ltda. MO: Matéria orgânica

Para avaliar o efeito das fontes de silício (Si) foram conduzidos paralelamente dois experimentos, um com diferentes doses de Silicato de Potássio (12% de Si), e um outro com diferentes doses de ácido silício (42% de Si). Em ambos os experimentos adotou-se delineamento experimental em blocos ao acaso, com cinco tratamentos e quatro repetições, perfazendo um total de 20 parcelas experimentais. Nas parcelas do experimento I foram avaliadas cinco doses de silicato de potássio, iguais a 0,0; 1,0; 2,0; 4,0 e 6,0 L ha⁻¹ e nas parcelas do experimento II, cinco doses de ácido silício, iguais a 0,0; 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0 kg ha⁻¹.

Cada unidade experimental, com dimensões de 2,40m de largura e 4,40m de comprimento (10,56 m²) continha quatro fileiras de plantas com três plantas por metro linear, espaçadas 0,60 m entre linhas. Para a obtenção dos dados foram utilizadas as duas fileiras centrais do milho, eliminando-se 1,0 m nas extremidades de cada fileira e as bordaduras, perfazendo uma área útil de 4,8 m² por parcela.

Para avaliar os efeitos das fontes e doses de Si utilizou-se o híbrido triplo BRS 3046, conhecido popularmente como saboroso e recomendado para produção de milho verde no Nordeste e outras regiões,

em períodos de safras e safrinhas, sem restrições de altitude, podendo ser utilizado também para produção de grãos e silagem. É um híbrido de ciclo superprecoce, com florescimento masculino em torno de 60,5 dias, grãos dentados, espigas grandes, comprimento médio de 18 cm e bem empalhadas, e dependendo das condições climáticas, com uma janela de colheita por volta de cinco dias (EMBRAPA, 2018).

O sistema de preparo de solo adotado foi o de plantio direto, com semeadura manual sobre a palhada de *Crotalaria juncea*, previamente dessecada com o uso de herbicida (Glifosato (720 g i.a. L⁻¹)), na dosagem equivalente a 2,67 kg ha⁻¹ do i.a. (sal de di-amônio de glifosato). Na semeadura foram colocadas duas sementes de milho por cova, sendo o desbaste realizado 15 dias após a emergência (DAE), quando as plantas apresentavam de duas a três folhas totalmente expandidas, deixando-se uma planta por cova.

As dosagens supracitadas de silicato de potássio e ácido silício ocorreu por meio de teste preliminar e aos 15, 30 e 45 DAE, quando as plantas atingiram os estádios fisiológicos, respectivamente, V3 (três folhas totalmente expandidas), V6 (seis folhas totalmente expandidas) e V9 (nove folhas totalmente expandidas). O silicato de potássio foi aplicado via adubação foliar e o ácido silício foi diluído em água e aplicado via solo, no colo das plantas. Para aplicação de ambas as fontes de silício e suas respectivas dosagens, utilizou-se um pulverizador pressurizado com CO₂, e volume de calda equivalente a 200 L ha⁻¹.

Durante a condução dos ensaios, adotou-se sistema de irrigação por aspersão convencional, com tubulação de distribuição contendo um aspersor para cada quatro parcelas. As plantas foram irrigadas diariamente, de acordo com a necessidade hídrica da cultura e as condições climáticas da região. A água utilizada para irrigação foi recalcada de um reservatório com capacidade para 100 m³, localizado a 50 m da área experimental, sendo esta proveniente de um poço tubular, e classificada como C₂S₁ (Água de moderada salinidade e pouco risco a sodicidade).

Realizou-se duas capinas manuais, a primeira logo após o desbaste das plantas e a segunda, 15 dias após a primeira capina. A colheita de forma manual, aconteceu aos 70 dias após o plantio, quando cerca de 50% das espigas da área útil atingiram o estágio de grão leitoso (R3), com cerca de 70 a 80% de umidade.

Nas plantas da área útil de cada parcela, determinou-se: altura da planta (AP, cm), medindo-se o comprimento das plantas, do nível do solo até a extremidade da última folha lançada, com o auxílio de uma fita métrica; diâmetro da porção média da espiga verde comercial (DIAM., cm), com auxílio de um paquímetro; comprimento da espiga verde comercial (COMP., cm) determinada da base até a extremidade final, mediante uso de régua graduada em milímetros; produtividade (PROD., Mg ha⁻¹), por meio do peso médio das espigas verdes empalhadas (PME, g) produzidas na área útil de cada parcela, extrapolando-se o resultado para produtividade por tratamento e a porcentagem de espigas verdes comerciais (EVC, %), pela razão entre o número de espigas comerciais e o número total de espigas. Como espigas comerciais foram consideradas aquelas com tamanho superior a 15cm de comprimento e diâmetro superior a três cm, granadas, livres de danos de pragas e doenças (ALBUQUERQUE et al., 2008).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) por meio do programa Sisvar[®] versão 5.7 (FERREIRA, 2019) e as médias, quando significativas, ajustadas a modelos de regressão, de

acordo com os critérios de significância do modelo ($p \leq 0,05$), e da estimativa do coeficiente de determinação (R^2). São mostrados apenas os modelos e as equações com os melhores ajustes.

Para avaliar a correlação entre as variáveis, elaborou-se uma matriz de correlação de Pearson pelo programa R Core Team (2021), versão 4.0 e pelo software *jamovi*, versão 2.2, identificando as correlações significativas de interesse por meio da classificação de interpretação, conforme os coeficientes de correlação (r): forte (0,70 a 0,90) e muito forte (0,91 a 1,0), positiva ou negativa.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 POTENCIAL DO SILICATO DE POTÁSSIO SOBRE PARÂMETROS PRODUTIVOS DO MILHO BRS 3046

Dos resultados obtidos verifica-se que, exceto para a variável diâmetro da espiga verde empalhada (DIAM), não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre as doses de silicato de potássio para os parâmetros relacionadas aos componentes de produção do milho, BRS 3046 (Tabela 2). Esse resultado pode estar relacionado a quantidade utilizada do produto, ou seja, doses de silício inferior do valor crítico recomendado para atender a necessidade da cultura.

Tabela 2 - Altura de plantas (AP, cm), comprimento (COMP., cm), diâmetro (DIAM., cm), peso médio de espigas (PME, g), produtividade (PROD., Mg ha⁻¹) e porcentagem de espigas verdes comerciais (EVC, %) de milho BRS 3046 adubadas com silicato de potássio. Teresina, PI. 2021. Valores médios.

Doses de silicato de potássio	AP	COMP	DIAM	PME	PROD	EVC
(L ha ⁻¹)	-----	cm -----		-- g --	Mg ha ⁻¹	-- % --
0,0	121,75	18,36	4,57	172,05	8,71	75,54
1,0	128,25	19,61	4,93	242,50	12,10	85,50
2,0	129,75	18,03	4,93	215,75	9,57	93,67
4,0	124,25	19,11	5,00	214,43	9,82	93,99
6,0	125,00	17,88	4,97	220,48	9,72	83,47
Teste F	ns	ns	*	ns	ns	ns
CV (%)	7,08	6,07	3,89	20,63	22,99	14,63

Fonte: Autores (2021).

CV - Coeficiente de variação.

ns - não significativo, *não significativo e **significativo, respectivamente, a 5 e 1% de probabilidade.

Para a AP, o valor máximo obtido de 129,75 cm com a dose de 2,0 L ha⁻¹ encontra-se abaixo da altura característica do BRS 3046, que é de 204 cm (EMBRAPA, 2018), podendo ser reflexo do baixo desenvolvimento da cultura nas condições ambientais de cultivo com distribuição pluvial desuniforme (Figura 1), apesar da irrigação da área. No entanto, esse resultado condizem com Sousa (2021) ao observar que a aplicação de silício em BRS 3046 não afetou a altura das plantas.

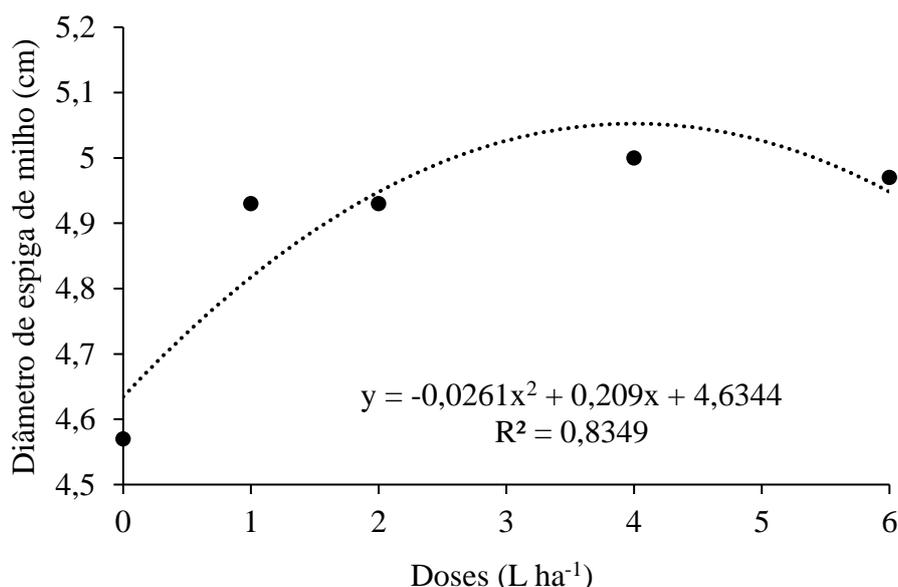
Em relação ao peso médio e a produtividade de espigas verdes comerciais, verifica-se que, independentemente do efeito do silício, a média geral obtida foi respectivamente, 213 g e 10 Mg ha⁻¹, também inferior do PME e da produtividade do híbrido BRS 3046, que segundo a Embrapa (2018) pode

chegar até 291 g e 12,7 Mg ha⁻¹, respectivamente, de peso médio e produtividade de espigas verdes comerciais na dependência do manejo.

Trabalho realizado por Ferreira et al. (2022) verificaram que à aplicação de silicato de potássio (K₂SiO₃), via solo e foliar, não influencia o peso médio de espigas e a produtividade de plantas de milho verde, BRS 3046, nas condições edafoclimáticas do município de Teresina, PI. No entanto, esses autores observaram efeito isolado (p<0,05) das doses de K₂SiO₃ sobre o teor de clorofila no ano 2020. Sousa et al. (2010) constataram aumento na produtividade da cultura do milho com aplicação de silício via foliar.

Para a variável diâmetro (DIAM) houve diferença significativa (p<0,05) entre as plantas testemunhas e as doses de silicato de potássio, sendo obtido o maior diâmetro de espiga verde empalhada, ou seja, de 5,0 cm com a dose de 4,0 L ha⁻¹ de silicato de potássio (Figura 2). Esse resultado reflete a ação positiva do silicato de potássio sobre o diâmetro da espiga verde empalhada. Miranda et al. (2018) observaram maior comprimento e diâmetro de espiga de milho com aplicação de silício, via solo e de forma parcelada.

Figura 2 - Diâmetro da porção média da espiga verde comercial (cm) de milho BRS 3046 adubado com silicato de potássio. Teresina, PI. 2021.



3.2 POTENCIAL DO ÁCIDO SILÍCIO SOBRE PARÂMETROS PRODUTIVOS DO MILHO BRS 3046

A forma de aplicação de ácido silício não resulta em diferença significativa (p>0,05) entre as doses testadas para nenhum dos parâmetros relacionados aos componentes de produção do milho, BRS 3046, ou seja, altura de plantas (AP), comprimento (COMP), diâmetro (DIAM), peso médio de espigas (PME), produtividade (PROD) e porcentagem de espigas verdes comerciais (EVC, %) (Tabela 3). Provavelmente, as doses de ácido silício, assim como as doses de silicato de potássio utilizadas no experimento estejam abaixo do valor crítico recomendado para atender a necessidade do milho, além da interferência do fator ambiente. Epstein e Bloom (2005) afirmam que o conteúdo de silício em plantas é variável, dependendo

das espécies e das condições de cultivo. Segundo Ohland et al. (2005), o comprimento e o diâmetro de espiga são características fundamentais no potencial de produtividade da cultura do milho. O diâmetro de espiga está diretamente ligado com enchimento de grãos e número de fileiras de grãos por espiga, que também sofrem influência do genótipo.

Tabela 3 - Altura de plantas (AP, cm), comprimento (COMP., cm), diâmetro (DIAM., cm), peso médio de espigas (PME, g), produtividade (PROD., Mg ha⁻¹) e porcentagem de espigas verdes comerciais (EVC, %) de milho BRS 3046 adubadas com ácido silício. Teresina, PI. 2021. Valores médios.

Doses de ácido silício	AP	COMP	DIAM	PME	PROD	EVC
(kg ha ⁻¹)	----- cm -----			-- g --	Mg ha ⁻¹	-- % --
0,0	123,25	18,11	4,76	198,52	9,75	92,47
0,5	127,75	18,96	4,86	207,72	8,52	88,65
1,0	123,00	17,78	4,68	187,12	9,90	80,38
1,5	127,50	18,83	4,96	202,84	9,80	88,71
2,0	134,25	18,55	4,81	205,99	10,17	91,02
Teste F	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	8,30	4,91	6,48	19,71	33,82	13,09

Fonte: Autores (2021).

CV - Coeficiente de variação.

ns - não significativo, *não significativo e **significativo, respectivamente, a 5 e 1% de probabilidade.

Dos resultados (Tabela 3), observa-se que, independentemente do efeito do ácido silício, o peso médio de espigas (200 g) e a produtividade média de espigas verdes comerciais (9,6 Mg ha⁻¹), semelhante ao experimento I, com silicato de potássio está abaixo do potencial de produtividade do híbrido avaliado, que segundo a Embrapa (2018) pode chegar até 291 g e 12,7 Mg ha⁻¹, respectivamente, de peso médio de espigas (200 g) e produtividade média de espigas verdes comerciais, dependendo do manejo.

3.3 CORRELAÇÃO DOS PARÂMETROS PRODUTIVOS

Na tabela 4, são apresentadas as correlações entre as variáveis de crescimento e produção do milho BRS 3046, adubado com silicato de potássio (superior) e ácido silício (inferior), onde pode-se notar que a variável altura de planta apresentou correlação positiva e de forte magnitude apenas para a variável peso médio de espiga no segundo ensaio avaliado ($r = 0,824^{**}$). As variáveis altura de planta e peso médio da espiga apresentaram alta correlação pelo fato que quanto maior a altura de planta, maior o incremento em desenvolvimento, consequentemente maior espiga. As variáveis produtividade e peso médio de espiga também apresentaram correlação positiva e de forte magnitude para ambos os ensaios, com $r = 0,739^{**}$ e $r = 0,869^{**}$, respectivamente, I e II, pois o peso médio de espigas influencia diretamente a variável produtividade da cultura, e o maior peso das espigas, eleva a produção por parcela.

Tabela 4 - Coeficientes de correlações de Pearson sobre os parâmetros avaliados, altura de plantas (AP, cm), comprimento (COMP., cm), diâmetro (DIAM., cm), peso médio de espigas (PME, g), produtividade (PROD., Mg ha⁻¹) e porcentagem de espigas verdes comerciais (EVC, %) de milho BRS 3046 adubado com silicato de potássio (superior) e ácido silício (inferior). Teresina, PI. 2021.

Parâmetros avaliados	AP (cm)	COMP (cm)	DIAM (cm)	PME (g)	PROD. (Mg ha ⁻¹)	EVC (%)
AP (cm)	-	0,468*	0,284 ^{ns}	0,627**	0,629**	0,575**
COMP (cm)	0,237 ^{ns}	-	-0,023 ^{ns}	0,363 ^{ns}	0,468*	0,558*
DIAM (cm)	0,617**	0,766**	-	0,608*	0,428 ^{ns}	0,232 ^{ns}
PME (g)	0,824**	0,569**	0,778**	-	0,869**	0,550*
PROD (Mg ha ⁻¹)	0,487*	0,361 ^{ns}	0,499*	0,739**	-	0,385 ^{ns}
EVC (%)	0,186 ^{ns}	0,320 ^{ns}	0,212 ^{ns}	0,351 ^{ns}	0,605**	-

Fonte: Autores (2021).

ns - não significativo, *não significativo e **significativo, respectivamente, a 5 e 1% de probabilidade.

A variável diâmetro de espiga apresentou uma correlação forte e positiva com a variável peso médio de espigas apenas para o segundo ensaio ($r = 0,778^{**}$).

Observa-se para as variáveis diâmetro e peso de espigas correlação variando entre os dois ensaios, sendo que no ensaio com silicato de potássio a correlação foi de $r = 0,608^*$ e com ácido silício de $r = 0,778^{**}$. Essa correlação entre as variáveis diâmetro de espiga e peso de espiga indica que o diâmetro da espiga influencia na produtividade final, resultado do maior diâmetro e peso de espiga. As variáveis diâmetro e comprimento de espiga apresentam correlação positiva e de forte magnitude para o ensaio com aplicação de ácido silício ($r = 0,766^{**}$), pois o comprimento da espiga não influencia diretamente o seu diâmetro, o comprimento de uma espiga não é proporcional ao seu diâmetro. No ensaio com silicato de potássio a correlação existente foi negativa e de fraca magnitude, ou seja, $r = -0,023^{ns}$.

Deve-se acrescentar que em algumas pesquisas realizadas para avaliar o crescimento, o acúmulo de matéria seca e a absorção de nutrientes pelo milho tem-se observado que os novos híbridos, inclusive o milho BRS 3046, lançados no mercado têm uma maior eficiência de uso dos nutrientes, sendo necessário menor quantidade de adubo para produzir uma tonelada de grãos (SILVA et al., 2018).

4 CONCLUSÃO

Conclui-se que fontes e doses de silício afeta discretamente o potencial produtivo de milho verde BRS 4036 nas condições edafoclimáticas do município de Teresina, PI.

De maneira em geral, a aplicação via foliar de silicato de potássio é mais eficiente em modificar positivamente parâmetros de produtividade de milho verde BRS 4036, como incremento de diâmetro da porção média da espiga verde empalhada.

As correlações observadas entre as variáveis estudadas foram positivas, mas de fraca magnitude para ambos os ensaios.

AGRADECIMENTOS

Ao Diretor do Colégio Técnico de Teresina - CTT, pela cessão da área, a Universidade Estadual do Piauí - UESPI pela Bolsa de Iniciação Científica e a Empresa Diatom Mineração Ltda pela doação das fontes de silício (Silicato de Potássio e Ácido Silício).

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, C. J. B.; VON PINHO, R. G.; SILVA, R. Produtividade de híbridos de milho verde experimentais e comerciais. **Bioscience Journal**, v. 24, n. 2, p. 69-76, 2008.
- ANDRADE JÚNIOR, A. S.; BASTOS, E. A.; CARDOSO, M. J.; SILVEIRA JÚNIOR, D.M. Zoneamento de risco climático para a cultura do milho no Estado do Maranhão. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.12, n.2, p.369-377, 2004.
- CAIXETA, D. F.; FAGAN, E. B.; SILVA, C. P. L.; MARTINS, K. V.; ALVES, V. A. B.; SILVA, R. B.; GONÇALVES, L. A. Crescimento da plântula de milho à aplicação de inseticida na semente sob diferentes disponibilidades hídricas. **Revista da FVZA**, v.17, n.1, p.78-87. 2010.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da Safra Brasileira – Grãos. **Monitoramento agrícola - Safra 2021/22**, v. 9, n.3. Brasília, DF: CONAB, 2021. 100p.
- CONTINI, E.; MOTA, M. M.; MARRA, R.; BORGHI, E.; MIRANDA, R. A.; SILVA, A. F.; SILVA, D. D.; MACHADO, J. R. de A.; COTA, L. V.; COSTA, R. V.; MENDES, S. M. Milho - Caracterização e Desafios Tecnológicos. In: SÉRIE DESAFIOS DO AGRONEGÓCIO. 2019. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/195075/1/Milho-caracterizacao.pdf>. Acesso em: 25 jan. 2022.
- COSTA, R. R.; MORAES, J. C.; COSTA, R. R. Interação silício imidacloprid no comportamento biológico e alimentar de *Schizaphis graminum* (Rond.) (Hemiptera: Aphididae) em plantas de trigo. **Ciência e Agrotecnologia**, v.33, p.455-460, 2009.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed., ver. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353 p.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Híbrido BRS 3046 amplia mercado do milho verde**. 2018. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/31597511/hibrido-brs-3046-amplia-mercado-do-milho-verde>>. Acesso em: 05 dez. 2021.
- EPSTEIN, E.; BLOOM, A. **Nutrição Mineral de Plantas: Princípios e Perspectivas**. Tradução: Maria Edna Tenório Nunes. Londrina: Planta, 2005. 403p.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, v. 37, n. 4, p. 529-535, 2019.
- FERREIRA, J. C.; MENDES, E. R. F.; SILVA, D. G. E.; SOUSA, T. S.; GONÇALVES, F. C. M.; ARRUDA, F. P. Silicato de potássio como fonte de nutriente e resistência do milho (*Zea mays* L.) a lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda*. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, p. 42979-42994, 2022.
- FIGUEIREDO, F. C.; BOTREL, P. P.; TEIXEIRA, C. P.; PETRAZZINI, L. M.; CARVALHO, J. G. Pulverização foliar e fertirrigação com silício nos atributos físico-químicos de qualidade e índices de coloração do morango. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 5, p.1306-1311, 2010.
- INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola**. Brasília: INMET, 2009. 530 p. Disponível em: http://www.inmet.gov.br/portal/css/content/home/publicacoes/agrometeorologia_dos_cultivos.pdf. Acesso em: 02 jan. 2022.

- LIANG, Y.; NIKOLIC, M.; BÉLANGER, R.; GONG, H.; SONG, A. Silicon and Plant-Pathogen Interactions. *In: Silicon in Agriculture: From Theory to Practice*. Dordrecht: Springer, 2015. p.181-196.
- MANIVANNAN, A.; AHN, Y. K. Silicon regulates potential genes involved in major physiological processes in plants to combat stress. **Frontiers in Plant Science**, v. 8, p.1346, 2017.
- MIRANDA, P. S.; TAMARA ROCHA MORAES, T. R.; SANTOS, J. R. E. Aplicação de silício na cultura do milho. **Revista Ciências Agroambientais**, v.16, n.1, 2018.
- OHLAND, R. A. A.; SOUZA, L. C. F.; HERNANI, L. C.; MARCHETTI, M. E. E.; GONÇALVES, M. C. Culturas de cobertura do solo e adubação nitrogenada no milho em plantio direto. **Ciência Agrotécnica**, 29, 538-544, 2005.
- REIS, T. H. P.; GUIMARÃES, P. T. G.; FIGUEIREDO, F. C.; POZZA, A. A. A.; NOGUEIRA, F. D.; RODRIGUES, C. R. **O silício na nutrição e defesa de plantas**. Belo Horizonte: EPAMIG, 2007.
- SADIM, A. S. S.; RIBON, A. A.; DIOGO, L. O. *et al.* Doses de silício na produtividade do milho (*Zea mays* L.) híbrido simples na região de Campo Grande – MS. **Cultivando o saber**, v. 3, n.1, p.171-178, 2010.
- SILVA, A. C. A. **Efeito do silício aplicado no solo e em pulverização foliar na incidência da lagarta do cartucho na cultura do milho**. 2009. 67 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Proteção de plantas) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2009.
- SILVA, C. G. M.; RESENDE, A. V.; GUTIÉRREZ, A. M.; MOREIRA, S. G.; BORGHI, E.; ALMEIDA, G. O. Macronutrient uptake and export in transgenic corn under two levels of fertilization. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 53, n. 12, p. 1363-1372, 2018.
- SORATTO, R. P.; CRUSCIOL, C. A. C.; CASTRO, G. S. A.; COSTA, C. H. M.; NETO, J. F. Leaf application of silicic acid to white oat and wheat. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 5, p. 1538-1544, 2012.
- SOUSA, J. V.; RODRIGUES, C. R.; LUZ, J. M. Q.; SOUSA, V. B. F.; CARVALHO, P. C.; RODRIGUES, T. M.; BRITO, C. H. Silicato de potássio via foliar no milho: fotossíntese, crescimento e produtividade. **Bioscience Journal**, v. 26, p. 502-513, 2010.
- SOUZA, J. P. F.; MARTINS, G. L. M.; PEREIRA, A. C.; BINOTTI, F. F. S.; MARUYAMA, W. I. Efeito de silicato de cálcio e magnésio no crescimento inicial de milho transgênico. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 2, n.3, p. 13-17, 2015.
- THE JAMOVI PROJECT (2021). *jamovi*. (Version 2.2) [Computer Software]. Retrieved from <<https://www.jamovi.org>>. Acesso em: 02 jan. 2022.
- VALDERRAMA M.; BUZETTI, S.; BENETT, C. G. S.; ANDREOTTI, M.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M. Fontes e doses de NPK em milho irrigado sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, n. 2, p. 254-263, 2011.
- YAGHUBI, K.; VAFAEE, Y.; GHADERI, N.; JAVADI, T. Potassium silicate improves salinity resistant and affects fruit quality in two strawberry cultivars grown under salt stress. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 50, n. 12, p.1439-1451, 2019.

Estado da arte sobre os efeitos da radiação não ionizante para a saúde a partir de estudos experimentais com animais

Crossref  10.56238/cipcaebv1-008

Moisés da Costa Cunha

Acadêmico de Medicina na Universidade Anhanguera Uniderp (UNIDERP)
E-mail: moisescunha77@gmail.com

Kevin Lucas Oliveira Barboza

Acadêmico de medicina na UNIDERP
E-mail: kevinbarboza03@gmail.com

Larissa Suellen Gil Borges

Acadêmica de medicina na UNIDERP
E-mail: larissasuellenborges21@gmail.com

Eliéverson Guerchi Gonzales

Mestre em Ensino de Ciências pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul e professor do curso de medicina da UNIDERP
E-mail: elieverson@anhanguera.com

Luciana Paes de Andrade

Doutora em Ciências pela Universidade de São Paulo e professora do curso de medicina da UNIDERP
E-mail: luciana.andrade@uniderp.com.br

RESUMO

A Radiação Não Ionizante (RNI) concerne em um espectro da radiação que não contém energia suficiente para retirar elétrons de átomos, mas pode romper ligações químicas e dissociar moléculas. Estudos com humanos já descobriram o potencial deletério à saúde que esse tipo de radiação pode ter, mas ainda poucos são os estudos em modelos animais que expliquem os mecanismos microbiológicos desses fenômenos. Assim, o presente estudo visa discutir o estado da arte nacional e internacional sobre os efeitos da RNI em modelos animais. Esse estudo constitui uma revisão integrativa realizada em 9 bases de dados por 4 revisores independentes pareados em duplas. Foram considerados estudos publicados a partir de 2009, redigidos em inglês ou português, disponíveis na íntegra, de caráter experimental, que utilizassem como amostragem animais e como intervenção a RNI. Ao final do processo de busca, 11 artigos foram incluídos na revisão. Os estudos tiveram como principais achados de efeitos deletérios da RNI nos animais estudados: queda da glicose sérica; aumento de catecolaminas; alterações espermatogênicas;

predisposição a estados oxidativos; alterações gênicas hipocâmpais; aumento da ansiedade; e queda da memória de longo prazo. Em contrapartida, alguns efeitos benéficos foram encontrados: aumento de substâncias que auxiliam na restauração de tecidos hematopoiéticos e de enzimas reguladoras do ciclo celular e reparadoras de danos ao DNA; além de métodos de tratamento para câncer. Assim, percebeu-se que muitos são os efeitos maléficos das RNI à saúde, contudo sua capacidade de gerar dano está relacionada a forma de uso e meios de exposição.

Palavras-chave: Ondas Eletromagnéticas, Revisão, Impactos na Saúde, Energia Eletromagnética.

ABSTRACT

Non-Ionizing Radiation (NIR) concerns a spectrum of radiation that does not contain enough energy to remove electrons from atoms, but can break chemical bonds and dissociate molecules. Human studies have already discovered the deleterious potential to health that this type of radiation can have, but there are still few studies in animal models that explain the microbiological mechanisms of these phenomena. Thus, the present study aims to discuss the national and international state of the art on the effects of RNI in animal models. This study constitutes an integrative review conducted in 9 databases by 4 independent reviewers paired in pairs. We considered studies published from 2009, written in English or Portuguese, available in full, of experimental nature, that used animals as a sample and as intervention the INR. At the end of the search process, 11 articles were included in the review. The studies had as main findings of deleterious effects of the INR in the animals studied: decrease in serum glucose; increase in catecholamines; spermatogenic alterations; predisposition to oxidative states; hippocampal gene alterations; increase in anxiety; and decrease in long-term memory. On the other hand, some beneficial effects were found: an increase in substances that help restore hematopoietic tissues and in enzymes that regulate the cell cycle and repair DNA damage; and methods of treatment for cancer. Thus, it was realized that many are the harmful effects of RNI to health, however its ability to generate damage is related to the form of use and means of exposure.

Keywords: Electromagnetic Waves, Review, Health Impacts, Electromagnetic Energy.

1 INTRODUÇÃO

A radiação não-ionizante (RNI) concerne em um espectro da radiação que não contém energia suficiente para retirar elétrons de átomos, isto é, incapaz de produzir ionizações, mas pode romper ligações químicas e, conseqüentemente, dissociar moléculas (MARTIN et al., 2013). Esta é gerada através de um campo eletromagnético que é originado pela relação entre campos elétricos e magnéticos que alternam perpendicularmente gerando uma transposição de energia, tal fenômeno é denominado vetor de Poyting (MARTIN et al., 2013).

Existem subtipos de ondas eletromagnéticas, os principais são os de frequência extremamente baixa, tendo como principais exemplos da categoria as ondas de rádio advindas de redes elétricas e eletrônicos. Existe, também, o micro-ondas e as radiofrequências, que estão situadas abaixo do espectro infravermelho, exemplificadas pelas Estações de Rádio Base (ERB) e telefones celulares (INCA, 2019).

Diversos estudos investigam efeitos da RNI na saúde humana, como Cunha et al. (2021) que obteve resultados importantes de alterações desde psiquiátricas à neurológicas e metabólicas; sendo evidenciados níveis aumentados de citocinas em áreas corporais expostas cronicamente à RNI, logo, percebeu-se o desenvolvimento de uma resposta inflamatória crônica. Além destes dados, notou-se, também, a evidência de irritabilidade, dificuldade de concentração, alterações do sono e estados de ansiedade intensos.

Contudo, para identificar o processo bioquímico de desenvolvimento das alterações supracitadas, é necessário o uso de experimentação animal como metodologia de pesquisa. Usualmente são utilizados modelos murinos e, até mesmo, bovinos para alcançar respostas mais concretas acerca da problemática. Visto isso, em 2002, evidenciou-se que campos eletromagnéticos podem afetar tecidos vivos, tendo como principal resposta celular uma indução da transcrição de algumas proteínas, especialmente as proteínas do choque térmico responsáveis por diversos mecanismos de resposta a vários tipos de estresse (LESZCZYNSKY et al., 2002).

Evidenciadas as incertezas sobre os efeitos biológicos da RNI em seres vivos, torna-se necessária a imposição de limites para a exposição cotidiana, especialmente considerando o advento de equipamentos que utilizam esse tipo de radiação, principalmente as redes de telefonia celular. Logo, existem órgãos que regulamentam marcos limites para a emissão de radiação, em que sistemas de telecomunicação devem se enquadrar. Além disso, a Organização Mundial da Saúde recomenda alguns valores máximos de exposição a essas fontes, como antenas que funcionam com frequência de 1,9 GHz, indica-se uma densidade de energia de 9 W/m^2 , já as que atuam com frequência de 900 MHz é adequado $4,5 \text{ W/m}^2$ (VIEGAS et al., 2006).

Diante do exposto, torna-se evidente que apesar de existir riscos biológicos em seres vivos expostos à RNI, as informações a respeito são limitadas e obscuras. Tal fator é evidenciado pela carência de literatura seja nacional, seja internacional sobre a temática. Por conseguinte, inúmeras pessoas estão expostas rotineiramente a um possível risco nocivo desconhecido e com poucos conhecimentos (REPACHOLI, 2001).

Dessa maneira, o presente estudo visa discutir o estado da arte nacional e internacional sobre os efeitos da RNI em modelos animais, para, assim, obter-se respostas mais conclusivas acerca dos mecanismos que geram os efeitos, já evidenciados, na saúde humana.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo em questão constitui uma revisão integrativa, derivada do protocolo de revisão registrado no PROSPERO (International Prospective Register of Systematic Review) com o código de identificação CRD42020169352.

O período de busca e seleção dos artigos para compor a revisão foi de março a junho de 2020. As bases de dados consultadas para a seleção dos artigos estão descritas no quadro 1 junto com os *strings* de busca utilizados. Foi incrementado ao processo de busca como fonte de literatura cinzenta, também descritas no mesmo quadro.

Quadro 1 - *Strings* de busca utilizados por bases de dados. Fonte: Dados da pesquisa.

Base de dados	<i>String</i> de busca
SciELO	((radiação não ionizante) AND (saúde)) e ((radiação eletromagnética) AND (saúde))
CAPES	((radiação não ionizante) OR (radiação eletromagnética) AND (saúde))
LILACS	((radiação não ionizante) OR (radiação eletromagnética) AND (saúde))
PubMed	((<i>radiation non-ionizing</i>) OR <i>electromagnetic radiation</i>) AND <i>health</i>)
<i>Cochrane Library</i>	((<i>non-ionizing radiation</i>) OR (<i>electromagnetic radiation</i>) AND (<i>health</i>))
BDTD	((radiação não ionizante) OR (radiação eletromagnética) AND (saúde))
NDLTD	((<i>radiation non-ionizing</i>) OR (<i>electromagnetic radiation</i>) AND (<i>health</i>))
Oasisbr	(radiação não ionizante AND radiação eletromagnética AND saúde)
BVS Fiocruz	((radiação não ionizante) OR (radiação eletromagnética) AND (saúde))

Foram considerados estudos publicados a partir de 2009, redigidos em inglês ou português, disponíveis na íntegra, de caráter experimental, que utilizassem como amostragem animais e como intervenção RNI. Para exclusão, foram adotados como critérios: trabalhos publicados como artigos curtos ou posters; estudos que apresentavam avaliações sem apresentar o método utilizado para tais; trabalhos que não abordavam nos seus resultados a relação entre RNI e os mecanismos biológicos dos animais.

A busca foi realizada por 4 revisores independentes pareados em duplas, para aplicação de um método duplo cego. Em um primeiro momento era feita a leitura do título e resumo dos trabalhos encontrados após aplicação dos *strings* de busca, e analisados conforme os critérios de elegibilidade supracitados, e se havia repetição dos mesmos. Posteriormente, os revisores eram confrontados e em caso

de mútua concordância ou discordância o artigo era, imediatamente, incluído ou excluído, e em caso de divergência incluíam o artigo para leitura na íntegra. Durante o processo de leitura na íntegra era novamente aplicado o duplo cego entre os revisores, e ao final, em casos de divergências, era consultado um terceiro revisor para tomar a decisão final de inclusão ou exclusão do artigo na revisão.

Para analisar a variável de concordância intra-observador entre os revisores foi aplicado o teste de Kappa por meio do *software* Bioestat V 5.0, conforme o método de Landis e Koch (1977). Na aplicação do teste os dados utilizados como base para o cálculo foram as concordâncias e discordâncias mútuas entre os revisores e também as divergências ao longo do processo de seleção dos estudos (tabela 1).

Tabela 1 - Número de concordâncias e discordâncias mútuas e divergências entre os revisores no processo de seleção dos estudos. Fonte: Dados da pesquisa.

Inclusão do artigo		Dupla 2 de revisores	
		Concordou	Discordou
Dupla 1 de revisores	Concordou	10(0,86%)	1(0,08%)
	Discordou	2(0,17%)	1145(98,87%)

Em relação à leitura crítica dos artigos, foi utilizado um formulário de avaliação de desenho de estudos idealizado por MacDermid e colaboradores (2013) e traduzido por Santos e colaboradores (2018) composto por 12 itens e pontuado de 0 a 2 conforme detalhado na tabela 2. Os valores finais do formulário de avaliação foram dados em porcentagem conforme os itens pontuados (tabela 2), e tiveram suas qualidades classificadas em pobre (0% a 30%), fraco (31% a 50%), bom (51% a 70%), muito bom (71% a 90%) e excelente (>90%), baseado no mesmo trabalho em que o autor desenvolveu o formulário.

Tabela 2 - Análise da qualidade dos estudos incluídos.

Estudos (ano)	Critérios de avaliação												Total em % e classificação
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
JUNIOR (2014)	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	95,83% (E)
FRAGOPOU LOU et al. (2018)	2	1	1	2	1	2	2	2	1	2	2	2	83,33% (M)
SANTOS (2016)	2	1	2	2	2	2	2	2	2	1	0	2	83,33% (M)
TENÓRIO et al. (2011)	2	1	1	2	2	2	2	2	1	2	1	2	83,33% (M)
HÄSSIG et al. (2014)	1	1	1	2	2	2	2	2	1	2	2	1	79,16% (M)
REZENDE (2016)	2	1	1	1	2	2	2	2	1	1	2	2	79,16% (M)
SHAHIN et al. (2014)	2	1	2	2	2	2	2	2	1	1	0	2	79,16% (M)
BEIK et al. (2018)	2	1	2	2	1	1	2	2	1	2	0	2	75% (M)
HE et al. (2016)	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	0	1	75% (M)
CHOI, CHOI (2016)	1	1	1	2	2	2	1	1	2	1	0	1	62,5% (B)
CAO, TONG (2014)	2	0	1	1	NA	2	2	2	1	1	0	1	54,16% (B)

Descrição: I - Revisão minuciosa da literatura para definir a questão de pesquisa; II - critérios específicos de inclusão e exclusão; III - hipóteses específicas; IV - alcance apropriado das propriedades psicométricas; V - tamanho da amostra; VI - acompanhamento ou retestagem da amostra utilizada; VII - os autores referenciam procedimentos específicos para administração, pontuação e interpretação de procedimentos; VIII - as técnicas de medição foram padronizadas; IX - os dados foram apresentados para cada hipótese; X - estatísticas apropriadas e estimativas pontuais; XI - estimativas de erro estatístico apropriadas; XII - e conclusões válidas e recomendações clínicas; 0 - item ausente; 1 - item parcialmente contemplado; 2 - item contemplado; NA - o item não se aplica ao tipo de estudo; E - excelente; M - muito bom; B - bom.

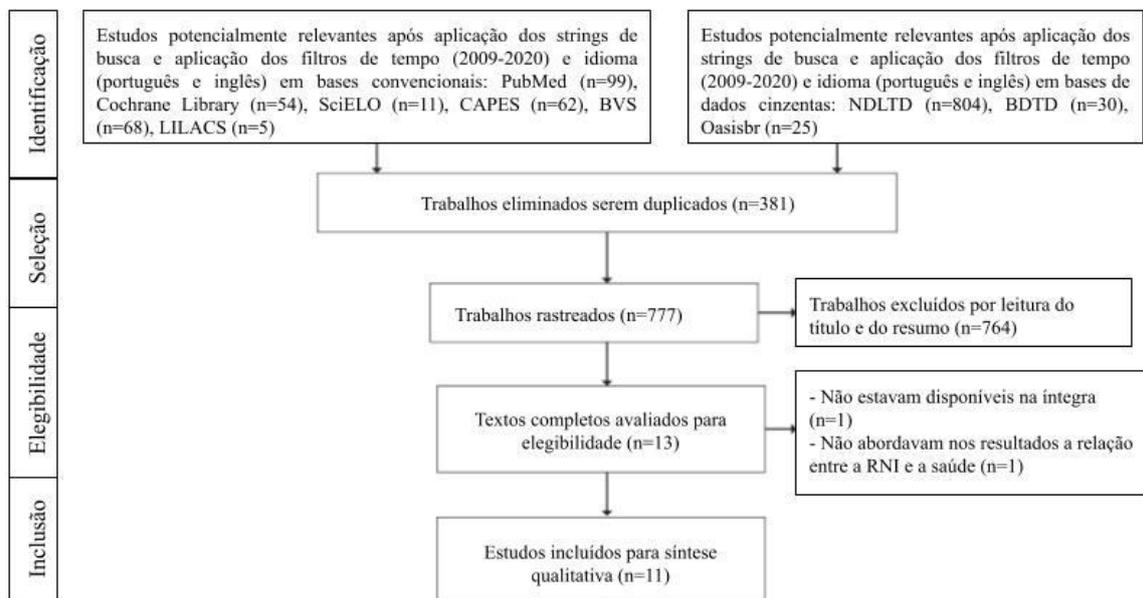
Fonte: Adaptado de MacDermid et al. (2013) e traduzido por Santos et al. (2018).

No que se refere ao processo de reinterpretação dos dados dos estudos incluídos na revisão, com o objetivo de formular a síntese textual que será apresentada neste artigo, foi utilizada uma adaptação do método de análise textual discursiva (MORAES; GALIAZZI, 2006). Por meio do método os autores analisaram os estudos em três etapas sequenciais: desmontagem do texto em pequenos fragmentos de conteúdo; estabelecimento de relações conceituais entre os fragmentos dos diferentes estudos; e a reinterpretação propriamente dita, com o levante de um novo emergente informacional.

3 RESULTADOS

Para elucidação do processo de seleção e busca dos artigos foi criado um fluxograma baseado nas Recomendações PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*) (figura 1). Ao final, 11 artigos foram incluídos na revisão.

Figura 1 - Processo de busca e seleção dos estudos para a revisão conforme as recomendações PRISMA.



Descrição: n - amostra encontrada. Fonte: Adaptado das Recomendações PRISMA (2015).

O valor encontrado para a concordância intraobservador foi igual a 0,9974 com p-valor menor que 0,0001, podendo-se considerar, desse modo, um acordo quase perfeito entre os revisores com significância estatística, baseado nos valores postulados por Landis e Koch (1977) e uma capacidade de replicabilidade excelente conforme a escala de Bernard Rosner (2006) apud Ayres et al. (2007). Assim, o protocolo de busca utilizado para essa revisão pode ser considerado como adequado para o que se foi proposto nos objetivos gerais, reduzindo, desse modo, as possibilidades de vieses de seleção dos resultados a serem apresentados.

O quadro 2 a seguir sumariza as principais características dos trabalhos selecionados feitas pelo formulário de extração utilizado pelos revisores.

Quadro 2 - Sumarização dos estudos incluídos na revisão.

Estudo	Animal estudado	Intervenção (grupo exposto)	Controle	Variáveis estudadas
De Caires Junior (2014)	Ratos <i>Wistar</i> machos	Ondas eletromagnéticas irradiadas por aparelhos celulares (1,8 GHz)	Sem exposição	Sistema endócrino
Fragopoulou et al. (2018)	Ratos C57BL/6 adultos machos	Telefone disponível comercialmente com frequência GSM de 1800 MHz	Colocados do outro lado da sala em gaiolas com câmaras de reflexão de Faraday	Potenciais genes ou vias de resposta em todo o transcriptoma do hipocampo
Santos (2016)	Ratas <i>Wistar</i> prenhas e suas respectivas proles adultas após exposição à intervenção	Radiação emitida por telefonia móvel (1,8 GHz)	Ratas nas mesmas condições da intervenção não expostas à radiação	Desenvolvimento embrionário e neonatal, além de parâmetros hormonais, reprodutivos e comportamentais
Tenório et al. (2011)	Ratos <i>Wistar</i> sexualmente maduros expostos a intervenção durante diferentes períodos do seu desenvolvimento	Campos eletromagnéticos com frequência de 60Hz e intensidade de fluxo magnético de 1 mT	Sem exposição	Integridade de DNA e morfologia espermática
Hässig et al. (2014)	Vacas de diferentes idades em diferentes estágios gestacionais	Três antenas de 900 MHz	NA	Proteínas redox
Rezende (2016)	Ratas <i>Wistar</i> prenhas	Aparelhos celulares que operam em frequência de 1.8 GHz com intensidade média do campo elétrico 4,1 V/m	3 metros da gaiola do grupo exposto, sem aparelhos celulares	Sistema endócrino
Shahin et al. (2014)	Camundongos <i>Swiss</i> machos	Baixos níveis de radiação de microondas (2,45 GHz) contínuas 2h/dia	Falsa exposição	Expressão testicular de NO-sintase e 3β-HSD
Beik et al. (2018)	Ratos BALB/c machos com células cancerígenas CT26	Ultrassom (transdutor com 1 MHz com intensidade de 2 W/cm ² por 10 minutos) e nanopartículas de ouro (200 µl na concentração de 180 µg/ml)	Sem tratamento para o câncer	Eficácia do efeito antitumoral <i>in vivo</i> da intervenção utilizada no tumor colorretal
He et al. (2016)	Células estromais da medula óssea de ratos <i>Kunming</i>	Ondas contínuas de 900MHz de campos de radiofrequência a 120 µW/cm ² de intensidade 3 horas/dia	Falsa exposição e radiação gama	Indução da PARP-1
Choi e Choi (2016)	Ratos C57BL/6 machos e fêmeas	Caixas com smartphones (<i>Galaxy K, Samsung Electronics, South Korea</i>) mantidos em modo operacional	Condições normais, sem exposição à radiação eletromagnética	Memória de trabalho espacial e células progenitoras de proliferação do hipocampo
Cao e Tong (2014)	Ratos <i>Kunming</i>	GTEM geradora de sinal de RF e um amplificador de potência forneceram uma fonte para exposição de RF de 900 MHz de onda contínua	Falsa exposição	Fenômenos de resposta adaptativa

Descrição: GSM - *Group Special Mobile* (Sistema Global para comunicações Móveis); NO - Óxido Nítrico; 3β-HSD - 3-beta-Hidroxiesteroide-Desidrogenase; PARP-1 - Poli (ADP-Ribose) Polimerase-1; NA - não se aplica; RF - radiofrequência; GTEM - Câmara Eletromagnética Transversal de Gigahertz.

Fonte: Dados da pesquisa.

4 DISCUSSÃO

4.1 ALTERAÇÕES EMBRIONÁRIAS E REPRODUTIVAS CAUSADAS POR RNI

Estudos brasileiros buscaram evidenciar as consequências de exposições maternas as RNI. Rezende (2016) em sua pesquisa envolvendo a prole adulta de ratas prenhas expostas por 21 dias a aparelhos celulares (frequência de 1,8 GHz e intensidade média do campo elétrico de 4,1 V/m), conclui que a exposição intrauterina não provocou alterações hormonais (hormônio tireoestimulante, tiroxina, triiodotironina, adiponectina e leptina) na fase adulta dos indivíduos. Em um estudo de doutorado bastante semelhante, Santos (2016) investigou as consequências tóxicas da radiação emitida por telefonia móvel (1,8 GHz) sobre ratas prenhas, bem como o desenvolvimento embrionário e neonatal, os efeitos sobre o sistema endócrino e o comportamento reprodutivo pós-exposição de suas proles. Os resultados mostraram um aumento sérico de 17- β -estradiol tanto nas ratas prenhas quanto nas fêmeas expostas na vida intrauterina, no entanto, em ambas não houve interferência nos parâmetros reprodutivos; os machos adultos da prole exposta apresentaram um aumento das catecolaminas acompanhado da diminuição do nível sérico de glicose (SANTOS, 2016).

Tenório et al. (2011) buscaram evidenciar possíveis alterações na integridade do DNA e morfologia espermática de ratos expostos em diferentes fases de desenvolvimento testicular a Campos Eletromagnéticos (CEM) com frequência de 60 Hz. O desenho do estudo dividiu os ratos em quatro grupos: os animais dos dois primeiros grupos foram expostos ao CEM desde o 13º dia de gestação, porém com tempo de exposição pós-natais diferentes, sendo um até o 21º e o outro até o 90º dia pós-natal, respectivamente; e os outros dois grupos foram denominados “controle” e “falso-controle”. Os ratos expostos até o 21º dia pós-natal apresentaram anormalidades espermáticas percentualmente maiores comparado aos grupos controle (variação de 38 a 41%); enquanto que o número de espermatozoides anormais foi, em média, 63,5% maior no grupo de animais expostos até os 90 dias após o nascimento em comparação aos dois grupos controle. Além disso, os pesquisadores não encontraram alterações no DNA de espermatozoides dos ratos expostos aos CEM de baixa potência.

Uma alteração encontrada por Hässig et al. (2014) em modelos bovinos por ERB em um ambiente controlado, foi a modificação da atividade e expressão de algumas proteínas redox. Observou-se em vacas expostas o aumento da glutathione peroxidase, responsável pela defesa oxidativa, no período entre pré-exposição e pós-exposição em vacas, contudo a superóxido dismutase, também com efeito antioxidativo, encontra-se diminuída no mesmo período. Shahin et al. (2014) também expressaram importantes efeitos oxidativos em modelos murinos expostos à baixos níveis de radiação micro-ondas duas horas por dia por 30 dias. Os mesmos observaram o aumento da produção de ROS e RNS (espécies reativas de oxigênio e nitrogênio), através da diminuição da atividade da 3beta-HSD (3 beta-Hidroxiesteroide-Desidrogenase), causando mudanças degenerativas espermáticas e inibição da produção de testosterona, nos ratos expostos, diminuindo, assim, a espermatogênese.

4.2 ALTERAÇÕES NEUROPSICOLÓGICAS POR EXPOSIÇÃO À RNI

Do ponto de vista neurológico, alguns estudos selecionados na revisão mostraram, a partir de experimentos em ratos, o potencial deletério da RNI a esse sistema. Fragopoulou e colaboradores (2018) analisaram a exposição de Ratos C57BL/6 a telefones (disponíveis comercialmente) com frequência GSM (*Group Special Mobile* – Sistema Global para comunicações Móveis) de 1800 MHz. Os autores detectaram na pesquisa uma ativação de 118 genes hipocâmpais diferentes no grupo exposto em relação ao controle. Desses, 6 genes foram isolados para análise mais detalhada (quadro 3), notando-se um aumento significativo da ativação dos genes Alb, Ear3, Acadl e Itpr2. Em contrapartida, os genes Coro1a e Terf1 sofreram uma queda de suas ativações. Todos esses mecanismos citados, quando vistos em conjunto, colaboram para um ambiente fértil para doenças neurodegenerativas, tendo em vista a alteração de mecanismos de remodelação de membrana neuronal e de manutenção celular (Alb, Acadl e Itpr2). Os mesmos mecanismos anteriormente citado, também corroboram para o aparecimento de sintomas neurológicos, algo já detectado em pesquisas com humanos que detectaram um aumento dos quadros de cefaleia e irritabilidade em pessoas que habitavam próximas a EBR (Estações de Radiobase) (ROCHA, 2013; ANGUERA, 2012). Além disso, por conta das alterações gênicas descritas, há um aumento da suscetibilidade ao desenvolvimento de neoplasias neurológicas, visto o comprometimento do funcionamento de genes importantes nos mecanismos de regulação do ciclo celular (Ear3, Itpr2 e Terf1).

Quadro 3 - Genes isolados para estudo detalhado, suas principais funções e as alterações encontradas no estudo de Fragopoulou et al. (2018). Fonte: Criado a partir do estudo de Fragopoulou et al. (2018).

Gene estudado	Principais funções	Resposta à exposição à RNI
Alb	Relacionado ao metabolismo lipídico e doenças neurológicas	Aumento da transcrição em 2,5 vezes
Ear3	Relacionado aos eosinófilos e ribonucleases	Aumento da transcrição em 2,5 vezes
Acadl	Relacionado ao metabolismo lipídico e beta-oxidação de ácidos graxos	Aumento da transcrição em 1,83 vezes
Itpr2	Relacionado à sinalização celular e de cálcio, ao metabolismo dos carboidratos e a potencialização sináptica	Aumento da transcrição em 1,96 vezes
Coro1a	Relacionado a coronina (proteína de ligação à actina)	Redução da transcrição em 1,5 vezes
Terf1	Relacionado ao fator de ligação telomérica que controla o ciclo celular e a proliferação de células cancerígenas	Redução da transcrição em 1,89 vezes

Ainda no viés neurobiológico, De Caires Junior (2014) ao estudar o efeito de ondas eletromagnéticas (1,8 GHz) em ratos *Wistar*, percebeu que os mesmos apresentavam um aumento expressivo das catecolaminas hipotalâmicas em exposições agudas a radiação (aumento de 77,9% na primeira hora e 93,3% na terceira hora), mas ao longo de 3 e 10 dias de exposição, esses níveis já haviam reduzido. Choi e Choi (2016) ao fazerem um estudo de exposição semelhante, mas ao longo de 9 e 11 semanas, em Ratos C57BL/6, perceberam que os mesmos tinham um aumento significativo da imunorreatividade da proteína

ácida fibrilar no hipocampo. Isso também converge com o estudo de Santos (2016) que percebeu esse mesmo aumento de catecolaminas em uma prole exposta a RNI na vida intrauterina. Tão contexto leva a inferência de que a exposição contínua à RNI pode gerar um estado pró-inflamatório e de estresse celular intenso, algo que solidifica os achados em humanos propostos por Siqueira e colaboradores (2016) que percebeu, ao avaliar um esfregaço de glândulas parótidas de humanos que usavam o celular majoritariamente de um único lado do rosto, um aumento de citocinas pró-inflamatórias.

De Caires Junior (2014), ainda no mesmo estudo supracitado, realizou na amostra do estudo testes em que detectou um elevado de estado de ansiedade (Teste da Cruz Inclinada) e um déficit na consolidação da memória de longo prazo (Teste de Esquiva Inibitória). O autor infere que isso pode estar relacionado aos elevados níveis de catecolaminas, e também a uma queda da glicemia registrada na amostra analisada. Esse estado hipoglicêmico pode ser também justificado pelos achados de Fragopoulou (2018), visto que os genes Alb e Itp2 participam dos processos metabólicos celulares neuronais, e também pelo estudo de Santos (2016) que viu uma queda da glicose em uma prole exposta a RNI na vida intrauterina. Em acréscimo, tais alterações também já foram registradas em humanos expostos a radiações de EBR, em que os mesmos manifestaram estados elevados de ansiedade, dificuldade de concentração e lapsos de memória (SILVA, 2014; ROCHA, 2013).

Do ponto de vista neurológico, alguns efeitos também foram descartados ao longo das pesquisas incluídas. Choi e Choi (2016) notaram em seus experimentos que os ratos expostos não sofreram alteração na proliferação de células progenitoras do hipocampo, sugerindo que os mecanismos envolvidos nos efeitos já citados estão mais relacionados com os sistemas de funcionamento e regulação celular do que com seu processo de gênese em si. Os mesmos autores também não encontraram alterações na memória de trabalho dos ratos estudados. Em outro estudo, também já citado, De Caires Junior (2014) percebeu um aumento da fosforilação das enzimas MEK (Proteínas quinases ativadas por mitógeno) 1 e 2 e ERK (Proteínas quinases reguladas por sinal extracelular) 1 e 2, que agem como sinalizadores intracelulares de estímulos extracelulares, atuando, entre muitos sistemas, na ativação de hormônios hipotalâmicos. Contudo, o autor não identificou alterações hormonais nos ratos estudados, mas não descartou a possibilidade de fenômenos biológicos, principalmente relacionados à neuroplasticidade, estarem envolvidos nesse aumento da fosforilação dessas enzimas.

4.3 POTENCIAL TERAPÊUTICO DAS RNI

Alguns estudos experimentais investigaram as relações da RNI com possíveis efeitos positivos a nível celular e terapêuticos. A título de exemplo, Cao e Tong (2014) colocaram camundongos adultos em câmaras eletromagnéticas que geravam sinais de radiofrequência a 900 MHz de onda contínua e que posteriormente eram submetidos a doses letais ou subletais de radiação gama ou injeções de substâncias genotóxicas. Após as análises, concluíram que na medula óssea e baço de animais expostos previamente a RNI houve diminuição significativa dos danos teciduais, além do aumento significativo das Unidades

Formadoras de Colônia na medula óssea e aumento de substâncias que auxiliam na restauração dos tecidos hematopoiéticos, como, por exemplo, a Interleucina-3 (IL-3).

Em outro estudo bastante semelhante, He et al. (2016), também utilizando exposição de ondas contínuas na frequência de 900 MHz (com densidade de campo elétrico de $120 \mu\text{W}/\text{cm}^2$), investigaram a capacidades destas ondas de induzir a PARP-1 (poli[ADP-ribose]polimerase 1), importante família de enzimas nucleares reguladoras do ciclo celular e reparos no DNA. Os resultados evidenciaram que a exposição à RNI em questão provocou um significativo aumento na expressão do RNAm (RNA mensageiro) da proteína.

Conforme um estudo ecológico de Dode (2010), que buscou analisar a correlação dos óbitos por neoplasias em humanos, na cidade de Belo Horizonte-MG com as localidades de maiores concentrações de Estações Rádio Base (ERB), concluiu que o número de óbitos era maior nas regiões com maior densidade dessas estações, bem como o risco de desenvolver algum tipo de neoplasia era maior nessas localidades. Entretanto, em um dos artigos selecionados pelos autores, Beik et al. (2018) investigaram se a utilização de nanopartículas de ouro (AuNPs) juntamente com a radiação emitida por ultrassom (frequência de 1 MHz e intensidade de $2 \text{ W}/\text{cm}^2$) era eficaz no tratamento de câncer de cólon em camundongos. Os animais foram aleatoriamente divididos em quatro grupos: o grupo controle (sem tratamento); um grupo apenas com a aplicação de AuNPs; um grupo tratado somente com o ultrassom; e por fim o grupo que receberia as AuNPs seguida de ultrassom. Após 3 sessões e 21 dias de pesquisas, os animais do grupo controle, bem como daqueles tratados apenas com AuNPs não mostraram lentificação do crescimento do tumor; os camundongos tratados unicamente com ultrassom obtiveram leve diminuição do crescimento tumoral, porém o tumor voltou a crescer ao final do estudo; já os camundongos tratados com os dois métodos consecutivos, ao final dos 21 dias, apresentavam-se saudáveis e sem nenhuma recorrência tumoral, bem como as linhagens de células tumorais apresentaram baixas atividades metabólicas (BEIK et al., 2018).

5 CONCLUSÃO

Esta revisão buscou discutir o estado da arte nacional e internacional sobre os efeitos da RNI em modelos animais. Baseando-se nos dados coletados de 11 artigos incluídos, torna-se possível afirmar que a literatura científica comprova que a RNI tem efeitos consideráveis em organismos vivos, consequentemente tornando-se uma possível problemática ambiental e de saúde pública.

Observou-se como principais efeitos deletérios decorrentes dos diversos tipos de RNI a alteração de proteínas, especialmente redox, com conseqüente diminuição da espermatogênese. Nesta foram encontrados, também, maior número destas células reprodutivas morfológicamente anormais, além disso, observou-se diminuição da proteção contra mecanismos oxidantes. Hormônios foram encontrados alterados, como a testosterona diminuída e 17-beta-estradiol em ratas prenhas, além de alterações no tempo de gestação destas. Ademais, nota-se alterações nas enzimas hipofisárias, elevação de processos biológicos relacionados à neurodegeneração, além de aumento agudo dos níveis de catecolaminas e,

consequentemente, uma redução da glicose. Além de alterações bioquímicas foram observadas mudanças comportamentais, como aumento da ansiedade e diminuição da consolidação de memória de longo prazo.

Contudo, apesar das alterações encontradas, outras foram descartadas, como: alterações de hormônios tireoidianos, alterações na proliferação de células progenitoras hipocâmpais, modificações na expressão de enzimas do hipotálamo ou alterações na integridade do DNA de espermatozoides em animais expostos a RNI. Além disso, também foi levantado dados que comprovam a possibilidade de uso terapêutico das RNI mostrando que sua capacidade de gerar dano está relacionada ao modo de uso. Assim, é de suma importância a regulação deste uso tendo em vista um consumo sustentável a longo prazo da tecnologia.

De modo geral, a presente revisão demonstrou limitações. Com o objetivo de abranger grande quantidade de estudos realizados, permitiu-se a inclusão de literatura cinzenta (textos publicados em plataformas que não sejam as bases de dados convencionais), logo, parte das revisões são dissertações e teses que estão disponíveis em repositórios institucionais.

Sob toda esta visão, mesmo com o alto rigor utilizado no processo de busca dos artigos incluídos nesta revisão, os resultados deste trabalho são úteis somente para revisões rápidas e embasamento teórico no assunto. Logo, fica como recomendação futura a realização de novos estudos sobre a temática, a fim de expandir o leque teórico sobre o assunto e reforçar cada vez mais a necessidade de um uso consciente e sustentável dos aparelhos tecnológicos.

REFERÊNCIAS

- ANGUERA, M. G. Efeitos neurológicos da exposição a radiações eletromagnéticas decorrentes da telefonia celular. Tese (Doutorado em Ciências) - Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2012.
- BEIK, J.; SHIRAN, M. B.; ABED, Z.; SHIRI, I.; GHADIMI-DARESAJINI, A.; et al. Gold nanoparticle - induced sonosensitization enhances the antitumor activity of ultrasound in colon tumor -bearing mice. **Medical Physics**, 2018.
- CAO, Y.; TONG, J. Adaptive Response in Animals Exposed to Non-Ionizing Radiofrequency Fields: Some Underlying Mechanisms. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 11, n. 4, p. 4441-4448, 2014.
- CHOI, Y.; CHOI, Y.-S. Effects of electromagnetic radiation from smartphone on learning ability and hippocampal progenitor cell proliferation in mice. **Osong Public Health and Research Perspectives**, v.7, n.1, p. 12-17, 2016.
- CUNHA, M. C.; BARBOZA, K. L. O.; BORGES, L. S. G.; MARTINS, J. M. S.; GONZALES, E. G.; ANDRADE, L. P. de. Estado da arte brasileira sobre os efeitos da radiação não ionizante na saúde humana. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 7, n. 8, p. 80876-8093, aug. 2021. Disponível em: <<https://brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/34448>>. Acesso em: 23 jan. 2022.
- DE CAIRES JÚNIOR, L. C. O efeito da radiação emitida por telefones móveis sobre a via das MAPK's, o hipotálamo, a hipófise e adrenal, memória e ansiedade em ratos Wistar (*Rattus norvegicus* Berkenhout, 1769). Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Instituto de Ciências Biológicas. Juiz de Fora, 2014.
- DODE, A. C. Mortalidade por neoplasias e a telefonia celular no município de Belo Horizonte - Minas Gerais. Tese [Doutorado]. Belo Horizonte (MG): Escola de Engenharia da UFMG; 2010.
- FRAGOPOULOU, A. F.; POLYZOS, A.; PAPADOPOULOU, M. D.; SANSONE, A.; MANTA, A. K. et al. Hippocampal lipidome and transcriptome profile alterations triggered by acute exposure of mice to GSM 1800 MHz mobile phone radiation: An exploratory study. **Brain and Behavior**, v. 6, n. 8, e01001, 2018.
- HÄSSIG, M.; WULLSCHLEGER, M.; NAEGELI, H.; KUPPER, J.; SPIESS, B. et al. Influence of non ionizing radiation of base stations on the activity of redox proteins in bovines. **BMC Veterinary Research**, v, 10, n. 136, 2014.
- HE, Q.; SUN, Y.; ZONG, L.; TONG, J.; CAO, Y. Induction of Poly(ADP-ribose) Polymerase in Mouse Bone Marrow Stromal Cells Exposed to 900 MHz Radiofrequency Fields: Preliminary Observations. **BioMed Research International**, v. 2016, p. 1-7, 2016.
- INCA - Instituto Nacional de Câncer. **Radiações Não Ionizantes**. 2019. Disponível em: <<https://www.inca.gov.br/en/node/1918>>. Acesso em: 23 de janeiro de 2022.
- LANDIS, J. R.; KOCH, G. G. The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. **Biometrics**, v. 33, n. 1, p. 159-174, 1977.
- LESZCZYNSKI, D.; JOENVAARA, S.; REIVINEN, J.; KUOKKA, R. Non-thermal activation of the hsp27/p38MAPK stress pathway by mobile phone radiation in human endothelial cells: molecular mechanism for cancer – and blood-brain barrier – related effects. **Differentiation**, v. 70, p. 120-129, 2002.
- MACDERMID, J. C.; WALTON, D. M.; AVERY, S.; BLANCHARD, A.; ETRUW, E.; MCALPINE, C.; et al. Measurement Properties of the Neck Disability Index: A Systematic Review. **Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy**, v. 39, n.5, p.400-417, 2009.

- MARTIN, I. M.; GOMES, M. P.; ALVES, M. A. **Medidas dos espectros das radiações não ionizantes de São José dos Campos e Taubaté, SP, Brasil.** Revista Telecomunicações, v.15, n.1, 2013.
- MORAES, R.; GALIAZZI, M. C. Análise Textual Discursiva: Processo Reconstutivo de Múltiplas Faces. **Ciência e Educação**, v. 12, n. 1, p. 117-128, 2006.
- REPACHOLI, M. H. Health risks from the use of mobile phones. **Toxicology Letters**, v. 120, p. 323-331, 2001.
- REZENDE, C. O. Efeito da Exposição Materna à Radiação Eletromagnética Emitida por Aparelhos de Telefonia Móvel Sobre o Sistema Endócrino da Prole Adulta de Ratos Wistar (*Rattus Norvegicus* BERKENHOUT, 1769). Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Instituto de Ciências Biológicas. Juiz de Fora, 2016.
- ROCHA, A. L. C. Efeitos neurológicos da exposição a radiações eletromagnéticas decorrentes da telefonia celular. Monografia [Conclusão de Curso] - Faculdade de Medicina da Bahia, Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2013.
- SANTOS, T. R. Efeito da exposição materna à radiação eletromagnética emitida por aparelho de telefonia móvel sobre o desenvolvimento embrionário, neonatal e o sistema endócrino de ratos Wistar (*Rattus norvegicus* Berkenhout, 1769). Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Instituto de Ciências Biológicas. Juiz de Fora, 2016.
- SANTOS, P. V.; BARBOSA, A. B. M.; TARGINO, V. A.; SILVA, N. A.; SILVA, Y. C. M.; BARBOSA, F. et al. Variações Anatômicas do Tronco Celíaco: Uma Revisão Sistemática. **ABCD Arquivos Brasileiros de Cirurgia Digestiva**, v.31, n. 4, e1403, 2018.
- SHAHIN, S.; MISHRA, V.; SINGH, S. P.; CHATURVEDI, C. M. 2.45-GHz microwave irradiation adversely affects reproductive function in male mouse, *Mus musculus* by inducing oxidative and nitrosative stress. **Free Radical Research**, v. 48, n. 5, p. 511-525, 2014.
- SILVA, D. F. Exposição às Radiações Eletromagnéticas Não Ionizantes Decorrentes da Telefonia Celular e Efeitos à Saúde. Tese [Doutorado] - Centro de Pesquisas Gonçalo Moniz, Fundação Oswaldo Cruz. Salvador, 2014.
- SIQUEIRA, E. C.; SOUZA, F. T. A.; FERREIRA, E.; SOUZA, R. P.; MACEDO, S. C.; FRIEDMAN, E.; et al. Cell phone use is associated with an inflammatory cytokine profile of parotid gland saliva. **Journal of Oral Pathology & Medicine**, v.4, n.9, p. 682-686, 2016.
- TENÓRIO, B. M.; JIMENEZ, G. C.; GUERRA, M. M. P.; NOGUEIRA, R. A.; JÚNIOR, V. A. S. Integridade de DNA e morfologia espermática de ratos submetidos a campos eletromagnéticos de baixa frequência durante diferentes períodos do desenvolvimento. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**. Maringá, v. 33, n. 3, p. 333-339, 2011.
- VIEGAS, M. F.; MARTINS, I. M.; FERREIRA, D. V.; OTANI, C. **Medidas da Radiação Não-ionizante na Cidade de São José dos Campos, SP.** ITA - Instituto de Tecnologia e Aeronáutica. UNITAU – Universidade de Taubaté, 2006.

Barras de cereais com ingredientes funcionais: uma breve revisão da literatura

Crossref  10.56238/cipcaebv1-009

Caroline Tombini

Paola Fontana de Vergas

Adriane Pagani

Maria Manuela Camino Feltes

Josiane Maria Muneron de Mello

Francieli Dalcanton

RESUMO

As exigências dos consumidores em relação à um estilo de vida saudável delinearam um novo cenário de hábitos alimentares da população, o que impulsionou a inserção de alimentos com propriedades benéficas e que promovam a saúde, os chamados alimentos funcionais. Nesse sentido, uma opção prática que pode ser inserida no cotidiano dos consumidores são as barras de cereais com a adição de ingredientes funcionais. Assim, este estudo teve como objetivo principal apresentar uma breve revisão da literatura sobre o desenvolvimento de barras de cereais funcionais e sua composição. Observa-se o direcionamento das pesquisas a cerca de substâncias que possam apresentar alegações de propriedades funcionais, como por exemplo, aveia, chia, chocolate 70%, colágeno, castanha-do-Brasil, pasta de amendoim, entre outros, e sua possibilidade de incorporação no desenvolvimento de alimentos, como nas barras de cereais, visando, ainda, a reutilização de resíduos da indústria, como o bagaço de malte, que

possam contribuir em aspectos nutricionais, agregando nas alegações permitidas pela ANVISA. Este segmento da área alimentícia desempenha um papel potencialmente benéfico na redução de doenças e por isto deve ser considerado na dieta dos consumidores.

Palavras-chave: alimentos funcionais, desenvolvimento de alimentos, nutrientes.

ABSTRACT

The demands of the consumers in relation to a healthy lifestyle have outlined a new scenario of eating habits of the population, which has driven the insertion of foods with beneficial properties and that promote health, the so-called functional foods. In this sense, a practical option that can be inserted in the consumers' daily lives are the cereal bars with the addition of functional ingredients. Thus, this study had as main objective to present a brief literature review on the development of functional cereal bars and their composition. It is observed the direction of the researches about substances that can present functional properties claims, as for example, oats, chia, chocolate 70%, collagen, Brazilian nuts, peanut paste, among others, and its possibility of incorporation in the development of foods, as in the cereal bars, aiming, still, the reuse of residues of the industry, as the bagasse of malt, that can contribute in nutritional aspects, adding in the claims allowed by ANVISA. This segment of the food area plays a potentially beneficial role in reducing diseases and therefore should be considered in the consumers' diet.

Keywords: functional foods, food development, nutrients.

1 INTRODUÇÃO

Os alimentos funcionais ou com alegação de propriedades funcionais são aqueles que apresentam relação com o papel metabólico ou fisiológico que um nutriente ou não nutriente tem no crescimento, desenvolvimento, manutenção e outras funções do organismo (BRASIL, 2014a). São alimentos que apresentam a possibilidade de combinar produtos comestíveis de alta flexibilidade com moléculas biologicamente ativas, visando melhorar distúrbios metabólicos (WALZEM, 2004), promovendo a redução do risco de doenças e conservação da saúde (ANJO, 2004). Os atributos dos alimentos funcionais incluem, entre outros benefícios a saúde, a redução do risco de doenças cardiovasculares, câncer, diabetes, obesidade, osteoporose e de outras doenças crônicas não transmissíveis (COSTA; ROSA, 2010).

A opção dos consumidores por alimentos ricos em nutrientes, que possam fortalecer o organismo, além de prevenir e combater doenças, demonstra a preocupação com uma alimentação saudável, que nutra e promova a saúde (BERTÉ *et al.*, 2011). O interesse pelos alimentos funcionais tem crescido e atraído a atenção dos consumidores e da indústria de alimentos (COSTA; ROSA, 2010).

A indústria de alimentos processados indica o desenvolvimento de alimentos funcionais como uma inovação do setor, pois a partir da década de 1990, esses alimentos passaram a ser difundidos mundialmente, por meio de estudos e como estratégia das grandes empresas para entrar em novos mercados (HEASMAN; MELLENTIN, 2014).

De acordo com a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), não há definição de alimento funcional, mas sim, definição da alegação de propriedade funcional e estabelecimento das diretrizes para sua utilização e as condições de registro para alimentos com alegação de propriedade funcional (COSTA; ROSA, 2010). A Resolução nº. 18, de 30 de abril de 1999, apresenta as diretrizes sobre a alegação de propriedade funcional. Esta é permitida em caráter opcional e para nutrientes com funções plenamente reconhecidas pela comunidade científica, não é necessária a demonstração de eficácia ou análise da mesma para alegação funcional na rotulagem; as alegações podem fazer referências à manutenção geral da saúde, ao papel fisiológico dos nutrientes e não nutrientes, e à redução de risco de doenças (BRASIL, 1999).

As alegações funcionais e de saúde permitidas pela ANVISA estão associadas à presença de: ácidos graxos (família do ômega 3), carotenoides (licopeno, luteína, zeaxantina), fibras alimentares (β -glucana, dextrina resistente, goma guar, inulina, lactulose, polidextrose, psillium, quitosana e fruto-oligossacarídeos), fitoesteróis, polióis (manitol, xilitol, sorbitol) e microrganismos probióticos (BRASIL, 1999; BRASIL, 2002).

As barras de cereais são alimentos popularmente conhecidos por representarem uma opção prática, versátil e de fácil incorporação no cotidiano, além de serem bem aceitas pelos consumidores por seu sensorial agradável. Desenvolver formulações que possam, além disso, ser uma opção saudável, ao fazer uso de ingredientes com propriedades funcionais, agrega ainda mais valor a este alimento.

Diversos ingredientes podem ser incorporados no desenvolvimento de barras de cereais. Porém, visando um alimento que apresente propriedades benéficas à saúde, pode-se citar a pasta de amendoim, chocolate 70%, colágeno hidrolisado, xarope de mirtilo, castanha-do-Brasil, óleo de coco, aveia em flocos, flocos de arroz, semente de chia, mirtilo desidratado, bagaço de malte, entre outros.

Assim, este estudo teve como objetivo realizar uma breve revisão da literatura sobre o desenvolvimento de barras de cereais e ingredientes que apresentem propriedades funcionais.

2 ASPECTOS DO MÉTODO

Para viabilizar o presente estudo, foram utilizados materiais de fontes bibliográficas, disponíveis no *site* Google Acadêmico e nas bases *Scielo* e *SciencDirect*, os quais, encontram-se referências nacionais e

internacionais (artigos, trabalhos de conclusão de curso, dissertações, teses e congressos), além de livros e das legislações brasileiras, resoluções e informes técnicos.

Como resultado principal do presente estudo, discorreu-se sobre barras de cereais e seu desenvolvimento, bem como sobre componentes funcionais adicionados nestes alimentos, elencando possibilidades de ingredientes que podem ser utilizados na formulação sob a perspectiva da alegação de propriedades funcionais, evidenciando, ainda, a oportunidade de reutilização de um resíduo da produção de cerveja, o bagaço de malte, no desenvolvimento de barras de cereais.

3 REVISÃO E ANÁLISE CONCEITUAL

3.1 BARRAS DE CEREAIS

As barras de cereais foram desenvolvidas como uma alternativa “saudável” de confeito, quando consumidores se mostravam mais interessados em saúde e dietas (FREITAS; MORETTI, 2006). Apresentam alto potencial de inovação, possibilitando a incorporação de ingredientes funcionais (DUTCOSKY *et al.*, 2006; GUTKOSKI *et al.*, 2007; CAPRILES, 2009). Neste contexto, as barras de cereais são uma opção de alimento prático, rico em fibras, proteínas e geralmente, com baixo valor calórico, sendo um meio conveniente de ingerir nutrientes, além de serem fáceis de encontrar e transportar (PEUCKERT *et al.*, 2010; COVINO *et al.*, 2015).

A Resolução nº 263, de 22 de setembro de 2005, determina que barras de cereais são “produtos obtidos a partir de cereais laminados, cilindrados, rolados, inflados, flocados, extrudados, pré-cozidos, e/ou por outros processos tecnológicos”. Ainda, diz que as barras podem apresentar cobertura, com diversos formatos e texturas, sendo incluídas na categoria de cereais processados (BRASIL, 2005).

Os atributos sensoriais das barras de cereais foram se modificando com o tempo, principalmente em relação ao sabor, à textura – de “duro” e crocante, o produto passou a ser “macio” e mastigável - e à incorporação de diferentes sabores, originando além dos adoçados, também os salgados, produzidos para aumentar as opções dos consumidores (JUNIOR *et al.*, 2011). As barras doces contêm normalmente açúcar, como ingrediente principal, o qual atua como ligante e adoçante. Devido ao aumento da consciência por parte dos consumidores sobre os efeitos negativos do açúcar no índice glicêmico e nas doenças que lhe estão associadas, a procura por produtos sem açúcar está aumentando (PALLAVI *et al.*, 2015).

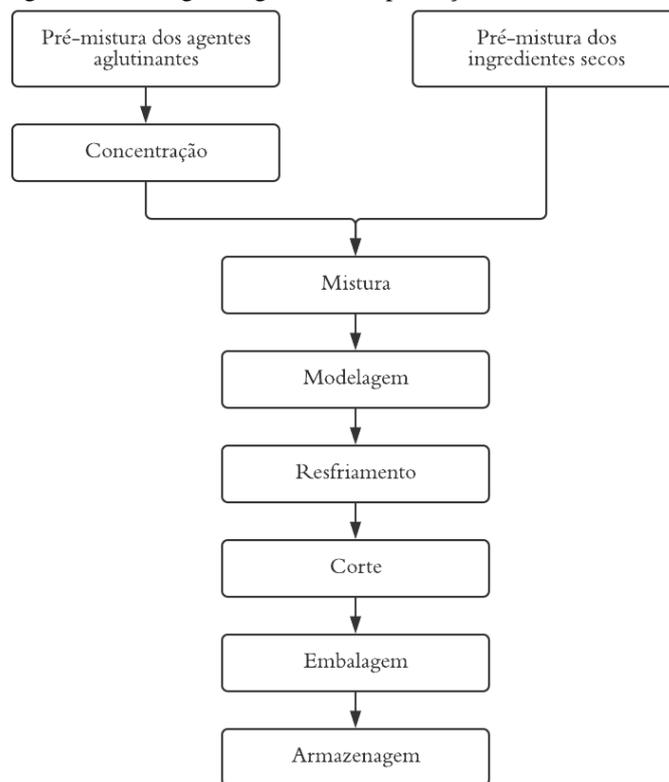
A popularidade destes produtos reflete as orientações nutricionais que recomendam um aumento da ingestão de fibra alimentar, uma vez que o baixo consumo de fibra pode estar relacionado com a prevalência de algumas doenças (DUTCOSKY *et al.*, 2006). São encontradas com facilidade em mercados, apresentam embalagens compactas que facilitam o transporte e consumo e preço relativamente baixo. O atributo “alimento saudável com elevado sabor” é o item de maior relevância na decisão de compra dos consumidores (PAIVA *et al.*, 2012).

O processamento das barras de cereais é composto por duas fases principais, a fase sólida, de maneira geral, é obtida da compactação de grãos (cereais), oleaginosas (nozes, castanhas e amêndoas) e

frutas secas, e a fase contínua é onde são adicionadas as substâncias ligantes (aglutinantes), sendo estas bem variadas, tais como o mel, açúcar mascavo, sacarose, glicose, óleos, gordura vegetal, colágeno hidrolisado, entre outros (PAIVA *et al.*, 2012). Como forma de melhorar as características sensoriais e nutritivas das barras de cereais, as indústrias adicionam outros componentes que apresentem características interessantes, além dos ingredientes básicos.

Um fluxograma genérico de produção de barra de cereais pode ser observado na Figura 1.

Figura 1 – Fluxograma genérico de produção de barra de cereais



Fonte: SOARES *et al.*, 2015.

A produção inicia com o preparo das duas partes que irão compor a barra de cereais, a fase seca e a que contém os agentes aglutinantes, que passam também por uma etapa de concentração antes de serem misturados à fase seca. É realizada a mistura das duas fases, que a seguir é moldada e após, resfriada para adquirir a consistência ideal. As barras podem passar, posteriormente, pela etapa de corte, caso a produção não seja realizada em formas individuais, para então, ser embalada e armazenada.

Há uma grande variedade de ingredientes utilizados na composição das barras de cereais, indicando uma possível tendência nesse setor para alimentos funcionais. Nesse sentido, as barras de cereais se destacam como um alimento tipo *fast-food* com alto conteúdo nutricional, pois representam uma alternativa para introduzir nutrientes benéficos à saúde e compostos funcionais na dieta (UCHÔA; CAMINHA, 2015; MÁRQUEZ-VILLACORTA; PRETELL-VÁSQUEZ, 2018; ALVES-SANTOS; ALMEIDA; NAVES, 2021).

Considerando a mudança nos padrões de consumo, em que busca-se a promoção da eficiência energética e de recursos, os processos de produção de alimentos também requerem adaptações, principalmente com a redução de quantidades desperdiçadas (LANGE; MEYER, 2019). Além de agregar em qualidade nutricional nos produtos, contribuindo para a elaboração de novas formulações, utilizar resíduos é uma forma de reduzir o acúmulo e descarte desses subprodutos, minimizando perdas e contribuindo com a preservação ambiental (UCHÔA; CAMINHA, 2015; FRITSCH *et al.*, 2017).

Nesse sentido, observa-se o direcionamento de pesquisas na elaboração de barras de cereais a partir de resíduos agroindustriais e como exemplos, pode-se citar as barras de cereais produzidas com farelo de arroz torrado (GARCIA *et al.*, 2012), resíduo de goiaba (ROBERTO *et al.*, 2015), caju (OLIVEIRA *et al.*, 2013), coco (FIDELIS *et al.*, 2016), acerola (MARQUES, 2013), umbu (SOUSA *et al.*, 2016), casca de abacaxi (DAMASCENO *et al.*, 2016), extrato de soja e pó da casca de noz-pecã (SILVA *et al.*, 2015), casca da banana (SANTIAGO *et al.*, 2016), polpa do cará (SOUZA *et al.*, 2016) e o bagaço de malte (CAPELEZZO *et al.*, 2020).

De forma contínua, a indústria de alimentos desenvolve novos produtos a fim de conquistar novos mercados. Nesse contexto, as barras de cereais se destacam com um mercado que cresce anualmente cerca de 20% (APPELT *et al.*, 2015).

O desenvolvimento de um alimento que contenha ingredientes com propriedades benéficas para a saúde, além de sabor agradável e de interesse do público consumidor é uma forma de promover uma alimentação mais saudável e rica nutricionalmente. Assim, os ingredientes selecionados para a formulação das barras de cereais do presente estudo apresentam-se a seguir, lembrando ainda, que há uma infinidade de ingredientes que podem ser usados na fabricação de barras de cereais com propriedades funcionais.

3.2 COMPONENTES FUNCIONAIS ADICIONADOS EM BARRAS DE CEREAIS

3.2.1 Pasta de amendoim

O amendoim é um alimento muito consumido, podendo ser processado em uma variedade de produtos, como o grão torrado, doce ou salgado, paçoca, manteiga, pasta, entre outros. A pasta de amendoim, pode ser consumida na sua forma natural, como também incorporada em diversas formulações alimentícias (CHANG; SREEDHARAN; SCHNEIDER, 2013; ROSENTHAL; SHARE, 2014; TIMBABADIYA *et al.*, 2017).

Apresenta-se como uma boa fonte de proteína, carboidrato e lipídio e seu baixo percentual de umidade contribui para aumentar sua vida útil (ROSENTHAL; SHARE, 2014). Além disso, o amendoim é constituído de aminoácidos essenciais e perfil de minerais, e seu alto teor lipídico contribui com a sua qualidade nutricional e, conseqüentemente, da pasta integral de amendoim. O teor de óleos presentes nesse alimento, tais como ácidos graxos mono e poli-insaturados, ácido oleico e linoleico, vitamina E e ainda outros compostos lipossolúveis tornam este alimento interessante não somente para a indústria, mas

também para o consumidor, visto que é citado como alimento funcional, sendo alvo de muitas pesquisas (SANTOS; GODOY; FÁVERO, 2013; NEPA, 2011; COSTA; ZAGONEL, 2009).

De acordo com dados publicados pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, o valor calórico do amendoim, e para pastas integrais de amendoim, em 100 g, é de aproximadamente 656 calorias, dependendo do teor lipídico dos grãos. Para os teores de proteínas, lipídios, carboidratos totais e fibras, têm-se os valores de, em média, 25,0%, 56,3%, 18,8% e 6,2%, respectivamente (TABELA DE COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS ALIMENTOS - USDA, 2018).

O consumo da pasta de amendoim auxilia no controle dos níveis normais de colesterol, reduzindo o colesterol total e o colesterol LDL (*Low Density Lipoproteins* ou Lipoproteínas de baixa densidade), o que promove a saúde do coração. Isso se deve a substituição das gorduras vegetais saturadas pelas gorduras vegetais insaturadas e poli-insaturadas que se encontram neste alimento (EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY, 2009).

3.2.2 Chocolate 70%

Tradicionalmente, o chocolate tem sido consumido pelo seu sabor e prazer, mas nos últimos anos, pesquisas apontam que o consumo de chocolate amargo pode apresentar benefícios para a saúde devido à presença de compostos como flavonoides (TORRES-MORENO *et al.*, 2012).

Visando benefícios para a saúde do organismo, o alimento precisa contar com pelos menos 70% de pó de cacau em sua composição, ou seja, ser um chocolate amargo (MINIM; CECCHI; MINIM, 1999). Produtos derivados do cacau, como o chocolate amargo, são ricos em polifenóis, contribuindo para a saúde cardiovascular (CORTI *et al.*, 2009; BUIJSSE *et al.*, 2010), juntamente com sua atividade antioxidante (SERAFINI *et al.*, 2003), seu potencial antiaterosclerótico (BABA *et al.*, 2007) e anti-inflamatório (SELMI *et al.*, 2008) o tornam ainda mais interessante. Vale ressaltar que quanto maior o teor de cacau do chocolate, menor será a quantidade de açúcar e maiores serão os seus benefícios para a saúde (LIPPI, 2013).

O chocolate contém ainda minerais, como: cobre, magnésio, cálcio, ferro, fósforo, potássio, zinco; fibras, proteínas e vitaminas: E e C (AREMU; ABARA, 1992; TORRES-MORENO *et al.*, 2012; KÄNEL *et al.*, 2014).

3.2.3 Colágeno hidrolisado

Com a melhoria dos hábitos alimentares da população, aliada também a preocupação estética e o surgimento de doenças degenerativas precoce contribuíram no aumento das pesquisas de alimentos e/ou ingredientes que possuem propriedades terapêuticas, além das funções nutricionais normais. Nesse sentido, apresenta-se o colágeno, que é um ingrediente com características funcionais. Além disso, como há deficiência de colágeno no início da fase adulta, houve um aumento no interesse pela aplicação industrial de colágeno em suplementos alimentares, em produtos alimentícios e em cosméticos (FERREIRA; PENNA, 2012; BRASIL, 2018; COSTA, 2019).

O colágeno tem estrutura molecular simples (LEHNINGER, 1995) e pode ser submetido à hidrólise, que leva a obtenção do colágeno hidrolisado (WALRAND *et al.*, 2008; WOLF; SOBRAL; TELIS, 2009). O colágeno hidrolisado é obtido a partir do colágeno tipo I e apresenta como característica mais importante a sua composição de aminoácidos, que fornecem um alto nível de glicina e prolina, essenciais para a estabilidade e a regeneração das cartilagens. Apresenta, dessa forma, efeitos benéficos ao organismo (WALRAND *et al.*, 2008; PRESTES *et al.*, 2013). Considera-se que, em virtude de o colágeno ter passado por um processo de hidrólise, ele seja melhor absorvido pelo organismo (JÚNIOR; DE OLIVEIRA; SOARES, 2019).

A indústria de alimentos tem interesse neste ingrediente especialmente devido as suas propriedades emulsificantes, agentes espumantes, estabilizantes coloidais, formadores de películas biodegradáveis e agentes microencapsulantes (GÓMEZ-GUILLÉN *et al.*, 2011).

Estudos como o de Zague *et al.* (2011), investigaram o efeito do colágeno hidrolisado nas propriedades da pele, levantando a hipótese de que uma alimentação suplementada com esse ingrediente poderia promover a síntese de colágeno na pele. Os resultados indicaram que a ingestão pode aumentar a produção de colágeno pelos fibroblastos e retardar o envelhecimento cutâneo. O estudo de Fernandes *et al.* (2017), acerca do desenvolvimento de sorvete de iogurte tipo *frozen* com adição de colágeno hidrolisado como aditivo apresentou uma proposta para introdução do colágeno na alimentação, pois os resultados obtidos da análise sensorial foram satisfatórios, tendo as notas “gostei muito” e “gostei extremamente” em mais de 50% das avaliações realizadas.

3.2.4 Xarope de Mirtilo

O mirtilo é uma fruta altamente valorizada em todo o mundo devido ao seu sabor excêntrico aliado a propriedades nutricionais (CANTUARIA-AVILÉS *et al.*, 2014). É considerada fonte natural de substâncias bioativas, em virtude de altos níveis de polifenóis, substâncias que estão relacionados a propriedades antioxidantes, antiproliferativas, antiobesidade, anticancerígena e às funções neuroprotetoras, despertando a atenção dos consumidores que buscam melhor qualidade de vida (PANTELIDIS *et al.*, 2007, NORBERTO *et al.*, 2013; DIACONEASA *et al.*, 2015; AUZANNEAU *et al.*, 2018). Ainda, seu potencial antioxidante melhora a secreção e sensibilidade da insulina e possui efeitos anti-inflamatórios e antibacterianos (CHU *et al.*, 2011).

Estudos apontam que tais propriedades bioativas devem-se ao pigmento azul-púrpura do fruto, devido à presença principalmente de compostos antociânicos (REQUE, 2012; GOLDMEYER *et al.*, 2014).

O xarope de mirtilo atua como agente ligante ou aglutinador nas formulações de barras de cereais, sendo que comumente utiliza-se xaropes derivados de açúcar. A utilização de agentes ligantes não derivados de açúcar mostram ser uma alternativa interessante de ser pesquisada (SOUZA; SREBERNICH, 2010).

3.2.5 Castanha-do-Brasil

A castanha-do-Brasil, também conhecida como castanha-do-Pará, é uma oleaginosa que contém vários tipos de nutrientes, sendo rica em lipídios (60-70%) e proteínas (15-20%) (SANTOS *et al.*, 2010). Apresenta elevado teor de antioxidantes e valor energético, além de vitaminas como riboflavina e tiamina, e presença de minerais como cálcio, fósforo e principalmente, selênio (SILVA, 2016; SILVA, 2018). O selênio é um antioxidante relacionado à redução de risco de desenvolvimento de câncer e também de doenças cardiovasculares (SOUZA; MENEZES, 2006; YANG, 2009).

O consumo de uma castanha de 5 g com alto teor de selênio atende a dose recomendada de 30 µg diária deste mineral. Levando em consideração que mais de um bilhão de pessoas em todo mundo podem ter deficiência de selênio, a castanha-do-Brasil pode ser uma fonte desse composto nutricional, contribuindo para prevenir esta deficiência (LIMA *et al.*, 2019).

3.2.6 Óleo de coco

O óleo de coco é um derivado do fruto *Cocos nucifera* L. e é composto, aproximadamente, de 90% de ácidos graxos saturados, principalmente ácidos graxos de cadeia média, como o ácido láurico (46%), caprílico (9%) e cáprico (7%). As gorduras láuricas são resistentes à oxidação e, diferente de outros óleos, possui baixo ponto de fusão (SANTOS *et al.*, 2013; DURASEVIĆ *et al.*, 2020).

O óleo de coco apresenta-se como um óleo vegetal com benefícios nutricionais e funcionais (ARAÚJO *et al.*, 2020). Ainda, conta com propriedades bioativas com atividade antioxidante, protegendo o organismo contra o acúmulo de radicais livres que ocasionam o estresse oxidativo e podem contribuir para o desenvolvimento de doenças crônicas e degenerativas (PHAM-HUY; HE; PHAMHUY, 2008; BARBOSA *et al.*, 2010; OLIVEIRA; BASTOS, 2011; PRAKRUTHI *et al.*, 2014). Possui propriedades antioxidantes que estimulam o sistema imunológico e dessa forma, o consumo de óleo de coco virgem pode ajudar a proteger o corpo contra infecções (MARINA *et al.*, 2009; PATIL *et al.*, 2016).

O óleo de coco virgem apresenta boa digestibilidade, principalmente devido aos ácidos graxos de cadeia média. O corpo usa esses ácidos graxos imediatamente após o consumo para produção de energia, em vez de armazená-la como gordura corporal (PATIL *et al.*, 2016).

3.2.7 Aveia em flocos

A aveia é um cereal de destaque devido ao seu valor nutricional e é constituída por diversos nutrientes, como proteínas, ácidos graxos insaturados, vitaminas e minerais, sendo uma boa fonte de fibras essenciais para o funcionamento do organismo, como as fibras alimentares solúveis (PAUCEAN; MAN; POP, 2015; KRISTEK *et al.*, 2018).

O consumo de aveia ou de produtos que contenham aveia em sua composição contribuiu para a melhora de diversas doenças, principalmente o diabetes mellitus e suas complicações sobre a glicemia, onde o consumo de aveia pode diminuir a absorção de glicose, e pode estimular funções imunológicas (DE

MORI; FONTANELI; SANTOS, 2012). Além disso, acredita-se que o consumo de aveia tem efeitos hipocolesterolêmicos, hipoglicemiantes e anticarcinogênicos (RASANE *et al.*, 2015).

Um dos principais componentes da aveia é a β -glucana, um polissacarídeo que é responsável pela redução da resposta pós-prandial à glicose e a melhora dos níveis de colesterol no sangue (HENRION *et al.*, 2019).

A aveia está disponível para consumo em flocos, farinha e também em forma de farelo, geralmente sendo encontrada em cereais matinais, pães, biscoitos, barras de cereais e granolas. O consumo deste cereal tem crescido e auxiliado no controle de doenças, principalmente pela composição da aveia que é benéfica para a saúde (MOLIN, 2011).

3.2.8 Flocos de arroz

O arroz é a terceira cultura mais importante no mundo, visto que este cereal alimenta mais da metade da população global. Caracteriza-se como uma excelente matéria-prima para a obtenção de novos produtos e, nesse sentido, o grão de arroz tem sido amplamente empregado para a elaboração de diferentes produtos industrializados (DALBHAGAT; MAHATO; MISHRA, 2019).

Os flocos de arroz se caracterizam como uma excelente fonte de energia, devido à alta concentração de amido, fornecendo também proteínas, vitaminas e minerais, fitoquímicos e aminoácidos essenciais e apresenta possui baixo teor de lipídios (KENNEDY; BURLINGAME; NGUYEN, 2002; MAISONT; NARKRUGSA, 2009).

3.2.9 Semente de chia

A semente de chia contém antioxidantes naturais, tais como compostos fenólicos, glicosídeos Q e K, ácido clorogênico, ácido caféico, quercetina entre outros, que protegem o organismo humano contra os processos oxidativos que ocorrem naturalmente. Além disso, ela atua na proteção contra doenças cardiovasculares e alguns tipos de câncer (MUÑOZ *et al.*, 2012).

Vale ressaltar o alto teor de fibras presente em 100 g de chia, que é de aproximadamente 43 g, sendo que a sua ingestão tem efeitos benéficos no controle de doenças como obesidade, doenças cardiovasculares e diabetes tipo 2. Além disso, os teores de ácido linolênico presentes na semente alcançam até 62,02 g/100 g, que também atua na diminuição da ocorrência de doenças cardiovasculares (OLIVOS-LUGO; VALDIVIA-LÓPEZ; TECANTE, 2010; COELHO; SALLAS-MELLADO, 2014).

As sementes de chia são valiosas nutricionalmente (AYERZA; COATES, 2011; IXTAINA; NOLASCO; TOMÁS, 2008; LLORENT-MARTÍNEZ *et al.*, 2013; MARINELI *et al.*, 2014; MUÑOZ *et al.*, 2013). Ixtaina e colaboradores (2011) determinaram uma quantidade significativa de lipídios, que correspondem a cerca de 40% do peso total da semente, e sendo cerca de 60% como ômega 3, resultado este convergente com o estudo de Mohd Ali (2012), que identificou dois componentes ativos na semente de chia, os ácidos graxos ômega 6 (20% do total de óleo) e ômega 3 (60% do total de óleo).

Consumir ômega-3, mesmo em doses baixas, favorece a deformação dos eritrócitos e diminui a viscosidade do sangue, o que facilita a microcirculação e possibilita maior oxigenação dos tecidos (MENDONÇA, 2010).

3.2.10 Bagaço de malte

O bagaço de malte, principal resíduo gerado na produção de cerveja (corresponde a cerca de 85% do total), é rico em proteínas, fibra alimentar e cinzas, com teor médio de carboidratos e baixo em lipídios. Além disso, é considerado fonte de compostos bioativos, como os ácidos fenólicos, pois na casca e na parede celular da cevada é onde se encontram a maioria dos compostos fenólicos e dos ácidos hidroxicinâmicos dos grãos de cevada (ALMEIDA, 2014).

O *Codex Alimentarius* definiu fibras alimentares como polímeros de carboidratos com 10 ou mais unidades monoméricas não hidrolisadas por enzimas endógenas no intestino delgado dos humanos e que promovem efeitos fisiológicos benéficos à saúde humana (CODEX ALIMENTARIUS, 2009).

A importância das fibras alimentares na alimentação tem sido evidenciada em diversos estudos epidemiológicos, quando se correlacionam o seu elevado consumo com a menor incidência de doenças crônicas degenerativas (como as cardiovasculares e o câncer de cólon) (ANJO, 2004; OLIVEIRA; MARCHINI, 2008). A quantidade de fibras na alimentação é um parâmetro de uma alimentação saudável, pois indica que a alimentação é rica em alimentos vegetais integrais e relativamente pouco refinados e, por isso, rica em vitaminas, minerais e outros nutrientes (BRASIL, 2014b). Já as proteínas, são constituintes dos alimentos extremamente importantes, tanto para a nutrição, devido ao fornecimento de aminoácidos, quanto para o funcionamento celular e além disso, são conhecidos como alimentos construtores ou reparadores, pois renovam as células e constroem novos tecidos (FREITAS, 2002).

Devido a sua composição nutricional, a utilização do bagaço de malte na alimentação humana é uma boa alternativa para o melhoramento e enriquecimento de produtos (TOMBINI *et al.*, 2020a). Diversos autores estudaram a incorporação do bagaço de malte em produtos panificados, como em massa assada na forma de palitos ou como pão e obtiveram resultados satisfatórios de aceitação sensorial (MATTOS, 2010; KTENIOUDAKI *et al.*, 2012; TEIXEIRA *et al.*, 2018; TOMBINI *et al.*, 2020b). Além disso, a aplicação deste para elaboração de biscoitos tipo *cookies* também têm se mostrado uma alternativa interessante (VARGAS *et al.*, 2021).

Uma opção de utilização promissora para este resíduo é sua aplicação no desenvolvimento de barras de cereais. Tombini (2021) estudou a incorporação do resíduo em barras de cereais com características funcionais, na proporção de 19% (formulação F1) e 24% (formulação F2), buscando avaliar quais os benefícios nos teores nutricionais das barras desenvolvidas com a adição do bagaço de malte.

Os resultados do estudo intitulado como “Desenvolvimento e caracterização de barras de cereais com alto conteúdo de fibra alimentar a partir do bagaço de malte oriundo da indústria cervejeira” demonstraram que a incorporação do bagaço agregou características nutricionalmente interessantes,

caracterizando as barras desenvolvidas como ricas em fibras alimentares e proteínas, com valores para F1, de 6,06 e 26,35 g/100 g respectivamente, e para F2, de 8,43 e 26,22 g/100 g. Além disso, a incorporação do resíduo permitiu um incremento significativo nos teores de compostos fenólicos (F1= 100,37 e F2= 192,13 mg EAG/100 g de amostra) e na capacidade antioxidante das barras (F1= 21,58 e F2= 14,78 mg/mL), quando comparadas a formulação controle (F0) (TOMBINI, 2021).

As barras desenvolvidas também foram submetidas a avaliação sensorial, em que foram consideradas bem aceitas pelos consumidores, com notas acima de 6 (gostei ligeiramente) para todos os atributos avaliados em escala hedônica de 9 pontos, e ainda, indicação de que 56% dos participantes comprariam F1, sendo esta a formulação indicada como a melhor opção dentre as avaliadas (TOMBINI, 2021).

Dessa forma, o estudo pode inferir que a utilização do bagaço de malte na elaboração de barras de cereais representa uma opção que, além de ser uma opção de destinação nobre ao resíduo, agrega valor e beneficia nutricionalmente este alimento.

4 CONCLUSÕES

Neste estudo foi possível demonstrar a existência de alguns ingredientes que apresentam propriedades funcionais, dentro de uma vasta gama existente, e que podem ser usados na fabricação de barras de cereais. Nesse sentido, as barras de cereais se consolidaram como uma boa opção que vincula a praticidade e a saudabilidade para o dia-a-dia, sendo sensorialmente bem aceita pelos consumidores, além de trazer os benefícios da incorporação de ingredientes funcionais, tais como grãos integrais, sementes, resíduos alimentícios, entre outros. O desenvolvimento de alimentos com alegações de propriedades funcionais tem se mostrado promissor, visto que a busca pela saúde tem sido um dos pilares do estilo da vida da população atualmente.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, A. R. **Compostos bioativos do bagaço de malte: fenólicos, capacidade antioxidante *in vitro* e atividade antibacteriana**. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.
- ALVES-SANTOS, A. M.; ALMEIDA, D. C. F.; NAVES, M. M. V. Baru (*Dipteryx alata*) fruit as an option of nut and pulp with advantageous nutritional and functional properties: A comprehensive review. **NFS Journal**, v. 24, p. 26-36, 2021.
- and quality of virgin coconut oil as influenced by maturity stages. *Carpathian Journal of Food ANJO*, D. L. C. Alimentos funcionais em angiologia e cirurgia vascular. **Jornal Vascular Brasileiro**, v. 3, n. 2, p. 145-154, 2004.
- APPELT, P.; ALVES, M.; GUERRA, A.; KALINKE, C.; APARECIDO, V. Desenvolvimento e caracterização de barras de cereais elaboradas com farinha de casca de jabuticaba e okara. **Acta Scientiarum Technology**, v. 37, n. 1, p. 117-122, 2015.
- ARAÚJO, T. F.; SOUSA, L. F. A.; GUIMARÃES, D. F.; GIRÃO, M. V. D. Prospecção Científica e Tecnológica do Uso do Óleo de Coco (*Cocos nucifera*. L) na Indústria Alimentícia. **Cadernos de Prospecção**, v. 13, n. 3, p. 875-887, 2020.
- AREMU, C. Y.; ABARA, A. E. Hydrocyanate, oxalate, phytate, calcium and zinc in selected brands of Nigerian cocoa beverage. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 42, n. 3, p. 231–237, 1992.
- atil, U., Benjakul, S., Prodpran, T., Senphan, T., & Cheetangdee, N. (2016). Characteristics AUZANNEAU, N.; WEBER, P.; KOSIŃSKA-CAGNAZZO, A.; ANDLAUER, W. Bioactive compounds and antioxidant capacity of *Lonicera caerulea* berries: Comparison of seven cultivars over three harvesting years. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 66, p. 81-89, 2018.
- AYERZA, R.; COATES, W. Protein content, oil content and fatty acid profiles as potential criteria to determine the origin of commercially grown chia (*Salvia hispanica* L.). **Industrial Crops and Products**, v. 34, n. 2, p. 1366-1371, 2011.
- BABA, S.; NATSUME, M.; YASUDA, A.; NAKAMURA, Y.; TAMURA, T.; OSAKABE, N.; KANEGAE, M.; KONDO, K. Plasma LDL and HDL cholesterol and oxidized LDL concentrations are altered in normo- and hypercholesterolemic humans after intake of different levels of cocoa powder. **The Journal of Nutrition**, v. 137, n. 6, p. 1436-1441, 2007.
- BARBOSA, K. B. F.; COSTA, N. M. B.; ALFENAS, R. C. G.; PAULA, S. O. de.; MININ, V. P. R.; BRESSAN, J. Estresse oxidativo: conceito, implicações e fatores modulatórios. **Revista de Nutrição**, v. 23, n. 4, p. 629-643, 2010.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Informe Técnico n. 56, de 6 de fevereiro de 2014. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 06 fev. 2014a. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/documents/33916/388729/Informe+T%C3%A9cnico+n%C2%BA+56%2C+de+6+de+fevereiro+de+2014/fd8a84f3-afa9-4911-9ccb-d5c8a5a7f3c4>. Acesso em: 12 out. 2019.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução n. 2, de 07 de janeiro de 2002. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 09 jan. 2002. Disponível em: <http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=17/07/2002&jornal=1&pagina=78&totalArquivos=104>. Acesso em: 12 set. 2019.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução n. 18, de 30 de abril de 1999. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 03 maio 1999. Disponível em: http://portal.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/RES_18_1999_COMP.pdf/dd30fd35-e7ea-4f8d-be72-ae2e439191b0. Acesso em 12 set. 2019.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução n. 263, de 22 de setembro de 2005. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 23 set. 2005. Disponível em: http://portal.anvisa.gov.br/documents/33880/2568070/RDC_263_2005.pdf/d6f557da-7c1a-4bc1-bb84-fddf9cb846c3. Acesso em 25 ago. 2020.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Coordenação Geral da Política de Alimentação e Nutrição. **Guia alimentar para a população brasileira**. Brasília, DF, 2014b. 158 p. Disponível em: http://bvsmis.saude.gov.br/bvsmis/publicacoes/guia_alimentar_populacao_brasileira_2ed.pdf. Acesso em: 12 set. 2019.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretária de Vigilância em Saúde. Departamento de Análise em Saúde e Vigilância de Doenças Não Transmissíveis. **Vigitel Brasil 2018: vigilância de fatores de risco e proteção para doenças crônicas por inquérito telefônico, estimativas sobre frequência e distribuição sociodemográfica de fatores de risco e proteção para doenças crônicas nas capitais dos 26 estados brasileiros e no Distrito Federal em 2018**. Disponível em: <https://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2019/julho/25/vigitel-brasil-2018.pdf>. Acesso em: 25 set. 2021.

BUIJSSE, B.; WEIKERT, C.; DROGAN, D.; BERGMANN, M.; BOEING, H. Chocolate consumption in relation to blood pressure and risk of cardiovascular disease in German adults. **Eur Heart Journal**, v. 31, n. 13, p. 1616-1623, 2010.

CAPELEZZO, L.; AGNOL, J. D.; TOMBINI, C.; GODOY, J. S.; ONOFRE, S. B.; MACHADO JUNIOR, F. S.; MELLO, J. M. M.; DALCANTON, F. Elaboração e avaliação físico-química de uma barra de cereal utilizando resíduo cervejeiro. **Brazilian Journal of Health Review**, v. 3, n. 3, p. 5107-5121, 2020.

CAPRILES, V. D. **Otimização de propriedades nutricionais e sensoriais de produtos à base de amaranto enriquecido com frutanos, para intervenção em celíacos**. 2009. Tese (Doutorado em Nutrição em Saúde Pública) – Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

CHANG, A. S.; SREEDHARAN, A.; SCHNEIDER, K. R. Peanut and peanut products: A food safety perspective. **Food Control**, v. 32, n. 2, p. 296-303, 2013.

CHU, W.; CHEUNG, S. C. M.; LAU, R. A. W.; BENZIE, I. F. F. Bilberry (*Vaccinium myrtillus* L.) In: BENZIE, I. F. F.; WATCHEL-GALOR, S. (ed). **Herbal Medicine: Biomolecular and Clinical Aspects**. Boca Raton: CRC Press, 2011. cap. 4, p. 55-72.

CODEX ALIMENTARIUS. **ALINORM 09/32/3**, Report of the 66th Session of the Executive Committee, p. 4. 2009. Disponível em: http://www.codexalimentarius.net/download/report/727/al32_03e.pdf. Acesso em: 28 set. 2021.

COELHO, M. S; SALLAS- MELLADO, M. M. Revisão: Composição química, propriedades funcionais e aplicações tecnológicas da semente de chia (*Salvia hispânica* L.) em alimentos. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 17, n. 4, p. 259-268, 2014.

CORTI, R.; FLAMMER, A.J.; HOLLENBERG, N. K.; LUSCHER, T. F. Cocoa and cardiovascular health. **Circulation**, v. 119, n. 10, p. 1433-1441, 2009.

COSTA, B. J.; ZAGONEL, G. F. Potencial do óleo do amendoim como fonte de biodiesel. In: SANTOS, R. C.; FREIRE, R. M. M.; SUASSUNA, T. M. F. **Amendoim: o produtor pergunta, a EMBRAPA responde**. Brasília: EMBRAPA. cap. 13, p. 211-220, 2009.

COSTA, M. M. **Sucos funcionais: percepções, compreensão e comportamento do consumidor**. 2019. Dissertação (Mestrado Profissional em Comportamento do Consumidor) - Escola Superior de Propaganda e Marketing, São Paulo, 2019.

COSTA, N. M. B.; ROSA, C. O. B. **Alimentos Funcionais** - Componentes Bioativos e Efeitos Fisiológicos. Rio de Janeiro: Rubio, 2010.

COVINO, R.; MONTEIRO, A. R. G.; SILVA, M. R.; MARQUES, D. R.; BENOSSE, L.; MONTEIRO, C. C. F. Manufacturing cereal bars with high nutritional value through experimental design. **Acta Scientiarum. Technology**, v. 37, n. 1, p. 149-154, 2015.

CANTUARIA-AVILÉS, T.; SILVA, S. R.; MEDINA, R. B.; MORAES, A. F. G.; ALBERTI, M. F. Variety introduction of low chilling demand in the state of São Paulo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, n. 1, p. 139-147, 2014.

DALBHAGAT, C. G.; MAHATO, D. K.; MISHRA, H. N. Effect of extrusion processing on physicochemical, functional and nutritional characteristics of rice and rice-based products: A review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 85, p. 226-240, 2019.

DAMASCENO, K. A.; GONÇALVES, C. A. A.; PEREIRA, G. S.; COSTA, L. L.; CAMPAGNOL, P. C. B.; ALMEIDA, P. L.; ARANTES-PEREIRA, L. Development of cereal bars containing pineapple peel flour (*Ananas comosus L. Merrill*). **Journal of Food Quality**, v. 39, n. 5, p. 417-424, 2016.

DE MORI, C.; FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P. dos. **Aspectos econômicos e conjunturais da cultura da aveia**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2012. 18 p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/91354/1/2013-documentosonline-136.pdf>. Acesso em 31 jan. 2021.

DIACONEASA, Z.; LEOPOLD, L.; RUGINĂ, D.; AYVAZ, H.; SOCACIU, C. Antiproliferative and antioxidant properties of anthocyanin rich extracts from blueberry and blackcurrant juice. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 16, p. 2352-2365, 2015.

DURASEVIĆ, S.; NIKOLIĆ, G.; ZALETEL, I.; GRIGOROV, O.; MEMON, L.; MITIĆ-ĆULAFIĆ, D.; VUJOVIĆ, P.; DORDEVIĆ, J.; TODOROVIĆ, Z. Distinct effects of virgin coconut oil supplementation on the glucose and lipid homeostasis in non-diabetic and alloxan-induced diabetic rats. **Journal of Functional Foods**, v. 64, p. 1-11, 2020.

DUTCOSKY, S. D.; GROSSMANN, M. V. E.; SILVA, R. S. S.; WELSCH, A. K. Combined sensory optimization of a prebiotic cereal product using multicomponent mixture experiments. **Food Chemistry**. v. 98, n. 4, p. 630-638, 2006.

EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY – EFSA. Scientific Opinion on the substantiation of health claims related to glucomannan and maintenance of normal blood cholesterol concentrations (ID 836, 1560) pursuant to Article 13 (1) of Regulation (EC) No 1924/2006. **EFSA Journal**, v. 7, n. 9, p. 1-14, 2009.

FERNANDES, R. C. S.; PITOMBO, V. C.; MORAIS, N. A. R.; SALVADOR, A. C. A.; REZENDES, L. S.; MATIAS, A. C. G.; FURQUIM, N. R.; PEREIRA, I. R. O. Desenvolvimento e avaliação sensorial de sorvete de iogurte (*frozen*) funcional com biomassa de banana verde e frutas vermelhas. **Revista Uningá Review**, v. 30, n. 2, p. 17-22, 2017.

FERREIRA, T. S.; PENNA, A. L. Colágeno: Características químicas e propriedades funcionais. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 71, n. 3, p. 530-539, 2012.

FIDELIS, C. V. C.; SILVA, A. K. B.; LEITE, K. S.; AMORIM, J. A.; HOLANDA, H. D. Elaboração de barra de cereal enriquecida com torta de coco (*cocos nucifera* L.) proveniente do resíduo da extração de óleo de coco). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 25., 2016, Gramado, Rio Grande do Sul. **Anais [...]**. Gramado: SBCTA-RS, 2016.

FREITAS, D. G. C.; MORETTI, R. H. Caracterização e avaliação sensorial de barra de cereais funcional de alto teor proteico e vitamínico. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 2, p. 318-324, 2006.

FREITAS, P. G. **Saúde um Estilo de Vida: Baseado no Equilíbrio de Quatro Pilares**. São Paulo: IBRASA, 2002.

FRITSCH, C.; STAEBLER, A.; HAPPEL, A.; CUBERO, M.; AGUILO-AGUAYO, I.; ABADIAS, M.; GALLUR, M.; CIGOGNINI, I.; MONTANARI, A.; LOPEZ, M.; SUAREZ-ESTRELLA, F.; BRUNTON, N.; LUENGO, E.; SISTI, L.; FERRI, M.; BELOTTI, G. Processing, Valorization and Application of Bio-Waste Derived Compounds from Potato, Tomato, Olive and Cereals: A Review. **Sustainability**, v. 9, p. 2-46, 2017.

GARCIA, M. C.; LOBATO, L. P.; BENASSI, M. D. T.; SOARES JÚNIOR, M. S. Application of roasted rice bran in cereal bars. **Food Science and Technology**, v. 32, n. 4, p. 718-724, 2012.

GOLDMEYER, B.; PENNA, N. G.; MELO, A.; DA ROSA, C. S. Características físico-químicas e propriedades funcionais tecnológicas do bagaço de mirtilo fermentado e suas farinhas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, n. 4, p. 980-987, 2014.

GÓMEZ-GUILLÉN, M. C.; GIMÉNEZ, B.; LÓPEZ-CABALLERO, M. A.; MONTERO, M. P. Functional and bioactive properties of collagen and gelatin from alternative sources: A review. **Food hydrocolloids**, v. 25, n. 8, p. 1813-1827, 2011.

GUTKOSKI, L. C.; BONAMIGO, J. M. D. A.; TEIXEIRA, D. M. D. F.; PEDÓ, I. Desenvolvimento de barras de cereais à base de aveia com alto teor de fibra alimentar. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 2, p. 355-363, 2007.

HEASMAN, M.; MELLENTIN, J. **The Functional Foods Revolution**. Healthy People, Healthy Profits? London: Earthscan, 2014.

HENRION, M.; FRANCEY, C.; LÊ, K. A.; LAMOTHE, L. Cereal B-glucans: the impact of processing and how it affects physiological responses. **Nutrients**, v. 11, n. 8, p. 1729-1743, 2019.

IXTAINA, V. Y.; MARTÍNEZ, M. L.; SPOTORNO, V.; MATEO, C. M.; MAESTRI, D. M.; DIEHL, B. W. K. Characterization of Chia Seed Oils Obtained by Pressing and Solvent Extraction. **Journal of Food Composition Analysis**, v. 24, n. 2, p. 166-174, 2011.

IXTAINA, V. Y.; NOLASCO, S. M.; TOMAS, M. C. Physical properties of chia (*Salvia hispanica* L.) seeds. **Industrial crops and products**, v. 28, n. 3, p. 286-293, 2008.

- JÚNIOR, F. D.; DE OLIVEIRA, D. A. G.; SOARES, V. C. G. Nutracêuticos: o colágeno e suas diversas combinações em produtos disponibilizados para venda. **Teoria & Prática: Revista de Humanidades, Ciências Sociais e Cultura**, v. 1, n. 1, p. 37-50, 2019.
- JUNIOR, S. R.; PATROCÍNIO, I.; PEÑA, W.; JUNQUEIRA, M.; TEIXEIRA, L. Desenvolvimento de barra de cereal salgada enriquecida com farinha de albedo de maracujá. **Enciclopédia Biosfera**, v. 7, n. 12, p. 1-7, 2011.
- KÄNEL, V. R.; MEISTER, R. E.; STUTZ, M.; KUMMER, P.; ARPAGAUS, A.; HUBER, S.; EHLERT, U.; WIRTZ, P. H. Effects of dark chocolate consumption on the prothrombotic response to acute psychosocial stress in healthy men. **Thrombosis and Haemostasis**, v. 112, n. 6, p. 1151–1158, 2014.
- KENNEDY, G.; BURLINGAME, B.; NGUYEN, N. Nutrient impact assessment of rice in major rice-consuming countries. **International Rice Commission Newsletter**, v. 51, p. 33-42, 2002.
- KRISTEK, A.; SCHÄR, M. Y.; SOYCAN, G.; ALSHARIF, S.; KUHNLE, G. G. C.; WALTON, G.; SPENCER, J. P. E. The gut microbiota and cardiovascular health benefits: A focus on wholegrain oats. **Nutrition Bulletin**, v. 43, n. 4, p. 358-373, 2018.
- KTENIOUDAKI, A; CHAURIN, V.; REIS, S.; GALLAGHER, E. Brewer's spent grain as a functional ingredient for breadsticks. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 47, n. 8, p. 1765–1771, 2012.
- LANGE, L.; MEYER, A. S. Potentials and possible safety issues of using biorefinery products in food value chains. **Trends in Food Science & Technology**, v. 84, p. 7-11, 2019.
- LEHNINGER, A. L. **Princípios de bioquímica**. São Paulo: Sarvier; 1995.
- LIMA, L. W.; STONEHOUSE, G. C.; WALTERS, C.; EL MEHDAWI, A F.; FAKRA, S. C.; PILONSMITS, E. A. H. Selenium accumulation, speciation and localization in Brazil nuts (*Bertholletia excelsa* HBK). **Plants**, v. 8, n. 8, p. 1-7, 2019.
- LIPPI, D. Chocolate in History: Food, Medicine, Medi-Food. **Nutrients**, v. 5, n. 5, p. 1573–1584, 2013.
- LLORENT-MARTÍNEZ, E. J.; DE CÓRDOVA, M. L. F.; ORTEGA-BARRALES, P.; RUIZ-MEDINA, A. Characterization and comparison of the chemical composition of exotic superfoods. **Microchemical Journal**, v. 110, p. 444-451, 2013.
- MAISON, S.; NARKRUGSA, W. Effects of some physicochemical properties of paddy rice varieties on puffing qualities by microwave “original”. **Kasetsart Journal: Natural Science**, v. 43, p. 566-575, 2009.
- Marina, A., Man, Y. C., Nazimah, S., & Amin, I. (2009c). Chemical properties of virgin coconut oil. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 86, n. 4, p. 301–7, 2009.
- MARINELI, R. S.; MORAES, É. A.; LENQUISTE, S. A.; GODOY, A. T.; EBERLIN, M. N.; MARÓSTICA JR, M. R. Chemical characterization and antioxidant potential of Chilean chia seeds and oil (*Salvia hispanica* L.). **LWT-Food Science and Technology**, v. 59, n. 2, p. 1304-1310, 2014.
- MARQUES, R. M. **Aproveitamento tecnológico de resíduos de acerola: farinha e barras de cereais**. 2013. Dissertação (Mestrado em Agroquímica) – Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, 2013.

MÁRQUEZ-VILLACORTA, L. F.; PRETELL-VÁSQUEZ, C. C. Evaluation of quality characteristics in cereal bars with high fiber and protein content. **Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial**, v. 16, n. 2, p. 67-78, 2018.

MATTOS, C. **Desenvolvimento de um pão fonte de fibras a partir do bagaço de malte**. Monografia (Graduação em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

MENDONÇA, S. N. T. G. **Nutrição**. Curitiba: Livro Técnico, 2010.

MINIM, V. P. R.; CECCHI, H. M.; MINIM, L. A. Determinação de substitutos da manteiga de cacau em coberturas de chocolate através da análise de triacilgliceróis. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 19, n. 2, p. 277-281, 1999.

MOHD ALI, N.; YEAP, S. K.; YONG HO, W.; KEE BEH, B.; WEI TAN, S.; GUAN TAN, S. O futuro promissor da Chia (*Salvia Hispanica L*). **Jornal da Biomedicina e Biotecnologia**, v. 1, 2012.

MOLIN, V. T. S. **Chemical And Sensory Evaluation Of Oats In Different Forms Of Processing**. 2011. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011.

MUÑOZ, L. A.; COBOS, A.; DIAZ, O.; AGUILERA, J. M. Chia seed (*Salvia hispanica*): an ancient grain and a new functional food. **Food reviews international**, v. 29, n. 4, p. 394-408, 2013.

MUÑOZ, L. A.; COBOS, A.; DIAZ, O.; AGUILERA, J. M. Semente de Chia: Microestrutura, extração de mucilagem e hidratação. **Jornal da Engenharia de Alimentos**, v. 108, p. 216 – 224, 2012.

NEPA – NÚCLEO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM ALIMENTAÇÃO. Tabela Brasileira de Composição de Alimentos - TACO. **NEPA - Unicamp**, v. 20, p. 161, 2011.

NORBERTO, S.; SILVA, S.; MEIRELES, M.; FARIA, A.; PINTADO, M.; CALHAU, C. Blueberry Anthocyanins in health promotion: A metabolic overview. **Journal of Functional Foods**, v. 5, n. 4, p. 1518-1528, 2013.

oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 86(4), 301–7

OLIVEIRA, C. F. P.; MALTA, H. L.; JESUS, A. C. L.; CRUZ, R. S.; CARDOSO, F. S. N. Desenvolvimento, avaliação sensorial e físico-química de barra de cereal de caju. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v.7, n. 1, p. 934-942, 2013.

OLIVEIRA, D. M.; BASTOS, D. H. M. Biodisponibilidade de ácidos fenólicos. **Química Nova**, v. 34, n. 6, p. 1051-1056, 2011.

OLIVEIRA, J. E. D.; MARCHINI, J. S. **Ciências nutricionais: aprendendo a aprender**. São Paulo: Sarvier, 2008.

OLIVOS-LUGO, B. L.; VALDIVIA-LÓPEZ, M. Á.; TECANTE, A. Thermal and physicochemical properties and nutritional value of the protein fraction of Mexican chia seed (*Salvia hispanica L.*). **Food Science and Technology International**, v. 16, n. 1, p. 89-96, 2010.

PAIVA, A. P.; BARCELOS, M. D. F. P.; PEREIRA, J. D. A. R.; FERREIRA, E. B.; CIABOTTI, S. Characterization of food bars manufactured with agroindustrial by-products and waste. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 36, n. 3, p. 333-340, 2012.

PALLAVI, B. V.; CHETANA, R.; RAVI, R.; REDDY, S. Y. Moisture sorption curves of fruit and nut cereal bar prepared with sugar and sugar substitutes. **Journal of food science and technology**, v. 52, n. 3, p. 1663-1669, 2015.

PANTELIDIS, G. E.; VASILAKAKIS, G. A.; MANGANARIS, G. A.; DIAMANTIDIS, G. Antioxidant capacity, phenol, anthocyanin and ascorbic acid contents in raspberries, blackberries, red currants, gooseberries and Cornelian cherries. **Food Chemistry**, v. 102, n. 3 p. 777–783, 2007.

PATIL, U.; BENJAKUL, S.; PRODPRAN, T.; SENPHAN, T.; CHEETANGDEE, N. Characteristics and quality of virgin coconut oil as influenced by maturity stages. **Carpathian Journal of Food Science and Technology**, v. 8, n. 4, p. 103–15, 2016.

PAUCEAN, A.; MAN, S.; POP, A. Development of oat based-food formulation and quality characteristics. **Journal of Agroalimentary Processes and Technologies**, v. 21, n. 3, p. 261-266, 2015.

PEUCKERT, Y. P.; VIERA, V. B.; HECKTHEUER, L. H. R.; MARQUES, C. T.; ROSA, C. S. Caracterização e aceitabilidade de barras de cereais adicionadas de proteína texturizada de soja e camu-camu (*Myrciaria dúbia*). **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 21, n. 1, p. 149-154, 2010.

PHAM-HUY, L. A.; HE, H.; PHAM-HUY, C. Free Radicals, Antioxidants in Disease and Health. **International journal of Biomedical Science**, v. 4, n. 2, p. 89-96, 2008.

PRAKRUTHI, A.; SUNIL, L.; KUMAR, P. K. P.; KRISHNA, A. G. G. Composition of Coconut Testa, Coconut Kernel and its Oil. **Journal of the American Oil Chemists Society**, v. 91, n. 6, p. 917-924, 2014.

PRESTES, R. C.; GOLUNSKI, S. M.; TONIAZZO, G.; KEMPKA, A. P.; LUCCIO, M. Caracterização da fibra de colágeno, gelatina e colágeno hidrolisado. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 15, n. 4, p. 375-382, 2013.

RASANE, P.; JHA, A.; SABIKHI, L.; KUMAR, A.; UNNIKRISHNAN, V. S. Nutritional advantages of oats and opportunities for its processing as value added foods-a review. **Journal of food science and technology**, v. 52, n. 2, p. 662-675, 2015.

REQUE, P. M. **Frutos de mirtilo (*Vaccinium spp.*) e produtos derivados: caracterização e estabilidade de suas propriedades bioativas**. 2012. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

ROBERTO, B. S.; SILVA, L. P.; MACAGNAN, F. T.; BIZZANI, M.; BENDER, A. B. B. Qualidade nutricional e aceitabilidade de barras de cereais formuladas com casca e semente de goiaba. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, v. 1, n. 74, p. 39-48, 2015.

ROSENTHAL, A. J.; SHARE, C. Temporal dominance of sensations of peanuts and peanut products in relation to hutchings and lillford's "breakdown path". **Food Quality and Preference**, v. 32, p. 311-316, 2014.

SANTIAGO, D. M.; SOARES, W. P.; GUERRA, I. C.; BRITTO, G. C. S.; PAULAS, C. L. B.; CAMPOS, M. F. S.; MASSON, J. Desenvolvimento de barra de cereal com casca de banana como forma de reutilização de resíduo industrial e análise sensorial. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 25., 2016, Gramado, Rio Grande do Sul. **Anais [...]**. Gramado: SBCTA-RS, 2016.

SANTOS, O. V.; LOPES, A. S.; AZEVEDO, G. O.; SANTOS, A. C. Processing of Brazil – nut flour: characterization, thermal and morphological analysis. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 1, p. 264- 269, 2010.

SANTOS, J. R. M.; MARTINS, J. S. FREIRE, M. S. NETO, N. S. SILVA, T. N. SANTOS, J. C. O. Caracterização físico-química do óleo de coco obtido artesanalmente. *In*: CONGRESSO NORTE-NORDESTE DE QUÍMICA, 5., 2013, Natal, Rio Grande do Norte. **Anais [...]**. Natal: UFRN, 2013.

SANTOS, R. C.; GODOY, I. J.; FÁVERO, A. P. Melhoramento do amendoim e cultivares comerciais. *In*: SANTOS, R. C.; FREIRE, R. M. M.; LIMA, L. M. **O agronegócio do amendoim no Brasil**. Campina Grande: Embrapa, p. 115-184, 2013.

Science and Technology, 8(4), 103–15.

SELMI, C.; COCCHI, C. A.; LANFREDINI, M.; KEEN, C. L.; GERSHWIN, M. E. Chocolate at heart: The anti-inflammatory impact of cocoa flavanols. **Molecular Nutrition and Food Research**, v. 52, n. 11, p. 1340-1348, 2008.

SERAFINI, M.; BUGIANESI, R.; MAIANI, G.; VALTUENA, S.; DE SANTIS, S.; CROZIER, A. Plasma antioxidants from chocolate. **Nature**, v. 424, n. 1013, 2003.

SILVA, E. C. J. **Selênio na castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*) e em solos da região Amazônica brasileira**. 2016. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, 2016.

SILVA, G. B. **Efeito do consumo de castanhas-do-Brasil (*Bertholletia Excelsa* H. B. K) sobre os biomarcadores inflamatórios e o estado nutricional relativo ao selênio de mulheres obesas**. 2018. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

SILVA, M. O., BAPTISTA, A. T. A., CAMACHO, F. P., BERGAMASCO, R., VIEIRA, A. M. S. AMBROSIO-UGRI, M. C. B. Elaboração de barra de cereal utilizando resíduo de extrato de soja com adição de pó de casca de noz-pecã. **Revista Tecnológica**, Maringá, p. 247-255, 2015.

SOARES, L. P.; TOMÉ, P. H. F.; FRAGIORGE, E. J.; RODRIGUES, A. P. Elaboração de barras de cereais a partir de frutos do cerrado. **Revista Semana Acadêmica**, v. 1, 2015.

SOUSA, A. M.; SOUSA, I. P. R.; TEIXEIRA, S. A.; MEDEIROS, S. R. A.; PORTELA, J. V. F. Barra dietética de cereal sabor umbu de plátano verde. **Revista de Ciencia y Tecnología**, v. 18, n. 25, p. 48-53, 2016.

SOUZA, L. G. S.; SOUZA, F. S. S.; LAMARÃO, C. V.; SANTOS, E. C. S.; COSTA, B. E. T.; MEDEIROS, C. M.; LOBATO, A. C. N.; CASTRO, A. P. Elaboração de barra de cereais a partir da polpa do cará. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 25., 2016, Gramado, Rio Grande do Sul. **Anais [...]**. Gramado: SBCTA-RS, 2016.

SOUZA, M. L.; MENEZES, H. C. Avaliação sensorial de cereais matinais de castanha-do-Brasil com mandioca extrusados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 4, p. 950-955, 2006.

SOUZA, N. A.; SREBERNICH, S. M. Avaliação físico-química e determinação do valor nutricional de barras de cereais diet utilizando como agente ligante goma acácia. *In*: ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA PUC-CAMPINAS, 15., 2010, Campinas. **Anais [...]**. Campinas: PUC, 2010.

TABELA DE COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS ALIMENTOS. **U. S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service**. USDA National Nutrient Database for Standard Reference, 2018.

Disponível em: <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/365018/nutrients>. Acesso em 13 dez. 2020.

TEIXEIRA, Â. M.; SÉKULA, N.; MULLER, B.; BEZERRA, J. R. M. V.; RIGO, M. Avaliação físico-química e sensorial de pães com diferentes proporções de farinha de bagaço de malte de cevada como fonte de fibra. **Ambiência**, v. 14, n. 3, p. 439-448, 2018.

TIMBABADIYA, P. N.; BHEDA, S. B.; GAJERA, H. P.; PATEL, S. V. Application of Peanut Butter to Improve the Nutritional Quality of Cookies. **Current Research in Nutrition and Food Science**, v. 5, n. 3, p. 398-405, 2017.

TOMBINI, C.; AGNOL, J. D.; CAPELEZZO, L.; GODOY, J. S.; MACHADO JUNIOR, F. R. da S.; LAJÚS, C. R.; MELLO, J. M. M. de; DALCANTON, F. Desenvolvimento, caracterização físico-química e análise sensorial de pães integrais adicionados de resíduo da fabricação de cerveja estilo Pilsen e Porter. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 11, p. e499119274, 2020b.

TOMBINI, C. **Desenvolvimento e caracterização de barras de cereais com alto conteúdo de fibra alimentar a partir do bagaço de malte oriundo da indústria cervejeira**. 2021. Dissertação (Mestrado em Tecnologia e Gestão da Inovação) – Universidade Comunitária da Região de Chapecó, Chapecó, 2021.

TOMBINI, C.; GODOY, J. S.; ULLMANN, A. P.; FANTE, G.; MELLO, J. M. M. de; DALCANTON, F. Utilização do bagaço de malte na alimentação humana: revisão sistemática da literatura. *In*: DALLAMUTA, J.; HOLZMANN, H. A.; KANASHIRO, P. O. **Ampliação e aprofundamento de conhecimentos nas áreas das engenharias 2**. Ponta Grossa, PR: Atena, 2020a. cap. 16, p. 160-172.

TORRES-MORENO, M.; TARREGA, A.; COSTELL, E.; BLANCH, C. Dark chocolate acceptability: Influence of cocoa origin and processing conditions. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 92, n. 2, p. 404-411, 2012.

UCHÔA, S. B. B.; CAMINHA, T. C. S. Prospecção tecnológica de alimento em forma de barras de cereais utilizando resíduos. **Cadernos de Prospecção**, v. 8, n. 3, p. 552-561, 2015.

VARGAS, P. F.; PAGANI, A.; TOMBINI, C.; MELLO, J. M. M.; FELTES, M. M. C.; DALCANTON, F. Utilização do bagaço de malte na elaboração de biscoitos tipo cookies: uma revisão da literatura. *In*: WEB ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA QUÍMICA, 1., 2021, Diamantina, Minas Gerais. **Anais [...]**. Diamantina: Even3, 2021.

WALRAND, S.; CHIOTELLI, E.; NOIRT, F.; MWEWA, S.; LASSEL, T. Consumption of a functional fermented milk containing collagen hydrolysate improves the concentration of collagen-specific amino acids in plasma. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 56, n. 17, p. 7790-7795, 2008.

WALZEM, R. L. Functional Foods. **Trends in Food Science and Technology**, v. 11, n. 15, p. 518, 2004.

WOLF, K. L.; SOBRAL, P. J. A.; TELIS, V. R. N. Physicochemical characterization of collagen fibers and collagen powder for selfcomposite film production. **Food Hydrocoll**, v. 23, n. 7, p. 1886-1894, 2009.

YANG, J. Brazil nuts and associated health benefits: A review. **Food Science and Technology**; v. 42, p. 1573-1580, 2009.

ZAGUE, V.; DE FREITAS, V.; ROSA, M. D. C.; DE CASTRO, G. A.; JAEGER, R. G.; MACHADO-SANTELLI, G. M. Collagen hydrolysate intake increases skin collagen expression and suppresses matrix metalloproteinase 2 activity. **Journal of medicinal food**, v. 14, n. 6, p. 618-624, 2011.

Obtenção e caracterização da farinha de Munguba

Crossref  10.56238/cipcaebv1-010

Tânia Granzotti da Silva

Universidade Federal da Grande Dourados, Faculdade de Engenharia.

Rua João Rosa Góes - de 0983/984 ao fim

Vila Progresso

79825070 - Dourados, MS - Brasil - Caixa-postal: 533

Telefone: (67) 34102169

Fax: (67) 34113894

URL da Homepage: <http://www.do.ufgd.edu.br/geppac>

Loyz Sousa Assis

Universidade Federal da Grande Dourados, Faculdade de Engenharia.

Rua João Rosa Góes - de 0983/984 ao fim

Vila Progresso

79825070 - Dourados, MS - Brasil - Caixa-postal: 533

Telefone: (67) 34102169

Fax: (67) 34113894

URL da Homepage: <http://www.do.ufgd.edu.br/geppac>

Tamires Milan dos Anjos

Universidade Federal da Grande Dourados, Faculdade de Engenharia.

Rua João Rosa Góes - de 0983/984 ao fim

Vila Progresso

79825070 - Dourados, MS - Brasil - Caixa-postal: 533

Telefone: (67) 34102169

Fax: (67) 34113894

URL da Homepage: <http://www.do.ufgd.edu.br/geppac>

Rogério Lara da Silva

Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Navirai.

Emílio Mascoli 275

Centro

79950000 - Navirai, MS - Brasil

Telefone: (67) 39244305

URL da Homepage: www.uems.br

Eliana Janet Sanjinez-Argandoña

Universidade Federal da Grande Dourados, Faculdade de Engenharia.

Rua João Rosa Góes - de 0983/984 ao fim

Vila Progresso

79825070 - Dourados, MS - Brasil - Caixa-postal: 533

Telefone: (67) 34102169

Fax: (67) 34113894

URL da Homepage: <http://www.do.ufgd.edu.br/geppac>

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo obter óleo, farinha integral e farinha desengordurada dos frutos de

Pachira aquática Aubl. e avaliar as características físicas, nutricionais, composição química dos ácidos graxos e avaliação microbiológica. Frutos de munguba foram coletados em Dourados – MS e analisados quanto ao aspecto biométrico, composição nutricional, atividade de água, pH, cor, ácidos graxos e avaliação microbiológica. Os frutos inteiros apresentam comprimento de $164,00 \pm 1,75$ mm e diâmetro de $87,00 \pm 0,67$ mm. A massa de amêndoas representa 26,12% em relação ao fruto inteiro o que indica a possibilidade para o aproveitamento tecnológico e sua utilização agroindustrial. Os resultados médios da análise centesimal da amêndoa *in natura*, farinha integral e farinha desengordurada foram expressos em porcentagem: umidade de 9,69, 7,92 e 2,13, resíduo mineral fixo de 4,32, 4,49 e 6,29, lipídeos de 47,38, 48,01 e 8,02, proteínas de 15,20, 17,27 e 18,77, carboidratos totais de 23,41, 22,31 e 64,79 e valor energético total de 580,86, 590,41 e 406,42 kcal/100g, respectivamente. O óleo de munguba é constituído de 79,52% de ácidos graxos saturados e de 20,48% de ácidos graxos insaturados dos quais 8,83% são monoinsaturados e 11,65% são poli-insaturados. Na avaliação microbiológica, atenderam aos padrões da legislação encontrando-se apropriados para a utilização em produtos de panificação.

Palavras-chave: *Pachira aquática* Aubl., morfometria, composição nutricional, ácidos graxos, gordura vegetal.

ABSTRACT

The present work aimed to obtain oil, whole flour and defatted flour from the fruits of *Pachira aquática* Aubl. and evaluate the physical characteristics, nutritional, chemical composition of fatty acids and microbiological evaluation. Fruits of munguba were collected in Dourados - MS and analyzed regarding the biometric aspect, nutritional composition, water activity, pH, color, fatty acids and microbiological evaluation. The whole fruits are 164.00 ± 1.75 mm long and 87.00 ± 0.67 mm in diameter. The mass of almonds represents 26.12% in relation to the whole fruit which indicates the possibility for technological utilization and its agroindustrial use. The average results of the centesimal analysis of the almond *in natura*, integral flour and defatted flour were expressed in percentage: moisture of 9.69, 7.92 and 2.13, fixed mineral residue of 4.32, 4.49 and 6.29, lipids of 47.38, 48.01 and 8.02, proteins of 15.20, 17.27 and 18.77, total carbohydrates of 23.41, 22.31 and 64.79 and total energy value of 580.86, 590.41 and 406.42 kcal/100g, respectively. The oil of munguba consists of 79.52% saturated fatty acids and 20.48% unsaturated fatty acids of which

8.83% are monounsaturated and 11.65% are polyunsaturated. In the microbiological evaluation, they met the standards of the legislation, being appropriate for use in bakery products.

Keywords: *Pachira aquatic* Aubl., Morphometry, nutrient composition, fatty acids, vegetable fat.

1 INTRODUÇÃO

A *Pachira aquática* Aubl., pertencente à família Malvaceae, é também conhecida por munguba, castanheira, castanheiro do maranhão, cacau-selvagem e falso cacau. É uma árvore encontrada desde o sul do México até a Guiana, no Brasil é comumente encontrada no nordeste e na região amazônica em locais sujeitos a inundações, córregos e rios. É comumente conhecido por seus nomes não científicos, como amendoim francês, castanha de Malabar, amendoim da Guiné, árvore do dinheiro e árvore da sorte (Ayodele e Adebajo, 2022). É uma espécie muito cultivada como planta ornamental, principalmente para a arborização de praças, jardins, ruas e avenidas (Rodrigues *et al.*, 2019).

Segundo (Cheng *et al.*, 2017), a planta possui propriedades funcionais, a casca, semente, raiz e hastes possuem aplicação em tratamentos inflamatórios, de pele e de doenças renais funcionais. Utilizada por curandeiros, indígenas e parteiras para o tratamento de algumas doenças, já são relatadas as aplicações da Munguba contra microrganismos patogênicos e seu uso está sendo adotado pela comunidade (Rodrigues *et al.*, 2021).

A *Pachira aquatica* não é reconhecida como espécie de uso comercial. No Mato do Grosso do Sul, a árvore de Munguba (*Pachira aquatica* Aubl.) é frequentemente encontrado pelas ruas de suas cidades. Grande parte das pessoas que o cultivam não tem o conhecimento de que o fruto contido na árvore é comestível, sendo esse um fruto pouco aproveitado (Costa e Altemio, 2020)

As sementes de munguba podem contribuir nutricionalmente com a dieta alimentar já que possui em sua composição minerais, fibras e proteínas. Por apresentarem alto teor de lipídeos são matérias-primas potenciais para uso em indústrias de produção de alimentos, cosméticos, farmacêuticos e biocombustíveis (Oliveira *et al.*, 2019, Rodrigues *et al.*, 2019, Rezende *et al.*, 2021).

A ocorrência da quantidade de frutos e os constituintes químicos e nutricionais presentes na munguba merecem atenção especial por apresentar alternativas para o aproveitamento agroindustrial. Contudo, devido às diferentes regiões onde são encontrados, os frutos poderão apresentar variabilidade nas características físicas. Yoshikawa *et al* (2022) avaliou que os frutos da *Pachira* têm em média comprimento de 9,5 a 30 cm, altura de 6 a 15 cm, formato fusiformes, ápice cuspidado, cor acastanhados, e possuem de 8 a 15 sementes. Entretanto, poucos são os trabalhos que objetivam a caracterização de frutos e sementes desta espécie visando ampliar o seu uso em plantios e reflorestamentos.

A biometria fornece informações importantes para detectar a variabilidade genética de populações de uma mesma espécie e as relações com os fatores ambientais. Assim, características biométricas dos frutos e sementes, bem como sua correlação podem fornecer subsídios para seleção de sementes,

aproveitamento das partes comestíveis e estudos de viabilidade econômica dos seus frutos, visando o uso sustentável dessa espécie (Sanjinez-Argandoña *et al.*, 2011).

As informações de composição nutricional e o perfil lipídico das amêndoas de munguba poderão contribuir para o desenvolvimento de produtos alimentícios onde a textura do produto é um parâmetro importante na decisão de compra do consumidor. Além disso, a sua fração lipídica pode ser empregada na indústria farmacêutica, cosmética e química. Sob esta hipótese, os objetivos do presente trabalho foram obter óleo e farinha da amêndoa integral e desengordurada dos frutos de *Pachira aquática* Aubl. e avaliar as características físicas, nutricionais, composição de ácidos graxos e presença de microrganismos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 MATERIAL

Os frutos de *Pachira aquatica* Aubl. foram coletados aleatoriamente no período de Abril a Junho de 2013 no município de Dourados – Mato Grosso do Sul, (latitude 22°13'16", longitude 54°48'20" e altitude de 430 m) e transportados para o laboratório de Tecnologia de Alimentos da Faculdade de Engenharia da Universidade Federal da Grande Dourados-UFGD. As exsiccatas do material botânico encontram-se depositadas no Herbário da UFGD (nº. 5.024). Os frutos foram higienizados em água corrente, sanitizados em solução de dicloroisocianurato de sódio dihidratado 0,66% (teor de cloro ativo 3%) por 10 minutos, enxaguados em água corrente e analisados biometricamente determinando-se a massa total do fruto inteiro em balança semi-analítica (BEL Engineering 5200g ± 0,001g), diâmetros externo longitudinal (DEL) e transversal (DET) com paquímetro digital (Digimess – 150mm) em 120 frutos. Posteriormente, foram retiradas as amêndoas (endosperma) para determinação da massa em balança semi-analítica. O rendimento das amêndoas foi calculado pela relação da massa do fruto inteiro e da massa das amêndoas contidas no fruto, expresso em porcentagem.

As amêndoas foram acondicionadas em embalagens poliméricas e armazenadas a -5 °C até seu uso.

2.2 OBTENÇÃO DAS FARINHAS DE MUNGUBA

Uma alíquota de amêndoas frescas foi triturada e denominada de amêndoa *in natura* (AIN). As demais amêndoas foram desidratadas a 45 °C por 48 horas em estufa com circulação de ar de 0,5 m/s. Depois da desidratação foram trituradas em liquidificador colocar a marca e peneiradas em tamis com abertura de malha de 355 µm obtendo-se a farinha da amêndoa integral (FAI). Parte dessa farinha foi desengordurada com éter de petróleo em aparelho de Soxhlet, durante 6 horas, o solvente foi utilizado para favorecer a extração máxima do óleo. O resíduo da extração foi distribuído em bandejas e colocado em estufa de circulação de ar a 45 °C por 1 hora para evaporação do solvente, obtendo-se a farinha de amêndoa desengordurada (FAD). Ambas as farinhas foram acondicionadas e armazenadas em embalagens poliméricas e armazenadas a 22±2 °C, em local protegido da luz.

O rendimento das farinhas foi calculado pela relação da massa dos frutos e a massa da farinha obtida, expresso em porcentagem.

2.3 COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL

Nas amostras de amêndoas *in natura* (AIN) e farinhas FAI e FAD foram determinados os teores de umidade por gravimetria em estufa a 105 °C até peso constante (AOAC 2000). O resíduo mineral fixo foi determinado por incineração em mufla a 550 °C, lipídios pelo método de Soxhlet (AOAC 2000), o nitrogênio, pelo método de micro-Kjeldahl e convertido em proteína bruta utilizando-se o fator 6,25 e a fibra alimentar determinada pelo método enzimo-gravimétrico (AOAC 2005). Os carboidratos foram determinados por diferença, subtraindo-se de cem os valores obtidos para umidade, resíduo mineral fixo, lipídeos e proteínas. O valor energético total (VET) das amostras foi obtido multiplicando-se as porcentagens de proteínas, lipídeos e carboidratos pelos fatores de conversão de *Atwater* de 4, 9 e 4 kcal por g do constituinte, respectivamente (Merril e Watt 1973).

A atividade de água foi determinada em higrômetro Aqualab (modelo CX-2T Decagon Devices Inc., USA) a 25 °C e o pH em potenciômetro digital (modelo PHS-3B), ambos por leitura direta com os equipamentos previamente calibrados. A cor das farinhas foi determinada utilizando-se o colorímetro Konica Minolta (Modelo CR-400/Cr-410), usando o sistema CIE $L^*a^*b^*$ (Comission Internationale de L'Eclairage 1986), e os parâmetros avaliados foram claridade (L^*) que varia de 0 (preto) a 100 (branco) e cromaticidade verde-vermelha (a^*) e azul-amarela (b^*).

2.4 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS

Foram realizadas análises de detecção de *Salmonella*, coliformes fecais e totais, contagem total de mesófilos, bolores e leveduras nas amostras das farinhas (FAI) e (FAD) (Vanderzant e Splittstoesser 1992). Todas as análises foram realizadas em triplicata e os resultados apresentados pela média ($n=3$) e desvio padrão. As comparações entre os grupos foram submetidas à análise de variância (ANOVA) e quando significativas foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 CARACTERÍSTICAS BIOMÉTRICAS DOS FRUTOS

Os frutos de munguba são grandes e compridos, semelhantes ao cacau, constituídos por casca, paina e sementes. De acordo com Camacho et al., (2018) O tamanho e o peso das sementes de uma mesma árvore geralmente estão associados a um maior percentual de germinação e desempenho das plântulas. A variabilidade do tamanho e das características internas dos frutos são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Caracterização biométrica do fruto de *Pachira aquática* Aubl.

Características	Valores de referência	
	Média ± DP*	Silva <i>et al.</i> . (2012) Média ± DP*
Fruto - DEL (mm)	164,00 ± 1,75 ^a	123,15 ± 11,17 ^b
Fruto - DET (mm)	87,00 ± 0,67 ^a	81,94 ± 5,84 ^b
Massa fruto inteiro (g)	497,76 ± 138,4 ^a	317 ± 73,83 ^b
Massa das amêndoas (g)/fruto	130,01 ± 49,33	nd
Massa da amêndoa (g)	8,12 ± 28,08 ^a	12,49 ± 2,17 ^b
Quantidade de amêndoas por fruto	16,00 ± 8,27 ^a	8,58 ^b

Valores médios das análises de 120 frutos (\pm * desvio padrão). nd. não determinado. Letras diferentes (na mesma linha) apresentam diferença significativa (ANOVA).

Peixoto e Escudeiro 2002, em frutos coletados no Estado do Maranhão para a mesma espécie, relatam o comprimento e diâmetro menores aos encontrados neste trabalho. Os autores indicam comprimento de 18 cm e diâmetro de 3 cm.

Silva *et al.*. (2012), avaliaram a morfologia do fruto da mesma espécie do município de Areia-PB, indicando que os frutos apresentam formato geralmente ovalado, tipo cápsula septicida, deiscente, semilenhoso com epicarpo glabro, sem brilho e mesocarpo de consistência fibrosa. Os valores obtidos pelos autores para os diâmetros externo longitudinal (123,15 mm) e externo transversal (81,94 mm) e massa total dos frutos (317g) foram maiores que os apresentados neste estudo.

A massa do fruto apresenta alto desvio padrão em função da heterogeneidade dos frutos. Contudo, percebe-se que no Estado do Mato Grosso do Sul o solo favorece a produção de frutos maiores. Porém, as amêndoas representam 26,12% do fruto inteiro, sendo menor ao apresentado por Silva *et al.* (2012), o que não compromete a possibilidade para o aproveitamento tecnológico.

Ao decorrer do estudo pode-se observar que a coloração dos frutos de munguba varia do castanho claro a castanho escuro com presença de pelos curtos e translúcidos na sua casca externa. Quando o fruto está completamente maduro a casca é facilmente removida, facilitando a retirada das amêndoas que apresentam formato angular e de consistência esponjosa e coloração esbranquiçada.

3.2 AVALIAÇÃO NUTRICIONAL

A composição nutricional da amêndoa *in natura* e das farinhas de *Pachira aquática* é apresentada na Tabela 2. Os componentes majoritários encontrados na amêndoa *in natura* foram os lipídeos (47,38%) e as proteínas (15,20%). Os valores de ambos os componentes foram maiores aos encontrados por Jorge e Luzia (2012) para frutos da mesma espécie coletados no Estado de São Paulo. Porém, Oliveira *et al.*. (2000) obteve teores maiores de lipídeos (53,90%) e menores de proteínas (12,90%), para frutos coletados no Estado do Ceará.

Tabela 2. Constituintes nutricionais e características físicas da amêndoa *in natura* (AIN) e das farinhas integral (FAI) e desengordurada (FAD) da *Pachira aquática* Aubl.

Constituintes	Oliveira <i>et al.</i> (2000)	Jorge e Luiza (2012)	AIN	FAI	FAD
Umidade (%)	6,00 ± 1,20 ^a	3,89 ± 0,07 ^b	9,69 ± 0,12 ^c	7,92 ± 0,08 ^d	2,13 ± 0,05 ^e
Resíduo mineral fixo (%)	3,50 ± 0,90 ^a	4,26 ± 0,24 ^c	4,32 ± 0,04 ^c	4,49 ± 0,08 ^c	6,29 ± 0,21 ^b
Lipídeos (%)	53,90 ± 28,60 ^a	38,39 ± 0,14 ^a	47,38 ± 0,34 ^a	48,01 ± 0,67 ^a	8,02 ± 0,46 ^b
Proteínas (%)	12,90 ± 4,50 ^a	11,86 ± 0,32 ^b	15,20 ± 0,36 ^c	17,27 ± 0,44 ^d	18,77 ± 0,58 ^e
Fibra solúvel (%)	nd	nd	nd	nd	7,84
Fibra insolúvel (%)	nd	nd	22,42 ± 0,17 ^a	23,39 ± 0,58 ^a	28,77
Carboidratos totais (%)	29,70 ^{**}	nd	23,41 ^{**}	22,31 ^{**}	64,79 ^{**}
VET (kcal/100 g)	nd	nd	580,86	590,41	406,42
Atividade de Água	nd	nd	0,690 ± 0,00 ^a	0,470 ± 0,00 ^b	0,490 ± 0,00 ^c
pH	nd	nd	6,07 ± 0,006 ^a	5,14 ± 0,015 ^b	5,34 ± 0,04 ^c
L*	nd	nd	nd	79,32 ± 0,77 ^a	88,45 ± 0,55 ^b
a*	nd	nd	nd	0,75 ± 0,16 ^a	0,31 ± 0,07 ^b
b*	nd	nd	nd	17,92 ± 0,30 ^a	10,26 ± 0,73 ^b

Resultados expressos pelo valor médio de três repetições e desvio padrão. Letras diferentes (na mesma linha) apresentam diferença significativa ($p \leq 0,05$) pelo teste Tukey. L*, a* e b*, parâmetros de cor. **Calculado por diferença. n.d Não determinado pelo autor.

Essas variações podem ser atribuídas às condições edafoclimáticas das regiões, bem como características de solo e período de coleta. Isto pode ser constatado pela diferença de umidade e resíduo mineral fixo das amêndoas que, neste trabalho, foram maiores que aos apresentados por Jorge e Luzia (2012) e Oliveira *et al.* (2000).

No que se refere ao teor de carboidratos o resultado foi inferior quando comparado ao teor encontrado por Oliveira *et al.* (2000). Mas foi superior quando comparado o teor de carboidratos da FAD, 64,89%, com farinha de outros frutos do cerrado, como a farinha das cascas de jatobá-do-cerrado, 47,35% (Silva *et al.*, 2020), e farinha de bocaiúva por extração manual da polpa, 29,81% (Amaral *et al.*, 2019).

O teor de umidade para a farinha integral foi superior (7,92%) quando comparado ao teor encontrado para a farinha desengordurada (2,13%). Farinhas obtidas a partir de frutos do cerrado, como a bocaiuva (*Acrocomia aculeata*), apresentam 11,36% quando extraída manualmente e 12,46% quando extraída mecanicamente (Amaral *et al.* 2019) e para farinha de casca de guavira (*Campomanesia* sp), 9,11% (Junqueira *et al.* 2020). A umidade das farinhas integral e desengordurada de munguba atendem à legislação brasileira (BRASIL 2005) que preconiza 15% tomando como referência a farinha de trigo.

O conteúdo de resíduo mineral fixo para a farinha integral (4,49%) foi significativamente menor ao encontrado para a farinha desengordurada (6,29%) e para as farinhas de bocaiuva de extração manual, 2,13%, e mecânica, 3,75%, demonstrado por Amaral *et al.* (2019), assim como foi superior ao encontrado para farinha das cascas de guavira, 2,16% (Junqueira *et al.*, 2019) e farinha da polpa de jatobá-do-cerrado, 4,02% (Silva *et al.*, 2020).

No que se refere ao teor de lipídeos, este foi maior na farinha integral (FAI) devido à própria característica da amêndoa, conseqüentemente o valor energético foi maior (590,41 kcal/100g) em relação à FAD (406,42 kcal/100g). Embora o processo de extração de gorduras tenha sido exaustivo para obter a FAD, ainda apresentou 8,02% de lipídios, provavelmente pela interação com as proteínas formando lipoproteínas, além disso, os lipídios também interagem com outros macronutrientes como os carboidratos.

O valor de lipídeos para a FAI, 48,01%, foi maior quando comparado ao teor encontrado por Amaral *et al.* (2019) para a farinha de bocaiuva de extração manual, 26,28%.

O conteúdo de proteínas encontrado na FAI foi menor ao valor da FAD, isso pode ser explicado devido ao processamento, em que parte dos lipídeos passa da forma esterificada para a livre. Sendo assim, o processo de extração de lipídeos em amêndoas é fator determinante no valor nutricional, haja vista que reduz o valor energético. As duas farinhas no entanto, tiveram teor proteico superior ao encontrado para farinhas de casca, 2,08%, polpa, 7,07%, e semente, 8,01% do jatobá-do-cerrado (Silva *et al.*, 2020), da farinha de buriti, 4,64% (Morais *et al.*, 2019) e as farinhas de bocaiuva por extração manual, 4,15% e mecânica, 4,56% (Amaral *et al.*, 2019).

A energia fornecida pela farinha desengordurada (FAI) foi 31% maior que o valor energético da farinha integral (FAD). Ambos os valores foram superiores ao valor energético (368,85 kcal/100g) encontrado por Amaral *et al.* (2021) para farinha de bocaiúva de extração manual e Morais *et al.* (2019), para farinha de buriti (359,78 kcal/100g).

Em relação às fibras foi quantificada a fibra alimentar (fibras solúveis e insolúveis) somente na farinha de amêndoa desengordurada. Os resultados obtidos mostraram que a FAD é um produto com alto teor de fibras devido à quantidade de fibra alimentar ser maior que 6,0g/100g, conforme estabelece a Portaria nº. 27/1998 – ANVISA (BRASIL 1998). A legislação brasileira inclui a fibra alimentar na informação nutricional de produtos alimentícios e preconiza um consumo de 25g/dia (BRASIL 2003). Nas farinhas AIN e FAI o teor de fibras foi de 22,42% e 23,39%, respectivamente.

A importância da ingestão de fibra alimentar na alimentação humana deve-se em função dos benefícios à saúde humana, dietas com baixo teor de fibras aumentam o risco de doenças e impactam negativamente a funcionalidade do intestino (Brouns, Delzenne e Gibson, 2017).

A atividade de água das farinhas foi de 0,690, nessas condições a maioria dos microrganismos e, principalmente, bactérias patogênicas não se desenvolvem (Reis 2011), ratificando a baixa umidade das mesmas. Superior à atividade de água da farinha de jenipapo desidratado em estufa, 0,290, descrita por Cardoso *et al.* (2020). Por outro lado, a baixa atividade de água associada com a acidez proporciona maior estabilidade ao produto. As farinhas apresentaram pH de 5,34, indicando ser um produto ácido. Comparando com farinhas de outros frutos do cerrado, foi maior quando comparados com o pH da farinha de buriti, 4,01 (Morais *et al.*, 2019) e menor que a farinha de semente, 5,67 e polpa, 5,04, de jatobá-do-cerrado (Silva *et al.*, 2020).

Na avaliação da cor, a FAI apresentou cor mais escura que a FAD, verificados pelos menores valores do parâmetro L*. Porém, a cor amarela, identificada pelo parâmetro b*, foi predominante em ambas as farinhas (valores positivos de b*), sendo maior na FAI. A claridade nas farinhas é atribuída à ausência de lipídeos e a cor amarela à presença dos mesmos.

3.4 AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA

Os resultados da análise microbiológica das farinhas são inferiores aos limites estabelecidos pela Resolução – RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária- ANVISA (BRASIL 2001). A ausência de *Salmonella* e a baixa contagem de Coliformes demonstram que o processamento para a obtenção das farinhas foi realizado em condições higiênico-sanitárias adequadas, do ponto de vista de segurança microbiológica.

Tabela 3. Avaliação microbiológica de farinhas integral (FAI) e desengordurada (FAD) de *Pachira aquática* Aubl.

Microorganismo	FAI	FAD
<i>Salmonella</i> sp. (25g)	Ausência	Ausência
Coliformes 45 °C (NMP/g)	<0,3	<0,3
Coliformes totais (NMP/g)	2,8	0,36
Bactérias mesófilas totais (UFC/g)	>1,0 x 10 ³	>1,0 x 10 ³
Bolores e leveduras (UFC/g)	>1,0 x 10 ³	>1,0 x 10 ³

FAI, farinha de amêndoa de munguba integral e FAD, farinha de amêndoa de munguba desengordurada. NMP, número mais provável. UFC, unidades formadoras de colônia.

Embora a legislação brasileira não estabelece padrões para bactérias mesófilas totais, bolores e leveduras em produtos secos ou desidratados, as análises são de extrema relevância, pois também indicam a qualidade do produto e a segurança alimentar. Portanto, em função dos resultados apresentados pode-se inferir que a farinha da amêndoa da munguba constitui favorável fonte de proteínas e de fibras e suas características mostram potencial de aplicação em alimentos.

O rendimento da farinha de amêndoa integral foi de 73,93% e da farinha desengordurada de 33,10%, em relação à amêndoa fresca. Em comparação a outros estudos, o rendimento da farinha de bocaiuva (45,90%) foi semelhante ao da FAD (Sanjinez-Argandoña *et al.*, 2014), e os dois rendimentos, FAD e FAI são altos quando comparados à farinha do mesocarpo do pequi, 12,6% (Costa *et al.*, 2017).

4 CONCLUSÕES

Os resultados apresentados permitem afirmar que a amêndoa de munguba é um produto com potencial industrial. A farinha integral obtida das amêndoas de munguba apresenta elevado teor de lipídeos e proteínas. A farinha desengordurada manteve o alto índice proteico com baixo valor energético e cor mais clara em relação à farinha integral. A qualidade nutricional de ambas as farinhas possibilita o seu uso na indústria de alimentos.

As farinhas de munguba podem ser empregadas na alimentação humana e como matéria-prima em indústrias cosméticas e químicas, o que nos leva a concluir que a munguba tem potencial industrial.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, à Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado do Mato Grosso do Sul - FUNDETC pelo auxílio financeiro. Ao Grupo de Estudo em Produtos e Processos Agroindustriais do Cerrado - GEPPAC pelo apoio nas análises.

REFERÊNCIAS

Ayodele, Olabisi; A. Badejo, Adebajo. Effect of preprocessing techniques on the physicochemical composition, functional properties, and fatty acid profile of malabar chestnut (*Pachira glabra* Pasq) Seeds. ACS Food Science & Technology 2022, v. 2 n. 1, p. 84-91. DOI: 10.1021/acsfoodscitech.1c00326

Amaral, L. A.; Loubet Filho, P. S.; Cavalheiro, L. F; Galvani, F.; Santos, E. F. Dos. 2018. Comparação das propriedades químicas e do perfil lipídico das farinhas de bocaiuva (*Acrocomia* spp.) despulpada de forma manual e mecânica. Revista de Agricultura Neotropical, v. 6, n. 2, p. 59-63, abr./jun.

AOAC. 2000. Association of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis of AOAC international. 17th ed. Gaithersburg.

AOAC. 2005. Association Of Official Analytical Chemistry. Official methods of analysis of the AOAC International. 8th ed. Washington, DC: AOAC International.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência nacional de Vigilância Sanitária. Portaria SVS/MS nº 27, de 13 de janeiro de 1998. Regulamento Técnico referente à Informação Nutricional Complementar. *D.O.U. - Diário Oficial da União*; Poder Executivo, DF, 16 jan 1998.

BRASIL. Ministério da Saúde - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001. Regulamento Técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. *D.O.U. - Diário Oficial da União*; Poder Executivo, de 10 de janeiro.

BRASIL. Ministério da Saúde - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005. Regulamento Técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos. *D.O.U. - Diário Oficial da União*; Poder Executivo, de 23 de setembro.

Brouns, F.; Delzenne, N.; Gibson G., 2017, The Dietary Fibers - FODMAP's Controversy. Cereal Foods World v. 62, n.3, p. 98-103. doi: 10.1094/CFW-62-3-0098

Camacho, M.E.; Tatis, H.A.; Ayala, C.C., Correlaciones y análisis de sendero entre caracteres del fruto y semillas de *Pachira aquatica* Aubl. Rev. Fac. Nac. Agron. Medellín. v.71 n.1, ISSN: 8387-8394. 2018. doi: 10.15446/rfna.v71n1.67027

Cardoso, D. R.; Pinto, L.I.F; Lima, M.A; Soares, I.F; Rocha, F.P.S; Silva, R.A, 2020. Potencial tecnológico e composição de Farinha de Jenipapo (*Genipa americana* L.) obtida por secagem em convecção. Braz. J. of Develop., Curitiba, v. 6, n.6, p.33448-3346.

Cheng, L. Y., Liao, H. R., Chen, L. C., Wang, S. W., Kuo, Y. H., Chung, M. I., & Chen, J. J. (2017). Naphthofuranone derivatives and other constituents from *Pachira aquatica* with inhibitory activity on superoxide anion generation by neutrophils. *Fitoterapia*, 117, 16–21. <<https://doi.org/10.1016/j.fitote.2016.12.008>>.

Comission Internationale de L'Eclairage-CIE. 1986. CIE Publication 15.2. Viena: *Central Bureau of the CIE*.

Costa, A.C.B.; Altemio, A.D.C. Desenvolvimento e caracterização sensorial de Paçoca de Munguba (*Pachira aquática* Aubl.). Research, Society and Development, v. 10, n.8, e810816945, 2021.

Costa et al., 2017, Obtenção de farinha do mesocarpo de pequi. Revista Agrarian v.10, n.38, p. 349-354.

Junqueira, J. R. de Jesus; dos Santos, M. T. G., Bogo, D., Cristina, A., Ajalla, A., & Campos, R. P. Caracterização de cupcakes elaborados com diferentes concentrações de farinha de casca de guavira. 2020. <<https://doi.org/10.31692/ICIAGRO.2020.0164>>

Merril, A. L.; Watt, B. K. 1973. Energy value of foods: basis and derivation. Washington: *United States Department of Agriculture*, 105 p.

Morais, R. A.; Melo, K.K.S.; Oliveira, T.T.B; Teles, J.M.; Peluzio, J.M.; Martins, J.A.M. 2019. Caracterização Química, física e tecnológica da farinha obtida a partir da casca de Buriti (*Mauritia flexuosa* L. f.). *Braz. J. of Develop.*, Curitiba, v. 5, n. 11, p. 23307-23322.

Oliveira, J. T. A.; Vasconcelos, I. M.; Bezerra, L. C. N. M.; Silveira, S. B.; Monteiro, A. C. O.; Moreira, R. A. 2000. Composition and nutritional properties of seeds *Pachira aquática* Aubl, *Sterculia striata* St Hil et Naud and *Terminalia catappa* Linn. *Food Chemistry*, 70: 185-191.

Oliveira, L. P., Montenegro, M. D. A., Lima, F. C. A., Suarez, P. A. Z., Cavalcante, E., Meneghetti, M. R., & Meneghetti, S. M. P. (2019). Biofuel production from *Pachira aquatic* Aubl and *Magonia pubescens* A St-Hil : Physical-chemical properties of neat vegetable oils, methyl-esters and bio-oils (hydrocarbons). *Industrial Crops & Products*, 127(2019), 158–163. <<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.10.061>>.

Peixoto, A. L.; Escudeiro, A. 2002. *Pachira aquática* (Bombacaceae) na obra “Historia dos animais e árvores do Maranhao” de Frei Cristovao de Lisboa. *Rodriguésia*, 53, 123-130.

Reis, P. D. 2011. Vigilância em Saúde: Normas e Padrões de Identidade e Qualidade dos Alimentos. e-Tec Brasil/CEMF/Unimontes. *Escola Técnica Aberta do Brasil*. Montes Claros, MG.

Rezende, Y. R. R. S.; Nogueira, J. P.; Silva, T. O. M.; et al.. Enzymatic and ultrasonic-assisted pretreatment in the extraction of bioactive compounds from Monguba (*Pachira aquatic* Aubl) leaf, bark and seed. *Food Research International*, v. 140, n. June 2020, p. 109869, 2021. Elsevier Ltd. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109869>>.

Rodrigues, A. P.; Pastore, G. M. Corrigendum to “A review of the nutritional composition and current applications of monguba (*Pachira aquatic* Aubl.) plant” [J. Food Compos. Anal. 99 (2021)]. *Journal of Food Composition and Analysis*, v. 100, n. September 2020, 2021. Elsevier Inc.

Rodrigues, A. P.; Pereira, G. A.; Tomé, P. H. F.; et al.. Chemical Composition and Antioxidant Activity of Monguba (*Pachira aquatic*) Seeds. *Food Research International*, v. 121, n. May 2018, p. 880–887, 2019. Elsevier. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.01.014>>.

Sanjinez-Argandoña, E. J.; CHUBA, C. A. M. 2011. Caracterização biométrica, física e química de frutos da palmeira bocaiuva *Acrocomia aculeata* (Jacq) Lold. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal-SP, v. 33,n.3, p. 1023-1028.

Sanjinez-Argandoña, E. J.; Correia, C. A. C.; Branco, I. G. 2014. Calidad de las Harinas de Corozo Producidas por Deshidratación. *Revista Facultad Nacional de Agronomia Medellin*. 67(2), supl. II.

Silva *et al.*, 2020, Caracterização física, físico-química e centesimal do fruto de jatobá-do-cerrado, *Hymenaea stigonocarpa* Mart. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, vol. 15, n. 2, 2020, págs. 139-145.<<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7509953>>

Silva, K. B.; Alves, E. U.; Matos, V. P.; Bruno, R. L. A. 2012. Caracterização morfológica de frutos, sementes e fases da germinação de *Pachira aquática* Aubl. (Bombacaceae). *Ciências Agrárias*, Londrina, v.33, n.3, p. 891-898.

Vanderzant, C.; Splittstoesser, R. 1992. Compendium of methods for the microbiological: examination of food. Washington, DC: *American Public Health Association*, 1219 p.

Yoshikawa, Vania Nobuko, Duarte, Marília Cristina and Ferreira, Carlos Daniel Miranda. Typification of names in *Pachira aquatica* Aubl. (*Malvaceae*, *Bombacoideae*) with a new combination and new status from the Brazilian Amazon forest. *Acta Botanica Brasilica* [online]. 2022, v. 36.

Avaliação de diferentes solventes combinados a técnica de alta pressão para extração de compostos fenólicos totais e atividade antioxidante da erva-mate (*Ilex paraguariensis*)

Crossref  10.56238/cipcaebv1-011

Natallya Marques da Silva

Universidade Estadual de Maringá, Brasil
natallyaengali@outlook.com

Talita Aparecida Ferreira de Campos

Universidade Estadual de Maringá, Brasil
E-mail: talita.tc29@gmail.com

Annecler Rech de Marins

anneclermarins@gmail.com
Universidade Estadual de Maringá, Brasil

Eliena da Silva Gomes

Universidade Estadual de Maringá, Brasil
elienae2108@gmail.com

Marcos Antonio Matiucci

Universidade Estadual de Maringá, Brasil
E-mail: m.matiucci@hotmail.com

Maria Luiza Rodrigues de Souza

Universidade Estadual de Maringá, Brasil
E-mail: mlrsouza@uem.br

Stéphani Caroline Beneti

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil
E-mail: stephanibeneti@gmail.com

Stênio Cristaldo Heck

Universidade Estadual de Maringá, Brasil
E-mail: stenioheck@gmail.com

Andresa Carla Feihrmann

Universidade Estadual de Maringá, Brasil
E-mail: andresafeihrmann@gmail.com

RESUMO

É cada vez mais habitual o uso de plantas ou derivados para reformular, substituir ou criar produtos alimentícios, com o objetivo de agregar valores nutricionais e satisfazer o consumidor que está cada vez mais exigindo por alimentos mais saudáveis. As folhas de erva mate (*Ilex paraguariensis*) são conhecidas por seu potencial antioxidante e antimicrobiano, além de tem efeito na melhoria da tolerância à glicose e efeitos anti-inflamatórios. O objetivo foi analisar variados solventes junto a técnica de alta pressão visando a obtenção de extratos de erva-mate com maior quantidade de compostos fenólicos totais e atividade antioxidante. Foram realizados dez tratamentos, cinco submetidos a extração por alta

pressão (150 MPa / 30 minutos) utilizando como solventes: etanol, H₂O com etanol, metanol, glicerina e ácido láctico, e cinco não sujeitos a técnica. Em relação ao solvente os melhores resultados foram para H₂O + glicerina (50%). Observou-se ainda que o maior teor de compostos fenólicos foi na extração de erva-mate com pressão 600,42 mg EAG/L, o mesmo ocorreu com a atividade antioxidante, sendo que no método de ABTS o valor foi de 619,70 TEAC/g sem pressão e foi aumentado para 702,53 TEAC/g com o uso da técnica, para DPPH comparando-se antes 954,37 IC₅₀ (mg/mL) e depois da alta pressão 1044,96 IC₅₀ (mg/mL). Conclui-se que a extração com alta pressão foi fundamental para auxiliar na extração de maior quantidade de antioxidantes utilizando um solvente biodegradável.

Palavras-chave: Compostos bioativos, Solventes verdes, (*Ilex paraguariensis*).

ABSTRACT

It is increasingly common to use plants or derivatives to reformulate, replace or create food products, with the aim of adding nutritional values and satisfying the consumer who is increasingly demanding healthier foods. Yerba mate (*Ilex paraguariensis*) leaves are known for their antioxidant and antimicrobial potential, as well as improving glucose tolerance and anti-inflammatory effects. The objective was to analyze different solvents with the high pressure technique in order to obtain yerba mate extracts with a greater amount of total phenolic compounds and antioxidant activity. Ten treatments were performed, five subjected to high pressure extraction (150 MPa / 30 minutes) using as solvents: ethanol, H₂O with ethanol, methanol, glycerin and lactic acid, and five not subjected to the technique. Regarding the solvent, the best results were for H₂O + glycerin (50%). It was also observed that the highest content of phenolic compounds was in the extraction of yerba mate with pressure of 600.42 mg EAG/L, the same occurred with the antioxidant activity, and in the ABTS method the value was 619.70 TEAC /g without pressure and was increased to 702.53 TEAC/g with the use of the technique, for DPPH comparing before 954.37 IC₅₀ (mg/mL) and after high pressure 1044.96 IC₅₀ (mg/mL). It is concluded that high pressure extraction was essential to assist in the extraction of greater amounts of antioxidants using a biodegradable solvent.

Keywords: Bioactive compounds, Green solvents, (*Ilex paraguariensis*).

1 INTRODUÇÃO

Comumente cultivada no Brasil, e em países como Argentina, Paraguai, Uruguai e Brasil, a erva-mate (*Ilex paraguariensis*) é uma das principais fontes de economia de várias cidades da região sul do Brasil, e nos últimos anos com a evidência de seus benefícios tem se tornado uma erva relevante para o comércio exterior, aumentando a sua produção cada dia mais (PENTEADO JUNIOR, 2019).

No ramo de comidas e bebidas saudáveis, o Brasil atualmente, ocupa a sétima posição no mundo. Buscando satisfazer o desejo dos consumidores que anseiam cada vez mais por uma combinação de alimentos saudáveis e praticidade (SAFRAID, 2022). A procura por refeições benéficas a saúde, as pessoas têm buscado preferencialmente por alimentos ricos em antioxidantes, anti-inflamatórios e compostos bioativos, que tem como objetivo contribuir com bem-estar físico e emocional, favorecendo na saúde de forma geral (de OLIVEIRA, 2021).

Uma planta que tem compostos bioativos, como compostos fenólicos, cafeína, teobromina saponinas e metil-xantinas. Além de seu potencial antimicrobiano e antioxidante, tem efeito na melhoria da tolerância à glicose e efeitos anti-inflamatórios (BRITO, 2021). Há séculos, milhares de plantas são princípios de diversos produtos alimentícios, em sua maioria, com altos potenciais de atividades biológicas, realizam-se processos de extração de compostos e adição sem alterar consideravelmente suas características nutricionais (LUTOMSKI et al., 2020).

Os estudos destas plantas por sua vez, buscam incansavelmente alimentos de alto valor nutricional ou alimentos mais saudáveis, novas formulações de um produto com conservantes naturais, inovações em sua forma de consumo, e otimizar sua vida útil, não se limitando apenas a pesquisa, mas com objetivo de sua aplicação na indústria de alimentos (SILVA, 2019).

Para manter os compostos bioativos com o objetivo de beneficiar a saúde humana, é preciso manter as funções biológicas durante todo o processo de produção do produto. A forma escolhida para a obtenção destes compostos ativos e os solventes utilizados, têm influência sobre a qualidade final deste extrato (BAVARESCO, 2020).

São variadas as formas de obter o extrato de erva-mate, dentre elas está a infusão a frio e a quente, extração ácida, sólido-líquido e decocção. No entanto, os métodos citados têm limitações não desejáveis, como: redução ou perda da atividade biológica, resíduos do solvente utilizado e até mesmo a degradação química (WOLFF, 2021).

A técnica de alta pressão evidencia uma alternativa vantajosa aos processos de extração. Sobressaindo as outras técnicas já mencionadas, a alta pressão, na maioria dos casos, não prejudica os compostos de sabor e cor, além de não afetar as características de alguns alimentos. O processo e o rendimento final da extração dependem do tempo e da pressão empregada (MELO, 2021).

Juntas, as técnicas descritas e a escolha correta no solvente utilizado no momento de extração também irão influenciar diretamente no resultado final, bem como no custo, segurança e nos impactos ambientais. São comumente utilizados solventes orgânicos, como metanol, etanol, acetona, acetato de etila

e propanol. São solventes não biodegradáveis e altamente inflamáveis apresentando desvantagens em sua utilização (SILVA, 2018).

Com o objetivo em uma química mais sustentável e preocupando-se com a saúde humana, a utilização de solventes verdes tem se tornado cada vez mais estudada e empregada em processos químicos (BEZERRA, 2020). O solvente verde é reconhecido por ser biodegradável, ter baixa toxicidade, ser mais fácil de transportar, armazenar, descartar e ao contrário dos solventes orgânicos, não são voláteis e inflamáveis (de SOUZA, 2020). Dois solventes que se caracterizam como solvente verde são a glicerina e o ácido láctico, ambos vêm se destacando e sendo fonte de estudos nos últimos anos (DECOTE, 2022).

Desta forma, o intuito deste trabalho foi avaliar diferentes solventes combinados a técnica de extração por alta pressão objetivando a obtenção de extratos de erva-mate com maior quantidade de compostos fenólicos totais e atividade antioxidante.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 MATERIAL

As amostras de erva-mate nativas foram colhidas na cidade de Erechim-RS, em novembro de 2021. Conforme demonstrado na FIGURA 1, as folhas de erva-mate foram separadas dos galhos, lavadas e secas em estufa com circulação de ar a 50 °C por 24 horas. Posteriormente a secagem, as folhas foram moídas em moinho de facas do tipo Willey, com peneira em aço inox mesh 30 e armazenadas em sacos plásticos na temperatura de -18 °C.

Figura 1: (1) GALHOS DE ERVA-MATE, (2) FOLHAS DE ERVA-MATE, (3) FOLHAS SECAS DE ERVA-MATE, (4) ERVA MATE MOÍDA.



Fonte: Autores

2.2 EXTRAÇÃO

Foram realizados 10 tratamentos, onde 5 foram submetidos a 150 MPa de pressão por 30 minutos, e para comparação os outros 5 tratamentos não foram sujeitos a alta pressão. O equipamento utilizado é constituído por um cilindro de ácido inoxidável e tem capacidade de trabalhar até 200 MPa, controlando a pressão por um painel digital. Foram pesadas aproximadamente 5 gramas de erva-mate e adicionado 150

mL do solvente selecionado para cada tratamento. As amostras foram identificadas das seguintes formas: (Etanol 100%), (50% Etanol / 50% Água Destilada), (Metanol 50%), (50% Glicerina / 50% Água Destilada), (50% Ácido Lático / 50% Água Destilada), e (Etanol 100%), (50% Etanol / 50% Água Destilada), (Metanol 50%), (50% Glicerina / 50% Água Destilada), (50% Ácido lático / 50% Água Destilada).

2.3 ANÁLISE DE TEOR DE COMPOSTOS FENÓLICOS

O conteúdo de compostos fenólicos foi determinado de acordo com o método *Folin-Ciocalteu*, como descrito por Singleton, Joseph e Rossi (1965), adaptado. Em um tubo de ensaio adicionou-se uma alíquota de 200 µL de amostra e 1000 µL do reagente *Folin-Ciocalteu*, agitou-se manualmente por 10 segundos e a mistura ficou ao abrigo de luz por 6 minutos. Em seguida 800 µL de carbonato de sódio a 7,5% (v / v) foi adicionado, agitado por mais 10 segundos e deixado em repouso por 30 minutos no escuro. A absorbância foi realizada a 765 nm em um espectrofotômetro (Agilent UV-8553). O teor de compostos fenólicos foi determinado utilizando uma curva de calibração, utilizando ácido gálico.

2.4 ANÁLISE DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE

Método DPPH: Adicionou-se em tubo de ensaio 200 µL da amostra e 800 µL de solução metanólica de DPPH (solução estoque: 0,024 g de DPPH dissolvidos em 100 mL de metanol, retirou-se 10 mL da solução estoque e diluir em mais 45mL de metanol), permaneceu por 20 minutos em local escuro. Em seguida mediu-se a absorbância em espectrofotômetro (Agilent UV-8553) a 517 nm. A atividade antioxidante foi determinada de acordo com o método DPPH e os resultados expressos em IC50 (mg/mL) de extrato (Dudonné, 2009). Método ABTS: De acordo com Kuskoski et al, (2005), diluiu-se a solução ABTS até se atingir a absorbância 0,70 nm, à 734 nm. Para o preparo das amostras em tubo de ensaio, no escuro, colocou-se 30 µL dos extratos obtidos junto a 3 mL de solução de ABTS. Depois de 6 minutos leu-se a absorbância a 734 nm em espectrofotômetro (Agilent UV-8553). A atividade antioxidante determinada pelo método ABTS foi expressa em atividade antioxidante equivalente ao Trolox (TEAC) /g de extrato, de acordo com uma curva de calibração.

2.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

As análises foram realizadas em triplicata e os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e comparados pelo teste de Tukey a 5% de significância utilizando o software SISVAR.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Diferentes solventes e suas prioridades são capazes de influenciar o teor de compostos fenólicos obtidos dos extratos. Estas condições podem explicar os variados resultados obtidos nesta pesquisa. Não menos importante do que o solvente, a técnica de alta pressão exibe grande influência no rendimento.

Conforme demonstrado na Tabela 1 os resultados obtidos variaram de 53,12 a 422,10 mg EAG/L (ácido gálico equivalente por litro de extrato) para os extratos que não foram submetidos a alta pressão. Para os extratos sujeitos a pressão os valores foram de 47,30 a 600,42 mg EAG/L.

Tabela 1. Teor de compostos fenólicos de erva mate.

Solventes	Tratamentos		C.V(%)	p-Valor
	Sem pressão	Com pressão		
H ₂ O + Etanol(50%)	422,10±5,01 Aa	333,13±8,84 Cb	13,69	<0,01
Etanol (100 %)	53,12±0,88 Da	47,30±3,24 Ea	7,74	0,3970
H ₂ O + Metanol (50%)	293,80±5,60 Bb	407,71±7,67 Ba	18,82	<0,01
H ₂ O + Glicerina (50%)	217,30±9,43 Cb	600,42±7,37 Aa	54,12	<0,01
H ₂ O + Ac. Lático(50%)	234,71±4,67 Cb	284,88±8,03 Da	11,34	<0,01
C.V (%)	56,54	51,64		
p-Valor	<0,01	<0,01		

Valores expressos em Média±desvio padrão. Médias na mesma coluna seguidas de letras maiúsculas diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05). Médias na mesma linha seguidas de letras minúsculas diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05). C.V. = Coeficiente de variação. *Dados expressos em mg EAG/L extrato.

Fonte: Autores

Os dados demonstram que o maior teor de compostos fenólicos obtido foi no extrato de erva-mate com pressão 600,42 mg EAG/L, utilizando como solvente H₂O + glicerina (50%), com diferença estatística em relação aos demais tratamentos, sendo também que a amostra apresentou diferença de quase três vezes mais 217,30±9,43 mg EAG/L comparando-a com o mesmo solvente (H₂O + glicerina (50%)) sem a alta pressão.

OLIVEIRA (2021) obteve teor de compostos fenólicos totais pelo método de alta pressão superior em extrato aquoso (1,88 mg EAG/mL de extrato) de capim cidreira, em relação ao extrato etanólico (1,03 mg EAG/mL de extrato), corroborando com os dados obtidos nesse trabalho, onde H₂O + glicerina (50%) combinado a técnica de alta pressão 600,42 mg EAG/L apresentou resultado quase duas vezes maior que H₂O + Etanol (50%) 333,13 mg EAG/L e maior ainda comparado apenas com Etanol 47,30 mg EAG/L, ambos também submetidos a alta pressão. COMUNIAN (2020) ao avaliar extratos de romã encapsulados encontrou valores próximos de compostos fenólicos totais para os solventes etanol e água (3,07 e 2,80 mg EAG/g), enquanto que o solvente metanol obteve maior teor (7,06 mg EAG/g) quando comparado com os outros solventes.

Fatores como o tempo de extração, composição do solvente e tratamento da amostra, também possuem interferência significativa na eficácia de uma extração, e com isso um aumento ou diminuição de compostos fenólicos (CARDOZO, 2021). Além do mais, há variedades de metodologia empregada em inúmeros estudos para avaliação de compostos fenólicos, o que influencia também nos resultados obtidos e dificulta uma comparação dos dados (DA SILVA, 2021).

Na Tabela 2 são apresentados os valores da atividade antioxidante dos extratos de erva-mate pelo método ABTS nas extrações com e sem alta pressão.

Tabela 2. Atividade antioxidante pelo método ABTS.

Solventes	Tratamentos		C.V(%)	p-Valor
	Sem pressão	Com pressão		
H ₂ O + Etanol (50%)	502,02±0,71 Ca	427,77±1,43 Bb	9,22	<0,01
Etanol	194,44±7,14 Ea	147,50±0,71 Db	16,04	<0,01
H ₂ O + Metanol (50%)	556,56±2,86 Db	529,30±24,28 Ca	8,99	<0,01
H ₂ O + Glicerina (50%)	619,70±0,71 Bb	702,53±0,71Aa	7,23	<0,01
H ₂ O + Ac. Lático(50%)	694,44±2,14 Aa	692,42±2,14Aa	0,30	0,8100
C.V (%)	43,05	36,69		
p-Valor	<0,01	<0,01		

Valores expressos em Média±desvio padrão. Médias na mesma coluna seguidas de letras maiúsculas diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05). Médias na mesma linha seguidas de letras minúsculas diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05). C.V. = Coeficiente de variação. *Dados expressos em atividade antioxidante equivalente ao Trolox (TEAC)/g de extrato.

Fonte: Autores

Pode-se observar que os solventes verdes (H₂O + glicerina (50%) e H₂O + Ácido lático (50%)) apresentaram maiores valores.

De acordo com a análise estatística, a aplicação de alta pressão combinada ao ácido lático não apresentou influência na extração de compostos reagentes a ABTS. Já a aplicação de pressão influencia na capacidade de arraste da glicerina, onde o mesmo não se diferencia estaticamente (p<0,05) do ácido lático.

Nota-se que o único tratamento que apresentou aumento considerável após a alta pressão foi (H₂O + Glicerina (50%)), que variou de 619,70 TEAC /g para 702,53 TEAC /g com a técnica empregada.

Nesta pesquisa também foram obtidos valores de atividade antioxidante pelo método DPPH como demonstrado na Tabela 3.

Tabela 3. Atividade antioxidante pelo método DPPH.

Solventes	Tratamentos		C.V (%)	p-Valor
	Sem pressão	Com pressão		
H ₂ O + Etanol (50%)	1033,75±68,06 ABa	1072,50±2,65 Aa	4,30	0,2036
Etanol	733,75±34,47 Ca	710,00±29,17 Ba	4,10	0,4239
H ₂ O + Met. (50%)	1055,00±1,77 Aa	1036,90±2,65 Aa	1,01	0,5389
H ₂ O + Glicerina (50%)	954,37±4,42 Bb	1044,96±28,28 Aa	5,50	<0,01
H ₂ O + Ac. Lático (50%)	1008,75±6,19 ABa	987,50±23,86 Aa	1,90	0,4729
C.V (%)	14,69	12,95		
p-Valor	<0,01	<0,01		

Valores expressos em Média±desvio padrão. Médias na mesma coluna seguidas de letras maiúsculas diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05). Médias na mesma linha seguidas de letras minúsculas diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05). C.V. = Coeficiente de variação. *Dados expressos em IC50 (mg/mL) de extrato.

Fonte: Autores

Para DPPH, o solvente H₂O + Glicerina (50%) continua se destacando entre os demais tratamentos analisados quando se une à técnica de alta pressão comparado ao mesmo tratamento sem a alta pressão.

Confrontando todos os tratamentos, o solvente H₂O + Etanol (50%) foi superior 1072,50 IC50 (mg/mL) aos demais solventes avaliados, porém não diferencia estaticamente ($p < 0,05$) com os demais resultados submetidos a alta pressão (apenas Etanol 710,00 IC50 (mg/mL), também não distinguiu dos tratamentos H₂O + Etanol (50%) e H₂O + Ac. Lático (50%) sem a técnica de alta pressão empregada.

Sobressaindo então aos demais tratamentos, a H₂O + Glicerina (50%), comparando-se antes (954,37 IC50 (mg/mL) e depois da alta pressão (1044,96 IC50 (mg/mL), a técnica foi fundamental para auxiliar na extração de maior quantidade de antioxidantes, utilizando de um solvente biodegradável.

GRIS (2021) explica que essa diferença entre quantidades de compostos se deve às características químicas dos compostos extraídos, que possuem interação diferente com cada solvente utilizado.

4 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos neste estudo demonstram a eficiência da alta pressão para extração de compostos antioxidantes de erva-mate, notando-se o avanço dos rendimentos obtidos do extrato com alta pressão em comparação ao não sujeito a técnica, como observou-se para compostos fenólicos utilizando solventes como metanol, glicerina e ácido lático, também a atividade antioxidante utilizando o método ABTS e DPPH.

Outro resultado promissor que pode ser notado foi a diferença entre os solventes verdes, em que pode se destacar a glicerina, que obteve maiores valores de antioxidantes diante de todos os tratamentos aplicados.

Podendo assim concluir que solventes orgânicos podem ser substituídos por um solvente verde como a glicerina, e ainda que, combinados a técnica de alta pressão, é possível trazer melhores resultados para extração de antioxidantes naturais da erva-mate.

REFERÊNCIAS

- Bavaresco, J. B., Bandeira, M., Raota, C. S., Crespo, J. S., & Giovanela, M. (2020). Síntese verde de nanopartículas de prata a partir do extrato de folhas de erva-mate (*Ilex paraguariensis*). *Scientia cum Industria*, 8(1), 39-45.
- Bezerra, F., Da Costa, D., & Koblitz, M. (2020). Aproveitamento integral de matérias-primas oleaginosas com “solventes verdes”: Revisão e oportunidades. *Research, Society and Development*, 9(8), E372985388.
- Brito, N. M. D., Duarte, H. D. S. S., Bühner, C. D. B., Auer, C. G., & Santos, Á. F. D. (2021). Morphophysiological characterization of *Ceratocystis fimbriata* isolates from yerba mate. *Ciência Rural*, 51.
- Cardozo, A. G. L., da Rosa, R. L., Novak, R. S., Folquitto, D. G., Schebelski, D. J., Brusamarello, L. C. C., & Ribeiro, D. T. B. (2021). Erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St.-hil.): uma revisão abrangente sobre composição química, benefícios à saúde e recentes avanços. *Research, Society and Development*, 10(11), e590101120036-e590101120036.
- Comunian, T. A., Roschel, G. G., da Silva Anthero, A. G., de Castro, I. A., & Hubinger, M. D. (2020). Influence of heated, unheated whey protein isolate and its combination with modified starch on improvement of encapsulated pomegranate seed oil oxidative stability. *Food Chemistry*, 326, 126995.
- Da Silva, A. I. B., De Sá-Filho, G. F., De Oliveira, L. C., Guzen, F. P., Cavalcanti, J. R. L. D. P., & Cavalcant, J. D. S. (2021). Perfil fitoquímico de extratos etanólicos e metanólicos do croton blanchetianus/phytochemical profile of ethanolic and methanolic extracts of the "marmeleiro"(croton blanchetianus). *Revista Brasileira Multidisciplinar (ReBram)*, 24(1), 134-143.
- de Oliveira, M. E. P., da Silva, W. M. B., Alves, D. R., de Andrade Neto, J. B., de Moraes, S. M., & de Oliveira Pinheiro, S. (2021). Dyes and pigments used in foods: an integrative literature review. *Research, Society and Development*, 10(10), e316101018925-e316101018925.
- de Sousa Bezerra, F., da Costa, D. F., & Koblitz, M. G. B. (2020). Aproveitamento integral de matérias-primas oleaginosas com “solventes verdes”: revisão e oportunidades. *Research, Society and Development*, 9(8), e372985388-e372985388.
- Decote, P. A., Negrís, L., Vidoto, A. P., Mendes, L. A., Flores, E. M., Vicente, M. A., & Santos, M. F. (2022). Determination of the total acid number of Brazilian crude oil samples: Theoretical and experimental evaluation of three standard methods. *Fuel*, 313, 122642.
- Dudonné, S., Vitrac, X., Coutière, P., Woillez, M. and Mérillon, J-M. (2009) Comparative Study of Antioxidant Properties and Total Phenolic Content of 30 Plant Extracts of Industrial Interest Using DPPH, ABTS, FRAP, SOD, and ORAC Assays. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57, 1768-1774.
- Gris, C. C. T., Frota, E. G., Guarienti, C., Vargas, B. K., Gutkoski, J. P., Biduski, B., & Bertolin, T. E. (2021). In vitro digestibility and stability of encapsulated yerba mate extract and its impact on yogurt properties. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 15(2), 2000-2009.
- Kuskoski, Em, Roseane, F., García A, A., & Troncoso G, Am (2005). Propriedades químicas e farmacológicas do fruto Guaraná (*Paullinia cupana*). *Vitae*, 12 (2), 45-52.
- Lutowski, P., Gozdziwska, M., & Florek-Luszczki, M. (2020). Health properties of yerba mate. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 27(2).
- Melo, A., Silva, E., Marques, D., Sousa, S., & Quirino, M. (2021). Extraction, identification and study of the antimicrobial potential of black pepper essential oil biomonitoring by *Artemia salina* Leach. *Holos* (Natal, RN), 2021(1), 1.
- Oliveira, C. C. A., & Santos, J. S. (2021). Compostos ativos de capim-cidreira (*Cymbopogon citratus*): uma revisão. *Research, Society and Development*, 10(12), e263101220281-e263101220281.

Penteado Junior, J. F., & Goulart, I. D. R. (2019). Erva 20: sistema de produção para erva-mate. Embrapa Florestas-Fôlder/Folheto/Cartilha (INFOTECA-E).

Safraid, G. F., Portes, C. Z., Dantas, R. M., & Batista, Â. G. (2022). Profile of functional food consumer: identity and habits. *Brazilian Journal of Food Technology*, 25.

Silva Liberato, P., de Lima, D. V. T., & da Silva, G. M. B. (2019). PANCs-Plantas alimentícias não convencionais e seus benefícios nutricionais. *Environmental smoke*, 2(2), 102-111.

Silva, F., Cordeiro Bizerra, A., & Fernandes, P. (2018). Testes fitoquímicos em extratos orgânicos de *Bixa orellana L* (urucum). *Holos*, 2, 484-498.

Singleton, V. L.; Joseph, A.; Rossi, J. Colorimetry of total phenolics with phosphomolibdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, v. 16, p. 144–149, 1965.

Wolff, S. M., da Silveira, A. C., & Lazzarotto, M. (2019). Metodologia para extração de fenólicos totais e antioxidantes da erva-mate. *Embrapa Florestas-Artigo em periódico indexado (ALICE)*.

Contaminação microbiológica de hortaliças produzidas em uma comunidade rural do município de Januária-MG

  10.56238/cipcaebv1-012

Tainara dos Santos Lacerda

Instituto Federal Norte de Minas Gerais, Brasil
E-mail: tainaralacerdataynara96@gmail.com

Luiz Carlos Ferreira

Instituto Federal Norte de Minas Gerais, Brasil
E-mail: luiz.ferreira@ifnmg.edu.br

RESUMO

O consumo de hortaliças pode expor os consumidores ao risco por diversos microrganismos patogênicos. Este trabalho objetivou avaliar a contaminação microbiológica de hortaliças produzidas em uma comunidade rural do município de Januária-MG. Foram selecionadas duas propriedades produtoras de hortaliças, onde foram coletadas amostras das hortaliças produzidas e da água utilizada para irrigação. Nas amostras das hortaliças e da água foram avaliadas a contagem de bactérias coliformes totais, coliformes a 45°C e da bactéria *Escherichia coli*. A contagem de bactérias coliformes nas amostras de hortaliças e de água avaliadas estavam acima dos limites determinados pela legislação brasileira. A análise de coliformes a 45°C e da bactéria *E. coli* serve como um indicador de contaminação fecal, de condições higiênicas sanitárias deficientes, além da possível presença de microrganismos patogênicos. A elevada contagem de bactérias coliformes observada nas amostras das hortaliças e da água utilizada para

irrigação sugere que esses produtos podem representar um risco para saúde dos consumidores.

Palavras-chave: Água de irrigação, Produtos vegetais, Contaminação de alimentos.

ABSTRACT

The consumption of vegetables can expose consumers to the risk of several pathogenic microorganisms. This study aimed to evaluate the microbiological contamination of vegetables produced in a rural community in the municipality of Januária-MG. Two vegetable producing properties were selected, where samples of the produced vegetables and the water used for irrigation were collected. In the samples of vegetables and water, the count of total coliform bacteria, coliform bacteria at 45°C and *Escherichia coli* bacteria were evaluated. The count of coliform bacteria in the samples of vegetables and water evaluated was above the limits determined by Brazilian legislation. The analysis of coliforms at 45°C and *E. coli* bacteria serves as an indicator of fecal contamination, deficient hygienic sanitary conditions, in addition to the possible presence of pathogenic microorganisms. The high count of coliform bacteria observed in samples of vegetables and water used for irrigation suggests that these products may pose a risk to consumers' health.

Keywords: Irrigation water, Vegetable products, Food contamination.

1 INTRODUÇÃO

Os problemas decorrentes do consumo de alimentos contaminados vêm se constituindo em um dos maiores problemas de saúde pública no mundo (Guilherme & Esteves, 2017). As hortaliças constituem itens alimentares de grande importância na dieta de populações humanas, sendo frequentemente consumidas in natura e sendo recomendadas como parte de uma alimentação saudável em razão de seu considerável percentual de vitaminas, sais minerais e fibras alimentares. Entretanto, uma vez que são consumidas cruas podem estar contaminados e representar risco à saúde dos consumidores (Silva, et al., 2019).

Os consumidores de hortaliças in natura podem estar expostos ao risco de infecções por diversos microrganismos patogênicos (Rosa, et al., 2016), podendo a contaminação ocorrer desde a produção até a comercialização (Alves, et al., 2021), incluindo o cultivo, adubação, irrigação, armazenamento e transporte, sendo esses fatores favoráveis para a transmissão de agentes patogênicos (Amaral, et al., 2019). Não havendo cuidados necessários em todo o processo, pode haver contaminações por *Escherichia coli* e outros

coliformes termotolerantes, sendo que a própria estrutura das hortaliças influencia a sobrevivência de microrganismos (Silva, et al., 2019).

Produtores rurais não possuem orientação sobre a importância das características microbiológicas para produtividade, principalmente para o cultivo de hortaliças (Jobbins & Alexander, 2015). Sendo assim, a avaliação de padrões higiênico-sanitários de alimentos como as hortaliças consumidas cruas pode ser utilizada como ferramenta para o desenvolvimento e implantação de políticas visando à segurança alimentar (Galvão, et al., 2020).

Nas comunidades rurais do município de Januária-MG é frequente o descuido com as condições higiênico-sanitárias no cultivo de hortaliças. Deste modo, este trabalho teve como objetivo avaliar a contaminação microbiológica de hortaliças produzidas uma comunidade rural do município de Januária-MG.

2 METODOLOGIA

Em uma comunidade rural do município de Januária-MG, foram selecionadas duas propriedades produtoras de hortaliças. As propriedades foram identificadas como "Propriedade A" e "Propriedade B". Foram coletadas amostras das hortaliças produzidas e da água utilizada para irrigação. As hortaliças avaliadas foram coentro (*Coriandrum sativum*), cebola (*Allium cepa*) e couve (*Brassica oleracea* var. *sabellica*). Amostras das hortaliças e da água de irrigação foram coletadas em recipientes estéreis, acondicionadas em caixa isotérmica e encaminhadas para o Laboratório de Microbiologia do Instituto Federal do Norte de Minas Gerais campus Januária para realização das análises microbiológicas. Todas as amostras das hortaliças e de água foram coletadas em triplicata. No delineamento experimental, as contagens microbianas nas amostras de hortaliças e nas amostras de água foram ordenadas pela média amostral das repetições.

Nas amostras das hortaliças, foram avaliadas a contagem de bactérias coliformes totais, coliformes a 45°C e da bactéria *Escherichia coli*. Amostras de 25 g das hortaliças foram adicionadas a sacos plásticos estéreis contendo em 225 mL de solução de água peptonada a 0,1%, sendo em seguida homogeneizadas em *stomacher*. As amostras homogeneizadas foram utilizadas para contagem de coliformes totais e coliformes a 45°C utilizando a técnica do Número Mais Provável (NMP) de acordo com o *Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods* (APHA, 2015).

Nas amostras de água de irrigação, foram avaliadas a contagem de bactérias coliformes totais e da bactéria *E. coli*. Foi utilizado o método Colilert IDEXX Quanti-Tray®/2000. O método Colilert utiliza nutrientes (açúcares ligados a radicais orgânicos cromogênicos) que fazem com que os microrganismos de interesse presentes na amostra produzam uma mudança de cor (ou fluorescência) no sistema inoculado. O método contém os substratos cromogênico orto-nitrofenil-β-D-galactopiranosídeo (ONPG) e o fluorogênico 4-metilumbeliferil-β-D-glucoronídeo (MUG), que detectam simultaneamente as bactérias do grupo coliforme total e *E. coli* em amostras de água (Manafi, 2000).

As amostras de água foram inicialmente misturadas ao reagente (colilert) imediatamente após a coleta, em seguida foram adicionadas em cartelas e lacradas em seladora, sendo posteriormente incubadas a temperatura de 35°C por 24-48 horas. Após o período de incubação, as cartelas foram analisadas para contagem de coliformes totais utilizando Tabela do Número Mais Provável (NMP) IDEXX Quanti-Tray®/2000. Finalmente, as cartelas foram observadas sob luz ultravioleta para possível detecção de *E. coli*.

Para observação dos resultados, se o meio permanecer incolor, indica a ausência de bactérias do grupo coliforme e de *E. coli* na amostra. Se o meio tiver sua cor alterada para amarelo e não apresentar fluorescência sob luz UV, indica presença de bactérias do grupo coliforme e ausência de *E. coli* na amostra. Caso a cor do meio seja alterada para amarela e este apresentar fluorescência sob luz UV, significa que bactérias do grupo coliforme e *E. coli* estão presentes na amostra analisada (Manafi, 2000). Para análise estatística, foram obtidas as médias das contagens das três amostras de cada espécie de hortaliça e das três amostras de água.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabelas 1 são apresentados os resultados da contagem de coliformes totais, coliformes a 45°C e da bactéria *Escherichia coli* em amostras de hortaliças produzidas em duas propriedades em uma comunidade rural do município de Januária-MG. Para efeito de comparação dos resultados, foi adotado como parâmetro microbiológico a Resolução RDC nº 12, de 2 de janeiro de 2001, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), que dispõe sobre os limites microbiológicos para frutas e hortaliças in natura (Brasil, 2001).

Essa RDC estabelece que para hortaliças cruas a tolerância para coliformes a 45°C é de 10^2 NMP.g⁻¹. Nas duas propriedades avaliadas, a contagem de bactérias coliformes a 45°C estavam acima da tolerância estabelecida pelos padrões definidos na RDC nº 12 da ANVISA. Cavalcante et al. (2015) e Santana et al. (2015) também relataram contagem de bactérias coliformes em hortaliças acima do padrão recomendado pela legislação brasileira.

Tabela 1. Contagem de coliformes totais, coliformes a 45°C e *Escherichia coli* em amostras de hortaliças produzidas em duas propriedades em uma comunidade rural do município de Januária-MG.

	Propriedade A					
	Cebola			Coentro		
	NMP.g ⁻¹					
	Coliformes Totais	Coliformes a 45°C	<i>E. coli</i>	Coliformes Totais	Coliformes a 45°C	<i>E. coli</i>
Amostra 1	> 1.100	> 1.100	75	> 1.100	> 1.100	160
Amostra 2	> 1.100	> 1.100	160	> 1.100	> 1.100	210
Amostra 3	> 1.100	> 1.100	150	> 1.100	> 1.100	250
	Propriedade B					
	Cebola			Couve		
	NMP.g ⁻¹					
	Coliformes Totais	Coliformes a 45°C	<i>E. coli</i>	Coliformes Totais	Coliformes a 45°C	<i>E. coli</i>
Amostra 1	> 1.100	210	36	> 1.100	210	21
Amostra 2	> 1.100	210	75	> 1.100	36	28
Amostra 3	> 1.100	150	95	> 1.100	150	36

Fonte: Dados da pesquisa.

A análise de coliformes totais é utilizada para avaliar as condições higiênicas, sendo que sua alta contagem um indicador de possível contaminação, não indicando necessariamente contaminação fecal recente ou ocorrência de enteropatógenos. Entretanto, a análise de coliformes a 45°C e da bactéria *E. coli* serve como um indicador de contaminação fecal, de condições higiênicas sanitárias deficientes e presença de microrganismos patogênicos (Elpo, et al., 2004), indicando ainda a qualidade do solo e da água utilizada na produção das hortaliças (Costa, et al., 2012).

As hortaliças tendem a ser consumidas cruas e havendo a presença de microrganismos patogênicos podem levar o consumidor a desenvolver toxinfecções e intoxicações alimentares (Marchi, et al., 2011). A contaminação em hortaliças é um grande desafio, especialmente pelo aumento do consumo desses produtos no mundo. Portanto, é necessária uma conscientização de produtores e consumidores quanto à segurança desses alimentos (Lima & Rios, 2020).

Como apresentado na Tabela 2, todas as amostras de água de irrigação coletadas nas duas propriedades avaliadas apresentaram contagem de coliformes totais acima do limite máximo estabelecido para consumo humano de acordo com a Portaria n° 2.914 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde (Brasil, 2011), também não atendem ao limite estabelecido para coliformes termotolerantes na água usada na irrigação de vegetais definido na Resolução CONAMA n° 357/2005 (Brasil, 2005).

Na “Propriedade A” o abastecimento de água era proveniente de poço artesiano, porém, no período de coleta das amostras de água para esse estudo a energia elétrica do posto estava desligada, sendo a água utilizada no cultivo das hortaliças oriundas da captação de água de chuva em caixas de armazenamento de fibrocimento. Na “Propriedade B” era utilizada água de abastecimento pública, entretanto, antes de irrigar as hortaliças a água era armazenada em caixa de fibrocimento.

Tabela 2. Contagem de coliformes totais e *Escherichia coli* em amostras de água coletadas em duas propriedades produtoras de hortaliças em uma comunidade rural do município de Januária-MG.

Propriedade A		
NMP.mL⁻¹		
	Coliformes Totais	<i>Escherichia coli</i>
Amostra 1	> 2419.6	325.7
Amostra 2	> 2419.6	241.1
Amostra 3	> 2419.6	372.4
Propriedade B		
NMP.mL⁻¹		
	Coliformes Totais	<i>Escherichia coli</i>
Amostra 1	> 2419.6	164.4
Amostra 2	> 2419.6	207.7
Amostra 3	> 2419.6	223.0

Fonte: Dados da pesquisa.

Existe a possibilidade de que a água usada na irrigação apresente alto potencial patogênico para a produção vegetal (Olaimat & Holley, 2012), sendo frequentes os problemas relacionados com a qualidade da água na zona rural (Araújo, et al., 2011). O controle da qualidade da água utilizada na irrigação deve ser constante, restringindo desta forma a disseminação das doenças de veiculação hídrica (Lima & Santos, 2016), uma vez que, a água de irrigação pode contaminar hortaliças cruas antes da colheita (Lima & Rios, 2020).

No meio rural, a contaminação de águas para consumo humano relacionado a coliformes também diz respeito à falta de orientação técnica, enquanto para a qualidade da água consumida no meio urbano se verificam esforços no fornecimento de água a população que observem as normas de potabilidade vigentes, no meio rural essas ações praticamente são pouco verificados (Amaral, et al., 2003).

4 CONCLUSÃO

A elevada contagem de bactérias coliformes observadas nas amostras de água e de hortaliças sugere que esses produtos podem representar um risco para saúde dos consumidores.

REFERÊNCIAS

- Alves, L. N.; Silva, M. C. P. T. & Ferraz, F. B. (2021). Avaliação da contaminação parasitária em folhas de alface da horta ao consumidor final. *Research, Society and Development*, 10(2), e19410212396. doi:10.33448/rsd-v10i2.12396
- Amaral, E. H. B.; Andrade, G. B.; Cruz, H. J.; Vieira, L. C. S. & Silva, M. F. E. (2019). Contaminação microbiológica em *Lactuca sativa*: uma revisão de literatura. *Textura*, 13(22), 236-241. doi.org/10.22479/desenregv13n22p236-240
- Amaral, L. A.; Nader Filho, A.; Rossi Junior, O. D.; Ferreira, F. L. A. & Barros, L. S. S. (2003). Água de consumo humano como fator de risco à saúde em propriedades rurais. *Revista Saúde Pública*, 37 (4), 510-514. doi.org/10.1590/S0034-89102003000400017
- APHA. (2015). *Compendium of methods for the microbiological examination of foods*. Washington DC. American Public Health Association.
- Araújo, G. F. R.; Tonani, K. A. A.; Julião, F. C.; Cardoso, O. O.; Alves, R. I. S.; Ragazzi, M. F.; Sampaio, C. F. & Segura-Muñoz, S. I. (2011). Qualidade físico-química e microbiológica da água para o consumo humano e a relação com a saúde: estudo em uma comunidade rural no Estado de São Paulo. *Mundo Saúde*, 35(1), 98-104.
- BRASIL. (2005). Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Retrieved Apr 10, 2022, from http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/RESOLUCAO_CONAMA_n_357.pdf
- BRASIL. (2001). Resolução RDC nº 12, de 2 de janeiro de 2001. Retrieved Apr 20, 2022, from https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2001/res0012_02_01_2001.html
- BRASIL. (2011). Portaria nº 2914 de 12 de dezembro de 2011. Retrieved Apr 20, 2022, from https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html
- Cavalcante, D. A.; Junior, B. R. C. L.; Lima, A. A. & Cristiani, T. M. (2015). Vida de prateleira de alface americana tratada com água ozonizada. *Ciência Rural*, 45(11), 2089-2096. doi.org/10.1590/0103-8478cr20130952
- Costa, E. A.; Figueiredo, E. A. T.; Chaves, C. S.; Almeida, P. C.; Vasconcelos, N. M.; Magalhães, I. M. C.; Moraes, A. F. & Paixão, L. M. N. (2012). Avaliação microbiológica de alfaces (*Lactuca sativa* L.) convencionais e orgânicas e a eficiência de dois processos de higienização. *Alimentos e Nutrição*, 23(3), 387-392.
- Elpo, E. R. S.; Negrelle, R. R. B. & Gomes, E. C. (2004). Avaliação da qualidade microbiológica do gengibre in natura comercializado na região metropolitana de Curitiba, PR. *Visão Acadêmica*, 5(2), 139-146.
- Galvão, M. L.; Paula, S. M.; Oliveira, T. R. & Málaga, S. M. R. (2020). Contaminação parasitária de hortaliças comercializadas em supermercados e feiras livres no município de Belém-Pará. *Biota Amazonia*, 10(2), 30-33. doi: <http://dx.doi.org/10.18561/2179-5746/biotaamazonia.v10n2p30-33>
- Guilherme, D. L. & Esteves, D. C. (2017). Doenças transmitidas por alimentos e água. *Revista Conexão Eletrônica*, 14(1), 390-401.
- Jobbins, S. E. & Alexander, K. A. (2015). From whence they came - Antibiotic-resistant *Escherichia coli* in African wildlife. *Journal of Wildlife Diseases*, 51(4), 1-10. doi.org/10.7589/2014-11-257

Lima, S. C. A. & Santos, C. A. B. (2016). Educação e saúde pública: Determinação de cloro e *Escherichia coli*, na água utilizada para consumo no IFPE. Campus Afogados da Ingazeira/PE, Afogados da Ingazeira. Revista Ouricuri, 6(2), 29-41.

Lima, T. M. F. G. & Rios, D. A. S. (2020). Avaliação microbiológica de água para consumo em instituições de rede publica. Brazilian Journal of Development, 6(6), 36201-36208. doi:10.34117/bjdv6n6-240

Manafi, M. (2000). New developments on chromogenic and fluorogenic culture media. International Journal of Food Microbiology, 60(2-3), 205-218. doi:10.1016/S0168-1605(00)00312-3

Marchi, D. M.; Baggio, N.; Teo, C. R. P. A. & Busato, M. A. (2011). Ocorrência de surtos de doenças transmitidas por alimentos no Município de Chapecó, Estado de Santa Catarina, Brasil, no período de 1995 a 2007. Epidemiologia e Serviços de Saúde, 2093), 401-407. doi.org/10.5123/S1679-49742011000300015

Olaimat, A. N. & Holley, R. A. (2012). Factors influencing the microbial safety of fresh produce: a review. Journal of Food Protection, 32(1), 1-19. doi.org/10.1016/j.fm.2012.04.016

Rosa, T. M.; Frighetto, M. & Santin, N. (2016). Determinação de estruturas parasitárias em alfaces (*Lactuca sativa*) comercializadas nos maiores supermercados na cidade de Videira-SC. Anuário Pesquisa e Extensão Unoesc, 1, 1-12.

Santana, N. A.; Ferreira, P. A. A.; Soriani, H. H.; Brumetto, G.; Nicoloso, F. T.; Antonioli, Z. I. & Jacques, R. J. S. (2015). Interaction between arbuscular mycorrhizal fungi and vermicompost on copper phytoremediation in a sandy soil. Applied Soil Ecology, 96, 172-182. doi.org/10.1016/j.apsoil.2015.08.001

Silva, L. G. B.; Silva, M. B.; Matheus, F., Arrais, M. A.; Melanda, G. C. S. & Ferreira, R. J. (2019). Prevalência de estruturas parasitárias de protozoários e de helmintos em hortaliças comercializadas em barracas de rua no município de Crato-CE, Brasil. Revista Saúde, 44(3), 1-12. doi:10.5902/22365834329982

Gestão ambiental: uma ferramenta para o desenvolvimento e práticas sustentáveis

 **10.56238/cipcaebv1-013**

João Antônio Rodrigues Santos

Universidade Federal de Santa Maria, Doutorando
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal -
PPGEF/UFMS

E-mail: jo89ro@gmail.com

Roberta da Rocha Santana

Universidade Federal do Acre, Graduada em Engenharia
Florestal - UFAC

E-mail: robertasantana1675@gmail.com

Ronnilda Maria Gonçalves Araujo

Universidade Federal do Mato Grosso, Doutoranda
Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da
Biodiversidade PPGECEB/UFMT

E-mail: ronnilda_bio@yahoo.com.br

Michelle Bezerra da Silva Siebra

Universidade Federal do Acre, Graduada em Engenharia
Florestal - UFAC

E-mail: michelle14florestal@gmail.com

RESUMO

A gestão ambiental consiste em um conjunto de atividades e ações bem definidas e adequadamente implantadas com a finalidade de minimizar e controlar os impactos advindos das operações de um empreendimento sobre o meio ambiente. O desenvolvimento e atitudes sustentável é de responsabilidade das pessoas e empresas, são práticas que devem ser exercidas por todos, a preocupação com o meio ambiente e a conscientização das questões ambientais estão cada vez mais presentes na sociedade. Utilizou-se a metodologia exploratória, o procedimento realizado foi através de coleta de dados a partir de pesquisas bibliográficas pertinentes sobre a temática em estudo, levando em consideração os seguintes aspectos: i- a sociedade, os empreendimentos e a responsabilidade social, ii- a gestão ambiental nas empresas e a consciência ecológica, iii- gestão ambiental e práticas sustentáveis na empresa, iv- desenvolvimento sustentável, v- desmatamento e o seu impacto no meio ambiente, vi- estratégia socioambiental. O entendimento em relação

ao conceito do termo desenvolvimento sustentável fica visível na conjunção textual apresentada, constituindo-se uma preocupação a mais com as gerações futuras, direcionado assim investimentos e estudos para conter a agressão ao meio ambiente e ao mesmo tempo promover o desenvolvimento econômico nas regiões através de geração de emprego e renda.

Palavras-chave: Conscientização ambiental, Gerenciamento, Meio ambiente, Sustentabilidade.

ABSTRACT

Environmental management consists of a set of well-defined and properly implemented activities and actions in order to minimize and control the impacts arising from the operations of an enterprise on the environment. Sustainable development and attitudes are the responsibility of people and companies, they are practices that must be exercised by everyone, concern for the environment and awareness of environmental issues are increasingly present in society. The exploratory methodology was used, the procedure carried out was through data collection from relevant bibliographic research on the subject under study, taking into account the following aspects: i- society, organizations and social responsibility, ii- society, enterprises and social responsibility, iii- environmental management and sustainable practices in the company. iv- sustainable development, v- deforestation and its impact on the environment, vi- socio-environmental strategy. The understanding regarding the concept of the term sustainable development is visible in the textual conjunction presented, constituting an additional concern with future generations, thus directing investments and studies to contain the aggression to the environment and at the same time promote economic development in the regions through the generation of employment and income.

Keywords: Environmental awareness, Management, Environment. Sustainability.

1 INTRODUÇÃO

De acordo com Valle (2000), a gestão ambiental consiste em um conjunto de atividades e ações bem definidas e adequadamente implantadas com a finalidade de minimizar e controlar os impactos advindos das operações de um empreendimento sobre o meio ambiente, incluindo uma série de atividades que devem ser administradas, tais como: formular estratégias de administração do meio ambiente, assegurar que a organização esteja de acordo com as leis ambientais, inserir programa de prevenção à poluição, providenciar medidas de correção de danos ao ambiente, adequar os produtos às especificações ecológicas, como também gerenciar o programa ambiental da organização.

Nos últimos anos houve um aumento nas exigências demandadas pela sociedade sobre as organizações que não respeitam o meio ambiente. Neste sentido, a gestão ambiental surge como instrumento essencial, guiando as organizações na busca pela adoção de uma política de controle, prevenção e recuperação ambiental a fim de compatibilizar crescimento econômico com a preservação ambiental (MEDEIROS, 2012).

O desenvolvimento de atitudes sustentável não é responsabilidade de algumas pessoas ou empresas, são práticas que devem ser exercidas por todos. A conscientização das atitudes sustentáveis e as consequências que podem ocorrer com o descaso e a contínua degradação contra o meio ambiente, é de conhecimento de todos, pois a responsabilidade é de quem usufrui da natureza para sua sobrevivência (OLIVEIRA & SILVA, 2016).

As empresas são consideradas agentes fundamentais no desenvolvimento de produtos e serviços para atender aos desejos e necessidades dos consumidores e assim são responsáveis pelo ciclo de vida desses produtos, bem como a destinação de forma adequada de seus resíduos. Neste contexto, estão obrigadas assim a desenvolverem tecnologias limpas, produtos e serviços preocupados com a questão ambiental. Todos estes aspectos devem fazer parte de sua estrutura organizacional para manter a política ambiental em busca da sustentabilidade (BARBIERI, 2011).

Assim, a preocupação com a questão ambiental vem ocupando espaço no mundo empresarial desde as últimas décadas. A necessidade de manter a diversidade e estabilidade do meio ambiente, bem como controlar os recursos naturais sob a ótica da sustentabilidade, tornou-se essencial para as empresas industriais. Neste sentido, passaram a direcionar esforços e adequar seus processos para mitigar impactos ambientais negativos. Estes se traduziram no surgimento de diversas ferramentas que gerenciam as emissões de resíduos e os impactos ambientais, equilibrando o crescimento econômico com a preservação ambiental (ALIGLERI; KRUGLIANSKAS, 2009).

Nesse contexto, os principais problemas ambientais relacionados às empresas giram em torno da geração de resíduos e de sua destinação de forma ambientalmente correta. Desta forma, empresas que implementarem a gestão ambiental em suas atividades se tornam mais competitivas e obterão vantagem em relação as demais organizações, pois os consumidores passam a optar cada vez mais por empreendimentos ecologicamente corretas.

Esse trabalho justifica-se pela importância no desenvolvimento de atitudes sustentáveis por toda sociedade e implantação de um Sistema de Gestão Ambiental (SGA) e os vários benefícios que surgirão com a adoção de tais práticas, pois as questões relacionadas a esse tema que se tornou essencial não apenas para o bom desenvolvimento do empreendimento, mas também para o bem-estar de todos.

2 METODOLOGIA

O presente trabalho utiliza-se de uma metodologia denominada exploratória, de natureza descritiva qualitativa. De acordo com Vergara, 2004, a investigação é realizada em área na qual há pouco conhecimento acumulado e sistematizado. O mesmo autor menciona que este método permite o aprofundamento e o detalhamento de uma determinada situação. O estudo aborda a relação exploratória, através da análise de exemplos que instiguem a compreensão. Realizou-se um levantamento do referencial teórico pertinente ao estudo e uma pesquisa descritiva que trabalha com os dados ou fatos, permitindo a observação, registro e análise dos fatos e suas conexões a outros fenômenos.

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 SOCIEDADE, OS EMPREENDIMENTOS E A RESPONSABILIDADE SOCIAL

As questões ambientais vêm adquirindo força em decorrência da maior conscientização ambiental da sociedade. Toda essa importância se deu porque o homem percebeu que ao destruir a natureza está destruindo a si mesmo e comprometendo as gerações futuras. A adoção de um estilo de vida que respeita os limites naturais, a mudança de valores, de comportamento e atitude ocasionou no surgimento de cidadãos conscientes e ecologicamente corretos (ZANNATA, 2017).

O entendimento predominante de que crescimento econômico estaria pautado na acumulação de riqueza e na tecnologia acabou deflagrando uma crise social e ambiental de proporções alarmante, tendo em vista o estilo de desenvolvimento adotado pelas nações após a revolução industrial. A exploração intensa dos recursos naturais, considerados infinitos, para atender o processo de industrialização ditado pelo capitalismo, culminou com o surgimento de vários desafios a serem enfrentados pela sociedade contemporânea (MOURA, 2012).

Para Mota (1992) não basta a empresa cumprir as leis e os regulamentos para manter o seu produto no mercado. Se antes a demanda era maior que a oferta excluindo a concorrência, hoje, para ser competitivo os empreendimentos precisam se adaptar as preferências dos clientes e também serem responsáveis pelo bem-estar da sociedade. As pessoas passaram a questionar o impacto das atividades das organizações, exigindo assim, um posicionamento mais responsável das empresas.

A sociedade passou a reivindicar que as empresas cumpram um novo papel no processo de desenvolvimento como atores de uma nova cultura e mudança social com fins a uma sociedade melhor. Envoltos a riscos e incertezas propagados pelas catástrofes ambientais, a comunidade busca uma mudança

de paradigma para conciliar desenvolvimento com proteção e preservação ambiental, objetivando garantir uma sadia qualidade de vida para a atual geração e para as futuras (MOURA, 2012).

A degradação do ambiente está colocando os empreendimentos diante do desafio e da necessidade de redefinirem suas prioridades e seus valores. Surge então, a necessidade de justificar o objetivo social, visando melhorar a imagem com relação ao meio ambiente. Assim, as empresas devem buscar compreender as normas sociais, que são advindas de consumidores cada vez mais exigentes, na tentativa de amenizar os prejuízos causadores ao ambiente e conseqüentemente à sociedade (MARTINS et al., 2016).

Em uma perspectiva ambiental, ainda são muito recentes as práticas de controle ambiental pelos empreendimentos. O alto custo e a falta de conscientização são alguns dos fatores que dificultam a incorporação dessas políticas, pois existe toda uma cultura que precisa ser estimulada para aderir essa nova concepção na relação do homem com o meio ambiente (MACIEL, 2011). Percebe-se que pouco adiantará tecnologias de controle ambiental de última geração se as pessoas não redefinirem o seu comportamento quanto ao consumo e ao uso desordenado dos recursos naturais. Todavia, conforme afirma Porter (1992), para que uma gestão ambiental seja implementada de forma eficaz, é preciso que atitudes organizacionais sejam modificadas, padrões de comportamento sejam reformulados, bem como a própria cultura organizacional seja rediscutida.

Na medida em que as pessoas são motivadas e influenciadas a adotarem comportamentos preventivos, a Educação Ambiental mostra-se como uma importante ferramenta de Gestão Ambiental, permitindo que uma consciência preventiva vá se formando e fazendo com que seja assumida uma postura de conservação e não de remediação com relação ao entorno ambiental.

3.2 A GESTÃO AMBIENTAL NAS EMPRESAS E A CONSCIÊNCIA ECOLÓGICA

As empresas são agentes fundamentais que desenvolvem produtos e serviços para atender os desejos e necessidades do consumidor final, como também é responsável pelo ciclo de vida total do produto que envolve desde a sua produção até o descarte correto e seguro de seus resíduos. Esta situação obriga as empresas a desenvolverem tecnologias limpas e produtos e serviços preocupados com a causa ambiental, incluindo na sua estrutura organizacional, atividades de planejamento, responsabilidades práticas e procedimentos para manter a política ambiental e o desenvolvimento sustentável (CARVALHO et al., 2011).

Por instrumentos de política ambiental compreendem-se os conjuntos de ações voltados para a redução dos impactos negativos da ação antrópica sobre o meio ambiente (MAY, 2010). Atualmente, os instrumentos de gestão ambiental dividem-se em dois grupos: instrumentos de comando e controle, também conhecidos como regulatórios, e instrumentos econômicos, chamados de mecanismos de mercado (BARBIERI, 2009).

Utilizados com maior frequência, os instrumentos de comando e controle ou instrumentos regulatórios, constituem políticas regulatórias materializadas por meio da edição de lei específica para

regulamentar o uso e acesso aos recursos naturais (CUNHA, 2010), por meio da penalização. Objetivam restringir as ações do poluidor por meio de normas e padrões ambientais, fiscalizando o seu cumprimento, (BARBIERI, 2009). Esta fiscalização deve ser constante, “continua e efetiva por parte dos órgãos reguladores, implicando alto custo de implementação” (MAY, 2010).

A preocupação com a questão ambiental vem ocupando espaço a partir de discussões sobre o desenvolvimento sustentável, especialmente sobre as comprovações de que os recursos naturais do planeta estarão escassos para atenderem a toda a demanda crescente de produção e consumo existente na sociedade. Neste contexto, o desafio é direcionado às empresas no que se refere à produção, na qual em meio às preocupações com o resultado econômico, também se torna indispensável agregar a responsabilidade e os impactos ambientais, produzindo mais com o mínimo de recursos possíveis (ALIGLERI; ALIGLERI; KRUGLIANSKAS, 2009).

No Brasil, as ações marcantes em relação à questão ambiental, surgiram a partir da iniciativa do Governo Federal que criou a Lei Federal nº 4.771/1965, que tratava da proteção da flora por meio de reservas legais e instituiu o Código Florestal Brasileiro em 1965, e também a Lei Federal nº 6.938/1981, que estabelece a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) que objetiva a preservação, melhoria e recuperabilidade da qualidade ambiental favorável à vida (BERTÉ, 2009)

As organizações ampliaram o conceito de gestão ambiental, a partir dos anos 80. Em vez de trabalharem sobre as consequências e efeitos, as organizações partiram para o combate à causa, ou seja, em vez de gastarem com a correção dos impactos ambientais, perceberam que a prática da prevenção se tornava muito mais rentável. Como consequência das diversas exigências requeridas pela sociedade, pelos governos e pelas entidades não-governamentais, as organizações começaram a mudar os seus conceitos, o que acarretou mudanças de comportamentos relativos ao meio ambiente (JABBOUR, 2015).

Assim, as exigências mais contundentes surgiram a partir do ano de 1986, por meio de Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e o respectivo Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) com o objetivo de demonstrar que há uma atuação cautelosa e preventiva por parte das organizações em relação à intervenção ao meio ambiente. Essas ações fomentaram debates acerca das questões ambientais e sustentaram a consciência da necessidade de se buscar formas integradas de conciliar a questão do desenvolvimento com a preservação ambiental (SEIFFERT, 2010).

Sendo assim, as organizações buscam uma imagem ambientalmente correta, tendo em vista que ao tomarem decisões estratégicas integradas à questão ambiental e ecológica, conseguem significativas vantagens competitivas. Essa busca vem sendo induzida por uma mudança nos hábitos de consumo, patrocinada pelo crescimento da preocupação ambiental, a qual repercute negativamente na compra de produtos provenientes de produtores identificados como ambientalmente inadequados (SEIFFERT, 2010; TACHIZAWA, 2011).

A preocupação ambiental passa a integrar no quadro de ameaças e oportunidades para as empresas que procuram se manter na competitividade se ajustando a esse novo ambiente de negócios, principalmente à mudança de hábitos do consumidor.

3.3 GESTÃO AMBIENTAL E PRÁTICAS SUSTENTÁVEIS NA EMPRESA

Alguns setores já assumiram compromissos com o novo modelo de desenvolvimento, ao incorporarem nos modelos de gestão a dimensão ambiental, valorizando os bens naturais, as fontes de matérias-primas, as potencialidades do quadro humano criativo, as comunidades locais e devem iniciar o novo ciclo, onde a cultura do descartável e do desperdício sejam coisas do passado. Atividades de reciclagem, incentivo à diminuição do consumo, controle de resíduo, capacitação permanentes dos quadros profissionais, em diferentes níveis e escalas de conhecimento, fomento ao trabalho em equipe e às ações criativas são desafios-chave neste novo cenário (KRAEMER, 2013).

Diversos empreendimentos estão investindo em profissionais e processos com o objetivo de demonstrar um desempenho mais satisfatório em relação à questão ambiental. As novas exigências perante às práticas ambientais induzem as empresas a estabelecerem metas de produção com o mínimo de impacto ao ambiente e a sociedade, adotando procedimentos focados em reciclagem, emissão de poluentes reduzidos. Empresas adeptas as adoções de medidas ambientais mais cautelosas tendem a receber um retorno benéfico. Podendo diminuir custos de produção, agregar valor à produtos, produzir novos materiais a base de reciclagem, aproveitamento de resíduos e melhoria da imagem institucional, sem mencionar os benefícios para saúde do meio ambiente e da população (ZANNATA, 2017).

De acordo bom Bueno (2009) a gestão ambiental empresarial está voltada para organizações sendo definida como um conjunto de políticas, programas e práticas administrativas e operacionais que levam em conta a saúde e a segurança das pessoas e a proteção do meio ambiente através da eliminação ou minimização de impactos e danos ambientais decorrentes do planejamento, implantação, operação, ampliação, realocação ou desativação de empreendimentos ou atividades, incluindo-se todas as fases do ciclo de vida de um produto.

A gestão ambiental se destaca como uma ferramenta ou atividade primordial em qualquer empreendimento ou organização (ZANNATA, 2017). Para Valle (1995) menciona que a gestão ambiental consiste de um conjunto de medidas e procedimentos bem definidos e adequadamente aplicados que visam a reduzir e controlar os impactos introduzidos por um empreendimento sobre o meio ambiente.

O maior objetivo da gestão ambiental é a busca permanente de melhoria da qualidade dos serviços, produtos e ambiente de trabalho de qualquer organização pública ou privada. A empresa deve reconhecer que sua responsabilidade vai muito além que a responsabilidade com seus clientes.

3.4 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

O desenvolvimento sustentável enfatiza a evolução da sociedade humana do ponto de vista econômico responsável, de acordo com processos ambientais e naturais. Entre as diferentes variáveis que afetam o meio ambiente, há uma preocupação ecológica da sociedade, onde vem ganhando um destaque significativo em face sua relevância para a qualidade de vida. (ROBLES JR & BONELLI, 2011)

O conceito sustentabilidade está relacionado à capacidade de um sistema propiciar meios de subsistência a determinada população em intervalos definidos, ou seja, um sistema autossustentado caracterizado por apresentar um equilíbrio dinâmico entre suas necessidades e os meios de sustentação necessários (ZANNATA, 2017).

A expressão desenvolvimento sustentável surge pela primeira vez em 1980, no documento denominado World Conservation Strategy. De acordo com esse documento, objetivos deveriam ser lançados através de uma estratégia mundial para conservação da natureza, mantendo os processos ecológicos essenciais e os sistemas naturais, preservar a diversidade genética, assegurar o aproveitamento sustentável das espécies e dos ecossistemas que constituem a base da vida humana (BARBIERI, 2009).

De acordo com Castro (1998) dois fatores impulsionam, adicionalmente, a adoção de estratégias de desenvolvimento sustentado: i) Aumento crescente da pressão social ocasionada pela transferência para a sociedade de externalidades intrínsecas e extrínsecas a este setor produtivo; ii) Necessidades objetivas de inovação tecnológica, as quais representam a projeção de vantagens competitivas a médio e longo prazos.

A conservação da biodiversidade não poderia ser apreciada com a opção do não uso dos recursos naturais essenciais (SACHS, 2009). Ao certo, o objetivo seria estabelecer o aproveitamento racional e ecologicamente sustentável, para gerar benefícios à população local.

Portanto a discussão do termo Desenvolvimento Sustentável, entra no contexto de conscientização da sociedade em geral, no sentido de que os recursos estão cada vez mais escassos, e as alternativas não estão sendo suficientes para suprir estas depressões.

3.5 DESMATAMENTO E O SEU IMPACTO NO MEIO AMBIENTE

No intuito de combater as diversas origens do desmatamento (pastagens, exploração da madeira, agricultura) nos diferentes biomas do Brasil, vem sendo elaborado leis ambientais, criação de órgãos fiscalizadores e projetos de monitoramentos, visando o controle da devastação das florestas. Com a criação do Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE), o governo passou a realizar acompanhamento deste controle via satélite, visando a elaboração de indicadores tendo como escopo a neutralização do desmatamento (MACIEL, 2011).

O INPE possui projetos com sistemas de alerta, fiscalização e controle do desmatamento na Amazônia legal, a criação do Projeto de Monitoramento do Desflorestamento na Amazônia Legal (PRODES) e a Detecção de Desmatamento em Tempo Real (DETER), são sistemas que captam imagens via satélite e

geram informações com rapidez e eficiência, para efetivação da tomada de decisão dos órgãos competente (CARVALHO et al, 2011).

Os principais impactos ambientais das atividades de exploração florestal, sobretudo de florestas implantadas, estão relacionados à redução da biodiversidade, às mudanças climáticas, às alterações dos ciclos hidrológicos, ao aumento da entropia dos sistemas de paisagem, às alterações nos fluxos de matéria e energia e aos reflexos sobre as estruturas socioeconômica e cultural. Como elementos secundários são indicados impactos sobre o solo, riscos de contaminação ambiental e descaracterização estética da paisagem (ZANNATA, 2017).

A análise dos impactos ambientais de atividades florestais deve seguir a ideia já exposta: ambientes distintos estabelecem diferentes condições de contorno, apresentando graus variados de fragilidade e susceptibilidade a distúrbios naturais e antrópicos. A classificação quanto a amplitude e intensidade dos impactos mais frequentes passa a ser uma função do contexto ambiental no qual se encontra implantado determinado empreendimento, bem como da escala de investigação.

3.6 ESTRATÉGIA SOCIOAMBIENTAL

A gestão ambiental empresarial está voltada para organizações e, segundo Bueno (2009), pode ser definida como um conjunto de políticas, programas e práticas administrativas e operacionais que levam em conta a saúde e a segurança das pessoas e a proteção do meio ambiente através da eliminação ou minimização de impactos e danos ambientais decorrentes do planejamento. afirmando que o maior objetivo da gestão ambiental é a busca permanente de melhoria da qualidade dos serviços, produtos e ambiente de trabalho de qualquer organização pública ou privada.

Dessa forma, para a organização se utilizar da sua relação com o meio ambiente como vantagem competitiva, é necessário antes de tudo, uma eficiente adoção de um modelo de gestão ambiental, visto que a estratégia por si só não garante a manutenção da vantagem competitiva. Os benefícios de adotar estratégias organizacionais socioambientais saudáveis são para alterar o seu próprio ambiente competitivo e participar ativamente do contexto da estratégia competitiva é formulada. Diante das transformações que o mundo vem presenciando nos diversos campos de atuação, vê-se que as organizações estão em processo acirrado de competição (BERTER, 2009).

A gestão ambiental, portanto, proporciona de acordo com Porter (1992), oportunidades que adicionem valor e, possivelmente vantagem competitiva por meio da percepção pública, economia de custos ou rendimentos da mesma forma que diminui os efeitos de seus produtos e processos produtivos no ambiente. Poderá também poderá obter benefícios adicionais, caso demonstre que está se utilizando de tecnologias “limpas”, dentre esses destacam-se: a diminuição nas multas e taxas por danos ambientais, menores custos de produção e de armazenamento de resíduos, bem como, a certeza de estar ofertando bens e/ou serviços ambientalmente corretos.

Segundo Melo Neto e Fróes (1999), a proteção ambiental deixou de ser filantropia e passou a ser um negócio rentável. Várias organizações já têm um profissional trabalhando na área de gestão ambiental. Elas querem economizar e evitar desperdícios, a partir do momento que dispõem de um funcionário habilitado para tal função, as chances de se obter sucesso aumentam.

Diante do exposto, parece que nos dias atuais, não há mais lugar para as organizações que visam apenas lucros. Inúmeras são aquelas que ao adotarem uma consciência ecológica conseguiram bons resultados, para as empresas que não despertaram para essa nova consciência ambiental, certamente estariam pondo em risco a sua continuidade no mercado competitivo.

Neste sentido, se as organizações buscam ter um diferencial competitivo, a questão ambiental pode e deve ser usada, uma vez que a preservação ambiental é uma aplicação que trará retorno garantido dos seus investimentos.

4 CONCLUSÃO

A gestão ambiental é de suma importância, pois é fundamental equilibrar as questões ambientais de maneira que não se resumam apenas para obter lucro, mas que demande questões ligadas a sustentabilidade. Dessa forma, a empresa percebe a necessidade de tal mudança, tanto para a melhoria em seu próprio setor quanto para as novas atitudes sustentáveis.

O entendimento em relação ao conceito do termo desenvolvimento sustentável é cada vez mais empregado para melhorar e controlar as atividades de forma a poluir menos o meio ambiente. Empresas adeptas a isto geram economia em seus processos e, conseqüentemente, tem maior competitividade, decorrente da inovação tecnológica em suas atividades e aproveitamento e minimização de resíduos. Nesse contexto surge a importância da gestão ambiental implementada em uma empresa, a qual profissionais especializados, buscam estratégias que objetivam tanto a viabilidade econômica como a ecológica.

Pode-se chegar a um consenso que o desenvolvimento sustentável é uma realidade no cotidiano da sociedade contemporânea. Portanto as preocupações da escassez dos recursos naturais partem do dia-a-dia, pois lacunas estão sendo abertas e alternativas lançadas para suprir esta necessidade que atingirá não somente o atual, mas principalmente as futuras gerações.

REFERÊNCIAS

- ALIGLERI, L.; ALIGLERI, L.A.; KRUGLIANSKAS, I. *Gestão Socioambiental: Responsabilidade e Sustentabilidade do Negócio*. São Paulo: Atlas, p. 29-50, 2009.
- BARBIERI, J.C. **Gestão ambiental empresarial: conceitos, modelos e instrumentos**. Ed. Saraiva, São Paulo, 3a ed., 376 p., 2012.
- BARBIERI, J.C. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**. 11º ed. Petrópolis: Vozes, 2009.
- BERTÉ, R. **Gestão Socioambiental no Brasil**. São Paulo: Saraiva, 2009.
- BUENO, M. **Gestão Ambiental**. Apostila do curso de administração, Cesuc, 2009.
- CARVALHO, K.D.; GUZMÁN, S.J.M.; El turismo en La dinámica territorial. **Estudios y Perspectivas en Turismo**, v. 20, p. 441 – 461, 2011.
- CARVALHO, F.R.J.; PIRES, Q.R.; JESUS, S.C.T. Gestão Ambiental aplicado ao Setor Madeireiro um estudo de caso na empresa Randobel. **Atos do congresso responsabilidade e reciprocidade**, p. 65 – 72, 2011.
- CASTRO, N. **Meio Ambiente e Pequena Empresa – A Questão Ambiental e as Empresas**. Brasília: SEBRAE, 1998.
- CUNHA, S.B.DA; GUERRA, A.T. **A questão ambiental: diferentes abordagens**. 4. ed. Rio de Janeiro, RJ: Bertrand Brasil, p. 248, 2008.
- DONAIRE, D. **Gestão ambiental na empresa**. 2 ed. São Paulo: Atlas, 1999.
- JABBOUR, A.B.L.S.; JABBOUR, C.J.C. **Gestão ambiental nas organizações: fundamentos e tendências**. 1 ed. São Paulo: Atlas, 2016.
- KRAEMER, M.E.P.; Behling, G.; Rebelo, H.M.; Goede, W. Gestão Ambiental e Sua Contribuição para o Desenvolvimento Sustentável. **Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia**, 2013.
- MACIEL, M. A educação ambiental e a gestão de recursos humanos na gestão ambiental. Disponível em < <http://redacaonews.com.br/> > Acesso em: 25 de maio 2022.
- MARTINS, P.S.; FILHO, E.E.; NAGANO, M.S. Gestão ambiental e estratégia empresarial em pequenas empresas: um estudo comparativo de casos. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, São Paulo, v. 20, n. 2, abr./jun. 2015.
- MAY, P.H. *Economia do meio ambiente: teoria e prática*. 3a ed. - Rio de Janeiro: Elsevier, 24p. 2018.
- MELO NETO, F.P.; FROES, C. **Responsabilidade social & cidadania empresarial: a administração do terceiro setor**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 190p. 2002.
- MEDEIROS, M. S. B. **Gestão ambiental e sustentabilidade: um estudo de caso na agência do Banco do Brasil de Alagoa Nova/PB**. Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Gestão Pública,,Campina Grande, PB, Brasil, 2012.
- MOTA, S. **Mecanismos de mercado na política ambiental brasileira. Perspectivas da Economia Brasileira**. Rio de Janeiro: IPEA 1992,.
- MOURA, A.G.A sociedade de risco e o desenvolvimento sustentável: desafios à gestão ambiental no Brasil. **Revista Direito e Práxis**, vol. 3, n. 5, 2012.
- OLIVEIRA, W.R.; SILVA E.V. Geografia e educação ambiental na prática do turismo sustentável: a APA do Delta do Parnaíba. **Revista Equador**, v.5, n.2, 2016.

- OLIVEIRA, D.P.R. **Estratégia Empresarial & Vantagem Competitiva: Como Estabelecer, Implementar e Avaliar**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2001.
- PORTER, M.P. **Vantagem Competitiva: criando e sustentando um desempenho superior**. Rio de Janeiro: Campus, 1992.
- SACHS, I. **Caminhos para o Desenvolvimento Sustentável: Pensando sobre o Desenvolvimento na Era do Meio Ambiente**. Rio de Janeiro: ed: Garamond Ltda. 2011.
- SEIFFERT, M. **Iso 14001 sistemas de gestão ambiental: implantação objetiva e econômica**. 3 ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- SILVA FILHO, A.R.A. Sistema de Gestão Ambiental como estratégia empresarial no ramo hoteleiro. **Revista Produção On Line**. v.9, n.3, 2008.
- TACHIZAWA, T. **Gestão ambiental e responsabilidade social corporativa: estratégias de negócios focadas na realidade brasileira**. São Paulo: Atlas, 2011.
- VALLE, C.E. **Como se preparar para as normas ISO 14000: qualidade ambiental: o desafio de ser competitivo protegendo o meio ambiente**. 3 ed. São Paulo: Pioneira, 2000.
- VEIGA, J.E. **Desenvolvimento Sustentável: O desafio do século XXI**. Rio de Janeiro: Garamond, 2010.
- VEIGA, J.E. **Meio Ambiente & Desenvolvimento**. 3.ed. São Paulo: Ed: SENAC, 2006.
- VERGARA, S.C. **Projetos e relatórios de pesquisa em Administração**. São Paulo: Atlas, 2004.
- ROBLES JR, A. BONELLI, V.V. **Gestão de qualidade e do meio ambiente: enfoque econômico, financeiro e patrimonial**. 1. Ed. – 6. Reimp – São Paulo: Atlas, 2011.
- ZANNATA, P. Gestão Ambiental e Desenvolvimento Sustentável. **Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, v.6, n.3, p. 296-312, out./dez. 2017

Legislação e vulnerabilidade social no Município de Guarapuava, PR

 [10.56238/cipcaebv1-014](https://doi.org/10.56238/cipcaebv1-014)

Everton Fernando Ribeiro Schrede

Glauco Nonose Negrão

RESUMO

A abordagem de vulnerabilidade global, desenvolvida pelo pesquisador colombiano Wilches-Chaux (1986 1993), demonstra como uma sociedade pode enfrentar distintas vulnerabilidades, tais como: vulnerabilidade física, econômica, social, cultural, educativa, ideológica, ambiental, política, organizacional, institucional e técnica. O autor salienta que nas últimas décadas, diversas regiões do planeta vêm sofrendo com desastres naturais, e que, embora os danos ambientais sejam severos, as questões sociais ficam

prementes, uma vez que sociedades menos abastadas tem capacidade menor de se precaver, ou de se recuperar, diante de tais acontecimentos.

ABSTRACT

The global vulnerability approach, developed by Colombian researcher Wilches-Chaux (1986 1993), demonstrates how a society can face different vulnerabilities, such as: physical, economic, social, cultural, educational, ideological, environmental, political, organizational, institutional, and technical vulnerability. The author points out that in recent decades, several regions of the planet have suffered from natural disasters, and that, although the environmental damage is severe, social issues remain pressing, since less affluent societies have less capacity to prepare for, or recover from, such events.

1 INTRODUÇÃO

A abordagem de vulnerabilidade global, desenvolvida pelo pesquisador colombiano Wilches-Chaux (1986 1993), demonstra como uma sociedade pode enfrentar distintas vulnerabilidades, tais como: vulnerabilidade física, econômica, social, cultural, educativa, ideológica, ambiental, política, organizacional, institucional e técnica. O autor salienta que nas últimas décadas, diversas regiões do planeta vêm sofrendo com desastres naturais, e que, embora os danos ambientais sejam severos, as questões sociais ficam prementes, uma vez que sociedades menos abastadas tem capacidade menor de se precaver, ou de se recuperar, diante de tais acontecimentos.

Ainda segundo Wilches-Chaux (1986) uma população vulnerável é aquela que vive em áreas de risco, ou seja, com estruturas precárias, condicionando-a a uma situação de fragilidade frente à possibilidade de desastres. Todavia, a questão ambiental não é a única que lhes impõe uma condição de debilidade, pesam também os aspectos sociais e econômicos, tornando as perspectivas futuras desses cidadãos pouco otimistas.

O processo de urbanização brasileiro teve início no período colonial, com os primeiros centros urbanos, que se destinavam a comercializar produtos oriundos da área rural, tais quais derivados de cana de açúcar e da pecuária bovina. Todavia, foram necessários algumas centenas de anos para que o mesmo se intensificasse, e, nas últimas décadas do século XIX e primeiros anos do século XX, impulsionado pela libertação dos escravos (1888), surgimento das primeiras indústrias, êxodo rural e pela chegada de imigrantes europeus (portugueses, italianos, espanhóis, japoneses, alemães, entre outros) a população urbana brasileira cresceu consideravelmente (FURTADO, 2006).

De acordo com Maricato (2002), os grandes centros urbanos brasileiros do início do século XX não estavam preparados para receber tal contingente populacional, resultando no surgimento ou intensificação de uma série de problemas sociais, persistindo nos dias de hoje, tais como; carência de infraestrutura básica, crescimento desordenado do meio urbano, acentuação das desigualdades sociais, elevação dos níveis de violência e insegurança. A estrutura organizacional da sociedade brasileira proporcionou ao mesmo tempo, segregação espacial e degradação ambiental, afetando as populações de maneiras distintas. Uma grande parcela, pertencente aos estratos menos abastados, é relegada a uma condição de vulnerabilidade, seja ela social, econômica, infraestrutural, de saúde ou segurança (WILCHESCHAUX, 1986), que dão sustentação à abordagem de vulnerabilidade global.

O aumento das desigualdades sociais e da segregação socioespacial, correlacionados com a degradação ambiental, são resultantes dos processos de industrialização e urbanização que fez emergir, nos anos de 1980, uma abordagem teórica metodológica, que enfocou os desastres para além dos fatores desencadeantes, mas considerando, sobretudo, as populações atingidas. Foi a inclusão da análise social dentro da problemática ambiental, que surge o conceito de vulnerabilidade.

A vulnerabilidade socioambiental resulta de estruturas socioeconômicas que produzem simultaneamente condições de vida precárias e ambientes deteriorados, se expressando também como menor capacidade de redução de riscos e baixa resiliência. O município de Guarapuava, PR é reconhecido pela sua desigualdade social, além dos problemas de infraestrutura urbana, riscos ambientais, carências no sistema de saúde e na segurança pública.

Esta realidade justifica o estudo da vulnerabilidade socioambiental no município, objetivando guiar a elaboração de políticas públicas e alocação de recursos públicos mais adequados e baseados em evidências científicas, resultante de um diagnóstico realizado com informação adequada ao território, escala e período de tempo. Esses elementos reforçam a necessidade do desenvolvimento de estudos que intentem compreender a realidade dos povos em condição de vulnerabilidade, produzindo material de suporte ao planejamento e desenvolvimento de políticas públicas eficientes relacionadas ao bem-estar e à segurança dos mesmos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Na confecção deste material empreendeu-se uma revisão literária e análise teórica a respeito das temáticas: políticas públicas e vulnerabilidade socioambiental. Por conseguinte, averiguamos as estatísticas de alguns indicadores socioeconômicos brasileiros no site do IBGE e investigamos a existência/abrangência de programas de assistência social em outros países. Por fim, um levantamento das leis a nível municipal, estadual e federal publicadas para as áreas de saúde e educação, no período de 2016 a 2020, que produzissem impacto direto na realidade das populações em condições de vulnerabilidade socioambiental no município de Guarapuava, PR.

Convém ressaltar que a consecução desse capítulo tem como elementos estratégicos a edificação coletiva do planejamento interinstitucional e parcerias entre o Departamento de Pós-graduação em Geografia PPGG/UNICENTRO, através do projeto de mestrado “Indicadores de vulnerabilidade socioambiental no município de Guarapuava, PR”, a APROGEO-PR – Associação dos Profissionais Geógrafos do Paraná e Prefeitura Municipal de Guarapuava, através de suas secretarias (Secretarias de Saúde, Meio Ambiente, Educação e Cultura, Habitação e Urbanismo).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Alinhamento de políticas públicas para a superação das condições de vulnerabilidade

Segundo Agum (2015) a política pública como área do conhecimento acadêmico, teria surgido de uma derivação da ciência política nos Estados Unidos na primeira metade do século XX. Ainda segundo o autor, em 1936, Harold Dwight Lasswell (1956) apresentou pela primeira vez a expressão análise de Política Pública (*Policy Analysis*), que seria o meio para a criação de um “arcabouço teórico prático com a finalidade de dar suporte às ações que deveriam ser racionais, embasadas em um conjunto de informações a respeito do assunto a ser fruto da ação política”.

A definição de Thomas Dye (1984) para políticas públicas é “o que o governo escolhe fazer ou não fazer”. Salienta-se, entretanto, que o conceito de políticas públicas é bastante amplo possuindo diversas definições e sendo palco de debates ideológicos. Na prática, as políticas públicas seriam ações desenvolvidas pelos governos, no sentido de alcançar objetivos estabelecidos ou relevantes para a sua realidade. Como exemplo de políticas públicas, podemos citar planos de governo voltados ao aprimoramento ou ampliação da estrutura de transportes, dinamização da estrutura produtiva, investimentos nas áreas de saúde, educação, transportes, seguridade social, entre outros (Agum, 2015).

O suporte econômico e social desenvolvido pelas nações centrais do sistema capitalista exemplifica o papel do estado como agente de mudança na sua estrutura da sociedade, concedendo o apoio necessário à superação do estado de vulnerabilidade temporária ou permanente, permite que essas pessoas possam empreender o planejamento familiar imprescindível à superação da condição em que se encontram.

Programas de assistência social e apoio à população carente, ou em condições de vulnerabilidade são comuns em diversos países ao longo do globo. Dados da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) mostram que em 2018 as nações desenvolvidas investiam cerca de 1,6% do seu PIB em programas de combate à pobreza, com destaque para a França que investia 2,1%. No mesmo período, o Brasil investiu cerca de 0,5% do seu Produto Interno Bruto no programa Bolsa Família.

Destacam-se internacionalmente os programas SNAP – *Supplemental Nutrition Assistance Program* (Programa de Assistência Nutricional Suplementar) desenvolvido pelo governo dos Estados Unidos, que atinge cerca de 40 milhões de cidadãos estadunidenses, com uma ajuda financeira de 252 dólares/mês por família. Na China os programas *Urban Dibao* e *Rural Dibao* (ajuda de custo rural e urbana) garantem recursos mínimos de subsistência às famílias de baixa renda, com o complemento do valor

necessário a superar a linha da pobreza. No Japão, o programa *Seikatsu Hogo* (Bem estar) concede complemento de renda conforme o custo de vida da região onde, uma família de duas pessoas receberia aproximadamente 125 mil ienes, além de auxílio moradia de 64 mil ienes. BBC News Brasil (2018). Disponível em <https://www.bbc.com/portuguese/internacional-45897725>> Acesso em 07 de junho de 2021.

O contexto histórico brasileiro mostra que a colonização brasileira foi em diversas ocasiões o palco de decisões políticas oligárquicas que beneficiavam um determinado segmento social em detrimento dos demais (Furtado, 2006). Tomemos como exemplo as Capitanias Hereditárias (1534) onde o território brasileiro da época foi dividido em 15 faixas de terras distribuídas àqueles cidadãos da nobreza de Portugal que tivessem interesse em proporcionar a ocupação das mesmas, colaborando para a manutenção da soberania do território brasileiro pela coroa portuguesa.

Tal predileção pelo estrato social mais abastado estendeu-se por boa parte da história brasileira, passando do período colonial para o imperial, deste para a Primeira República até se chegar ao governo Vargas (1930 – 1945, 1951 – 1954) onde percebe-se pela primeira vez na história brasileira o direcionamento de políticas públicas à população menos abastada, a exemplo da consolidação das leis trabalhistas (CLT), criação de sindicatos e do fortalecimento da indústria nacional com a criação de diversas empresas públicas, tais quais, a Companhia Siderúrgica Nacional (CSN), Companhia Vale do Rio Doce, Petrobrás entre outras, o que gerou muitos empregos e lhe rendeu o apelido de “Pai dos pobres” (Fausto, 2013).

Os governos posteriores pautaram sua atuação no crescimento da economia e no progresso nacional, a exemplo da gestão Kubitschek (1956 – 1961) e posteriormente do regime militar (1964 – 1985), períodos onde a economia brasileira cresceu a passos largos, contudo, as desigualdades socioeconômicas se acentuaram com a perda do poder de compra devido ao aumento da inflação (Furtado, 2006).

A Nova República, instituída em 1985, deu o direito às populações de escolherem seus representantes em um processo democrático, tornando possível a análise da visão ideológica e política dos mesmos. Elege-se nesse processo o candidato Tancredo Neves que por conta de complicações de uma doença no estômago vem a falecer. Desse modo seu vice José Sarney assume a presidência.

Os três primeiros governos da Nova República (Sarney, Collor e Franco) focaram esforços em controlar a inflação e retomar o crescimento econômico, situação alcançada com a gestão de Fernando Henrique Cardoso (1995 – 2002), que empreendeu ainda uma onda de privatizações de empresas públicas (Fausto, 2013).

Em 2002, pela primeira vez na história brasileira, um partido de esquerda vence as eleições para presidente, desse modo, Luiz Inácio Lula da Silva chega ao poder. Baseado nos alicerces democráticos, inicia-se um longo período de políticas assistencialistas voltadas às populações mais pobres e vulneráveis. Destacam-se os programas Água para Todos, Bolsa Família, Brasil Alfabetizado, Luz para Todos, Mais Médicos, Minha Casa Minha Vida, Programa Fome Zero, Programa Nacional de Acesso ao Ensino Técnico e Emprego (PRONATEC), Programa Universidade para Todos (PROUNI), entre outros (Prates, 2017).

O processo de impeachment da sucessora de Lula à presidência, a presidente Dilma Rousseff, em 2016 coloca Michel Temer, então vice, no cargo. A gestão de Temer busca retomar o crescimento econômico e empreender reformas, tanto na área trabalhista, quanto na área previdenciária. As eleições presidenciais de 2018 são vencidas por Jair Bolsonaro, representante de uma ideologia de extrema direita, baseada em ideais conservadores e progressistas, com forte discurso de combate à corrupção e recuperação do crescimento econômico.

Legislação aplicada e contextualização da vulnerabilidade social

Dados do IBGE relativos ao ano de 2019, apontam que o índice Gini brasileiro era de 0,543 em uma escala que vai de 0 a 1, classificando o Brasil, como o nono mais desigual do planeta. Além do contraste econômico, verificam-se ainda, grandes assimetrias salariais em relação ao tom de pele, com a população branca recebendo em média 69,3% a mais do que as populações preta ou parda (IBGE, 2019)

Ainda segundo a síntese dos indicadores sociais do IBGE benefícios como Bolsa Família e BPC (Benefício de Prestação Continuada) respondiam por 1/3 do rendimento de 12% da população brasileira em 2019, sendo que 11,8% da população brasileira vivia com o valor de ¼ de salário mínimo *per capita* mensal (cerca de R\$ 250) e quase 30% com até ½ salário mínimo *per capita* (R\$ 499), no outro extremo, apenas 4,1% possuíam rendimento per capita superior a 5 salários mínimos (R\$ 4990).

No mesmo ano a proporção de pobres cai para 24,7%, mas a extrema pobreza se mantém em 6,5% da população. Entre os que se declararam brancos 14,7% eram pobres e 3,4% eram extremamente pobres, enquanto entre pretos e pardos 32,3% eram pobres e 8,9% eram extremamente pobres.

Um dado preocupante é o total de pessoas residentes em domicílios sem documentos de comprovação de propriedade, correspondendo a 11,5% do total das habitações do país (IBGE, 2019). É comum que esses lares careçam ainda de alguma estrutura básica, como a ausência de banheiro exclusivo, ou que a residência seja revestida com paredes externas frágeis construídas com materiais não duráveis.

Outro indicador bastante utilizado para a análise das condições de vida da população de um país é o IDH (Índice de Desenvolvimento Humano), que no caso brasileiro apresentou um avanço de 0,744 em 2014 para 0,765 em 2019. Todavia houve recuo na classificação do país, caindo da 79ª posição para a 84ª no referido período. El País, 15 de dezembro de 2020. Disponível em <<https://brasil.elpais.com/sociedad/2020-12-15/indice-de-desenvolvimento-humano-2020-revela-como-o-planeta-sustenta-os-paises-mais-ricos.html>> acessado em 13 de junho de 2021.

Estes dados ilustram a realidade socioeconômica brasileira, uma vez que ao longo de sua história o país foi marcado pela desigualdade socioeconômica e pela fraca incisão na criação de programas sociais. Historicamente a proteção social brasileira se desenvolveu tendo por base o seguro social e excluindo, durante décadas, os grupos sociais não participantes do mercado de trabalho formal. Sua cobertura limitada e seu lento processo de expansão fizeram com que o reconhecimento da existência de um sistema de proteção social não fosse consensual (Jaccoud – 2009).

O município de Guarapuava está localizado no eixo central de interligação rodoviária do estado do Paraná, situando-se na porção centro-sul do mesmo. Com uma história bicentenária conta nos dias de hoje com uma população estimada de 182 mil habitantes, de acordo com dados do IBGE (2021), classificando-o como o 9º município mais populoso do Estado do Paraná.

Instituída como Freguesia de Nossa Senhora de Belém em 1819, Guarapuava ganha o status de município em 1871 quando seu território é desmembrado do município de Castro (Kruger, 2010). No início da ocupação sua área urbana limitava-se a alguns quarteirões a partir da catedral de Nossa Senhora de Belém, expandindo-se a partir desse ponto. Com grande extensão territorial, Guarapuava ocupa atualmente o posto de maior município do Estado do Paraná (Tembil, 2007).

Embora atue como centro sub-regional, atraindo habitantes dos municípios vizinhos para o seu comércio, setor de serviços e instituições de ensino superior, o município não possui produção industrial significativa, repercutindo em uma renda per-capita baixa, de apenas 33,913 reais anuais, classificando-a na posição 133º entre os 399 municípios paranaenses. O IDH do município de 0,731 (IBGE, 2010) fica abaixo da média do Estado, de 0,749. Destacam-se ainda a incidência de pobreza 47,67% e o índice Gini 0,39% (IBGE, 2021).

Este contexto socioeconômico condiciona boa parte da população do município a uma situação de vulnerabilidade, indicando a necessidade do desenvolvimento de estudos que visem quantificar as fragilidades pelas quais passam diariamente essas pessoas, desse modo, propondo políticas públicas eficazes.

O resultado do levantamento efetuado à Assembleia legislativa do Estado do Paraná e do município de Guarapuava/PR, além de órgãos do Governo Federal é referente às leis e decretos desenvolvidos no período de 2016 a 2020 nas áreas de saúde e educação voltadas especificamente à população fragilizada, relegada a uma condição de vulnerabilidade socioambiental.

A escolha dos indicadores saúde e educação se deu por conta da representatividade que os mesmos possuem na realidade do dia a dia da população brasileira, uma vez que o atendimento de saúde, público e de qualidade é condição básica para o incremento da expectativa de vida e redução da taxa de mortalidade. O acesso ao ambiente escolar, além de se constituir em um local seguro onde as crianças possam ficar enquanto os pais trabalham, permite a obtenção de novas perspectivas aos estudantes possibilitando, em muitos casos, uma ascensão social e o avanço científico do país (Barros, 1997).

No período de 2016 a 2020 encontrou-se 12 leis específicas para a área educacional, sendo elas 1 municipal, 2 estaduais e 9 federais (quadro 1). Na área de saúde, encontramos 16 leis, sendo 1 municipal, 6 estaduais e 9 federais (quadro 2).

Quadro 1. Leis na área da educação. Organização: os autores.

Nível	Lei	Autoria
Municipal	Lei Nº 2852, de 04 de julho de 2018, dispõe sobre prioridade de vagas nos Centros Municipais de Educação Infantil - CMEIS e nas Escolas Municipais para crianças vítimas de violência doméstica, crianças filhas de mulheres vítimas de violência doméstica e crianças vítimas de violência escolar (bullying).	Terezinha dos Santos Daiprai, 2018. Guarapuava/PR.
Estadual	Lei 18763 de 27 de Abril de 2016. Institui o Programa Geração Atitude, que tem por objetivo a educação para o exercício da cidadania.	Jonas Guimarães, 2016.
	Lei 20191 de 15 de Maio de 2020. Estabelece diretrizes de acompanhamento psicológico nas redes públicas de Educação Básica, Ensino fundamental e médio no âmbito do Estado do Paraná, e dá outras providências.	Ademar Luiz Traiano, 2020.
Federal	LEI Nº 13.306, DE 4 DE JULHO DE 2016. Altera a Lei nº 8.069, de 13 de julho de 1990 - Cinco anos a idade máxima para o atendimento na educação infantil.	José Mendonça Bezerra Filho, 2016.
	LEI Nº 13.348, DE 10 DE OUTUBRO DE 2016. Apoio financeiro da União aos Municípios e ao Distrito Federal para ampliação da oferta de educação infantil, para incluir as crianças beneficiárias do Benefício de Prestação Continuada – BPC e as crianças com deficiência e estabelecer novas regras de repasse do apoio financeiro.	Osmar Terra, 2016) Brasil.
	LEI Nº 13.415, DE 16 DE FEVEREIRO DE 2017. Institui a Política de Fomento à Implementação de Escolas de Ensino Médio em Tempo Integral.	José Mendonça Bezerra Filho, 2017.
	LEI Nº 13.716, DE 24 DE SETEMBRO DE 2018. Atendimento educacional ao aluno da educação básica internado para tratamento de saúde em regime hospitalar ou domiciliar por tempo prolongado.	Torquato Jardim, Rossieli Soares da Silva, Adelson Loureiro Cavalcante, Gustavo do Vale Rocha, 2018.
	LEI Nº 13.845, DE 18 DE JUNHO DE 2019. Garante vagas no mesmo estabelecimento a irmãos que frequentem a mesma etapa ou ciclo de ensino da educação básica	Abraham Bragança de Vasconcellos Weintraub, Damares Regina Alves, 2019.
	LEI Nº 13.882, DE 8 DE OUTUBRO DE 2019. Garantir a matrícula dos dependentes da mulher vítima de violência doméstica e familiar em instituição de educação básica mais próxima de seu domicílio.	Abraham Bragança de Vasconcellos Weintraub, Tatiana Barbosa de Alvarenga, 2019;
	LEI Nº 13.935, DE 11 DE DEZEMBRO DE 2019 Dispõe sobre a prestação de serviços de psicologia e de serviço social nas redes públicas de educação básica.	Jair Messias Bolsonaro, 2020) Brasil.
	LEI Nº 13.984, DE 3 DE ABRIL DE 2020. Estabelece como medidas protetivas de urgência, frequência do agressor a centro de educação e de reabilitação e acompanhamento psicossocial.	Sérgio Moro, Damares Regina Alves, 2020.
	LEI Nº 13.987, DE 7 DE ABRIL DE 2020. Autoriza em caráter excepcional, durante o período de suspensão das aulas em razão de situação de emergência ou calamidade pública, a distribuição de gêneros alimentícios adquiridos com recursos do Programa Nacional de Alimentação Escolar (Pnae) aos pais ou responsáveis dos estudantes das escolas públicas de educação básica.	Abraham Bragança de Vasconcellos Weintraub, Damares Regina Alves, 2020.

No conjunto de leis criadas para a área da educação percebe-se pouca interligação entre os distintos níveis de atuação política, exemplo disso é o fato de nenhuma lei ser verificada ao mesmo tempo em escala municipal, estadual e federal. Todavia, duas leis federais alcançam correspondência em escalas menores sendo a Lei federal 13882/19 e a Lei Municipal 2852/18 que versam sobre a garantia de vagas escolares nas instituições mais próxima das residências de crianças e adolescente pertencentes a famílias vítimas de violência doméstica; e a Lei federal 13935/19 e Lei Estadual 20191/20 que estabelecem a oferta de acompanhamento psicológico em instituições públicas.

Entre as normativas mais relevantes e que realmente trouxeram benefícios à população vulnerável destacam-se as leis federais nº 13.415/17 (criação de escolas de ensino médio em tempo integral), lei 13.845/19 (garante vaga em mesmo turno a alunos irmão, estudantes da mesma instituição) e lei 13.987/20 (autoriza, em tempo de suspensão das atividades escolares, por conta do Coronavírus, a distribuição de gêneros alimentícios a pais ou responsáveis de alunos de escola pública). As duas primeiras colaborando para que o horário dos pais ou responsáveis fique disponível, seja para trabalhar ou desempenhar outra atividade qualquer. A terceira colabora diretamente para o combate à fome subsidiando diversas famílias carentes, entretanto, é uma lei temporária.

Quadro 2. Leis na área da saúde. Organização: os autores.

Nível	Lei	Autoria
Municipal	Lei nº 2885, de 14 de dezembro de 2018. Dispõe sobre a divulgação da relação de medicamentos de distribuição gratuita que compõem os estoques da secretaria municipal de saúde, na página oficial do poder executivo municipal de Guarapuava na internet e dá outras providências.	Terezinha dos Santos Daiprai, Maria José Mandu Ribeiro ribas e Pedro Luiz Moraes, 2018.
Estadual	Lei 18845 de 28 de julho de 2016. Obriga prontos-socorros, hospitais, unidades de saúde e clínicas de saúde pública ou privada a afixar, em local público, cartazes esclarecedores acerca da legislação que prevê crime de omissão de socorro.	Luiz Carlos Martins, 2016.
	Lei 18951 de 23 de dezembro de 2016. Dispõe sobre a criação da Semana do Check-up juvenil na rede pública estadual de saúde.	Missionário Ricardo Arruda, 2016.
	Lei 19762 de 17 de dezembro de 2018. Dispõe sobre a fixação dos valores do auxílio-creche e do auxílio-saúde no âmbito do Tribunal de Contas do Estado do Paraná.	Missionário Ricardo Arruda, 2016.
	Lei 19791 de 20 de dezembro de 2018. Institui a prática do teste do bracinho nas consultas pediátricas em crianças a partir de três anos de idade, atendidas pela rede pública de saúde no âmbito do Estado do Paraná.	Dilceu João Sperafico, Ney Leprevost, Pedro Lupion, 2018.
	Lei 20133 de 20 de janeiro de 2020. Estabelece diretrizes de diagnóstico e tratamento da depressão pós-parto nas redes públicas e privadas de saúde.	Dr. Batista, 2020.
	Lei 20172 de 7 de Abril de 2020. Autoriza a concessão de auxílio emergencial com recursos do Fundo Estadual de Combate à Pobreza do Paraná à pessoa economicamente vulnerabilizada em decorrência da emergência de saúde pública de importância internacional causada pela infecção humana pelo Coronavírus (Covid-19).	Guto Silva, 2020.
Federal	LEI Nº 13.362, DE 23 DE NOVEMBRO DE 2016. Dispõe sobre a efetivação de ações de saúde que assegurem a prevenção, a detecção, o tratamento e seguimento dos cânceres do colo uterino e de mama, no âmbito do Sistema Único de Saúde – SUS”, para assegurar o atendimento às mulheres com deficiência.	Ricardo José Magalhães Barros, 2016.
	LEI Nº 13.427, DE 30 DE MARÇO DE 2017. Dispõe sobre o princípio da organização de atendimento público específico e especializado para mulheres e vítimas de violência doméstica em geral.	Osmar Serraglio, Ricardo José Magalhães Barros, 2017) Brasil.
	LEI Nº 13.438, DE 26 DE ABRIL DE 2017. Torna obrigatória a adoção pelo Sistema Único de Saúde (SS) de protocolo que estabeleça padrões para avaliação de riscos para o desenvolvimento psíquico das crianças.	Osmar Serraglio, Luislinda Dias de Valois Santos, 2017.
	LEI Nº 13.522, DE 27 DE NOVEMBRO DE 2017. Altera a Lei nº 11.664 de abril de 2008, para estabelecer que serão desenvolvidas estratégias intersetoriais específicas para mulheres com dificuldade de acesso às ações de saúde relativas à prevenção, detecção, tratamento e controle dos cânceres do colo uterino e de mama.	Ricardo José Magalhães Barros, Osmar Terra, 2017.
	LEI Nº 13.714, DE 24 DE AGOSTO DE 2018. Altera a Lei nº 8.74 de 7 de dezembro de 1993, para dispor sobre a responsabilidade de normatizar e padronizar a identidade visual do Sistema Único de Assistência Social (Suas) e para assegurar o acesso das famílias e indivíduos em situações de vulnerabilidade ou risco social e pessoal à atenção integral à saúde.	Torquato Jardim, Gustavo do Vale Rocha, 2018.
	LEI Nº 13.778, DE 26 DE DEZEMBRO DE 2018. Dispõe sobre o Fundo de Garantia do Tempo de Serviço (FGTS), para possibilitar a aplicação de recursos em operações de crédito destinadas às entidades hospitalares filantrópicas, bem como	Gilberto Magalhães Occhi, Caio Luiz de Almeida Vieira de Mello,

a instituições que atuam no campo para pessoas com deficiência, e sem fins lucrativos que participem de forma complementar do Sistema Único de Saúde (SUS).	2018) Brasil.
LEI Nº 13.871, DE 17 DE SETEMBRO DE 2019. Dispõe sobre a responsabilidade do agressor pelo ressarcimento dos custos relacionados aos serviços de saúde prestados pelo Sistema Único de Saúde (SUS) às vítimas de violência doméstica e familiar e aos dispositivos de segurança por elas utilizados.	Luiz Henrique Mandetta, Damares Regina Alves, 2019) Brasil.
LEI Nº 13.980, DE 11 DE MARÇO DE 2020. Dispõe sobre a efetivação de ações de saúde que assegurem a prevenção, a detecção, o tratamento e o seguimento dos cânceres do colo uterino e de mama, no âmbito do Sistema Único de Saúde - SUS”, para garantir a realização de ultrassonografia mamária.	Damares Regina Alves, 2020.
LEI Nº 13.995, DE 5 DE MAIO DE 2020 Dispõe sobre a prestação de auxílio financeiro pela União às santas casas e hospitais filantrópicos, sem fins lucrativos, que participam de forma complementar do Sistema Único de Saúde (SUS), no exercício de 2020, com o objetivo de permitir-lhes atuar de forma coordenada no combate à pandemia da Covid-19.	Paulo Guedes, Nelson Luiz Sperle Teich, 2020.
LEI Nº 14.022, DE 7 DE JULHO DE 2020. Dispõe sobre medidas de enfrentamento à violência doméstica e familiar contra a mulher e de enfrentamento à violência contra crianças, adolescentes, pessoas idosas e pessoas com deficiência durante a emergência de saúde pública de importância internacional decorrente do coronavírus responsável pelo surto de 2019.	André Luiz de Almeida Mendonça, Damares Regina Alves, 2020. Brasil.

Reiteramos que o conjunto de leis aqui elencadas constituem-se em um recorte temático voltado para a análise das normativas que pudessem trazer algum impacto à realidade das populações em condição de fragilidade ou vulnerabilidade socioambiental. Destacamos que, embora façam parte de um grupo específico, o número de leis aprovadas é pequeno tanto na área da educação (12, sendo 1 municipal, 2 estaduais e 9 federais) quanto na área da saúde (16, sendo 1 municipal, 6 estaduais e 9 federais) considerando-se o período de 5 anos. Na área da saúde também não é possível encontrar leis articuladas nas escalas municipal, estadual e federal, e, as únicas leis que correspondentes, referem-se à adoção, em escala estadual e federal, de cuidados com a saúde física e psíquica das crianças e adolescentes (lei estadual 18951/16 e federal 13428/17) atendidas pela rede pública.

Destaca-se a criação de três leis similares em âmbito federal (13362/16, 1352/17 e 13980/20) normatizando medidas de prevenção e combate aos cânceres de mama e colo uterino, cada uma abrangendo um grupo específico de mulheres sendo complementares. Iniciativa relevante é apresentada pela lei municipal 2885/18 que prevê a distribuição na rede pública de saúde de uma série de medicamentos gratuitos destinados à população em geral. Evidencia-se ainda a lei federal 13778/18 que destina recursos oriundos do FGTS, para instituições hospitalares filantrópicas e/ou sem fins lucrativos que trabalhem em complementação aos atendimentos do SUS.

Nota-se ainda boas iniciativas embora temporárias e decorrentes da pandemia do Coronavírus como a lei estadual 20172/20 que estabelece a criação de auxílio emergencial às famílias pobres ou vulnerabilizadas e a lei federal 13995/20 que dispõe sobre a prestação de auxílio financeiro às instituições e hospitais filantrópicos que atuem de maneira complementar ao Sistema Único de Saúde no enfrentamento da pandemia do Covid-19.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para governança é necessário buscar compreender todos os segmentos sociais, intentando, na medida do possível, atender suas demandas. A história nos mostra que no Brasil as populações vulnerabilizadas raramente foram o foco de políticas públicas. Salvo os governos de Getúlio Vargas (1930 – 1945, 1951 – 1954) e PT (2002 – 2016) não se nota, em outros períodos histórico um grande impulso no combate à pobreza e desigualdade. Percebe-se, entretanto, a extinção ou esvaziamento de programas sociais com essa finalidade.

As políticas sociais correspondem a ações governamentais destinadas ao bem-estar da população em geral, com destaque às camadas mais vulneráveis da sociedade. O desenvolvimento de estudos específicos para essa área é primordial, uma vez que a implantação de medidas eficientes pode contribuir para avanços significativos na área social, principalmente na redução dos índices de desigualdade e pobreza extrema.

No município de Guarapuava, PR constatou-se que o avanço nessas áreas foi pouco expressivo, uma vez que o conjunto de normativas não foi capaz de criar um ambiente de apoio ou segurança social. Percebe-se a ausência de uma coalizão entre os legisladores, atuantes em diferentes escalas, impossibilitando o desenvolvimento de políticas públicas articuladas de longo prazo e eficazes.

Sabe-se que, quando um segmento social não possui representatividade junto aos órgãos administrativos, insere-se em uma realidade, à margem das tomadas de decisões e do suporte público. No presente artigo buscou-se elencar o conjunto de leis, criadas nos últimos 5 anos, nas áreas de saúde e educação que interferissem diretamente na realidade das populações em condição de vulnerabilidade socioambiental. Foi efetuado um levantamento, no período de 2016 a 2020, de 12 leis específicas para a área educacional sendo elas 1 municipal, 2 estaduais e 9 federais. Na área de saúde encontramos 16 leis, sendo 1 municipal, 6 estaduais e 9 federais.

Constatou-se que o avanço nessas áreas foi pequeno e pouco expressivo, uma vez que o conjunto de normativas não foi capaz de criar um ambiente de apoio ou segurança social. Percebe-se ainda a ausência de uma coalizão entre os legisladores, atuantes em diferentes escalas, impossibilitando o desenvolvimento de políticas públicas articuladas de longo prazo e realmente eficazes.

É importante destacar que estudos e implantação de políticas de combate à pobreza extrema e à desigualdade social, tem sido desenvolvido a décadas em diversos países ao longo do globo, sejam eles desenvolvidos ou não, e que, o Brasil ocupa na atualidade a 12^o posição entre os países mais ricos do planeta dispondo dos recursos necessários à implantação de projetos que auxiliem nessa tarefa.

REFERÊNCIAS

AGUM, Ricardo, RISCADO, Priscila e MENEZES, Monique. Políticas Públicas: Conceitos e análises em revisão. Revista Agenda Política. São Paulo: Vol.3, n° 2, p. (12-42), outubro, 2015.

ALMEIDA, Lutiane Queiroz de. Vulnerabilidade Socioambiental de rios urbanos. Bacia hidrográfica do rio Maranguapinho. Região metropolitana de Fortaleza, Ceará. 2010. 278 f. Tese de Doutorado em Geografia – Instituto de Geociência e Ciência Exatas, Unesp, Rio Claro, 2010.

BARROS, Ricardo, Paes de, MENDONÇA, Rosane. Investimentos em educação e desenvolvimento econômico. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Brasília, 8p, 1997.

BRASIL (2016) Lei n° 13.306, de 04 de julho de 2016. Altera a Lei n° 8.069, de 13 de julho de 1990 - Cinco anos a idade máxima para o atendimento na educação infantil.

BRASIL (2016) Lei n° 13.348, de 10 de outubro de 2016. Apoio financeiro da União aos Municípios e ao Distrito Federal para ampliação da oferta de educação infantil, para incluir as crianças beneficiárias do Benefício de Prestação Continuada – BPC e as crianças com deficiência e estabelecer novas regras de repasse do apoio financeiro.

BRASIL (2016) Lei n° 13.362, de 23 de novembro de 2016. Dispõe sobre a efetivação de ações de saúde que assegurem a prevenção, a detecção, o tratamento e seguimento dos cânceres do colo uterino e de mama, no âmbito do Sistema Único de Saúde – SUS”, para assegurar o atendimento às mulheres com deficiência.

BRASIL (2017) Lei n° 13.415, de 16 de fevereiro de 2017. Institui a Política de Fomento à Implementação de Escolas de Ensino Médio em Tempo Integral.

BRASIL (2017) Lei n° 13.427, de 30 de março de 2017. Dispõe sobre o princípio da organização de atendimento público específico e especializado para mulheres e vítimas de violência doméstica em geral.

BRASIL (2017) Lei n° 13.438, de 26 de abril de 2017. Torna obrigatória a adoção pelo Sistema Único de Saúde (SS) de protocolo que estabeleça padrões para avaliação de riscos para o desenvolvimento psíquico das crianças.

BRASIL (2017) Lei n° 13.522, de 27 de novembro de 2017. Altera a Lei n° 11.664 de abril de 2008, para estabelecer que serão desenvolvidas estratégias intersetoriais específicas para mulheres com dificuldade de acesso às ações de saúde relativas à prevenção, detecção, tratamento e controle dos cânceres do colo uterino e de mama.

BRASIL (2018) Lei n° 13.714, de 24 de agosto de 2018. Altera a Lei n° 8.74 de 7 de dezembro de 1993, para dispor sobre a responsabilidade de normatizar e padronizar a identidade visual do Sistema Único de Assistência Social (Suas) e para assegurar o acesso das famílias e indivíduos em situações de vulnerabilidade ou risco social e pessoal à atenção integral à saúde.

BRASIL (2018) Lei n° 13.716, de 24 de setembro de 2018. Atendimento educacional ao aluno da educação básica internado para tratamento de saúde em regime hospitalar ou domiciliar por tempo prolongado.

BRASIL (2018) Lei n° 13.778, de 26 de dezembro de 2018. Dispõe sobre o Fundo de Garantia do Tempo de Serviço (FGTS), para possibilitar a aplicação de recursos em operações de crédito destinadas às entidades hospitalares filantrópicas, bem como a instituições que atuam no campo para pessoas com deficiência, e sem fins lucrativos que participem de forma complementar do Sistema Único de Saúde (SUS).

BRASIL (2019) Lei nº 13.845, de 18 de junho de 2019. Garante vagas no mesmo estabelecimento a irmãos que frequentem a mesma etapa ou ciclo de ensino da educação básica.

BRASIL (2019) Lei nº 13.871, de 17 de setembro de 2019. Dispõe sobre a responsabilidade do agressor pelo ressarcimento dos custos relacionados aos serviços de saúde prestados pelo Sistema Único de Saúde (SUS) às vítimas de violência doméstica e familiar e aos dispositivos de segurança por elas utilizados.

BRASIL (2019) Lei nº 13.882, de 8 de outubro de 2019. Garantir a matrícula dos dependentes da mulher vítima de violência doméstica e familiar em instituição de educação básica mais próxima de seu domicílio.

BRASIL (2019) Lei nº 13.935, de 11 de dezembro de 2019. Dispõe sobre a prestação de serviços de psicologia e de serviço social nas redes públicas de educação básica.

BRASIL (2020) Lei nº 13.980, de 11 de março de 2020. Dispõe sobre a efetivação de ações de saúde que assegurem a prevenção, a detecção, o tratamento e o seguimento dos cânceres do colo uterino e de mama, no âmbito do Sistema Único de Saúde - SUS”, para garantir a realização de ultrassonografia mamária.

BRASIL (2020) Lei nº 13.984, de 3 de abril de 2020. Estabelece como medidas protetivas de urgência, frequência do agressor a centro de educação e de reabilitação e acompanhamento psicossocial.

BRASIL (2020) Lei nº 13.987, de 7 de abril de 2020. Autoriza em caráter excepcional, durante o período de suspensão das aulas em razão de situação de emergência ou calamidade pública, a distribuição de gêneros alimentícios adquiridos com recursos do Programa Nacional de Alimentação Escolar (Pnae) aos pais ou responsáveis dos estudantes das escolas públicas de educação básica.

BRASIL (2020) Lei nº 13.995, de 5 de maio de 2020. Dispõe sobre a prestação de auxílio financeiro pela União às santas casas e hospitais filantrópicos, sem fins lucrativos, que participam de forma complementar do Sistema Único de Saúde (SUS), no exercício de 2020, com o objetivo de permitir-lhes atuar de forma coordenada no combate à pandemia da Covid-19.

BRASIL (2020) Lei nº 14.022, de 7 de julho de 2020. Dispõe sobre medidas de enfrentamento à violência doméstica e familiar contra a mulher e de enfrentamento à violência contra crianças, adolescentes, pessoas idosas e pessoas com deficiência durante a emergência de saúde pública de importância internacional decorrente do coronavírus responsável pelo surto de 2019.

CARMO, Michelly, Eustáquia do, GUIZARDI, Francini, Lube. O conceito de vulnerabilidade e seus sentidos para as políticas públicas de saúde e assistência social. Cadernos de Saúde Pública. Rio de Janeiro, 14 p. 2018.

CORRÊA, Roberto Lobato. O Espaço Urbano. São Paulo: Editora Ática, 1989. 94 p.

COSTA, Marco Aurélio. SANTOS, et al. Vulnerabilidade social no Brasil. Conceitos, métodos e primeiros resultados para municípios e regiões metropolitanas brasileiras. Texto para discussão/ Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. – Brasília: Rio de Janeiro, 2018, 84p.

DUTRA, Rita de Cassia. Indicadores de vulnerabilidade global – proposta metodológica para estudos e mapeamentos de risco em área de encosta. Caderno: percebendo riscos, reduzindo perdas, Edição especial, p 400 – 409, 2012.

FAUSTO, Boris. História do Brasil. São Paulo: Edusp, 2013.

COMO FUNCIONAM PROGRAMAS NOS MOLDES DO “BOLSA FAMÍLIA” NAS 10 MAIORES ECONOMIAS DO MUNDO. BBC News Brasil. São Paulo, 8 de dezembro de 2018. Disponível em <https://www.bbc.com/portuguese/internacional-45897725> Acesso em 07/06/2021.

- FURTADO, Celso. Formação econômica do Brasil. Editora Fundo de Cultura, 1º ed 1959, Cia das Letras, São Paulo, 2006.
- GAMBA, Carolina e RIBEIRO, Wagner Costa. Indicador e avaliação da vulnerabilidade socioambiental no município de São Paulo. GEOUSP - Espaço e tempo, São Paulo, 31, 2012, p 19 -31.
- GODINHO, Isabel, Cavalcante. Pobreza e desigualdade social no Brasil: um desafio para as Políticas Sociais. IPEA, Anais do 1º Circuito de Debates Acadêmicos. Brasília, 10 p, 2011.
- GUARAPUAVA (2018) Lei nº 2852, de 04 de julho de 2018, dispõe sobre prioridade de vagas nos Centros Municipais de Educação Infantil - CMEIS e nas Escolas Municipais para crianças vítimas de violência doméstica, crianças filhas de mulheres vítimas de violência doméstica e crianças vítimas de violência escolar (bullying).
- GUARAPUAVA (2018) Lei nº 2885, de 14 de dezembro de 2018. Dispõe sobre a divulgação da relação de medicamentos de distribuição gratuita que compõem os estoques da Secretaria Municipal de Saúde, na página oficial do Poder Executivo Municipal de Guarapuava na internet e dá outras providências.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE Cidades, 2020. Disponível em <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em 12 de junho de 2021.
- ÍNDICE DE DESENVOLVIMENTO HUMANO 2020 REVELA COMO O PLANETA SUSTENATA OS PAÍSES MAIS RICOS. El País – Brasil. Disponível em <https://brasil.elpais.com/sociedad/2020-12-15/indice-de-desenvolvimento-humano-2020-revela-como-o-planeta-sustenta-os-paises-mais-ricos.html>. Acesso em 13 de junho de 2021.
- KRUGER, Nivaldo. Guarapuava – Fases Históricas e Ciclos Econômicos. Editora Reproset, 2010.
- LIMA, Felipe Antunes. Identificação territórios de vulnerabilidade social a partir do índice brasileiro de vulnerabilidade social (IBVS) em Presidente Prudente, São Paulo, Brasil. Simpósio nacional de geografia da Saúde, 9., 2019, Blumenau, SC; 2019, 9p.
- MALTA, Fernanda Siqueira. Vulnerabilidade socioambiental: proposta metodológica e diagnóstico para o município de Rio de Janeiro. 2018. 164 f. Tese (Tese de Doutorado em planejamento energético) Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.
- MARICATO, Ermínia. As ideias fora do lugar e o lugar fora das ideias. IN: ARANTES, VAINER, MARICATO. A cidade do pensamento único: desmanchando consensus. 3 ed. Petrópolis, RJ, editora vozes, 2002.
- MELLO, Evaldo Cabral de. Uma Nova Lusitânia. In.: MOTA, Carlos Guilherme. Viagem Incompleta: a experiência brasileira. São Paulo: Editora Senac, 1999, p. 75.
- PARANÁ (2016) Lei nº 18763 de 27 de Abril de 2016. Institui o Programa Geração Atitude, que tem por objetivo a educação para o exercício da cidadania.
- PARANÁ (2016) Lei nº 18845 de 28 de julho de 2016. Obriga prontos-socorros, hospitais, unidades de saúde e clínicas de saúde pública ou privada a afixar, em local público, cartazes esclarecedores acerca da legislação que prevê crime de omissão de socorro.
- PARANÁ (2016) Lei nº 18951 de 23 de Dezembro de 2016. Dispõe sobre a criação da Semana do Check-up juvenil na rede pública estadual de saúde.
- PARANÁ (2018) Lei nº 19762 de 17 de Dezembro de 2018. Dispõe sobre a fixação dos valores do auxílio-creche e do auxílio-saúde no âmbito do Tribunal de Contas do Estado do Paraná.

PARANÁ (2018) 19791 de 20 de Dezembro de 2018. Institui a prática do teste do bracinho nas consultas pediátricas em crianças a partir de três anos de idade, atendidas pela rede pública de saúde no âmbito do Estado do Paraná.

PARANÁ (2020) Lei nº 20133 de 20 de janeiro de 2020. Estabelece diretrizes de diagnóstico e tratamento da depressão pós-parto nas redes públicas e privadas de saúde.

PARANÁ (2020) Lei nº 20172 de 7 de Abril de 2020. Autoriza a concessão de auxílio emergencial com recursos do Fundo Estadual de Combate à Pobreza do Paraná à pessoa economicamente vulnerabilizada em decorrência da emergência de saúde pública de importância internacional causada pela infecção humana pelo Coronavírus (Covid-19).

PARANÁ (2020) Lei Nº 20191 de 15 de Maio de 2020. Estabelece diretrizes de acompanhamento psicológico nas redes públicas de Educação Básica, Ensino fundamental e médio no âmbito do Estado do Paraná, e dá outras providências.

PRATES, Daniela, M, FRITZ, Barbara, PAULA, Luiz, Fernando de. Uma avaliação das políticas desenvolvimentistas nos governos PT. CADERNOS do DESENVOLVIMENTO. Rio de Janeiro, v.12, n. 21, pp. 187-215, jul. dez. 2017.

PRATES, Talita de Oliveira Brascher e AMORIM, Raul Reis. Estudo da vulnerabilidade socioambiental em áreas suscetíveis e inundações. ENANPEGE – Geografia ciência e política, 12, Porto Alegre, 12804 – 12815, out. 2017.

ROLNIK, Raquel. O que é cidade. São Paulo: Editora Brasiliense, 1995, 203p.

SANTOS, Milton. A Natureza do Espaço. Técnica e Tempo, Razão e Emoção. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2006, 388p.

SCHWARCZ, Lilia Moritz e STARLING, Heloísa Murgel. *Brasil: uma biografia*. São Paulo: Companhia das Letras, 2015. p. 154.

SPÓSITO, Maria Encarnação Beltrão. Capitalismo e Urbanização. São Paulo: Editora Contexto, 2000. 97p.

TEMBIL, Márcia. Em busca da cidade moderna: Guarapuava... Reconstituo histórias, tecendo memórias. Guarapuava: Editora da UNICENTRO, 2007. 220p.

VASCONCELOS, Ana Cecília Feitosa. Indicadores de vulnerabilidade socioambiental: proposta de framework e aplicação na cidade de Natal – RN. 2019.127 f. Tese (Tese de Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2019.

WICHES-CHAUX, Gustavo. La vulnerabilidades global. Document do programa: ferramentas para la crisis. Oficina regional del Cauca, Popayán. Colômbia, 1986.

Responsabilidade ambiental e sustentabilidade: questões éticas em um cenário de busca pelo progresso

  10.56238/cipcaebv1-015

Amanda Cristina Machado da Silva

Acadêmicos do curso de Psicologia da Universidade Federal do Maranhão – UFMA

Erica Silva Mendes

Acadêmicos do curso de Psicologia da Universidade Federal do Maranhão – UFMA

Riquelmy Pereira Diniz

Acadêmicos do curso de Psicologia da Universidade Federal do Maranhão – UFMA

Yan Victor Silva Machado

Acadêmicos do curso de Psicologia da Universidade Federal do Maranhão – UFMA

Francisco de Jesus Silva de Sousa

Prof. Dr. Associado IV do Departamento de Psicologia – DEPSI/UFMA

RESUMO

O trabalho aqui desenvolvido, através de revisão bibliográfica, tem ênfase na sustentabilidade e as questões éticas que a norteiam. Pretende esclarecer e discorrer sobre o compromisso do ser humano através dos séculos com o avanço econômico. Intencionando responder às questões: Houve responsabilidade ambiental durante o processo de desenvolvimento? Qual o custo desse processo para a geração atual e as gerações futuras? O objetivo é destacar os pontos nos quais o homem vem falhando ao seguir extraindo recursos naturais desenfreadamente e como, a partir da ética ambiental, este pode considerar possibilidades de

reversão dos estragos causados. Este estudo tem caráter averiguatório descritivo, com abordagem qualitativa, que constata o quanto a ética foi deixada de lado durante o processo de desenvolvimento, evidenciando que, em diversas ocasiões, o meio ambiente não foi prioridade nas decisões das superpotências econômicas, o que implicou em desastrosos eventos na história da humanidade.

Palavras-chave: ética, sustentabilidade, desenvolvimento, meio ambiente.

ABSTRACT

The work developed here, through a literature review, has an emphasis on sustainability and the ethical issues that guide it. It intends to clarify and discuss the commitment of the human being through the centuries and with the economic advance. Intending to answer the questions: Was there environmental responsibility during the development process? What is the cost of this process for the current and future generations? The objective is to highlight the points in which man has been failing by continuing to extract resources unbridled and how, based on environmental ethics, he can consider possibilities of reversing the damage caused. This study has a descriptive investigative character, with a qualitative approach, which shows how much ethics was left aside during the development process, showing that, on several occasions, the environment was not a priority in the decisions of the economic superpowers, which resulted in disastrous events in human history.

Keywords: ethic, sustainability, development, environment.

1 INTRODUÇÃO

Decerto, a deterioração do meio ambiente causada pela ação humana não é um evento recente, desde a antiguidade o homem empenhou-se em encontrar novas formas de estar no mundo e se relacionar com ele, buscando beneficiar a si mesmo. Em decorrência desse processo, o homem desenvolveu práticas, tecnologias, modos de produção, etc. que, por vezes, extrapolaram os limites da natureza, causando agressões sem ao menos ponderar as consequências.

Com a percepção de que os recursos naturais eram finitos e que o homem também sofreria com as consequências do cenário de destruição criado por ele mesmo, a problemática ambiental passou a ser pauta de vários debates ocorridos em encontros, conferências e colóquios internacionais. Nesse sentido, o

principal objetivo de tais debates era discutir uma nova forma de desenvolvimento econômico que fosse compatível com o meio ambiente. (DAVID; VALE, 2018)

Nesse contexto, surge a ideia de sustentabilidade, que se refere, segundo Soares e Cruz (2013, p. 29) "[...] à construção de relações harmônicas entre meio ambiente, homem e meio social, resultando em progresso e desenvolvimento humano". A sustentabilidade sugere novas formas de vida e, principalmente, produção aliadas ao desenvolvimento e proteção ambiental, o que não significa que os recursos naturais deixariam de ser utilizados, mas seriam utilizados conscientemente pela geração contemporânea, de forma a não prejudicar as gerações futuras.

Ante o exposto, o objetivo do presente artigo é apresentar a ética como agente coadjuutor no que tange a recuperação da compreensão da relação do homem com o meio ambiente, haja vista que durante o processo de desenvolvimento, com o fortalecimento do capitalismo, o homem colocou as questões econômicas acima do que poderia ser nocivo para natureza. Assim, a partir de pesquisa bibliográfica, o trabalho visa acentuar como a ética ambiental aliada à sustentabilidade pode apontar formas mais adequadas de viver e estar no mundo, bem como demonstrar a possibilidade de se construir uma sociedade que compreenda sua responsabilidade ambiental.

Posto isso, em primeiro plano optou-se por uma exposição do pensamento sustentável, ressaltando seu surgimento e suas atuais problemáticas. Em segundo, assinalou-se as consequências da desregrada interferência humana no meio ambiente. Em terceiro, buscou-se explicar modelos de sustentabilidade, tais como o ecodesenvolvimento e o ecocapitalismo. Por fim, em quarto plano, apresentou-se a ética da sustentabilidade como fator essencial para que a ligação do homem com o meio ambiente se restabeleça, tendo em vista que a retomada dessa ligação resultaria na responsabilidade ambiental coletiva.

2 A EVOLUÇÃO DO PENSAMENTO SUSTENTÁVEL

2.1 PRINCIPAIS MARCOS NO DEBATE AMBIENTAL A NÍVEL INTERNACIONAL

Apesar da evidência que as questões ambientais possuem na atualidade, o debate acerca da promoção de um desenvolvimento sustentável só começou a ser instigado em larga escala na segunda metade do século XX, a partir da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente Humano, realizada em 1972. O evento - também conhecido como Conferência de Estocolmo - propôs um novo olhar sobre o meio ambiente, influenciado principalmente pela publicação de "Primavera silenciosa", livro de Raquel Garsons. Contudo, a discussão de medidas práticas para a sustentabilidade só é retomada a partir da década seguinte (PESSINI; SGANZERLA, 2016).

Em 1987, uma das principais definições de “desenvolvimento sustentável” foi apresentada pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento no documento *Our Common Future*:

A humanidade tem a capacidade de tornar o desenvolvimento sustentável para garantir que ele atenda às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazerem as suas próprias necessidades. O conceito de desenvolvimento sustentável implica limites - não limites absolutos, mas limitações impostas pelo estado atual da tecnologia e organização social sobre os recursos ambientais e pela capacidade da biosfera de absorver os efeitos das atividades humanas. Mas a tecnologia e a organização social podem ser gerenciadas e melhoradas para abrir caminho para uma nova era de crescimento econômico. (BRUNDTLAND; KHALID; AGNELLI; *et al*, 1987, p. 16)¹.

A perspectiva apresentada permitiu analisar as questões ambientais sob diversos enfoques, envolvendo discussões econômicas, políticas e sociais que seriam melhor aprofundadas cinco anos depois, na Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (Eco-92 ou Rio-92). No megaevento foram produzidos cinco importantes documentos e instrumentos diplomáticos: a Convenção sobre Diversidade Biológica; a Convenção sobre Mudanças Climáticas; a Declaração do Rio sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento²; a Declaração de Princípios sobre as Florestas e a Agenda 21³. Na visão do geógrafo brasileiro Carlos Walter Porto-Gonçalves (2012, p. 304 *apud* DIAS, 2017, p. 15): “Em todos os fóruns internacionais onde se debate a questão ambiental, os anos 1990 marcam uma inflexão em direção à lógica mercantil, à lógica empresarial”. Assim, as discussões desenvolvidas na Rio-92, considerando ideias de intergeracionalidade e valor global do meio ambiente, representaram um marco também no direito internacional (MODENA; BRANCHER, 2012).

A criação da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas na Eco-92 teve como consequência principal a elaboração do Protocolo de Kyoto, durante a terceira Conferência das Partes (COP-3) em 1997. O Protocolo visava a diminuição da emissão de gás carbônico na atmosfera nos anos de 2008 a 2012, o que representa um desafio no âmbito internacional, afinal “A atmosfera é indivisível e as concentrações de GEE têm um impacto planetário que ultrapassam fronteiras e transcendem interesses nacionais.” (ANDRADE; COSTA, 2008, p. 32). O documento - assinado em 1997 e aprovado em 1999 - entrou em vigor no ano de 2005, após a ratificação da Rússia. Alguns pontos relacionados ao acordo geraram críticas, dentre eles a criação dos chamados “créditos de carbono”, que seriam comprados por países que excedessem a emissão estipulada. Segundo Pessini e Sganzerla (2016, p. 5), a iniciativa “nasceu

¹ Tradução nossa. No original: “Humanity has the ability to make development sustainable to ensure that it meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs. The concept of sustainable development does imply limits - not absolute limits but limitations imposed by the present state of technology and social organization on environmental resources and by the ability of the biosphere to absorb the effects of human activities. But technology and social organization can be both managed and improved to make way for a new era of economic growth.”.

² A Declaração do Rio representa “[...] um conjunto de 27 princípios por meio dos quais deveria ser conduzida a interação dos seres humanos com o planeta” (BESKOW; MATTEI, 2012, p. 7).

³ A Agenda 21 “[...] consiste num acordo para a elaboração de estratégias de desenvolvimento sustentável, conceito que se consolidou durante o evento. A Agenda 21 tem um papel fundamental, pois passa a ser utilizada como roteiro para países, estados e cidades, de como crescer e ao mesmo tempo resolver problemas socioambientais.” (PESSINI; SGANZERLA, 2016, p. 5).

sob o signo da sustentabilidade, mas logo se tornou um vilão dos ambientalistas, porque, na prática, comprar créditos de carbono no mercado, corresponde a comprar uma permissão para emitir gases do efeito estufa.”.

No ano de 2002, ocorreu em Johannesburgo a Cúpula Mundial sobre o Desenvolvimento Sustentável, que buscou avaliar o progresso realizado nos objetivos estabelecidos na Eco-92, a partir da Agenda 21. Diante de resultados bastante insatisfatórios em relação ao proposto dez anos antes, diversos princípios foram afirmados e reafirmados durante o megaevento, onde foram abordados tópicos que excedem a discussão ambiental, como saneamento básico, fome, energia, saúde e acesso à água potável, além de questões econômicas que dificultam o cumprimento da Agenda 21 (DINIZ, 2011). Segundo Sequinel (2002, p. 3):

“[...] talvez um resultado significativo da Conferência de Joanesburgo tenha sido a certeza de que não é possível um mundo unilateral, onde as decisões são tomadas apenas em função de interesses políticos e econômicos de um grupo de países dominantes ou de megacorporações.”

O diálogo cada vez mais abrangente com relação às questões sociais é fortalecido dez anos depois com a realização da Conferência das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento Sustentável, no Rio de Janeiro. Apesar do enfoque pré-estabelecido em temas de caráter social, grande parte das discussões desenvolvidas durante a conferência se voltaram às questões de governança e Economia Verde⁴, com opiniões controversas em relação à segunda (BESKOW; MATTEI, 2012). Nesse sentido, Porto-Gonçalves (2012, p. 4) considera prudente:

[...] substituir a presumida e auto-evidente idéia de “economia verde” por “desenvolvimento de práticas sustentáveis”, caso contrário, estaríamos consagrando uma noção cheia de ambiguidades, sem nenhuma consistência científica ou filosófica, que só serviria para legitimar a abertura de mercados que, sob a lógica mercantil e num sistema de valores que se mede em termos quantitativos e, portanto, sem limites, tende a alimentar a tensão com a diversidade ecológica e cultural do planeta e da humanidade. Assim, consagrar esse termo é não só imprudente como um equívoco científico e filosófico.

Em síntese, os documentos apresentados na conferência propõem atingir sustentabilidade e erradicação da pobreza através da recuperação do desenvolvimento econômico, visão muito criticada por sua superficialidade, considerando que ignora a diversidade de causas que englobam os problemas sociais e ambientais (BESKOW; MATTEI, 2012).

Em 2015, como resultado de mudanças de paradigma e constatação do progresso ínfimo alcançado com o Protocolo de Kyoto, foi adotado o Acordo de Paris. O documento, apresentado durante a vigésima primeira Conferência das Partes (COP-21), inovou ao propor um modelo de responsabilidade que considera a capacidade de contribuição e a “culpabilidade” de cada país, contrariamente ao pensamento segregador

⁴ “A Iniciativa Economia Verde do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), lançada em 2008, concebe a Economia Verde como aquela que resulta em melhoria do bem-estar humano e da igualdade social, ao mesmo tempo em que reduz significativamente os riscos ambientais e a escassez ecológica. Ela tem três características preponderantes: é pouco intensiva em carbono, eficiente no uso de recursos naturais e socialmente inclusiva.

até então comum, que separava países em “desenvolvidos” e “subdesenvolvidos”, delegando responsabilidade majoritariamente às grandes potências mundiais (BALDUINO, 2020).

Por fim, é importante destacar que muitos outros eventos, documentos e publicações compõem a trajetória histórica de construção do “pensamento sustentável” que observamos atualmente em diversas perspectivas teóricas e práticas. Contudo, os marcos até aqui apresentados atendem suficientemente aos propósitos do artigo, considerando que oferecem ao leitor uma visão geral de motivações e controvérsias que rodearam e ainda rodeiam as discussões ambientais a nível internacional.

2.2 O PENSAMENTO SUSTENTÁVEL NA AMÉRICA LATINA

A Conferência das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento e Meio Ambiente Humano, realizada em Estocolmo, teve impacto de larga escala, colaborando para a construção do que hoje conhecemos como Direito Ambiental Internacional. Porém, a influência das novas perspectivas levantadas durante o evento foi notada, também, em menor escala, dentro da legislação de diversos países. Antes de 1972, os países da América Latina apresentavam pouco ou nenhum conteúdo relacionado à preservação do meio ambiente em suas respectivas constituições. Tendo em vista a criação dos documentos durante a década de 1970, alguns países como Cuba e Peru já abordavam questões ambientais nas versões originais de suas constituições. A maioria dos países, entretanto, passou a apresentar o assunto a partir da década de 1990, seja com a criação de novas constituições ou reforma das já existentes (RIBEIRO; SILVA, 2019).

Apesar da importância da Conferência de Estocolmo, é possível notar a existência de “pensamentos sustentáveis” na América Latina bem antes, com a influência de cosmologias não antropocêntricas derivadas das sociedades ameríndias. As perspectivas dos povos nativos foram “sufocadas” pela visão do colonizador europeu que, segundo Mignolo, modificou o conceito de natureza ao longo de sua própria história:

A “natureza” – amplamente concebida – se transformou em “recursos naturais”, enquanto a “natureza” – como substantivo concreto que nomeia o mundo físico e não humano – se tornou no Novo Mundo a base para o cultivo de açúcar, tabaco, algodão etc. Em outras palavras, o conceito passou a se referir à fonte dos recursos naturais (o carvão, o óleo, o gás) que abasteciam as máquinas da Revolução Industrial. Ou seja, a “natureza” se tornou repositório para a materialidade objetivada, neutralizada e basicamente inerte que existia para a realização das metas econômicas dos “mestres” dos materiais (2017, p. 7).

A Conferência de Estocolmo, entretanto, abriu espaço para uma reformulação do que se considerava até então a respeito do meio ambiente, permitindo assim o resgate de influências do pensamento ameríndio que por tanto tempo foram deixadas de lado. Considerando as dificuldades observadas no cumprimento de medidas de promoção do desenvolvimento sustentável, como a Agenda 21, é compreensível a busca por alternativas. Nesse sentido, destaca-se a perspectiva compartilhada por diversos povos ameríndios, em que “[...] a natureza ganha função integradora, intercultural, condutora e fluída da própria vida, restabelecida como agente planetário de sustentabilidade entre os demais seres, de maneira que o desenvolvimento não

se traduza em números ou monetarização[...]”(ALENCAR BOLWERK; HAIZENREDER ERTZOGUE, 2021, p. 53). No entanto, alterar os modelos de produção e desenvolvimentos vigentes não é fácil e, para Wolkmer (2014, p. 69), é preciso

[...] lutar para implementar uma outra sustentabilidade erradicada de um desenvolvimento convencional entendido classicamente como expressão de progresso econômico, de obtenção selvagem dos recursos naturais voltado para alimentar o comércio mundial e das ilusões do desenfreado consumo.

Considerando o exposto, é possível perceber a existência de um viés de sustentabilidade na cultura latino-americana - mesmo de forma suprimida - mesmo antes do “despertar” global ocorrido a partir de 1972, o que leva à reflexão sobre a necessidade de desconstruir e reconstruir paradigmas até então vigentes, para então alcançarmos o tão visado “desenvolvimento sustentável”.

3 CONSEQUÊNCIAS SOCIOAMBIENTAIS DA AÇÃO HUMANA

Desde os primórdios de sua existência, o homem se relaciona com a natureza de modo a usufruir de seus recursos para a manutenção da espécie. Em busca de melhor qualidade de vida, o homem deixou de ser nômade e passou a fazer instalações, sobretudo em regiões ribeirinhas. Contudo, ao passo em que o homem se instala, já manifestam-se pequenas interferências no meio ambiente, a exemplo do uso dos rios, que ao mesmo tempo que eram utilizados para atividades básicas, também serviam como local de descarte, um hábito que, com o passar do tempo, resultou no acúmulo residual, um problema que acentuou-se durante o período de modernização e ainda se faz presente nos dias atuais. Destarte, o processo de desenvolvimento humano gerou numerosos efeitos no meio ambiente, em alguns casos, tais efeitos se traduzem em danos grandiosos ou mesmo irreversíveis.

É evidente que a espécie humana não sobreviveria se não extraísse da natureza os recursos necessários para a manutenção da sua existência. Não obstante, o exercício desregrado do poder do homem sobre a natureza, de maneira a anunciar o desequilíbrio oriundo essencialmente da percepção errônea de que estamos à parte dela, bem como a presunção desta como propriedade de uso e domínio total é o que caracteriza um estado de crise ambiental. (SOUZA, 2020).

A crise ambiental ameaça não somente questões relacionadas à biodiversidade, mas também a vida humana. Segundo Souza (2020, p. 77), “[...] o entendimento de natureza foi construído e desconstruído, considerando a degradação e poluição ambiental, simultaneamente os homens subjugarão os saberes que foram edificados no processo de evolução cultural, territorial e dos modos de vida.” Em consequência disso, o homem agora precisa lidar com as consequências, tendo em vista que os efeitos dessa subjugação são danosos à própria saúde humana, indo do consumo de água contaminada a desastres naturais de grandes proporções.

O contato com água contaminada é mais comum do que se imagina, as grandes indústrias como as têxteis, por exemplo, não são responsabilizadas por microplásticos ou resíduos de corante que têm os rios

como destino final e põem em risco a qualidade da água, a saúde dos animais e dos humanos. Os desastres ambientais, por serem alarmantes, instigam a indignação e a reflexão social acerca da crise ambiental no que tange tanto a necessidade de as grandes empresas adotarem uma postura mais sustentável quanto a necessidade de transformações das ideias e valores que permeiam o imaginário social, estimulando questionamentos sobre a ética ambiental adotada na modernidade e seu desdobramento em tempos contemporâneos.

Nesse segmento, dois grandes desastres ambientais ocorridos recentemente no Brasil podem ser destacados como um dos efeitos catastróficos da desmedida interferência humana: a ruptura de duas barragens no estado de Minas Gerais – Mariana, em 2015 e Brumadinho, em 2019. Ambos os infortúnios vitimaram fatalmente centenas de pessoas que habitavam e trabalhavam no local, e as consequências desses desastres não se limitam apenas às perdas materiais e afetivas, incluem também esfacelos múltiplos ao meio ambiente.

De acordo com Lopes (2016), as consequências sociais e ambientais do infeliz ocorrido em Mariana precisam de anos de estudos para serem plenamente apuradas, devido a grande amplitude e complexidade dos danos. A biodiversidade aquática e a qualidade das águas da bacia hidrográfica do Rio Doce sofreram grandes impactos, em alguns casos, as perdas serão irreversíveis, tendo em vista a possível extinção de espécies únicas das áreas devastadas pela lama. É possível constatar também o extermínio de anfíbios, mamíferos e outros animais de pequeno porte que tinham como habitat as margens dos rios tomados por lama e rejeitos de minério. O alto nível de sedimentos nas águas foi responsável pelo fechamento das brânquias dos peixes, os levando a morte por asfixia. Os sedimentos em excesso também tornaram as águas impróprias para o consumo humano e para a agropecuária, dessa forma, as pequenas cidades que dependiam do Rio Doce tiveram que interromper a sua captação e buscar outros meios para sobreviver (LOPES, 2016).

Conforme Souza,

Não se trata de agredir um ou outro bioma, de poluir um rio, ou lançar substâncias químicas na camada de ozônio, desmatar parte de uma floresta e imaginar que os efeitos dessas ações serão locais. Na maioria das vezes, em que acidentes ambientais aconteceram, os danos fugiram do controle humano ganhando dimensões e atingindo prejudicialmente muito mais do que se “calculou” (2020, p. 80).

Para além dos desastres, é preciso considerar os problemas gerados pela poluição e degradação ambiental. Souza (2020) salienta que altos índices de extinção animal ainda têm sido registrados, ademais, o aumento nas temperaturas globais se mantém e os índices de deterioração ambiental continuam progressivos. Ela ainda reitera que:

Os efeitos negativos da ação humana condizem com o entendimento que “[...] a natureza continua a existir e que o problema não é a sua falta, mas o facto de ter feito como se ela não existisse, como se só existissem máquinas.” Enquanto a percepção de natureza estiver externalizada aos seres humanos, sendo compreendida como fonte de recursos e depósito de dejetos, os problemas ligados ao meio ambiente continuarão a existir e se tornarão cada vez maiores enquanto isso os progressos técnicos e científicos se perpetuam e efetivam. (SOUZA, 2020, p. 79).

Nessa lógica, é oportuno ressaltar que a crise ambiental é produto dos processos de modernização e dos riscos inerentes a eles.

3.1 SUPERPRODUÇÃO E AUSÊNCIA DE SUSTENTABILIDADE NA INDÚSTRIA

O capitalismo é um sistema político-econômico que surgiu entre final do século XVIII e o início do XIX, com a decadência do sistema vigente na época: o feudalismo. Impulsionado pela Revolução Industrial, que ocorreu a princípio na França, Inglaterra e Alemanha, esse novo modelo ganhou popularidade e se espalhou por diversos países (FREITAS, *s.d*).

Sua grande aceitação se deve ao fato de estar diretamente conectado ao comércio e ao consumo, visto que o sistema em questão visa sobretudo o lucro. Por conseguinte, o sistema capitalista é potencialmente um grande gerador de riquezas, mesmo que de forma desigual, isto pois, apenas uma pequena parcela populacional é detentora da maior parte das riquezas. No Brasil, por exemplo, o relatório sobre a distribuição de renda da população publicado em 2016 pelo Ministério da Fazenda mostrou que o 0,1% mais rico da população brasileira concentra 44,3% do rendimento bruto do 1% mais rico. Ou seja, apenas um décimo do grupo de 1% da população mais rica concentra mais da metade da renda desse grupo (BAHIA BOCK, 2016).

Todavia, ainda que o capitalismo tenha contribuído em questões econômicas, tecnológicas e de bem-estar, tal sistema dispõe de variados aspectos negativos que impactam não somente o meio ambiente, mas também a sociedade. Desse modo, a obsolescência programada e as indústrias não sustentáveis destacam-se como problemas eminentes suscitados por esse sistema.

3.1.1 Obsolescência programada

A obsolescência programada acontece quando um produto se torna inutilizável em um curto período de tempo, de forma proposital, ou seja, as empresas lançam produtos que rapidamente serão descartados fazendo com que o consumidor compre-os novamente. Essa estratégia é responsável por grande parte do aumento do consumo e da geração de lixo. Nesse sentido, pode-se afirmar que:

O consumismo desenfreado já traz problemas sérios de ordem social e ambiental. Países de primeiro mundo enviam seu lixo eletrônico, conhecido como e-waste, para países subdesenvolvidos. Gana é o principal país que recebe esse entulho, criando um mercado clandestino de venda desses produtos para africanos, além de trazer poluição e doenças para os ganeses. São altos os índices de câncer entre crianças e contaminação por chumbo entre trabalhadores que lidam diretamente com a queima do e-waste. (ROCK CONTENT, 2019).

Esse fenômeno está diretamente associado ao processo de globalização, porém, a sua ascensão pode ter relação com a Grande Depressão de 1929. Durante a enorme crise econômica que marcou esse período, frente a um mercado consumidor fraco, analisou-se que haviam muitos produtos industrializados estocados que não eram comercializados, o que dificultava a geração de lucro das empresas, aumentando o número

de desempregados e, por consequência, potencializando a crise. Logo, observou-se que os produtos mais duráveis desfavorecem a economia, tendo em vista que, diante desse cenário, o consumo foi reduzido.

O documentário *A Conspiração da Lâmpada* (2010) mostra que as primeiras vítimas da obsolescência programada foram as lâmpadas elétricas. Em 1920, um cartel que fabricava luzes decidiu que elas não deveriam durar mais de mil horas, na época a maioria durava 2,5 mil horas. Outros dois casos retratados no documentário são sobre impressoras de tinta que teriam o sistema desenvolvido para travar o equipamento quando um determinado número de páginas fosse impresso, sem a possibilidade de conserto. O outro caso trata do primeiro *iPod* da *Apple*, o qual a bateria foi feita para durar pouco, também sem a possibilidade de ser substituída.

Felizmente, os movimentos contra essa prática têm ganhado força, o consenso entre especialistas e o mercado consumidor, é estabelecer campanhas sobre a conscientização e os malefícios do consumo desenfreado, e visar o combate à obsolescência programada cobrando posicionamentos por parte dos fabricantes. Isso porque a obsolescência programada traz sérios danos ao meio ambiente, pois quanto maior for o consumo maior será a geração de lixo, já que na maioria dos casos o lixo é descartado de forma irregular, agredindo ainda mais o meio ambiente. Sendo assim, combater a obsolescência programada é muito mais do que apenas cobrar consciência com relação ao meio ambiente. Um modo de vida sustentável exige mudanças de hábitos não só das pessoas de todas as classes sociais, mas também das grandes indústrias e corporações.

3.1.2 Agronegócio e agroindústria

O agronegócio é entendido como um processo na produção agropecuária intensiva, no qual são utilizados diversos tipos de tecnologia e biotecnologia para alcançar altos níveis de produtividade. É importante lembrar que para isso é necessário que uma empresa ou alguém forneça esses elementos. Sendo assim, vários setores da economia compactuam com o agronegócio, como: lojas veterinárias e laboratórios que fornecem vacinas e rações para a pecuária de corte e leiteira; indústria de tratores e peças; bancos que fornecem créditos; e as indústrias de insumos agrícolas (fertilizantes, herbicidas, inseticidas, sementes selecionadas para o plantio, etc.). Junto a isso, são acrescentados novos integrantes do agronegócio que são as indústrias responsáveis pelo processamento da matéria-prima vinda da agropecuária.

A agroindústria -que corresponde à fusão entre agropecuária e indústria- transforma os produtos primários da agropecuária em subprodutos que poderão ser inseridos na produção de alimentos, como: indústria de enlatados, laticínios, frigorífico, etc. Sendo essa uma relação de dependência, uma vez que são necessários insumos agrícolas, embalagens, máquinas e implementos, para que a produção seja concretizada. Em suma, o agronegócio tem um grande lugar de destaque na economia mundial, principalmente nos países subdesenvolvidos ou em desenvolvimento.

Em contrapartida, a superexploração do ambiente causa diversos impactos ambientais que precisam ser contidos por meio do desenvolvimento sustentável. De acordo com Vezzali (2006), os números do

aumento do agronegócio são animadores em uma perspectiva meramente econômica, porém, em uma perspectiva ambiental, gera enorme preocupação. Visto que, na busca pelo desenvolvimento e dinheiro imediato, muitas empresas acabam desrespeitando o meio ambiente sem se importar com as consequências dessa exploração, que causa muitos problemas na esfera agrária. O desmatamento é uma das primeiras consequências da atividade agropecuária no Brasil e no mundo. Grande parte da vegetação nativa do litoral brasileiro foi desmatada para áreas de cultivo e pastagens. Em virtude disso, o Cerrado e a Mata Atlântica já foram inseridos na lista de biomas com grande biodiversidade que correm risco de extinção, e até previsões do desaparecimento do Pantanal e da Amazônia nos próximos anos, caso nada seja feito.

Os crimes ambientais não se reduzem a ameaças contra a preservação de florestas, rios ou animais. Estão frequentemente acompanhados de atos de violência contra moradores, sindicalistas, trabalhadores rurais, indígenas, ou ativistas. Para aqueles que tentam resistir à ofensiva dos tratores e serras-elétricas, as ações do Estado parecem chegar tarde demais (VEZZALI, 2006)

Com o desmatamento, haverá a extinção de muitas espécies da flora e da fauna. O solo também acaba sendo agredido, e se torna improdutivo ao longo do tempo, trazendo não só problemas ambientais, mas também problemas econômicos para aqueles que necessitam desse tipo de atividade. As técnicas de cultivo inadequadas e usos intensivos de máquinas ocasionam o esgotamento de nutrientes, erosão, desertificação, etc. Portanto, medidas devem ser tomadas para resolver os empasses.

Nos últimos anos, percebe-se uma forte preocupação relacionada aos problemas ambientais, como: produção, distribuição, consumo e descarte de produtos. Essas preocupações são advindas tanto do rigor das regulamentações ambientais, quanto das pressões da sociedade civil organizada, dos movimentos ambientalistas mais específicos e organizados. Faz-se necessário compreender como o setor da produção agrícola adaptou-se ou está se adaptando às exigências do mercado nas estratégias de gestão, uma vez que o agronegócio não depende de matérias de laboratório, mas sim necessita das plantas e dos animais (FREITAS, 2009).

Para o assessor jurídico da Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA), Rodrigo Kaufmann (2021), "há um casamento entre o meio ambiente e o desenvolvimento da agricultura, estamos em um processo de desenvolvimento do sistema produtivo e incentivamos, através de campanhas, os produtores rurais aproveitar os 'green bonds', títulos que comprovam o uso de práticas sustentáveis". Segundo Kaufmann, 66,7% do território brasileiro é protegido legalmente, incluindo também as áreas indígenas. E ainda acrescenta que, "[...] não existe agricultura sem pensar no país, no meio ambiente, e na responsabilidade que a categoria carrega[...]" (2021) Ademais, reforça que a CNC tem diversos projetos de proteção ambiental.

Em contraposição à narrativa supracitada, foi publicado o estudo "Agro não é tech, o Agro não é pop e muito menos tudo", da Associação Brasileira de Reforma Agrária (ABRA) em parceria com a Fundação Friedrich Ebert Stiftung Brasil. Na qual, de acordo com Moncal (2021):

[...] uma economia pautada em produzir matérias-primas e importar produtos industrializados. E embora seja um dado mundial, o Brasil aparece como um dos cinco países que sofre o maior processo de desindustrialização. Isso nos aponta a uma interpretação, que é a inserção subalterna do Brasil no mercado mundial.

Percebe-se que, o agronegócio não só não traz alimentos para a população brasileira, como também aumenta a desigualdade, que faz com que atualmente 55% da população não tenha certeza se terá alimento o suficiente no dia seguinte.

4 MODELOS DE SUSTENTABILIDADE

Considerando as necessidades das gerações atuais e futuras, diversos modelos de sustentabilidade, ou desenvolvimento sustentável, foram elaborados ao longo das últimas décadas, visando a conservação dos recursos naturais a longo prazo. Nesse sentido, a ética ambiental tem o propósito de formar uma consciência coletiva no que se refere à relação entre homem e natureza, intencionando limitar condutas potencialmente agressivas ao meio ambiente.

Atualmente, de forma geral, a ideia de sustentabilidade divide-se em três dimensões: econômica, ambiental e social. Tais dimensões precisam estar harmonicamente integradas para que se garanta a plenitude da sociedade e do planeta durante o processo de desenvolvimento econômico-industrial. Nessa visão, conceitos como ecodesenvolvimento e ecocapitalismo foram criados como meios de se alcançar o equilíbrio que o pensamento sustentável tanto ambiciona.

4.1 ECODESENVOLVIMENTO

O termo “ecodesenvolvimento” foi criado em 1970, sendo fruto dos posicionamentos da época, principalmente após a primeira Conferência das Nações Unidas (ONU) sobre o meio ambiente, realizada em Estocolmo. Sendo assim, tal modelo sustentável surgiu com o propósito de favorecer o desenvolvimento paralelamente à demanda de preservação dos recursos naturais e do meio ambiente, portanto, trata-se de um projeto de civilização.

Na definição dada por Sachs, para um país ou região o ecodesenvolvimento significa o “desenvolvimento endógeno e dependente de suas próprias forças, tendo por objetivo responder à sua problemática da harmonização dos objetivos sociais e econômicos do desenvolvimento com uma gestão ecologicamente prudente dos recursos e dos meios”.

Sachs (1986), desenvolveu o que ele chama de as cinco dimensões de sustentabilidade do ecodesenvolvimento. Sendo elas: Sustentabilidade Social, que visa a criação de postos de trabalho que permitam renda individual adequada à melhor condição de vida e a melhor qualificação profissional; Sustentabilidade Econômica, que consiste no fluxo permanente de investimento público e privado (esses últimos com especial destaque ao cooperativismo), manejo eficiente dos recursos, etc. Sustentabilidade Ecológica, responsável por produzir respeitando os ciclos ecológicos dos ecossistemas, prudência no uso de recursos não renováveis, prioridade na produção de biomassa e a industrialização de insumos naturais

renováveis, etc. Sustentabilidade Espacial ou Geográfica, que é a descentralização do espaço (de atividade, de população), a relação cidade-campo equilibrada e etc. Sustentabilidade Cultural, ou seja, as soluções adaptadas a cada ecossistema e o respeito à formação cultural comunitária. Portanto, não se trata de interromper o progresso e os avanços tecnológicos, mas de alertar e propiciar uma visão crítica de que certos fenômenos podem ser extremamente fatais para o futuro da humanidade.

4.2 ECOCAPITALISMO

O ecocapitalismo, baseado principalmente em reduzir os impactos ambientais, encoraja a exploração dos recursos naturais com a tecnologia, de modo a preservá-la também. Ou seja, é a lógica capitalista que visa a preservação do meio ambiente. No entanto, o ecocapitalismo sofre inúmeras críticas. Para muitos teóricos, o ecocapitalismo é apenas outra roupagem do capitalismo. As práticas ecocapitalistas erram em tentar fazer uma transição para o desenvolvimento sustentável, logo, é apenas uma “fachada” para continuar com a exploração dos recursos naturais. Conforme afirmado:

O discurso de valorização do papel do consumidor individual contrasta com a força das grandes corporações e seu controle sobre o mercado, expressos na produção de estilos de vida, na criação de apetites e de padrões de comportamento, pretensamente inovadores, mas reafirmadores da irracionalidade no uso dos recursos naturais e da subalternidade do conjunto da sociedade face à hipertrofia do mercado (SILVA; ARAÚJO; SANTOS, 2012, p.98).

Os principais motivos são: o ecocapitalismo não propõe limite ao crescimento econômico e mantém as mesmas bases do capitalismo, sendo assim, não é sustentável a longo prazo; trata-se apenas do fomento de um novo nicho de mercado, em que a natureza seria uma mercadoria. De acordo com Diaz (2009):

O processo produtivo está na raiz da crise ambiental. É esse processo que determina o uso mais ou menos intenso de certo recurso natural (problema da depredação e extinção), a quantidade maior ou menor de detritos após o processo produtivo (problema do excedente de população, da pobreza). O processo produtivo, dessa forma, é um fator-chave para o entendimento da crise ambiental.

Portanto, a conclusão das diversas críticas é que o capitalismo sustentável não existe. Há quem defenda que para preservar o meio ambiente, é necessária uma ruptura total com a lógica produtivista.

5 A ÉTICA DA SUSTENTABILIDADE E A RESPONSABILIDADE AMBIENTAL

Por certo, vivemos em um contexto no qual as questões ambientais estão sendo cada vez mais discutidas. Desse modo, é primordial pensar sobre as implicações éticas que embasam tais discussões e os principais conceitos que fazem o ser humano refletir diariamente sobre suas ações e quais suas implicações.

Quando nos referimos a ética, é de extrema importância destacar sua distinção daquilo que conhecemos como moral. Por essa perspectiva, podemos resgatar a moral como algo que é tido como um costume, algo que existe por praxes; por outro lado, a ética seria a reflexão, o pensar sobre a moral. Logo, as práticas éticas residem na relação com a verdade, visto que essa busca o bem, por definição (OLIVEIRA; ARCHER, 2015).

Hodiernamente, ao cogitar a responsabilidade ambiental, deve-se considerar uma valoração ética, tendo em vista a necessidade de avaliação de questões referentes à intergeracionalidade. Notoriamente, vivemos as últimas décadas sob as garras de um sistema de produção que não apresentou perspectivas que levassem em consideração os efeitos de sua funcionalidade a longo prazo. Assim sendo, é oportuno destacar que a solidariedade entre gerações foi totalmente abandonada na busca por soberania econômica.

Com base nisso, observa-se de forma lúdica, como alguns escritores de ficção científica já previam coisas assim: Isaac Asimov, em “Eu Robô”, traz em um de seus contos a criação de máquinas que seriam totalmente responsáveis pelas produções e aos humanos cabia somente assessorá-las. Todavia, em determinado momento, todas elas param de funcionar. Diante dessa situação, uma especialista em psicologia robótica é chamada e, ao entrar em contato com os responsáveis por cada máquina central, ela recorre ao princípio da robótica de que nenhuma máquina seria capaz de ferir humanos. Contudo, diante das máquinas defeituosas, ela chega à conclusão de que, caso houvesse continuidade no trabalho, a espécie humana estaria ameaçada, porém, os líderes queriam que as máquinas continuassem trabalhando, ainda que danos fossem causados.

Certamente, muitas vezes, a vida imita a arte - ditado comumente usado. Se analisarmos todas as conferências ambientais já realizadas, torna-se evidente que os dados e posicionamentos cientificamente embasados apresentados nesses encontros já eram suficientes para guiar decisões conscientes que amenizassem os estragos ambientais, contudo, nada foi feito, pois grandes líderes estatais temiam perder seu poderio econômico. Desse modo, se questionarmos se houve preocupação com a intergeracionalidade, a resposta claramente seria negativa. A preocupação com as gerações futuras acabou por se tornar algo vazio frente à possibilidade de gerar cada vez mais lucros, aumentar os níveis de produção e acumular capital.

Dessa forma, “talvez não seja tão ético desejar-se o mesmo nível de bem-estar aos nossos descendentes, tampouco desejar que tenham nível de consumo superior.” (CAVALCANTI; MATA, 2002, p. 185). Afinal, se começarmos a apresentar aos nossos descendentes a responsabilidade ética para com a futura geração, de modo que as propagandas que lideram o consumo e às práticas de sedução do marketing não se tornem um caminho para que eles vivam com uma economia pautada em uma produção exorbitante, esses possam viver sobre outros níveis de exploração. Em suma, a ética também é uma forma de educar e moldar a personalidade que pode ser trabalhada e exercida dentro de diversos contextos.

6 CONCLUSÃO

Como já mencionado, a preocupação com os efeitos da interferência humana na natureza tem crescido nas últimas décadas, isto pois, tais efeitos tornam-se evidentes na medida em que as consequências dessa interferência se encontram para além do controle humano. Em consideração a isso, há a necessidade de construção de uma nova forma de se pensar a natureza e suas demandas, tendo em vista que o fato de o

homem se omitir de sua responsabilidade com o meio ambiente por muito tempo tem gerado impactos com os quais a humanidade não está preparada para lidar.

A ética, indubitavelmente, trabalha a busca pelo bem comum, que como antes mencionado reside na busca pela verdade. Porém, frente a todo o bem-estar alcançado com os avanços tecnológicos, o ser humano acaba abandonando a sua posição de ser integrante do meio ambiente e assumindo uma postura de soberania, de superioridade sobre esse (OLIVEIRA; ARCHER, 2015). Seguidamente a isso, mesmo com todos os estudos na tentativa de diminuir esses impactos, o homem ainda caminha no sentido de separar e preservar isoladamente aquilo que é da natureza, nunca pensando nos elementos como algo integrado entre si e a si mesmo. É nesse sentido que Oliveira e Archer falam que

No presente, a humanidade enfrenta a dupla dificuldade de, por um lado, sustentar o seu modo de vida e a economia em sistemas energéticos fortemente dependentes dos combustíveis fósseis, i.e. em recursos naturais, preciosos e, cada vez menos disponíveis; e, por outro lado, contribuir para a degradação do meio ambiente, nomeadamente da atmosfera, sem a qual a vida, tal como a conhecemos, não é possível (2015, p. 192).

Dessa forma, percebe-se que a solidariedade entre as gerações ainda permanece sendo uma utopia, que não ganhou forte apoio para ser alcançada. É nesse sentido que elas também falam que:

O verdadeiro desenvolvimento sustentável é o que conduz à plenitude do desenvolvimento humano tomando como ponto de partida o ser humano enquanto espécie dotada de razão e inteligência, extremamente capacitada, mas pertencente à natureza em que se inclui como parte integrante, e não como detentora, dominadora e, conseqüentemente, destruidora do meio natural. É, pois, necessária uma reflexão ética neste domínio (2015, p. 187-188).

A partir daí, faz-se notar a violência que reside no descaso com a responsabilidade social. Por isso, como supracitado:

A ética é, pois, a arte de construir a vida de cada um. Não se vive isolado, o ser humano é um “animal social”, conforme classificou Aristóteles, é com as boas ações que se constrói a sociedade e com as más ações que se destrói. A ética será, porventura, o mais útil dos conhecimentos humanos: aquele que permite que as pessoas vivam em sociedade, evitando o caos e a violência (2015, p. 189).

Sendo assim, pensar em uma ética da sustentabilidade é pensar essa ligação do ser humano com o ambiente, como partes integradas entre si e não em uma relação de dominação. E a partir disso, perceber que enquanto isso não for possível não haverá uma real preocupação com a intergeracionalidade. A construção coletiva de uma ética ambiental pode incitar o sentimento de pertencimento à natureza e, por conseguinte, despertar a consciência de que as ações humanas têm efeitos em escala mundial.

Nesse sentido, uma real tomada de consciência referente à responsabilidade ambiental que mobilizasse não apenas pequenos grupos, mas a população mundial, incluindo impreterivelmente os detentores das grandes e pequenas indústrias, concretizaria um importante passo para o equilíbrio ambiental, tal conscientização precisaria ser equivalente aos danos causados, dessa forma, as ações que degradam o meio ambiente de forma imediata ou progressiva seriam repensadas e possivelmente evitadas.

REFERÊNCIAS

A CONSPIRAÇÃO da lâmpada. Direção: Cosima Dannoritzer. Produção de Davina Breillet. Espanha, 2010. YouTube (1h 15m).

ALENCAR BOLWERK, D.; HAIZENREDER ERTZOGUE, M. Perspectivismo ameríndio como modelo de desenvolvimento e sustentabilidade: giro descolonizador sobre a natureza. **Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade**, v. 10, n. 20, p. 46-58, 4 jun. 2021.

ANDRADE, J. C. S.; COSTA, P. Mudança climática, protocolo de Kyoto e mercado de créditos de carbono: desafios à governança ambiental global. **Organizações & Sociedade** [online]. 2008, v. 15, n. 45, pp. 29-45. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/osoc/a/gD3Zk99h3txdzXZrRmZdcgL/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 27 fev. 2022.

ASIMOV, I. **Eu, robô**. Tradução: Aline Storto Pereira. São Paulo: Ed. Aleph, 2014. ISBN: 9788576572008. 320 p.

BAHIA BOCK, A. M. PSICOLOGIA E DESIGUALDADE SOCIAL. **Revista Psicologia, Diversidade e Saúde**, [S. l.], v. 5, n. 2, 2016. DOI: 10.17267/2317-3394 rpds.v5i2.1112. Disponível em: <https://www5.bahiana.edu.br/index.php/psicologia/article/view/>. Acesso em: 4 mar. 2022.

BALDUINO, M. C. DE J. M. O Acordo de Paris e a mudança paradigmática de aplicação do princípio da responsabilidade comum, porém diferenciada. **Revista Digital Constituição e Garantia de Direitos**, v. 13, n. 1, p. 172-188, 4 ago. 2020.

BESKOW, E.; MATTEI, L. Notas Sobre a Trajetória da Questão Ambiental e Principais Temas em Debate na Conferência Rio + 20. **Revista NECAT** - v. 1, n. 2, p. 4-12, Jul/Dez. 2012. ISSN 2317-8523.

BRUNDTLAND, G. H.; KHALID, M; AGNELLI, S; *et al.* **Our Common Future: The World Commission on Environment and Development**. Oxford: Oxford University Press, 1987.

DAVID, A. P. S.; VALE, A. L. S. O Surgimento do desenvolvimento sustentável e da sustentabilidade. In: **A contemporaneidade dos direitos civis, difusos e coletivos**. [livro eletrônico] / Marlene dos Santos Vilhena; Andreza Sibelle H. Souza. Rio de Janeiro: Jurismestre, 2018.

DIAS, E. S. Os (des)Encontros Internacionais sobre meio ambiente: da conferência de Estocolmo à Rio + 20- expectativas e contradições. **Caderno Prudentino de Geografia**, Presidente Prudente, v. 1, n. 39, p. 6-33. jan./jun. 2017.

DIAS, G. V.; TOSTES, J. G. R. Desenvolvimento sustentável: do ecodesenvolvimento ao capitalismo verde. **Academia**, p. 2-21, 2009. Disponível em: https://www.academia.edu/33437974/Desenvolvimento_sustent%C3%A1vel_do_ecodesenvolvimento_ao_capitalismo_verde. Acesso em: 28 fev. 2022.

DINIZ, E. M. Os resultados da Rio +10. **Revista do Departamento de Geografia**, [S. l.], v. 15, p. 31-35, 2011. DOI: 10.7154/RDG.2002.0015.0003. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/47294>. Acesso em: 27 fev. 2022.

FREITAS, E. Os problemas derivados do capitalismo. **Mundo Educação**. [s.d.] Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/os-problemas-derivados-capitalismo.htm>. Acesso em: 4 mar. 2022.

FREITAS, T. D. **Racionalidade empresarial na gestão do agronegócio**: a sustentabilidade na produção. *Acta Académica*, p. 7, 2009. Disponível em: <https://cdsa.academica.org/000-062/1068>. Acesso em: 29 fev. 2022.

PORTO-GONÇALVES, C. W. Sustentando a insustentabilidade: Comentários à Minuta Zero do documento base de negociação da Rio+20. *EcoDebate*, 2012. Disponível em: https://www.biodiversidadla.org/Documentos/Sustentando_a_insustentabilidade.Comentarios_a_Minuta_Zero_do_documento_base_de_negociacao_da_Rio_20. Acesso em: 27 fev. 2022.

LOPES, L. M. N. O rompimento da barragem de Mariana e seus impactos socioambientais. **Sinapse Múltipla**, v. 5, n. 1, p. 1, 14 jul. 2016.

MATA, H. T. C.; CAVALCANTI, J. E. A. **A Ética Ambiental e o Desenvolvimento Sustentável**. *Brazilian Journal of Political Economy* [online]. 2002, v. 22, n. 1, p. 176-191. jan/mar. 2002. Epub 23 Set 2020. ISSN 1809-4538. DOI: <https://doi.org/10.1590/0101-31572002-1255> . Acesso em: 01 mar. 2022.

MEIO ambiente e agronegócio andam juntos, afirmam especialistas. **Canal Rural**, 2021. Disponível em: <https://www.google.com/amp/s/www.canalrural.com.br/noticias/meio-ambiente-e-agro/amp/>. Acesso em: 29 fev. 2022.

MIGNOLO, W. D. Colonialidade: o lado mais escuro da modernidade. **Revista Brasileira de Ciências Sociais**, São Paulo, v. 32, n. 94, p. 1-18, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.17666/329402/2017>.

MODENA, C. A.; BRANCHER, D. S. A formação do Direito Ambiental a partir das Conferências de Estocolmo e do Rio de Janeiro. **Revista da Faculdade de Direito da UFG**, [S. l.], v. 36, n. 01, p. 143–160, 2012. DOI: 10.5216/rfd.v36i01.16408. Disponível em: <https://www.revistas.ufg.br/revfd/article/view/16408>. Acesso em: 27 fev. 2022.

MONCAL, G. "Agro não é pop": estudo aponta que a fome é resultado do agronegócio. **Brasil de Fato**, 2021. Disponível em: <https://www.google.com/amp/s/contraosagrotoxicos.org/o-agro-nao-e-pop-estudo-aponta-que-a-fome-e-resultado-do-agronegocio/amp/>. Acesso em: 29 fev. 2022. nov./dez. 2002. ISSN 0102-0374.

ROCK CONTECT. **Rock Conctect**, c2019. Disponível em: <https://rockcontent.com/br/blog/obsolescencia-programada/>. Acesso em: 02 mar. 2021.

OLIVEIRA, G. M.; ARCHER, A. B. (2015). **Ambiente e desenvolvimento sustentável**: educação para ética e cidadania. *Sensos* (ISSN: 2182-5127), Volume V, n. 2 (Tema: Educação, Bem-estar e Ambiente), p. 185-200.

PESSINI, L.; SGANZERLA, A. Evolução histórica e política das principais conferências mundiais da ONU sobre clima e meio ambiente. **Revista Ibero-Americana de Bioética**, n. 1 p. 1-14, 19 de maio de 2016.

RIBEIRO, L. G. G.; SILVA, L. E. G. A Conferência de Estocolmo de 1972 e sua influência nas constituições latino-americanas. **Revista do Direito Público**, Londrina, v. 14, n. 2, p. 109-135, ago. 2019. DOI: 10.5433/24157-108104-1. ISSN: 1980-511X.

SACHS, I. (1986). *Espaços, Tempos e Estratégias do Desenvolvimento*. São Paulo: vértice.

SEQUINEL, M. C. M. Cúpula mundial sobre desenvolvimento sustentável - Joanesburgo: entre o sonho e o possível. **Análise Conjuntural**, v.24, n.11-12, p.12. nov./dez. 2002. ISSN: 0102-0374.

SILVA, M. G; ARAÚJO, M. N. S; SANTOS, J. S. "Consumo consciente": o ecocapitalismo como ideologia. **Revista Katálysis**. Florianópolis, v. 15, n. 1, p. 98, jan./jun. 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rk/a/Csgpppfr4hdLWvWRRVXGJGH/abstract/?lang=pt#:~:text=%22Consumo%20consciente%22%3A%20o%20ecocapitalismo%20como%20ideologia,-Maria%20das%20Gra%C3%A7as&text=Trata%2Dse%20de%20um%20ensaio,do%20princ%C3%ADpio%20da%20sustentabilidade%20socioambiental>. Acesso em: 29 fev. 2022.

SOARES, J; CRUZ, P. M. Critério Ético e Sustentabilidade na Sociedade Pós-Moderna: Impactos nas Dimensões Econômicas, Transnacionais e Jurídicas. UNOPAR Cient., **Ciências Jurídicas e Empresariais**. Londrina, v. 14, n. 1, p. 29-39, Mar. 2013.

SOUZA, A. **A dimensão ética da sustentabilidade**. 2020.146 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão, 2020.

VEZZALI, F. Desmatamento e poluição seguem o rastro do agronegócio. **Repórter Brasil**, 2006. Disponível em: <https://reporterbrasil.org.br/2006/07/desmatamento-e-poluicao-seguem-o-rastro-do-agronegocio/>. Acesso em: 29 fev. 2022.

WOLKMER, A. C. Ética da sustentabilidade e direitos da natureza no constitucionalismo latino-americano. In: LEITE, José Rubens Morato; PERALTA, Carlos E. (org.). **Perspectivas e desafios para a proteção da biodiversidade no Brasil e na Costa Rica**. Editora Planeta Verde, 2014.

Influencia de la marca en la preferencia sensorial de cervezas

Crossref  10.56238/cipcaebv1-016

Claudia D. de Paula

Doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Federal de Viçosa, MG
Docente Universidad de Córdoba, Departamento de Ingeniería de Alimentos, Km 12 vía Cereté- Ciénaga de Oro, Colombia, Tel.: 3126329367, Fax: (4) 758 7440
E-mail: cdepaula@correo.unicordoba.edu.co

Fernando A. Mendoza

M.Sc. Ciencias Agroalimentarias, Docente Departamento Ingeniería de Alimentos, Universidad de Córdoba, Colombia
E-mail: fmendoza@correo.unicordoba.edu.co

Adriana E. González

M.Sc. Ciencias Agroalimentarias, Docente Departamento Ingeniería de Alimentos, Universidad de Córdoba, Colombia
E-mail: adrianagonzalez@correo.unicordoba.edu.co

Irina C. Herazo

M.Sc. Ciencias Agroalimentarias, Coordinadora de Calidad en Granos y Cereales de Colombia
E-mail: irinahe16@yahoo.es

Yenis I. Pastrana

M.Sc. Ciencias Agroalimentarias, Docente Departamento Ingeniería de Alimentos, Universidad de Córdoba, Colombia
E-mail: yipastrana@correo.unicordoba.edu.co

João Tomaz da Silva Borges

Doutor em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Federal de Viçosa, MG Docente Instituto Federal de Ciência e Tecnologia de Minas Gerais Avenida Primeiro de Junho, n.1043 Centro, São João Evangelista - MG, Brasil. CEP: 39.705-000
E-mail: joao.tomaz@ifmg.edu.br

RESUMEN

Se estudiaron cuatro marcas comerciales de cerveza, dos marcas colombianas y 2 extranjeras con la finalidad de evaluar la preferencia de los consumidores utilizando una prueba de ordenamiento-preferencia aplicando un test ciego y un test con

información, en dos sesiones. Se utilizaron 88 jueces consumidores del producto y los resultados fueron analizados por el método de Friedman ($p \leq 0,05$). Con respecto al test ciego, se observó que la marca D fue diferente de las marcas A y B ($p \leq 0,05$), pero no hubo diferencias entre ésta y la marca C ($p \geq 0,05$). En el test con información de la marca, la muestra D fue diferente de las marcas A, B y C ($p \leq 0,05$); siendo estas igualmente preferidas ($p \geq 0,05$). Los resultados obtenidos en esta investigación permitieron deducir que no existió una variación considerable en el ordenamiento de las notas de la preferencia de las marcas de cerveza A, B y D durante el test ciego y el test con información. Sin embargo la marca de cerveza C presentó variaciones en el test ciego con respecto al test con información, influyendo el conocimiento del producto por parte del consumidor en su percepción o respuesta sensorial.

Palabras clave: Cerveza, marca, test ciego, test con información, preferencia.

ABSTRACT

We studied four trademarks of beer, two Colombian brands and 2 foreign brands with the purpose of assessing the preference of consumers by means of a test of management-preferably by a blind-test and a test with information, in two sessions. We used 88 judges consumers of the product and the results were analyzed by the method of Friedman ($p \leq 0.05$). With regard to the blind-test, it is noted that the brand D was different than the brands A and B ($p \leq 0.05$), but there was no difference between this and the brand C ($p \geq 0.05$). In the test with information of the mark, the sample D was different from the marks A, B and C ($p \leq 0.05$); these are equally preferred ($p \geq 0.05$). The results obtained in this research allowed to infer that there was not considerable variation in the arrangement of the notes of the preference of the brands of beer A, B and D during the blind test and the test with information. However the brand of beer C showed variations in the blind test with respect to the test with information, knowledge of the product by the consumer influencing their perception or sensory response.

Keywords: Beer, brand, blind test, test with information, preferences.

1 INTRODUCCIÓN

La cerveza es una bebida con bajo contenido de alcohol (4 – 10%), cuyo consumo se limita a diferentes edades en el mundo, 16 años en Europa, 21 en Estados Unidos y 18 en Colombia (Bamforth, 2002). Además, es considerada la bebida más preferida en la comunidad hispana que vive en Estados Unidos y la más frecuentemente consumida en Centro y Sur América (Caetano et al. 2009).

Las propiedades sensoriales son características importantes en la determinación del gusto del consumidor. Sin embargo, cuando ellos compran un producto alimenticio, otra información como la identidad, el origen, la seguridad y las propiedades nutricionales influyen en su elección (Caporale y Monteleone 2004). De esta manera se puede afirmar que existe una interacción de su percepción en las características inherentes al producto y la condición personal socio-económica, psicológica, fisiológica y cognitiva. La decisión de compra del consumidor en el mercado es influenciada por la marca y ésta ejerce un efecto en la respuesta de la evaluación sensorial. Recientes estudios han prestado atención al efecto de la marca, el precio, los aspectos socio-culturales o la preferencia general en la evaluación sensorial del alimento y el uso de métodos estadísticos para estudiar la influencia en el comportamiento del consumidor (Dutcosky 2013; Minim 2013) y muestran como la segmentación de los consumidores juega un papel significativo en la elección de un alimento (Grace et al., 2010). Considerando una aproximación multidimensional del valor de marca realizada por Aaker (1994), que identifica cinco activos de la marca con capacidad para crear valor (reconocimiento del nombre y símbolos de la marca, percepción de la calidad, otras asociaciones de la marca, fidelidad a la marca y otros activos de la marca), se tratará de verificar la correspondencia entre el ordenamiento de la preferencia asignado por el mercado a las diferentes marcas de cervezas sin conocimiento del nombre y con conocimiento del mismo. Hui (2006) creó una hipótesis de cómo la información puede influir en las notas afectivas sobre un producto a través de su influencia en las expectativas del consumidor. Así, en este caso, la preferencia se podría incrementar en los casos donde la expectativa es alta y decrecer en los casos donde la expectativa es baja.

Estudios que se han realizado en el análisis sensorial de la cerveza incluyen métodos descriptivos y afectivos. El método descriptivo más utilizado para evaluar los atributos consiste en utilizar paneles entrenados de catadores que miden color, cuerpo, amargor, carbonatación y grado de alcohol, entre otras, utilizando escalas. En cuanto a los métodos afectivos, la escala hedónica es la más utilizada para medir la aceptabilidad. En Dinamarca se estudiaron 10 cervezas comerciales con catadores entrenados mediante análisis descriptivo con escala no estructurada de 15 cm y con pruebas de preferencia con escalas hedónicas de 7 puntos para consumidores (Mejlholm y Martens 2006). Guinard et al. (2001) utilizaron una escala hedónica de 9 puntos para evaluar la preferencia y una escala de 5 puntos para medir la intención de compra haciendo un test ciego y otro con el conocimiento de la marca y precio, aspectos que influenciaron significativamente en la evaluación de los consumidores. Caporale y Monteleone (2004) evaluaron la influencia que tiene la información del proceso de elaboración en la aceptabilidad de la cerveza, utilizando una escala hedónica de 9 puntos, primero utilizando un test ciego y luego dando a conocer la información.

Daems y Delvaux (1997) evaluaron 40 cervezas comerciales a través de la metodología de análisis descriptivo cuantitativo utilizando 19 descriptores para describir olor, sabor, sensación en la boca y sabor residual. Otros estudios compararon medidas instrumentales con las sensoriales, entre la que se destaca la medida de las características del sabor utilizando una lengua electrónica, los resultados mostraron buena precisión comparado con un panel sensorial en atributos como amargo, dulce y cuerpo (Rudnitskaya et al. 2009).

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de cuatro marcas comerciales de cerveza (dos marcas colombianas y 2 marcas extranjeras) en la intención de compra de los consumidores por medio de una prueba de ordenamiento-preferencia aplicando un test ciego y un test con información.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

Muestras de cerveza: Fueron evaluadas cuatro muestras comerciales de cerveza, simbolizadas por Marca A, B, C y D. Las marcas A y C son las nacionales de mayor grado de consumo en la región, y las marcas B y D son extranjeras.

Análisis sensorial: Se vincularon 88 consumidores habituales del producto. Las pruebas fueron realizadas en cabinas individuales del Laboratorio de Análisis Sensorial adaptado de la Universidad de Córdoba, cumpliendo con todos los requisitos de la NTC 3884 (1996). Las cervezas fueron servidas en vasos desechables de 50 mL a una temperatura de aproximadamente 10 °C inmediatamente se abrían las latas presentándose en forma aleatoria.

Se realizaron dos sesiones, un test ciego y un test con información de la marca, en donde se aplicó una prueba de ordenamiento preferencia para evaluar la impresión global de las muestras. Los catadores consumidores fueron orientados a ordenar las muestras en orden creciente de preferencia, de tal forma que el número uno (1) se le asignó la muestra menos preferida y el cuatro (4) a la mas preferida.

Análisis estadístico: Los datos obtenidos fueron analizados mediante el método de Friedman ($p \leq 0,05$) (Meilgaard et al. 2007). El análisis estadístico se realizó utilizando el paquete Statistical Analysis System (SAS) versión 9.1 licenciado por la Universidad de Córdoba.

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De los 88 catadores seleccionados para conformar el equipo sensorial, el 34% eran mujeres y el 66% hombres, de los cuales el 97% correspondieron a estudiantes de pregrado y posgrado de la Universidad de Córdoba, con edades comprendidas entre 18 y 25 años.

En la Tabla 1 se puede observar el orden de preferencia de las muestras evaluadas por los catadores consumidores de cerveza.

Tabla 1: Resultados de suma de órdenes obtenidos por los catadores para la prueba de ordenamiento preferencia entre las marcas de cervezas*.

Muestras	Suma de ordenes	
	Test ciego	Test con información
A	260a	245 ^a
B	237ab	234 ^a
C	202bc	231 ^a
D	181c	170b

*Valores de suma de órdenes seguidas de misma letra en la columna no difieren entre sí por la prueba de Friedman a 5% de probabilidad. DMS (Diferencia Mínima Significativa) ($p \leq 0,05$) = 45. Nota 1 menos preferida y 4 más preferida.

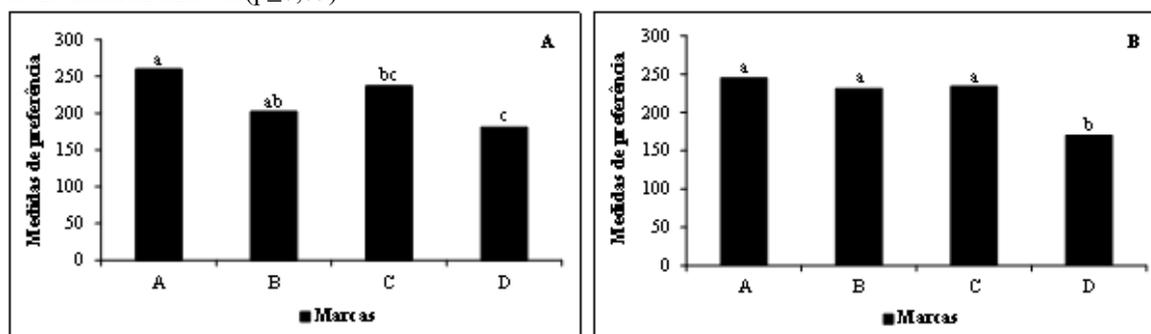
De acuerdo con la prueba de suma de órdenes, el valor de la Diferencia Mínima Significativa (DMS) para obtener diferencia significativa entre las marcas de cerveza al nivel del 5% es de 45.

Se observa que los resultados variaron en relación a los test ciego y con información, pero la tendencia siguió igual, observándose que la cerveza marca D fue la menos preferida en ambos tests. Para la cerveza C al momento en que se les mostró la marca hubo una tendencia en mejorar la preferencia; lo contrario fue observado para la marca D. La marca C es reconocida nacionalmente lo que permitió a los catadores aumentar su preferencia, se puede afirmar entonces, que el conocimiento del producto por parte del consumidor influyó en la percepción o respuesta sensorial del catador durante el test con información. Estos consumidores tienden a relacionar la marca conocida con una calidad superior del producto en comparación con la marca menos conocida; es decir, la intención de compra de los consumidores se ve influenciada por marcas conocidas, probablemente por el hábito de consumo en relación con esa marca o porque creen que la marca tiene mejor calidad que la desconocida (Lúcia et al. 2007; Lúcia, 2008).

Con respecto al test ciego (Figura 1A), se encontró que la marca D fue diferente de las marcas A y B, pero no hubo diferencias entre ésta y la marca C a un nivel de significancia del 5%. La marca de cerveza A fue igualmente preferida que la B; asimismo ocurrió para las marcas B y C, y C y D. El conocimiento de las marcas de cerveza no cambió el orden de preferencia de las muestras con respecto al test ciego con el de información para la muestra D; siendo esta la menos preferida por los consumidores. Hay que recordar que las marcas de cervezas A y C corresponden a una de las marcas de empresas líderes colombianas mientras que las cervezas B y D son marcas extranjeras.

En la Figura 1B, se puede observar que en el test con información, la marca D fue diferente de las marcas A, B y C a un nivel de significancia del 5%; mientras que no se observó diferencias en cuanto a la preferencia entre las marcas A, B y C ($p \geq 0,05$).

Figura 1: Ordenes de preferencia para cuatro marcas de cerveza en el test ciego (A) y test con información (B). Medias con la misma letra no difieren entre sí ($p \geq 0,05$).



Investigaciones anteriores también mostraron que el aumento de la información que se le proporciona a los catadores consumidores sobre el producto, influye en su evaluación sensorial, modificando su comportamiento con respecto a su decisión en la elección del producto (Lúcia et al., 2007; Gonçalves et al., 2007).

Resultados semejantes al presente estudio fueron también obtenidos por Aguiar et al. (2015) al estudiar la influencia de la marca de cervezas tipo malzbier en la aceptación del consumidor. Los autores verificaron diferencias significativas entre las muestras de las bebidas evaluadas por medio de test ciego y test de marca, siendo las mayores medias observadas cuando el evaluador tenía conocimiento previo de la marca.

Las variables no sensoriales de los productos alimenticios son factores determinantes en el comportamiento y elección del consumidor, dentro de estas variables se encuentran las características extrínsecas del alimento tales como; información sobre el mismo, origen, marca, tecnología de producción, información nutricional, precio, empaque y etiqueta (Araújo et al., 2003; Di Monaco et al., 2004; Jaeger 2006; Lúcia et al., 2010).

Ribeiro et al. (2008) mostraron que el embalaje y el conocimiento previo de las marcas de cerveza influyen en los resultados de las pruebas sensoriales. En este caso, en el test ciego, si ningún tipo de información, las marcas de cervezas extranjeras (B y D) tuvieron diferentes preferencias, siendo la B más preferida que la D. Sin embargo al aplicar el test con información las marcas de cervezas A, B y C fueron igualmente aceptadas, y la menos aceptada la D.

La marca se considera muy útil cuando los consumidores están eligiendo entre los productos de la competencia; la presencia de una marca bien establecida en el mercado, es una fuerte influencia en la formulación de las expectativas sensoriales de los consumidores, así como en su comportamiento de elección, compra y aceptación (Di Monaco et al. 2004; Gonçalves et al. 2007).

Guinard et al. (2001) investigaron el efecto de la marca y el precio de cervezas en las preferencias de los consumidores a través de un test ciego y un test con información. Los resultados mostraron diferencias en las calificaciones al aplicar el test ciego e informado, de esta manera algunos de los consumidores cambiaron sus calificaciones de manera significativa, mientras que otros no lo hicieron al

pasar del test ciego al test con información, siendo los jóvenes consumidores de cerveza más propensos a ser influenciados en sus preferencias por las variables no sensoriales como marca y precio que sus colegas mayores.

En esta investigación la marca A fue más preferida que la marca de D, siendo la primera una marca reconocida a nivel nacional y la última una marca extranjera. Este comportamiento fue observado para el test ciego y para el test con información. De esta manera se puede apreciar que el consumidor se encuentra familiarizado con los atributos sensoriales de la cerveza marca A, pudiendo identificarla como la más preferida en ambos tests.

En el caso de la marca B, es una marca extranjera que se mantuvo entre las preferidas no presentando diferencias significativas con respecto a la marca A, la cual fue la más preferida para el test con información y test ciego. Este hecho pone de manifiesto que aunque el consumidor no se encuentra familiarizado con la marca de cerveza B, ésta posiblemente presentó buenos atributos sensoriales perceptibles a los consumidores. Una situación contraria se observó con la otra marca de cerveza extranjera (D), la cual fue menos preferida para ambos tests, pudiendo manifestar que algunos de los atributos sensoriales de esta marca de cerveza no fueron atractivos al gusto del consumidor colombiano.

Varios autores determinaron que las variables no sensoriales como el envase, la marca o el precio del producto influyen en la intención de compra del mismo, mientras que las características sensoriales son las que le van a permitir confirmar la aceptación y determinar así la recurrencia en la compra (Lúcia et al. 2010; Sester et al. 2013; De Paula et al. 2014). La marca de un producto (atributos extrínsecos) podría tener una influencia más poderosa sobre los consumidores que el sabor (atributo intrínseco), conforme a lo observado por Costa y Cavalcante (2007); en esta investigación se observa una situación en la que los catadores reconocen el sabor de su cerveza preferida de acuerdo a los atributos sensoriales de la misma, sin embargo no se determinó en este estudio si la frecuencia en el consumo de cerveza por parte de la población evaluada, influyó en dicho comportamiento.

Los atributos valorizados por un grupo de universitarios en el proceso de decisión de compra de cerveza fueron estudiados por Tagnin y Giraldo (2013); por medio de investigación exploratoria cualitativa, se constató que los criterios de evaluación variaron de acuerdo con la ocasión de consumo, siendo los más influyentes en la decisión de compra; el precio, la temperatura, la marca, el envase (en ocasiones festivas), el sabor, la recomendación, el rótulo y el punto de venta (en compras para consumo propio). Se observó en esta situación que fueron utilizadas reglas de decisión compensatorias y no compensatorias, con elevada influencia de factores sociales en la escogencia.

4 CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en la investigación permiten deducir que existió una variación considerable en la preferencia de las marcas de cerveza durante el test ciego y el test de información. Las marcas A, B y C influenciaron positivamente en la preferencia del consumidor, mientras que la marca D fue la menos preferida de las marcas de cerveza. La marca de cerveza C presentó variaciones del test ciego con respecto al test con información, influyendo el conocimiento del producto por parte del consumidor en la percepción o respuesta sensorial del catador durante el test con información.

REFERENCIAS

- AAKER, D.A. Gestión del valor de la marca: capitalizar el valor de la marca. Madrid: Editorial Díaz de Santos, 1994. 332p.
- AGUIAR, A.L.L.; CISNE, M.F.; SILVA, M.M.G.; SOUSA JUNIOR, A.L.; FARIAS, M.D.P. Perfil sensorial de cervejas tipo malzbier, influência da marca na aceitação do consumidor”. V CONNEPI, Centro de Convenções de Maceió, (2010). Disponible en <<http://connepi.ifal.edu.br>>. Accedido 19 de agosto de 2022.
- ARAÚJO, F.B.; SILVA, P.H.A.; MINIM, V.P.R. Perfil sensorial e composição físico-química de cervejas provenientes de dois segmentos do mercado brasileiro. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.23, n.2, p.121-128, 2003.
- BAMFORTH, C. Nutritional aspects of beer-a review. *Nutrition Research*, v.22, p.227-237, n.1, 2022.
- CAETANO, R.; VAETH, P.; RAMISETTY-MIKLER, S.; RODRÍGUEZ, L. The hispanic americans baseline alcohol survey: alcoholic beverage preference across hispanic national groups alcoholism. *Clinical and Experimental Research*, v.33, n.1, p.150-159, 2009.
- CAPORALE, G.; MONTELEONE, E. Influence of information about manufacturing process on beer acceptability. *Food Quality and Preference*, v.15, p.271-278, 2004.
- COSTA, F.J.; CAVALCANTE, A.A. Comportamento do consumidor de cerveja: proposta de uma tipologia baseada na imagem e nas intenções em relação à marca. *Revista de Negócios*, v.12, n.4, p.71-85, 2007.
- DAEMS, V.; DELVAUX, F. Multivariate analysis of descriptive sensory data on 40 commercial beers. *Food Quality and Preference*, v.8, n.5/6, p.373-380, 1997.
- DE PAULA, C.D.; GARCIA, C.A.; DURANGO, A.M. Valor de la marca en la aceptación sensorial de consumidores en cuatro tipos de pan tajado blanco. *Información Tecnológica*, v.25, n.1, p.127-132, 2014.
- LUCIA, S.M.D. Métodos estatísticos para avaliação da influência de características não sensoriais na aceitação, intenção de compra e escolha do consumidor. 2008. 135p. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, Brasil, 2008.
- DELLA, S.M.D; MINIM, V.P.R.; SILVA, C.H.O.; MINIM, L.A.; CERESINO, E.B. Expectativas geradas pela marca sobre a aceitabilidade de cerveja: estudo da interação entre características não sensoriais e o comportamento do consumidor. *Boletim Ceppa*, v.28, n.1, p.11-24, 2010.
- LÚCIA, S.M.D.; MINIM, V.P.R.; SILVA, C.H.O.; MINIM, L.A. Fatores da embalagem de café orgânico torrado e moído na intenção de compra do consumidor. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.27, n.3, p.485-491, 2007.
- DI MONACO, R.; CAVELLA, S.; DI MARZO, S.; MAIS, P. The effect of expectations generated by brand name on the acceptability of dried semolina pasta. *Food Quality and Preference*, v.15, n.5, p.429-437, 2004. DUTCOSKY, S.D. Análise Sensorial de Alimentos. Curitiba: Champagnat - Pucpress, 2013. 531p.
- GONÇALVES, F.C.; QUIROGA, S.G.; GONÇALVES, C.A. Brand equity baseado no consumidor: desenvolvimento e validação de um instrumento de mensuração no setor automotivo. *Revista Gestão e Planejamento*, v.8, n.2, p.31-46, 2007.

- GRACE, P.; LING, L.; MOHD, J. The influence of consumer characteristics on the acceptance of new seaweed food products”. *Jurnal Kemanusiaan*, v.15, p.98-107, 2010.
- GUINARD, J.; UOTANI, B.; SCHLICH, P. Internal and external mapping of preferences for commercial lager beers: comparison of hedonic ratings by consumers blind versus with knowledge of brand and price. *Food Quality and Preference*, v.12, p.243-255, 2001.
- HUI, Y. Handbook of Food Science, Technology and Engineering. En: H.S. Flanagan (ed), *Sensory Science: Measuring Consumer Acceptance*. CRC Press, 2006. V.26. P.1-23.
- JAEGER, S.R. Non-sensory factors in sensory science research. *Food Quality and Preference*, v.17, n.1-2, p.132-144, 2006.
- MEILGAARD, M.; CIVILLE, G.; CARR, B. *Sensory Evaluation Techniques*. Boca Raton: CRC Press, 2007. 416p.
- MEJLHOLM, O.; MARTENS, M. Beer identity in Denmark”. *Food Quality and Preference*, v.17, p.108-115, 2006.
- MINIM, V.P.R. *Análise Sensorial: Estudos com Consumidores*. Viçosa: Editora UFV, 2013. 332p.
- Norma Técnica Colombiana 3884. *Análisis Sensorial: Guía General para el Diseño de Cuartos de Prueba*, Ed. Icontec, Colombia, 1996.
- RUDNITSKAYA, A.; POLSHIN, E.; KIRSANOV, D.; LAMMERTYN, J.; NICOLAI, B.; SAISON, D.; DELVAUX, F.; DELVAUX, F.; LEGIN, A. Instrumental measurement of beer taste attributes using an electronic tongue. *Analytica Chimica Acta*, v.646, p.111-118, 2009.
- RIBEIRO, M.; DELLA, L.M.; BARBOSA, F.B.; GALVÃO, L.H.; MINIM, V.P.R. Influência da embalagem na aceitação de diferentes marcas comerciais de cerveja tipo Pilsen. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.28, n.2, p.395-399, 2008.
- SESTER, C.; DACREMONT, C.; DERROY, O.; VALENTIN, D. Investigating consumers representations of beers through a free association task: A comparison between packaging and blind conditions. *Food Quality and Preference*, v.28, n.2, p.475-483, 2013.
- TAGNIN, A.C.C.N.; GIRALDI, J.M.E. Atributos do produto valorizados no processo de decisão de compra de cerveja: um estudo qualitativo com universitários. *Produto & Produção*, v.14, n.1, p.84-106, 2013.

Produção de cerveja artesanal estilo witbier com adição da casca de limão siciliano e da folha da árvore caneleira

Crossref  10.56238/cipcaebv1-017

Hudson Silva Soares
Engenheiro de Alimentos

Kevyn Melo Lotas
Mestre em Biotecnologia

Giovana Lima de Souza
Graduanda em Engenharia Química

Gustavo Henrique Barroso da Silva
Engenheiro de Alimentos

Ketson Patrick de Medeiros Freitas
Mestre em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia

Leiliane do Socorro Sodr  de Souza
Doutora em Engenharia de Recursos Naturais

Anderson Mathias Pereira
Doutor em Engenharia de Recursos Naturais

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi produzir e avaliar as características físico-químicas e sensoriais de uma cerveja estilo Witbier, utilizando como especiarias a casca do limão siciliano (*Citrus limon*) e a folha da árvore caneleira (*Cinnamomum verum*). O Procedimento experimental foi realizado em uma área residencial destinada a produção de cerveja artesanal. Utilizou-se água, malte, lúpulo, levedura, folha de *C. verum* e a casca do fruto de *C. limon* para a produção da cerveja. Durante a etapa de fermentação foi analisada a atuação das leveduras em temperaturas

controladas. Após a maturação da cerveja, retirou-se cerca de 600 mL para as caracterizações físico-química, onde apresentou: densidade de 1.008, acidez total 20,4 meq/L, extrato real 3,8%, Extrato original 11,94%, Brix 5%, IBU 15,2, BU/GU 0,38, ABV 4,2% e pH. De acordo com o teste sensorial, a média de notas foi de 8,2 para o produto, ou seja, o produto efetivou intenções positivas e cerca de 88% dos provadores compraria a bebida.

Palavras-chave: a artesanal, witbier, caracterização físico-química, análise sensorial.

ABSTRACT

The objective of this work was to produce and evaluate the physicochemical and sensory characteristics of a Witbier style beer, using as spices the rind of the Sicilian lemon (*Citrus limon*) and the leaf of the cinnamon tree (*Cinnamomum verum*). The experimental procedure was carried out in a residential area for the production of craft beer. Water, malt, hops, yeast, cinnamon tree leaf and Sicilian lemon rind were used for beer production. During the fermentation stage, the performance of yeasts at controlled temperatures was analyzed. After the beer had matured, about 600 mL was removed for physicochemical characterizations, where it presented: density of 1,008, total acidity 20.4 meq/L, real extract 3.8%, original extract 11.94%, Brix 5%, IBU 15.2, BU/GU 0.38, ABV 4.2% and pH. According to the sensory test, the average grade was 8.2 for the product, that is, the product had positive intentions and around 88% of the tasters would buy the drink.

Keywords: craft beer, witbier, physicochemical characterization, sensory analyse.

1 INTRODUÇÃO

Cervejas denominadas premium ou artesanal são categorias que envolvem cervejas de qualidade superior e de alto valor agregado, que satisfazem a necessidade do consumidor por produtos diferenciados, contrário às bebidas produzidas em massa pelas mega cervejarias, que por sua vez, são concorrentes indiretos (TSCHOPE, 2001; FERNANDES e FRAZEN, 2011).

As cervejas artesanais caracterizam-se por serem produzidas em pequena escala, por um processo de fermentação em batelada. A sua elaboração leva em conta a qualidade dos seus ingredientes, o que culmina na produção de variados tipos de cerveja que são cuidadosamente elaboradas, conferindo melhor aroma e sabor ao produto final (KLEBAN e NICKERSON, 2012).

Segundo o Decreto nº 6.871 de 4 de julho de 2009, que regulamenta a Lei nº 8.918, de 14 de julho de 1994, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas, a cerveja é a bebida obtida pela fermentação alcoólica do mosto cervejeiro oriundo do malte de cevada e água potável, por ação da levedura, com adição de lúpulo. Parte do malte de cevada poderá ser substituída por adjuntos cervejeiros, cujo emprego não poderá ser superior a 45% em relação ao extrato primitivo. Como adjuntos cervejeiros podem ser considerados a cevada cervejeira e os demais cereais aptos para o consumo humano, malteados ou não malteados, bem como os amidos e açúcares de origem vegetal (BRASIL, 2009).

Historicamente, o uso das especiarias, além do lúpulo, já foram empregados para a fabricação de cervejas. Como exemplo, a adição de especiarias, gruit, que foi utilizada no território europeu no ano de 500. Desta forma, a utilização destas para a produção da bebida é aceitável e desejada no mercado (BELTRAMELLI, 2012).

Segundo Almeida e Silva (2005) os adjuntos podem ser definidos como carboidratos não maltados de composição apropriada e propriedades que benéficamente complementam o malte de cevada. Beltramelli (2012) afirma que o emprego destes e de especiarias tem sido uma técnica de aperfeiçoar a harmonização das cervejas, assim apresentando produtos com aromas e sabores inéditos ao mercado.

A procura por novos sabores na cerveja leva os grandes cervejeiros a busca por novas especiarias que proporcionem prazer ao degustá-las. A adição de especiarias é uma forma de aperfeiçoar a cerveja, obter novas características, aumentando a complexidade através de aromas e sabores diferenciados. O presente trabalho tem como objetivo desenvolver uma cerveja do estilo Witbier, com adição de especiarias, entre eles a folha da árvore caneleira (*Cinnamomum verum*) e a casca do limão siciliano (*Citrus limon*), a fim de obter características sensoriais diferenciadas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no Laboratório de Processos de Separação da Universidade Federal do Amazonas (LABPROS/Faculdade de Ciências Agrárias/UFAM).

Matérias-primas

As folhas da árvore de *C. verum* foram provenientes de uma planta situada em uma residência localizada na cidade de Manaus. Os frutos de *C. limon* foram obtidos em comércio local (cidade de Manaus) e as matérias-primas para a produção de cerveja foram adquiridas na loja Brew Shop.

As matérias-primas para a produção da cerveja estilo witbier, bem como as quantidades utilizadas na receita, são apresentadas na Tabela 1.

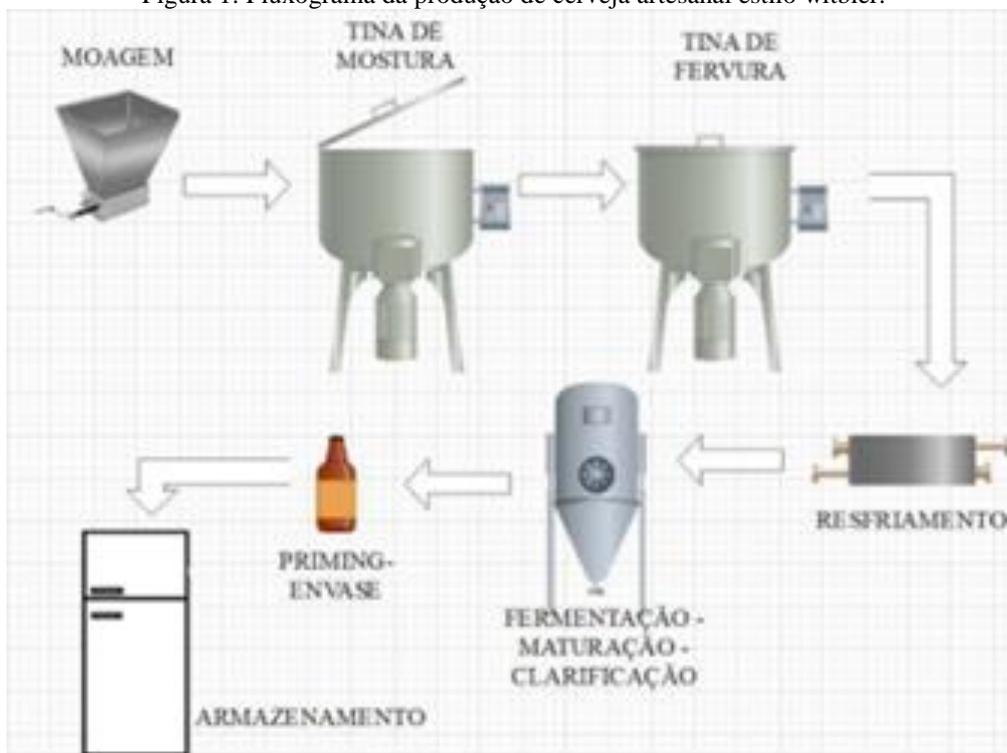
Tabela 1: Insumos e quantidades utilizadas na produção de cerveja artesanal estilo witbier.

Insumo	Quantidade
Malte pilsen	3 kg
Malte de trigo	1,5 kg
Flocos de aveia	0,2 kg
Lúpulo	0,0078 kg
Levedura	0,0115 kg
Água	35 L

Procedimento experimental

O procedimento experimental para a produção da cerveja artesanal foi realizado em um espaço destinado à produção desse tipo de produto, localizado na cidade de Manaus-AM. A Figura 1 descreve o fluxo de processos para a produção de cerveja.

Figura 1: Fluxograma da produção de cerveja artesanal estilo witbier.



Antes dos processos de produção da cerveja, foram realizadas as etapas de higienização dos utensílios que consistiram em duas etapas: limpeza e sanitização. A limpeza foi realizada com detergente neutro, esponja e água e a sanitização foi feita com Iodophor diluído a 0,08% de iodo livre, em contato com as peças e equipamentos por 30 segundos.

Os maltes pilsen e de trigo foram moídos em moinho de disco. O processo de mosturação foi realizado em uma tina de mostura com capacidade de 20 L dotado de uma bomba para recirculação do mosto em toda a etapa de mosturação e chiller de alumínio no interior da tina de mostura para troca de calor por convecção. Após a mosturação, realizou-se a trasfega e lavagem dos grãos. No processo de fervura foram adicionados lúpulo em pellet, cascas de limão siciliano e a folha da árvore caneleira.

Após as etapas quentes de mostura e fervura, deu-se início a etapa a frio do processo: o resfriamento foi realizado utilizando água corrente, chiller e gelo. O mosto resfriado foi transferido para o biorreator com capacidade de 22 L onde foi inoculada a levedura dando início a etapa de fermentação dividida em três rampas de temperatura (20, 22 e 5 °C). Açúcar foi adicionado a cerveja para a gaseificação (priming) e o produto foi envasado e armazenado a 20 °C.

Caracterização físico-química

As amostras foram descarbonatadas para a realização de todas as caracterizações. Uma amostra de cerveja comercial foi utilizada como padrão para comparações.

Densidade, acidez total, extrato real, extrato original, sólidos solúveis totais e pH

As determinações de densidade, acidez total titulável, extratos real e original, sólidos solúveis totais (°Brix) e pH foram realizadas conforme descrito no manual de métodos físico-químicos para análise de alimentos do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008). As densidades das amostras foram realizadas através de picnômetro lavado com álcool e éter, calculando o quociente que relaciona a diferença das massas do picnômetro quando este continha a amostra de cerveja e outra amostra com água destilada. A acidez total titulável foi realizada adicionando-se 0,5 mL do indicador fenolftaleína à amostra, titulando-se com solução padronizada de hidróxido de sódio 0,1 N. O extrato real foi mensurado através do aquecimento da amostra em cápsulas de níquel no banho-maria, seguido de secagem em estufa a 105 °C por 1 h. O teor de extrato original foi obtido considerando-se os valores de teor alcóolico e extrato real. A determinação de sólidos solúveis totais foi feita utilizando-se um refratômetro para a leitura do °brix. Os valores de pH foram mensurados através de um pHmetro de bancada (Bel, PH3WB).

IBU (International bitter unit)

Para determinação de IBU, utilizou-se da fórmula proposta por Hall (1997), onde foi considerado a quantidade de lúpulo utilizado, o índice de alfa ácido do lúpulo, a densidade do mosto, o tempo de fervura e o volume final de cerveja. A seguir é demonstrada a Fórmula 1 utilizada para determinação de IBU.

$$\frac{U * P * A}{V} = IBU \quad (1)$$

Onde:

U - Utilização do lúpulo (dado tabelado); P - massa de lúpulo (mg); A - unidades de alfa ácido e V - volume de cerveja (L).

Relação BU/GU

Para da determinação de BU/GU utilizou-se do índice de amargor dividido pelos dois últimos números dos dados da gravidade de pré-fervura, seguindo as diretrizes do BJCP referindo-se a equilíbrio. Após o cálculo, utilizando a Fórmula 2, os valores foram analisados.

$$\frac{IBU}{Densidade} = \text{relação BU/GU} \quad (2)$$

Teor alcoólico

Para determinação do teor alcoólico utilizou-se da leitura da original gravity (OG), obtidas antes da inoculação da levedura e da final gravity (FG), obtidas após o processo fermentativo. As análises de densidade para este método foram feitas em uma proveta contendo 100 mL de amostra do mosto e da cerveja e realizado a leitura através de um densímetro. Para determinação do valor alcoólico os dados da OG e FG foram corrigidos através de dados tabelados (CONCERVEJA, 2016).

Análise sensorial

A análise sensorial foi realizada após a gaseificação da cerveja por 50 provadores não treinados, de ambos os sexos com idade superior a 18 anos. Os provadores não passaram por treinamento devido ao fato de serem utilizados testes afetivos no julgamento.

Foram aplicados testes de aceitação utilizando Escala Hedônica de 9 pontos, variando entre “gostei extremamente” a “desgostei extremamente”. Os atributos avaliados foram: Aparência, Cor, Aroma, Textura, Sabor e Impressão global (MINIM, 2013).

Para determinação da intenção de compra foi aplicado testes baseados na escala Fact de 5 pontos, onde variou entre: “certamente compraria” e “certamente não compraria” (MINIM, 2013).

Análise estatística

Todos os experimentos foram realizados em triplicata para o cálculo de média e desvio padrão. Foram utilizados os softwares Microsoft Excel e Assistat versão 7.6.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análises físico-químicas

A Tabela 2 apresenta os parâmetros físico-químicos da cerveja artesanal e do controle.

Tabela 2: Resultados das análises físico-químicas da cerveja artesanal estilo witbier e da cerveja utilizada como controle.

Preparo	Densidade	Acidez total (meq.L ⁻¹)	Extrato real (%)	Extrato original (%)	°Brix (%)	IBU	BU/GU	ABV (%)	pH
Artesanal	1,008 ± 0,5 a	20,4 ± 1,76 a	3,8 ± 0 b	11,94 ± 0,01 b	5 ± 0 a	15,2 ± 0 a	0,38 ± 0	4,2 ± 0 a	4,1 ± 0 a
Controle	1,007 ± 1,1 a	23,4 ± 0,5 b	4,13 ± 0,01 a	13,5 ± 0,03 a	5,6 ± 0 a	15 ± 0 a	N.H.	4,9 ± 0 a	4,8 ± 0 a

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

As densidades finais das cervejas variaram de 1.008 a 1.007 kg/m³ para a cerveja produzida e a amostra padrão, respectivamente. As cervejas Witbier que obtiveram em suas formulações a adição de gengibre, analisadas por VOGEL (2017) apresentaram densidade de 1.007 a 1.014 kg/m³. Segundo o Beer Judge Certification Program (2015) as cervejas do estilo witbier devem ter uma densidade entre 1.008-1.012 kg/m³ para que estejam dentro dos padrões estabelecidos.

Bichara (2014) explica que a maioria das cervejas apresentam densidades iniciais entre 1,035 e 1,060 g/cm³, porém, durante a fermentação as leveduras consomem os açúcares que foram obtidos através da mosturação dos maltes, assim diminuindo a concentração de açúcar e consequentemente a densidade. Portanto, a maioria das cervejas apresentam densidades finais entre 1,005 a 1,015 kg/m³.

Em relação acidez, uma cerveja acida pode estar relacionado com contaminação do produto, porém, a análise de acidez total não se trata de um teste efetivo para determinar o fato. Ter uma cerveja acida também pode estar relacionado com o método de produção e os insumos utilizados (ALMEIDA E BELO, 2017).

Os níveis de acidez das amostras variaram entre 20,4 e 23,4 meq/L para a formulação desenvolvida e amostra padrão respectivamente. Em estudo desenvolvido por VIEIRA et al., (2016), foram encontrados valores de acidez total entre 29,79 a 32,75 meq/L para cervejas do tipo ale. Já em pesquisas realizadas em cervejas do tipo ale por (Pontes et. Al., 2016) foram encontrados teores de acidez que variam entre 19,07 a 46,02 meq/L, valores próximos e semelhantes encontrados neste estudo.

Estudos realizados por Aquarone et al (2001), concluem que as cervejas do tipo ale, apresentam valores de extrato real entre 3,7 a 4,8%, para Oliveira et al. (2015) os valores encontrados para extrato real variaram de 3,9 a 5,19%. Nas cervejas analisadas nesta pesquisa os valores de extrato real variaram de 3,8 a 4,13%. Segundo a legislação brasileira (BRASIL,1994), o percentual de extrato proporciona corpo, cor e estabilidade da espuma da cerveja, também indica a quantidade de ingredientes não transformados em álcool. Logo, nota-se que a adição da folha da árvore caneleira e a casca do limão siciliano causou uma diminuição de extrato real na formulação.

Segundo o Decreto nº 6.871 de 4 de julho de 2009, que regulamenta a Lei nº 8.918, de 14 de julho de 1994, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas as cervejas também são classificadas quanto ao extrato original em leve (5 – 10,5%), comum (10,5 – 12,5%), extra (12,5 – 14%) e forte > 14,5% (BRASIL, 1994). De acordo com Carvalho (2007), o extrato original mede a quantidade de substâncias dissolvidas do mosto que dão origem a cerveja. Baseado

em dados apresentado na tabela desta pesquisa, as cervejas variaram de 11,94 a 13,5 %, sendo a cerveja elaborada nesta pesquisa classificada como comum e a amostra padrão classificada como extra.

Quanto ao teor de sólidos solúveis, os valores na pesquisa variaram 5 a 5,6 °Brix. Goiana et al. (2016) encontraram valores entre 4,10 e 8,93 °Brix para cervejas do estilo ale, portanto, as amostras desta pesquisa estão dentro das faixas comparado com outros estudos.

Conforme o BJCP (2015), para as cervejas witbier, os valores devem variar entre 8 -20 IBU, para que estejam dentro do estilo. O guia BA (PAPAZIAN, 2016) sugere amargor entre 10 e 17 IBU. Santos (2017), elaborou uma cerveja de estilo witbier com adição de biomassa de banana e encontrou valores na sua pesquisa de 15 a 18 IBU. Nesta pesquisa encontrou valor de 15,2 IBU, portanto, os valores estão dentro do estilo conforme a BJCP (2015).

A relação BU/GU é definida como o equilíbrio da cerveja em relação ao amargor e dulçor (CONCERVEJA, 2016). Segundo BJCP (2015), a relação BU/GU das witbier devem ser de 0.31, quanto mais próximo de 1.00 mais amarga será a cerveja ou mais desequilibrada. Nesta pesquisa foi encontrado valores de 0.38 BU/GU o que se apresenta muito próximo ao equilíbrio.

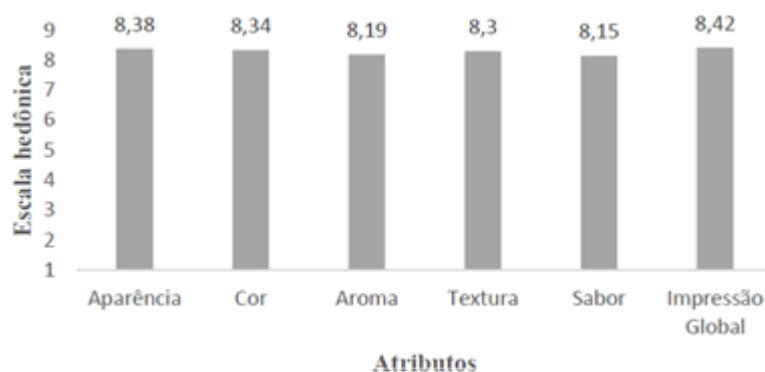
Segundo o BJCP (2015). A porcentagem de teor alcoólico para as cervejas do estilo witbier estão entre 4,5 – 5,5%. Neste estudo o valor de ABV encontra-se abaixo dos valores descritos através do guia de estilo.

O valor de pH das cervejas variou de 4,1 a 4,8. Segundo Araújo et al. (2003) as cervejas tipo ale apresentam um pH entre 3,0 a 6,0, sendo um produto ligeiramente ácido. Este baixo valor de pH pode ser atribuído ao pH do malte que situa entre 4,0 e 5,0. Rosa; Afonso (2015) relataram que a cerveja é um produto ácido e apresenta um pH em torno de 4,0. Curi, Venturini Filho e Nojimoto (2009) elaboraram cerveja utilizando cevada como adjunto de malte e o pH das bebidas 23 produzidas utilizando malte e cevada em diferentes proporções variou entre 4,66 e 4,71. O baixo valor de pH pode reduzir o crescimento microbiano além de auxiliar na intensificação de cor e sabor (OLIVEIRA, 2011).

Análise sensorial

A cerveja do estilo witbier tendo como adição a folha da árvore caneleira e a casca do limão siciliano foi avaliada através de testes de aceitação com escala hedônica de 9 pontos e o teste de intenção de compra. Nos testes de aceitação foram avaliados atributos como: aparência, cor, aroma, textura, sabor e impressão global conforme apresentado na Figura 2.

Figura 2: média dos atributos para o teste de aceitabilidade.



As médias, de acordo com os atributos avaliados, ficaram na faixa de 8,1 a 8,4; conforme a escala hedônica que varia de 1 (desgostei extremamente) a 9 (gostei extremamente), as médias dos atributos mais apontado pelos avaliadores classificaram-se em 8-gostei muito. Os atributos que obtiveram a menor média foi sabor e aroma, pois, conforme o comentário de 4% de avaliadores, a adição da folha da árvore caneleira remeteu a um chá de canela e logo os avaliadores não apreciavam o produto.

Bathke et al. (2013) avaliaram uma cerveja quanto aparência, sabor, odor e aceitação global e obtiveram resultado de 7,17 a 7,29, sendo resultados próximos a este trabalho.

Intenção de compra

O teste de intenção de compra é realizado através de escala hedônica, onde possui 5 notas entre 1 (certamente não compraria) e 5 (certamente compraria). Cerca de 88,5% dos avaliadores certamente comprariam o produto, 7,7% provavelmente compraria e 3,8% dos avaliadores não comprariam o produto. Logo, entende-se que a adição da folha da árvore caneleira com a casca do limão siciliano na cerveja foi bem aceito por 88% dos avaliadores.

4 CONCLUSÃO

Os parâmetros analisados na caracterização físico-química da cerveja obtiveram resultados característicos para o estilo de cerveja witbier. A cerveja produzida nesta pesquisa foi comparada com uma cerveja produzida em escala industrial e através de análises estatísticas não houve diferença significativa entre as cervejas, portanto, a pesquisa conclui que é possível fazer adição da folha da árvore caneleira e casca do limão siciliano sem que haja descaracterização do estilo.

A cerveja produzida, obteve resultados positivos quanto a avaliação sensorial, cerca de 88% dos avaliadores estariam dispostos a aquisição do produto, logo, as especiarias adicionadas ao produto, satisfizeram as propostas da pesquisa, que seria agregar novas sensações a bebida.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, D. S. de; BELO, R. F. C. Análise físico-química de cervejas artesanais e industriais comercializadas em Sete Lagoas – MG. Faculdade Ciências da Vida – FCV. 2017. Disponível em: jornal.faculdadecienciasdavid.com.br/index.php/RBCV/article/download/362/232
- ALMEIDA e SILVA, J. B. Cerveja. In: VENTURINI FILHO, W. G. (Coord.). Tecnologia de bebidas: matéria-prima, processamento, BPF/APPCC, legislação e mercado. São Paulo: Edgard Blücher, 2005. Cap. 15, p. 347-382.
- AQUARONE, E. BORZANI, W. SCHIMIDELL, W. LIMA, U. de A. Biotecnologia industrial: vol 4 – Biotecnologia na produção de alimentos. São Paulo: Edgar Blücher, 2001. 533p.
- ARAÚJO, F.B.; SILVA, P.H.A.; MINIM, V.P.R. Perfil sensorial e composição físicoquímica de cervejas provenientes de dois segmentos do mercado brasileiro. Ciência e Tecnologia de Alimentos, n. 23, p. 121-128, 2003.
- Bathke, L. D., Dresch, M. R. & de Souza, C. F. V. (2013). Elaboração e avaliação de alguns aspectos da qualidade de cerveja isenta de glúten. Estudos Tecnológicos em Engenharia, vol. 9.
- BEER JUDGE CERTIFICATION PROGRAM. BEER STYLE GUIDELINES (BJCP). Saint Louis: BCJP Inc., 2015.
- BELTRAMELLI, M. O boicote às cervejas artesanais: As cervejas que nunca serão. Disponível em: <<http://www.advivo.com.br/blog/luisnassif/o-boicote-as-cervejasartesanais?page=1>>. Acesso em: 10/11/21.
- BICHARA, N. Dicas sobre o uso de densímetros e refratômetros. Lamas Blog – Cerveja, digamos, caseira. Disponível em: <<https://www.lamasbrewshop.com.br/blog/2014/05/dicas-sobre-o-uso-de-densimetros-erefratometros.html>> . Acesso em: 12/11/21
- BRASIL. Decreto n. 6.871, de 04 de junho de 2009. Regulamenta a Lei no 8.918, de 14 de julho de 1994, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas.
- CARVALHO, L. G. Dossiê Técnico: Produção de Cerveja. Rio de Janeiro, REDETEC Rede Tecnológica do Rio de Janeiro, 2007. p.54.
- CONFENAR. **Confederação Nacional das Revendas Ambev e das Empresas de Logística e Distribuição**. Junho/julho 2009, ano 5, Número 29.
- CURI, R. A. et al. Beer production using barley as a malt adjunct: physical-chemical, and sensory analyses. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 12, n. 1/4, p. 106-112, 2009.
- DISLAKEN, D. Cerveja equilibrada: como usar a relação BU/GU. Agronômica – Florianópolis/SC. 2016. Disponível em: <<https://concerveja.com.br/cervejaequilibrada/>>. Acesso em: 13/11/21.
- FERNANDES, A.M.R.; FRANZEN, T.A. (2011). Automação e Controle em uma Micro cervejaria artesanal. VIII SEGET-Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia.
- GOIANA, M. L.; Pinto, L. Í. F.; Zambelli, R. A.; Miranda, K. W. E.; Pontes, D. F. (2016). Análises físico-química de cervejas artesanais Pale Ale comercializadas em Fortaleza, Ceará. In XXV CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS (CBCTA). Gramado, Rio Grande do Sul. Retrieved from <http://www.ufrgs.br/sdctars-eventos/xxvcbcta/anais/>. Acesso em 14/11/21.
- HALL, Michael L. IBU. Home Brewer Association. 1997. Disponível em: <https://www.homebrewersassociation.org/attachments/0000/2501/IBUs.pdf>. Acesso em 13/11/2021.

KLEBAN, J.; NICKERSON, I. To brew, or not to brew – That is the question: an analysis of competitive forces in the craft brew industry. *Journal of the International Academy for Case Studies*, v. 18, n. 3, p. 59–81, 2012.

MINI, V.P.R. *Análise sensorial: estudos com consumidores*. 3. Ed. Viçosa: Editora UFV, 2014. 332p.

OLIVEIRA, M. ROCHA, C, F. SALVADOR, M, V, P. Elaboração de Cerveja Artesanal a Partir da Substituição Parcial do Malte por Mel. *Brazilian Journal of Food Research* v. 6, n. 3, p. 01 – 10

OLIVEIRA, F. C.; Martins, Eliane Mauricio Furtado; SILVA, M.H.L.. Desenvolvimento e caracterização de cerveja artesanal estilo ale blond com adição de pimenta rosa (*Schinus terebinthifolius raddi*). 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas.

PAPAZIAN, C. *Brewers Association Beer Styles Guidelines*. Brewers Association. [S.l.]: Brewer Association, 2016. Disponível em: <https://www.brewersassociation.org/edu/brewers-association-beer-style-guidelines/> . Acesso em: 14/11/21.

PONTES, D. F.; MIRANDA, K. W. E.; ZAMBELLI, R. A.; PINTO, L. Í. F.; GOIANA, M. L. Análises Físico-Químicas de Cervejas Artesanais Pale Ale Comercializadas em Fortaleza, Ceará. Fundação de Apoio da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2016. Gramado – RS. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/sbctarseventos/xxvcbcta/anais/files/768.pdf> Acesso em: 13/11/21.

ROSA, Natasha Aguiar; AFONSO, Júlio Carlos. A química da cerveja. **Revista Química Nova**. São Paulo, v. 37, p. 98-105, 2015.

TSCHOPE, Egon Carlos. *Microcervejarias e Cervejarias: A História, a Arte e a Tecnologia*. 1.ed. São Paulo: Aden, 2001. 223p.

VIEIRA, A. W. *Apostila de produção de cervejas artesanais*. São Paulo: Acerva Paulista, 2009. 30 p.

VOGEL, C. Avaliação da adição de pequenas frutas (berries) na produção de cerveja artesanal: análise físico-química, sensorial, compostos fenólicos e atividade antioxidante. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Alimentos) - Universidade Federal da Fronteira Sul- Laranjeiras do Sul, 2017.

As plantas medicinais e o ambiente: fatores que influenciam na produção de óleos essenciais

  10.56238/cipcaebv1-018

Nagela Janniny Veloso Coelho Moraes

Juliano dos Santos

Amanda Laís Enes Costa

Ana Carolina Silva Dutra

Lukas Allayn Diniz Corrêa

Amanda Cristine Abreu Silva

Karina Penha Andrade Costa

Ilisandra Zanandrea

RESUMO

O uso de plantas medicinais trata-se de uma prática atemporal muito usada para o tratamento e prevenção de doenças. No entanto, para se obter as propriedades medicinais das plantas, faz-se necessário uma melhor compreensão de fatores que influenciam diretamente no potencial medicinal como: temperatura, intensidade luminosa, estresse hídrico, disponibilidade de nutrientes no solo, sazonalidade, época de colheita, local de cultivo, parte da planta utilizada dentre outros. Tais características podem influenciar o metabolismo vegetal, desencadeando respostas ao estresse sofrido, o que acaba por alterar as características dos óleos essenciais, particularmente, a composição química que está diretamente associada ao seu valor terapêutico. Embasado na necessidade de informações acerca da utilização correta de plantas medicinais, o objetivo deste trabalho foi buscar na literatura científica e contextualizar as possíveis alterações na quantidade e qualidade dos óleos essenciais produzidos por plantas cultivadas em diferentes condições ambientais. Esse levantamento foi realizado utilizando as bases de dados google acadêmico, periódicos CAPES e plataforma de pesquisa SciELO, selecionando trabalhos dos anos de 2000 a 2020. É

indubitável que a compreensão sobre a identificação do princípio ativo das plantas medicinais e o controle de qualidade bem como a produção de óleos essenciais é um pilar importante a ser investigada e merece atenção por parte da comunidade científica, pois podem desencadear problemas de saúde, prejuízos ecológicos e industriais irreparáveis.

Palavras-chave: Fitoterapia, Fatores abióticos, Metabólito secundário, Composição química.

ABSTRACT

The use of medicinal plants is a timeless practice widely used for the treatment and prevention of diseases. However, to obtain the medicinal properties of plants, a better understanding of factors that directly influence the medicinal potential is necessary, such as: temperature, light intensity, water stress, availability of nutrients in the soil, seasonality, harvest time, location of cultivation, part of the plant used among other. Such characteristics can influence plant metabolism, triggering responses to the stress suffered, which ends up changing the characteristics of essential oils, particularly the chemical composition that is directly associated with their therapeutic value. Based on the need for information about the correct use of medicinal plants, the objective of this work was to search the scientific literature and contextualize the possible changes in the quantity and quality of essential oils produced by plants grown in different environmental conditions. This survey was carried out using the academic google databases, CAPES journals and the SciELO research platform, selecting works from the years 2000 to 2020. There is no doubt that the understanding of the identification of the active principle of medicinal plants and quality control as well as quality control the production of essential oils is an important pillar to be investigated and deserves attention from the scientific community, as they can trigger health problems, irreparable ecological and industrial damage.

Keywords: Herbal medicine, Abiotic factors, Secondary metabolite, Chemical composition.

1 INTRODUÇÃO

Utilizar plantas para o tratamento, cura e prevenção de doenças é uma das formas mais antigas da prática medicinal (QURESH et al., 2016; SILVA, SANTANA e LOURENÇO, 2018). As plantas medicinais estão inseridas no conjunto de práticas terapêuticas familiares, e muitas vezes resultam de conhecimentos empíricos sobre espécies vegetais, acumulados por diversos grupos étnicos ao longo do tempo (SOARES, 2008).

Esta utilização ocorre devido à busca constante de recursos naturais alternativos para melhorar a qualidade de vida (BRAGA; SILVA, 2021), e apesar da medicina ter avançado muito ao longo dos séculos, muitas pessoas preferem utilizar as plantas medicinais em vez de medicamentos sintéticos (OLIVEIRA et al., 2016). Diversos estudos indicam que 80% da população mundial faz uso de algum tipo de planta em busca de alívio para sintomas ou dores, e a sua utilização ocorre por ter baixo custo e ser de fácil acesso por grande parte da população (ZENI et al., 2017).

As plantas medicinais possuem substâncias bioativas que podem desenvolver um efeito benéfico ou tóxico à saúde humana. Entretanto, o mecanismo de ação das substâncias bioativas e a dosagem terapêutica da utilização precisam ser esclarecidos, com a finalidade de evitar prejuízos à saúde da população (FENALTI et al., 2016).

Muitas pessoas desconhecem a possível existência de efeitos tóxicos que o uso das plantas pode ocasionar, além de não ter entendimento quanto à sua ação terapêutica, sua forma correta de uso e cultivo e seu modo de preparo (MARQUES, 2001; SILVA et al., 2010). No entanto, para se obter as propriedades medicinais desejadas, precisa-se compreender alguns aspectos relacionados à época de colheita e melhor local de cultivo, buscando maiores quantidades do princípio ativo desejado (SILVEIRA et al., 2008).

O Brasil possui uma vasta quantidade de plantas medicinais, dispondo de um grande potencial para produção de remédios naturais. Entretanto, as informações acerca de muitas plantas ainda são escassas, tornando necessários estudos na área da fitoterapia. É importante que haja crescimento no número de pesquisadores de produtos naturais para que eles se envolvam com o estudo de plantas medicinais, desde as pesquisas voltadas à identificação do princípio ativo e ao controle de qualidade dos produtos oferecidos à população, sem parcialidade ou interesses econômicos (FERREIRA & PINTO, 2010; RIBEIRO, 2019).

Os fitoterápicos constituem uma importante fonte de inovação em saúde e fortalecem a produção e a inovação local, tendo por base a exploração da biodiversidade. Produzir de forma sustentável é uma meta a ser atingida até 2030, permitindo o acesso a medicamentos eficazes, de qualidade e seguros, com preços acessíveis para todos (HASENCLEVER et al., 2017). Uma excelente alternativa para esta produção é através da utilização de fitoterápicos e plantas medicinais.

As plantas medicinais são importantes aliados na construção de conhecimento quando tratamos da extração de óleo essencial, sendo que os metabólitos originados por partes das plantas servem tanto para uso cosmético como aromático, e estimulam algumas partes do cérebro para aliviar sintomas do corpo. A obtenção das informações é adquirida a partir do cultivo das plantas, pois existem diversos fatores que

podem influenciar diretamente no seu desenvolvimento podendo causar alterações morfofisiológicas, e de forma indireta, o teor e composição de metabólitos especiais (SALEHI et al., 2018; VILELA & RAVETTA, 2000).

Sabe-se que o teor de óleos essenciais acumulados nos diferentes órgãos da planta possui controle genético. Entretanto, esse teor pode ser alterado pela influência de fatores exógenos, como nutrição do solo, disponibilidade de água, intensidade de luz que chega até a planta, temperatura, herbivoria, poluição do ar e contaminação do solo. Todos esses fatores alteram a produção dos metabólitos secundários pela planta. Para que se maximize a produção de um determinado princípio ativo pela planta, é importante conhecer o seu comportamento em diferentes condições de cultivo.

Assim, o conhecimento a respeito das condições ideais de cultivo das plantas medicinais para uma satisfatória extração de óleos essenciais em quantidade e qualidade é de extrema importância. Diante disso, o objetivo do trabalho foi buscar na literatura científica, organizar e contextualizar alguns aspectos relevantes sobre a influência de fatores ambientais na produção de óleos essenciais de plantas medicinais.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Para realização do presente trabalho foram pesquisados artigos científicos, dissertações e teses, abordando o tema estudado e alguns termos isolados (palavras-chaves) ou combinações de palavras utilizados durante a busca: óleo essencial, estresse, plantas medicinais, fatores abióticos e bióticos. A busca por referências na literatura para elaboração do referencial teórico foi estabelecida através da temática abordada de forma coesa e que tenham sido publicados no período de 2000 a 2022. As ferramentas de pesquisa adotadas se deram por meio de sites de busca online como: Google Acadêmico e outros sites disponíveis para o acesso à rede; Periódicos CAPES e Plataforma de pesquisa SciELO.

Os critérios de elegibilidade dos trabalhos para integrarem este estudo incluíam ano de publicação, conteúdo, idioma e autores que tratassem do tema em questão, onde foram eleitos estudos em inglês e português mais citados e relevantes na base de dados utilizada.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Plantas medicinais

Plantas medicinais são plantas que apresentam em suas partes ou órgãos, substâncias que podem ser utilizadas com a finalidade de tratar ou prevenir doenças (AMOROZO, 2002). Para algumas comunidades, o uso dessas plantas é a única alternativa disponível para o tratamento inicial de muitas doenças pelo fácil acesso, baixo custo e pelo fato de que muitos consideram que as plantas medicinais têm menos efeitos colaterais e são mais eficazes que os medicamentos alopáticos (MACIEL et al., 2002).

A Organização Mundial da Saúde, tem observado a necessidade em valorizar a utilização de plantas medicinais na atenção básica de saúde (ROSA et al., 2011). Isso contribui para que o estudo das substâncias de plantas possa ser elevado e os resultados apresentem eficácia, assim a população tem credibilidade com

o uso. No Brasil, pesquisas demonstram que 91,9% da população faz uso de alguma planta medicinal, e 46% dessas pessoas mantêm cultivo caseiro dessas plantas, o que facilita a sua utilização (ABIFISA, 2007).

Com o avanço da tecnologia, e a inovação nas formas de isolar componentes específicos das plantas, a identificação de substâncias complexas foi realizada de forma rápida, facilitando à indústria farmacêutica um reconhecimento da comprovação de sua eficácia (OMS, 2008).

O Brasil possui uma diversidade do conhecimento tradicional associado ao uso das plantas medicinais, que é transmitido através das gerações, colaborando para que mais estudos possam ser feitos sobre as propriedades curativas das espécies vegetais. Isso resultou da influência de diversas etnias, onde muitas espécies foram trazidas de outras regiões e adaptadas em ambiente distinto do seu habitat. Grande parte do conhecimento fitoterápico brasileiro deve-se ao legado deixado pelas tribos indígenas, pela colonização Europeia e populações africanas (MARTINAZZO, 2006).

As plantas medicinais desempenham um papel cada vez mais importante na saúde, na cultura, na renda da população e na conservação e preservação das espécies vegetais. Apesar de serem produtos naturais, as plantas exigem o preparo correto, o aproveitamento adequado dos princípios ativos, e o uso adequado para trazer benefícios à saúde (ARNOUS et al., 2005)

Por ocorrer uma alta demanda da procura, o extrativismo não é a forma mais adequada de exploração de plantas de uso medicinal da flora nativa, pois tem levado a reduções drásticas das populações naturais dessas espécies. Como o processo de extrativismo das espécies de interesse ainda perdura, somente o acesso a informações que permitam a estruturação de tecnologias pertinentes aos ambientes e diversidades existentes pode mudar esse quadro, tornando a domesticação e o cultivo dessas espécies questões prioritárias quanto à preservação dos recursos naturais, e ainda apresentar opções na obtenção de matéria-prima de interesse farmacêutico.

As crenças populares de que o medicamento natural à base de plantas é mais seguro e eficaz traz popularidade às plantas medicinais. No entanto, existe uma preocupação com a segurança, eficácia e qualidade dessas substâncias (CARDOSO; AMARAL, 2017). Especificamente no Brasil, há cerca de 71 espécies de fitoterápicos utilizados com fins terapêuticos. Para avaliar o potencial farmacológico ou a toxicidade das espécies, grande parte dos estudos científicos estão voltados para o uso de plantas com finalidade medicinal (MENDONÇA et al., 2020).

Sabe-se que um desafio muito grande que se enfrenta é o fato de que a biodiversidade está diminuindo devido ao aumento populacional, ao aumento da poluição atmosférica e a expansão do agronegócio, o que está fazendo com que haja redução das florestas, e, conseqüentemente, muitos protótipos naturais para o desenvolvimento de novos fitoterápicos estão sendo perdidos.

Óleos essenciais

São caracterizados óleos essenciais as substâncias naturais obtidas de origem vegetal, constituído de aroma forte, quase sempre agradável, onde a sua formação ocorre nas glândulas ou entre as células em forma líquida e são imiscíveis a água, utilizados como forma de proteção contra predadores e atração de polinizadores, sendo extraídos das plantas por alguns processos específicos, sendo na maioria por destilação por arraste com vapor de água (RODRIGUES, 2002).

Os óleos essenciais podem ser sintetizados por toda a planta, como por flores, folhas, caules, galhos, sementes, frutos, raízes, madeira ou cascas, e são armazenados em células secretoras, cavidades, canais, células da epiderme ou tricomas glandulares (BURT, 2004). São conhecidos pela fragrância e propriedades fortes pela sua atividade antisséptica, ou seja, bactericida, fungicida, antiviral e medicinais e podem ser utilizados como antimicrobianos, analgésicos, sedativos e anti-inflamatórios, desempenhando assim um importante papel na proteção da planta (AQUINO et al., 2010).

A produção dos óleos essenciais ocorre pelo metabolismo secundário em pequenas quantidades em relação às substâncias produzidas pelo metabolismo primário, sendo responsáveis por funções nem sempre bem definidas. Entre esses destacam-se as substâncias voláteis, que se difundem com facilidade a partir da evaporação, constituindo verdadeiro elo entre a fonte produtora e o meio ambiente. O acúmulo dessas micromoléculas em misturas complexas tem ação de proteção e sinalização inter e intra-específica para o vegetal, ademais, estudos recentes demonstraram a sua relevância para a saúde humana (BOUYAHYA et al., 2017; SALEHI et al., 2017; SALEM et al., 2018;). Logo, estão associadas a várias funções necessárias à sobrevivência do vegetal em seu ecossistema.

Em geral, a regulação biossintética dos constituintes químicos dos óleos essenciais é determinada por expressão gênica, no entanto, sabe-se que a qualidade da constituição fitoquímica dos óleos essenciais produzida pelas plantas pode sofrer variações resultantes de diversos processos (YOSR et al., 2013; BOUYAHYA et al., 2017). Os compostos voláteis podem sofrer modificações através de reações de oxidação, isomerização, ciclização, polimerização ou desidrogenação, as quais podem ser acionadas enzimaticamente ou quimicamente. Essa variação causada pelas respostas ambientais e fisiológicas tem sido um dos principais obstáculos para garantir a qualidade do óleo, como também, a colheita, pós-colheita e ações de transformações na produção industrial de fitomedicamentos e até mesmo de cosméticos (BOUYAHYA et al., 2017; SALEHI et al., 2018; SALEM et al., 2018).

Vale ressaltar que a biossíntese da maioria dos metabólitos especiais, incluindo terpenos e arilpropanóides, tende a ocorrer em estágios específicos durante o desenvolvimento da planta e dentro de tecidos específicos. Dependendo do tecido/ parte da planta em estudo, composições químicas totalmente diferentes podem ser obtidas (YU; UTSUMI, 2009; ABBAS et al., 2017). Essa diferenciação na distribuição/ armazenamento dos processos de biossíntese e de substâncias que compõem os óleos nos diferentes compartimentos vegetativos têm inter-relação com a questão evolutiva específica de cada táxon, denominado de co-evolução bioquímica. Esse fato sugere uma especialização a depender das relações

ecológicas estabelecidas durante a história dessa espécie no ambiente (FIGUEIREDO et al., 2008; GOTTLIEB et al., 2012).

Os óleos essenciais são importantes para os estudos sobre variações químicas em plantas e de contribuições para o entendimento da quimiodiversidade, pois são misturas que possuem classes de substâncias com o maior número em diversidade estrutural. Como resultado, a característica mais apreciável nos óleos é o aspecto sensorial olfativo, pois as alterações associadas às variações na composição química, frequentemente, são perceptíveis ao sistema olfativo humano e animal (SIMÕES et al., 2017).

Diferentes métodos podem ser aplicados para obtenção de óleos essenciais, desde os mais tradicionais aos mais modernos, cabendo então ao produtor a escolha do método que apresenta o maior número de vantagens, uma vez que muitas dessas técnicas apresentam a perda de componentes voláteis, baixa eficiência de extração, degradação de compostos insaturados ou éster, além de possíveis resíduos tóxicos derivados de solventes utilizados no processo de extração (TEMELLI et al., 2007). Logo, as técnicas mais modernas focadas em abordagens mais sustentáveis podem aumentar a eficiência de produção e contribuem para a proteção ambiental devido à redução do uso de energia fóssil, solventes ou geração de substâncias nocivas (REYES-JURADO, 2015).

A composição química dos óleos essenciais pode diferir quando extraídos de partes distintas da mesma espécie vegetal, cultivados de formas diferentes, em ambientes distintos, irrigação e os métodos utilizados para sua extração forem diferentes. Logo, essa mudança pode ser compreendida ao se entender que os óleos fazem parte do metabolismo da planta e estão em constante instabilidade enquanto viver. Sendo assim, as alterações irão acontecer modificando uns compostos em outros, de acordo com a parte da planta, o momento de seu desenvolvimento ou crescimento, o horário da sua colheita, e após sua extração, devido às mudanças físico-química através de reações químicas com o meio, como a luz solar, enzimas e a vidraria onde é armazenado o óleo, assim, percebe-se a importância da atenção durante o processo de extração. (WOLFFENBÜTTEL, 2007)

A complexidade química dos óleos essenciais pode conter cerca de 2-60 componentes em concentrações muito diferentes, sendo caracterizado por compostos orgânicos com baixo peso molecular formados por monoterpenos, sesquiterpenos e fenilpropanóides. (CAMPOS et al, 2012) Podem ainda ser constituídos por os álcoois, ésteres, éteres, aldeídos, cetonas, lactonas, fenóis e éteres de fenol (BIZZO et al., 2009.) No entanto, esses componentes geralmente determinam as propriedades biológicas do óleo essencial (PICHERSKY et al., 2006).

Segundo Mendes et al. (2010), os componentes que predominam e são isolados em maior quantidade podem exibir suas características biofísicas e biológicas, mas os efeitos do óleo essencial depende das concentrações dos componentes principais combinado por outros componentes de menor quantidade, logo, uma mesma espécie de planta pode variar significamente o número dos composto, a quantidade e o rendimento do óleo essencial, isso pode ser devido aos fatores que vão desde ao clima até ao método de extração do óleo. (BAKKALI et al., 2008)

O valor dado ao óleo essencial tem se estendido ao longo dos anos, tendo sua aplicação em várias áreas, como: saúde no uso terapêutico e no tratamento de doenças relacionadas à memória, pois estudos indicam que óleos essenciais específicos ativam certas regiões do cérebro, influenciando nas emoções, sensações, recordações e lembranças, na área da perfumaria e cosmética, estudos mostram que a ingestão de cápsula de óleo de lavanda perfuma o corpo através da sua eliminação pela transpiração, (CAVALCANTI, 2008) área alimentícia, com ação antioxidantes e antimicrobianos, na aromatização ambiental através de produtos sanitários usados em diversos departamentos, e na moda, onde o óleo é liberado a partir do uso das peças. Logo, estudos vêm sendo realizados para ampliar sua utilização em diferentes aplicações tecnológicas. (SILVA, 2019)

As novas tecnologias ampliam as formas de aplicação do óleo essencial, que vem sendo encapsulado em diferentes micro/nanopartículas. Estudos realizados no setor agrícola, mostram o desenvolvimento de nanopartículas de quitosana carregadas com o óleo essencial de orégano que tem apresentado eficiência fungicida no combate de agentes fúngicos como *Alternaria alternata*, substituindo o uso de fungicidas sintéticos que podem ter efeitos cancerígenos na saúde humana ao longo do tempo (YILMAZ et al., 2019). Na área alimentícia o uso do nanoencapsulamento de compostos ativos, como o óleo essencial de *Rosmarinus officinalis* L., tem apresentado a capacidade antioxidante e antimicrobiana em carnes bovinas, estendendo a preservação de carne e diminuindo as substâncias indesejáveis, que podem levar a potenciais efeitos colaterais (HADIAN et al., 2017).

Uso do óleo essencial

Estudos estão sendo desenvolvidos para se compreender como se dá o mecanismo de ação da atividade microbiana do óleo essencial. Para Holley e Patel (2005), seus efeitos antimicrobianos estão efetivos na membrana citoplasmática, causando modificações na estrutura e funções dos micro-organismos. Dessa maneira, a utilização dos compostos naturais, possuem forte propriedade bactericida contra patógenos alimentares, sendo uma alternativa para se reduzir o uso de substâncias químicas na indústria alimentícia (PELLISSARI et al., 2009).

Os óleos essenciais apresentam função de defesa contra outros organismos e podem ser utilizados na agricultura. Essa defesa pode afetar diretamente o desempenho do inseto/patógeno; ou indireta, na qual substâncias emitidas pela planta atraem parasitas e predadores do inseto fitófago (MARANGONI et al., 2013). Em caso de defesa direta, por exemplo, tem-se que os monoterpenos α - e β -pinenos, 3-careno, limoneno, mirceno, α -terpineno e canfeno apresentam excelente atividade inseticida, atuando como inibidores ou retardadores de crescimento, danos na maturação, redução da fertilidade, supressores de apetite, alteração de comportamento, dentre outros (MARANGONI et al., 2013).

Além disso, os óleos podem exercer um papel relevante na defesa contra fungos e bactérias. Um estudo realizado com crisântemos (*Chrysanthemum* sp.) demonstrou uma significativa distinção entre os

constituintes voláteis de plantas infectadas com microrganismos em relação ao grupo controle, o que demonstra papel fundamental na atividade antifúngica (PIESIK et al., 2015).

Em estudo realizado por Da Silva e colaboradores (2018) foi avaliada a atividade antimicrobiana do óleo essencial de jambolão (*Syzygium cumini*) e foi observada uma eficaz atividade frente a diversas bactérias aeróbicas e anaeróbicas, demonstrando que o óleo essencial de jambolão é promissor na utilização como substituto de antibióticos sintéticos para destruição e inibição de microrganismos patogênicos. Elansary et al. (2012) avaliaram o efeito inibitório do óleo essencial de jambolão frente a diversas bactérias, e observaram forte atividade inibidora contra as cepas bacterianas testadas, principalmente frente a *Escherichia coli*. A alta concentração de α -pineno no óleo de folhas de *S. cumini* está associada às propriedades antibacterianas, antifúngicas, anti-inflamatórias, inseticidas e antioxidantes desse óleo (MOHAMED; ALI; EL-BAZ, 2013).

O óleo essencial do capim limão reduziu o apodrecimento de sementes de melão, previamente inoculadas com *Penicillium citrinum*, *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger* e *Aspergillus tamarii*, e esse experimento diminuiu, parcialmente, a produção de aflatoxina em sementes descascadas e inoculadas com *A. flavus*, nas concentrações de 0,1 e 0,25% (v/m), e completamente nas concentrações de 0,5 e 1% (BANKOLE & JODA, 2004).

Para o controle da atividade fungitóxica, métodos naturais estão sendo ampliados, utilizando, por exemplo, o óleo de pimenta de macaco (*Piper aduncum*) para evitar o crescimento micelial de *Colletotrichum musae* na banana (BASTOS; ALBUQUERQUE, 2004). Já a ação antifúngica e antioxidante é evidente nos óleos essenciais de *Coriandrum sativum* L., *Commiphora myrrha* (Nees) Engl., *Cananga odorata* Hook. F. & Thomson e *Origanum majorana* L. (PRAKASH et al., 2012), sendo uma alternativa para substituição do controle químico para os biodegradáveis e ecologicamente corretos.

Entre os óleos essenciais mais comuns no mercado, o óleo de Lavanda (*Lavandula angustifolia*) é o mais utilizado em aromaterapia (ALVES, 2018), que consiste em uma terapia usando óleos essenciais administrados por inalação, ingestão e absorção dérmica. As atividades analgésicas, anti-inflamatória, ansiolíticas e antidepressivas estão diretamente relacionadas com a composição do óleo essencial (GOREN et al., 2002).

Na Pesquisa de Wang et al. (2005), utilizando medições de ressonância magnética nuclear da região cerebral mostram que o sistema límbico é ativado durante a inalação do óleo essencial de lavanda (*Lavandula officinallis*), esclarecendo a influência dos aromas nas emoções, sensações, lembranças e recordações. Óleos essenciais específicos estão sendo utilizados no tratamento de pacientes com problemas na área da memória e nos casos de amnésia total, demência vascular e Alzheimer (AXEL; BUCK, 2004).

Na Alemanha, Lehrner et al. (2005) analisaram o impacto dos óleos essenciais de laranja (*C. sinensis*) e lavanda (*L. angustifolia*), na ansiedade, humor, estado de alerta e calma em consultórios odontológicos. Os resultados comprovaram que os pacientes submetidos à inalação do óleo essencial melhoraram o humor, reduzindo os sintomas de ansiedade.

Várias plantas possuem potencial para extração de óleos essenciais voláteis que podem ser utilizados nos mais variados tipos de indicações, principalmente na indústria de cosméticos e perfumarias. Muitas têm potencial conhecido sobre a produção de óleos essenciais de comprovada eficácia no tratamento de doenças, principalmente às relacionadas ao trato respiratório (SOUSA et al., 2020).

Segundo Cunha et al. (2012), o óleo de eucalipto exerce uma grande ação sobre o sistema respiratório, com propriedades expectorante, fluidificante de secreções e atuando também como antisséptico. Possui propriedades imunoestimulantes, anti-inflamatório, atuando nos sintomas da gripe, resfriado, associados a infecções das vias aéreas superiores com presença de secreção e asma (WOLFFENBÜTTEL, 2020). Além disso, é um poderoso desinfetante de ambientes, principalmente contra bactérias aeróbias e fungos. Purifica o ambiente quando aplicado no ar através do uso de difusores (SOUSA et al., 2020).

O *Pinus Sylvestris* é uma planta onde a maior concentração de óleo essencial é encontrada nos brotos, os seus principais constituintes são: α – pineno, β – pineno, canfeno, cariofileno, ácido cinâmico, terpinoleno, limoneno e acetato de bornilo (KIM et al., 2013). Possui ação benéfica na má circulação e no sistema imunológico; no sistema respiratório em combate à bronquite, asma e laringite; no sistema geniturinário do tratamento da cistite, hepatite e problemas na próstata; além de atuar no sistema nervoso em debilidade nervosa, fadiga e fraqueza mental. (MORETTO et al., 2015).

De acordo com Alonso (2004), a erva doce (*Foeniculum vulgare*) tem ação carminativa, antiespasmódico, estomáquico, estimulante geral, galactagogo e diurético. A semente favorece as secreções salivares e gástricas, em consequência, o peristaltismo do tubo digestivo. Indicado em casos de afecções digestivas como acidez estomacal, estimulante gastrointestinal, dispepsia nervosa, espasmos, cólicas intestinais, gases, vômitos e halitose. Também age como regulador e facilitador da produção de hormônios femininos, bem como alivia cólica menstrual. É calmante e relaxante para alívio e desconforto das regiões do tórax, pulmões, intestino, estômago e útero. (CUNHA et al., 2012).

Técnicas de Extração do óleo essencial

Os métodos para obtenção do óleo essencial variam conforme a localização do óleo na planta. Independentemente do método de extração utilizado, o rendimento de óleos essenciais presentes nas plantas geralmente é baixo e na maioria das vezes não ultrapassa 2% da matéria vegetal utilizada (CUNHA et al., 2012).

O óleo pode ser extraído através vários métodos, como a destilação por arraste de vapor, enfloração, extração com solventes orgânicos, CO₂ supercrítico e prensagem (SIMÕES; SPTIZER, 2004).

Arraste por vapor d'água: é o método mais utilizado para a extração de óleos essenciais, onde se obtêm óleos de diversas partes da planta (ROMDHANE & TIZAOUI, 2005). Neste processo o vapor d'água permeia os tecidos da biomassa, levando consigo o óleo contido no interior de suas glândulas. Como os óleos essenciais têm tensão de vapor mais elevada que a água, acabam sendo arrastados pelo vapor de água

e a mistura de vapores é conduzida a um condensador, onde voltam ao estado líquido e são recolhidos em um separador. Após, o óleo é retirado pelo processo de decantação e está pronto para uso (RODRIGUES, 2002). As indústrias dão preferência à extração por arraste a vapor, pois, além de produzir um óleo de alta qualidade, é de simples operação em comparação com outros processos e não agride o meio ambiente (ROMDHANE & TIZAOUI, 2005).

Enfloração: O princípio deste método consiste na capacidade da gordura absorver os constituintes voláteis emitidos pelas flores. É utilizado por indústrias de perfumes, com o intuito de extrair óleo essencial de pétalas das flores, onde são depositadas as pétalas sobre uma camada de gordura, durante um determinado período, em temperatura ambiente. Com a absorção, as pétalas são substituídas por novas até atingir a incorporação total do óleo, este processo se repete por várias semanas. Em seguida a gordura é tratada com álcool, onde é destilado a baixa temperatura para obtenção do óleo. Este método é empregado em flores que possuem baixo teor de óleo essencial, sendo este extremamente instável (PINHEIRO, 2003), pois é um processo complexo, caro, lento e com um alto valor comercial (BIASI & DESCHAMPS, 2009).

Extração por solventes orgânicos: método em que os óleos essenciais são extraídos em geral de solventes apolares, como hexano, benzeno, tolueno, dentre outros que preservam a integridade dos compostos presentes. O solvente deve ter como características a seletividade, baixa temperatura de ebulição, possuir um baixo custo e ser quimicamente inerte (BIASI & DESCHAMPS, 2009). O processo consiste em colocar um solvente orgânico em contato com a matriz vegetal. A transferência dos constituintes solúveis presentes na planta ocorre após um tempo e então, efetua-se a separação das fases sólida e líquida. A obtenção do óleo se dá pela evaporação do solvente presente na fase líquida (STEFFANI, 2003).

Extração por CO₂ supercrítico: consiste em recuperar os aromas naturais do óleo essencial, obtêm-se óleos essenciais de melhor qualidade, de grande potencial terapêutico, e mantém a integridade dos compostos ativos (PINHEIRO, 2003). Para extração industrial de óleos essenciais esse método é ideal. O solvente não permanece no produto obtido, tornando-o mais puro do que os obtidos por outros métodos. Para a extração, o CO₂ é liquefeito através de compressão e após, aquecido a uma temperatura superior a 31°C, este recebe as partes da planta que tem o óleo extraído, nas quais age como um solvente. Logo, o CO₂ atinge um estado, no qual sua viscosidade é semelhante à de um gás, mas sua capacidade de dissolução é elevada como a de um líquido, para extrair o óleo com perfeição. Em seguida, o CO₂ resulta na sua eliminação, pois retorna ao estado gasoso (MSAADA et al., 2012).

Prensagem: método empregado para extrair óleo das cascas de frutos cítricos, como o limão, tangerina e laranja, que apresenta seus óleos essenciais em bolsas do fruto. Esse método vem sendo usado em grande escala nas unidades de extração de suco de laranja no estado de São Paulo, pois é crescente a exportação de óleo essencial de laranja no Brasil (BIASI & DESCHAMPS, 2009). Para que ocorra o processo, o fruto é prensado por uma prensa hidráulica, e a camada que contém o óleo essencial é coletada

e, posteriormente, separa-se o óleo da emulsão formada com água, através de decantação, centrifugação ou destilação fracionada (PINHEIRO, 2003).

Fatores ambientais e a composição dos óleos essenciais

A biossíntese de compostos bioativos, como monoterpenos, é regulada pela interação de fatores ontogenéticos e ambientais, incluindo temperatura, fotoperíodo e radiação (BEHN et al., 2010). A intensidade luminosa é um fator que influencia a concentração e composição química dos óleos essenciais. A presença de luz é necessária para o desenvolvimento dos tricomas glandulares, estruturas vegetais que biossintetizam e armazenam o óleo essencial (MORAIS, 2009), além de ser o principal fator que controla o crescimento, o desenvolvimento e o metabolismo das plantas, em todos os estágios de crescimento (CHANG et al., 2008; COSTA et al., 2012).

Em trabalho realizado por Costa et al. (2014), testando diferentes níveis de sombreamento e tipos de malha no crescimento das plantas e produção de óleo essencial de hortelã-pimenta (*Mentha piperita*), os pesquisadores observaram que o teor do óleo essencial não foi afetado. Entretanto, houve um decréscimo linear no rendimento do óleo essencial em ambas as malhas testadas à medida que os níveis de sombreamento aumentaram, sendo na malha preta a redução do rendimento mais acentuada em comparação com a malha aluminizada, e o máximo rendimento foi no tratamento a pleno sol. Os constituintes majoritários são representados pela mentona, mentofurano, mentol e acetato de neomentila. A concentração de mentona e mentol aumentaram com o sombreamento. O menor teor de mentofurano foi observado a pleno sol e os maiores sob as malhas aluminizada 70%, preta 30% e preta 50%.

Na síntese do óleo essencial de hortelã-pimenta, a pulegona, que é um composto minoritário do óleo, é precursor do mentol. De acordo com as condições ambientais, a mentona pode ser reduzida pela pulegona e sintetizar mentol, através da pulegona redutase, ou pela mentofurano sintase, oxidar a mentofurano (MAHMOUD & CROTEAU, 2003). O produto da acetilação do mentol é o acetato de mentila. Com isso, percebeu-se que o nível de sombreamento e tipo de malha empregada no cultivo influenciou as reações de oxidação, redução e acetilação da via biossintética dos monoterpenos de hortelã-pimenta. Houve redução no crescimento e rendimento do óleo essencial causado pelo sombreamento das malhas, mas indicou que plantas de hortelã-pimenta respondem distintamente aos níveis de sombreamento e malhas quanto aos teores dos monoterpenos majoritários. A hortelã-pimenta mostra drásticas alterações no metabolismo em resposta a condições ambientais, incluindo a qualidade e quantidade de luz (BEHN et al., 2010; DOLZHENKO et al., 2010).

Variações de luz e temperatura no cultivo das plantas podem influenciar no seu metabolismo primário e secundário, atuando na formação dos monoterpenos (DOLZHENKO et al., 2010). A maturação e a qualidade do óleo poderiam representar um problema em áreas de menor latitude, resultando óleos essenciais com conteúdo elevado de mentofurano, componente indesejável no óleo essencial. Com isso,

parece que o fotoperíodo associado com as variações ambientais influencia consideravelmente a composição de terpenos dessa espécie.

Em plantas de manjeriço (*Ocimum basilicum*), alterações na radiação incidente afetaram a porcentagem relativa dos componentes do óleo essencial. Linalol, eugenol e metileugenol são os três compostos químicos principais nas folhas de manjeriço, e ambos foram influenciados pelos diferentes tratamentos de sombreamento. Houve aumento no linalol e eugenol, compostos que contribuem para o sabor característico do manjeriço, quando submetidos à maior luminosidade, enquanto o metileugenol aumentou com um maior sombreamento. A diferença na luminosidade não alterou o conteúdo relativo de 1,8-cineol, um dos principais compostos aromáticos das plantas desse gênero (CHANG et al., 2008).

Amaral (2007), testando diferentes qualidades de radiação luminosa no crescimento de plantas de hortelã-peluda (*Mentha suaveolens*), observou que devido à maior produção de biomassa seca das folhas nas plantas cultivadas sob malha preta com sombreamento de 50%, o rendimento do óleo essencial neste tratamento foi maior que as plantas cultivadas sob tela azul e vermelha. Entretanto, não houve alterações nos teores de óleo essencial.

O fotoperíodo, a temperatura, o estresse hídrico e a intensidade de radiação solar são os fatores climáticos que podem alterar os mecanismos de uma planta. Diversas maneiras de cultivo podem ser estabelecidas a fim de ter melhor resultado com a finalidade de aumentar a concentração de princípios ativos em espécies medicinais. No entanto, é necessário considerar as condições ambientais da espécie, uma vez que esses fatores proporcionam respostas diferenciadas sobre os óleos essenciais (SHAHAK; GUSSAKOVSKY, 2004).

Existem diversos estudos que demonstram que uma planta pode variar consideravelmente durante o ciclo dia e noite os constituintes químicos de óleo essencial, pois nesse intervalo de tempo ocorrem flutuações na temperatura, intensidade luminosa e umidade relativa do ar (GOBBO-NETO, 2007; CASTELO et al., 2013; RAPOSO et al., 2018; SILVA et al., 2019). Estudos relatam que o maior rendimento do óleo está no período da tarde (CASTELO et al., 2013), no entanto, algumas plantas demonstram que seu ápice de rendimento de óleo está pela manhã (RAPOSO et al., 2018; SILVA et al., 2019). Logo, estudos devem ser conduzidos para quantificar a variação causada pela qualidade espectral da radiação solar e, assim, modular a radiação e estabelecer padrões de cultivos que forneçam óleo essencial com alto rendimento e qualidade (GONÇALVES et al., 2003).

Em estudos realizados por Chaves (2002), testando o efeito da época de corte (outono, inverno, primavera e verão) na composição do óleo essencial de folhas e inflorescências de alfavaca-cravo (*Ocimum gratissimum*), houve influência da variação climática na composição do óleo essencial, apresentando as folhas como componente majoritário, o eugenol no verão, e o b-selineno e trans-cariofileno no inverno. As inflorescências indicaram 1,8-cineol como componente principal, com diminuição dos níveis de eugenol, sendo o teor do primeiro componente inferior no outono.

A influência de modificação nos óleos por partes diferentes da planta, evidenciou-se nos trabalhos de Bezerra et al. (2008), onde mostraram alterações nos teores de acetato de trans-pinocarveila, acetato de mirtenila e b-pineno, compostos constituídos em maior quantidade no óleo essencial de macela (*Egletes viscosa*), e mudanças foram apresentadas em distintas épocas de colheita na extração de capítulos florais.

Para verificar a influência da época e do horário de coleta no rendimento e composição do óleo essencial de manjeriço (*Ocimum basilicum*), Silva et al. (2005), realizaram cortes às 8h e 16h, no período de agosto de 1999 e janeiro de 2000. Concluíram que a época de colheita influenciou o teor final do óleo essencial, apresentando o óleo essencial colhido em janeiro maior rendimento (2,26%) que o óleo essencial colhido em agosto (1,06%). Em relação à composição do óleo essencial, não houve influência do horário de coleta, que apresentou como compostos principais o eugenol e o linalol, porém, houve uma diminuição do teor de linalol no corte efetuado em janeiro (21,24%) quando conferido ao corte de agosto (25,03%).

Nos trabalhos de Silva et al. (2003) foram avaliados o teor de óleo essencial em plantas de *O. basilicum* e sua relação entre diferentes estádios de desenvolvimento. Duas colheitas foram realizadas, sendo uma aos cinco e a outra aos dez meses após o plantio. Os autores observaram maior produtividade de óleo essencial na colheita realizada aos dez meses após o plantio.

Nos estudos realizados por Blank et al. (2007), foram observados em *Cymbopogon winterianus* Jowitt os maiores rendimentos de óleo essencial, em folhas coletadas às nove horas durante o verão, inverno e primavera, onde o teor de óleo foi influenciado pela estação do ano e tempo de secagem. Entretanto, Santos et al. (2009) verificou que na espécie *C. citratus* (DC) Stapf, ocorreu maior rendimento de óleo essencial nos meses de abril, setembro e outubro, em relação aos meses de março, maio, julho e agosto, em que houve diminuição das chuvas e aumento na variação da temperatura.

Maiores teores de óleos essenciais de *Hyptis marruboides* Epl., foram encontrados no verão, quando as plantas estavam em floração, possivelmente em virtude dos dias mais longos. No inverno, o teor de monoterpenos dobrou em relação aos sesquiterpenos, que pode estar relacionado ao ciclo fisiológico da planta (BOTREL et al., 2010). A influência da sazonalidade também foi constatada nos principais constituintes voláteis de *Aniba canelilla* na região amazônica, sendo os mais expressivos o 1-nitro-2-feniletano e metileugenol. No período das cheias, o 1-nitro-2-feniletano é o principal composto nas cascas de caule e o metileugenol o de menor concentração, mas no período da seca ocorre uma inversão entre estes dois compostos (TAVEIRA et al., 2003).

A deficiência hídrica pode deixar as plantas mais suscetíveis às doenças, pois afetam as defesas químicas das espécies. A disponibilidade de água pode diminuir a produção de óleo essencial, pois a água é um importante fator para o metabolismo das plantas, sendo que na presença de um ambiente úmido seria maior a produção dos princípios ativos. Estudos recentes indicam para a melhor compreensão da influência da disponibilidade de água às plantas medicinais, está associado à produção de compostos secundários de interesse comercial (ALVARENGA et al., 2012).

Em ambientes de baixa disponibilidade de água, os processos metabólicos das plantas que podem ser afetados envolvem fechamento dos estômatos, decréscimo na taxa de crescimento, acúmulo de solutos e antioxidantes, sendo apontado em estudos que esses mecanismos permitem às plantas tolerar a redução hídrica no solo e alterar a expressão de genes específicos de estresse (SILVA; CASALI, 2000).

Em experimentos realizados em casa de vegetação com diferentes acessos de erva-de-bicho (*Polygonum punctatum*), Lopes et al. (2001) avaliaram a influência de regimes hídricos (ambiente úmido, moderadamente úmido e seco) na produção de óleo essencial e observaram maior rendimento no ambiente seco que nos demais ambientes. Este resultado demonstra que o aumento na biossíntese do óleo essencial pode funcionar como resposta adaptativa ao estresse hídrico, relacionando uma resposta fisiológica às variações ambientais.

Nos experimentos realizados por Pinto et al. (2014), que teve como objetivo analisar o efeito de diferentes lâminas de irrigação na produção e composição do óleo essencial do capim-limão, o tratamento sem estresse hídrico e com frequência de irrigação realizada duas vezes na semana possibilitou o maior rendimento de óleo e o com irrigação em excesso ocorreu declínio no rendimento. Na verificação dos componentes do óleo, o citral foi obtido em maior concentração com irrigação de 100% da demanda hídrica da cultura, com intervalo entre irrigações moderadas. Já o componente neral apresentou menores valores nos tratamentos com maior irrigação.

Em pesquisas sobre os efeitos da disponibilidade hídrica, Solíz Guerrero e colaboradores (2002) verificaram que o teor de substâncias produzidas pelas vias do mevalonato e metileritrose fosfato em plantas de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) declinou de 0,46% para 0,38%, em comparação com plantas que cresceram em circunstâncias com baixo e com alto déficit hídrico (WARD, 2000; AKULA & RAVISHANKAR, 2011).

Domingos et al. (2020) avaliaram o teor e identificação química do óleo essencial de manjerição (*O. basilicum* L., var. Cinamon) submetido ao estresse hídrico em ambientes distintos (telado e céu aberto). As plantas cultivadas sob telado e a céu aberto não apresentaram diferença nos teores de óleo essencial. Após catorze dias de estresse hídrico em telado, os óleos essenciais foram coletados e apresentaram melhores picos e intensidade de absorção, demonstrando uma melhor verificação dos grupos funcionais, que foram álcoois e fenóis.

A limitação hídrica também afeta a quantidade de monoterpenos emitidos pelas plantas. Em um estudo realizado em árvores de erva-mate (*Quercus ilex* L.) houve uma diminuição da produção de monoterpenos durante seca mais pronunciada, durante o verão. Além disso, houve um aumento de 82% da emissão de monoterpenos em árvores irrigadas no período de seca frente às árvores que receberam um tratamento diferente (LAVOIR et al., 2009).

As plantas são capazes de sobreviver em uma considerável faixa de temperatura, pois se adaptam ao seu habitat (BRANT et al., 2009), no entanto, sofrem modificações na produção de metabólitos secundários, dependendo da estação, pois há uma média de temperatura predominante, fazendo com que o

vegetal produza mais ou menos óleo essencial como forma de preservação da temperatura foliar (BARROS et al., 2009).

Existem espécies que reduzem sua produção de metabólitos na primavera, como *Digitalis obscura* L. (WOLFFENBÜTTEL, 2010). No decorrer dos meses mais frios, nota-se em muitos estudos uma diminuição da produção de óleo essencial (MORAIS, 2009). Ao contrário, na época mais quente do ano, é observado uma maior na produção de óleo, como por exemplo, em *Melissa officinalis* L. (LUZ et al., 2014). Porém em dias muito quentes, pode ocorrer perda de óleo por volatilização (BRANT et al., 2009).

Ao analisar o rendimento e a composição química do óleo essencial de *Ocimum basilicum* em diferentes níveis de déficit hídrico, Novello et al. (2020), verificaram um rendimento de 0,039% no tratamento controle, e a produção de óleo essencial aumentou para 0,146% e 0,116% sob condições de estresse moderado e severo. Esse aumento no rendimento do óleo essencial pode estar relacionado a uma realocação do carbono assimilado devido ao menor crescimento da planta (DE ABREU & MAZZAFERA, 2005). Além disso, o elevado acúmulo de óleo sob condições de estresse resulta em uma maior densidade de glândulas de óleo devido à redução na área foliar (BETTAIEB et al., 2009). Isso foi observado em espécies de plantas aromáticas cultivadas em condições de déficit hídrico, como a salsa (*Petroselinum crispum*) (PETROPOULOS et al., 2008) e sálvia (*Salvia officinalis*) (BETTAIEB et al., 2009).

Fatores variados como amplitude térmica, insolação, incidência de geadas, precipitação, velocidade do vento, temperaturas extremas e intensidade da radiação, diferem para altas e baixas altitudes e dificultam o estudo da influência da altitude nos metabólitos. Sugere-se que estejam associados a uma maior contribuição genética, porém, conclusões a respeito de possíveis variações no processo adaptativo ou resposta a fatores ambientais relacionados à altitude são complexas (RUHLAND; DAY, 2001; DEMASI et al., 2018, YAHIA, 2019).

Para estudos do óleo essencial com populações de funcho (*F. vulgare* Mill.) verificou-se a presença dos sesquiterpenos α -santalal e α -cadineno em grande altitude, e ausência deles no óleo da planta cultivada em baixa altitude. Alguns monoterpenos oxigenados como verbenol, pinocarvona, p-mentha-1,5-dien-8-ol, myrtenal, transmyrtenol, trans-carveol e trans-3-carene-2-ol foram detectados apenas em baixas altitudes (PUNETHA et al., 2019).

No caso do estudo do óleo essencial de *Hypericum italicum* L. coletado na região da Croácia, houve aumento no teor de substâncias oxigenadas de acordo com a altitude e a exposição à radiação solar, sendo o inverso observado para a fração de hidrocarbonetos. Algumas das substâncias, como α -turjona, β -pineno, β -mirceno, limoneno e γ -terpineno, tiveram suas concentrações diminuídas com o aumento da altitude, enquanto que α -pineno aumentou em menores altitudes (CAVAR- ZELJKOVIC et al., 2015).

Assim como a altitude, o solo, seus nutrientes e o pH são fatores importantes para o crescimento e desenvolvimento da planta, sendo capazes de afetar de forma relevante a síntese de metabólitos e os constituintes do óleo essencial (GOUVEA et al., 2012), pois as quantidades de nutrientes podem estar relacionadas com as modificações na síntese de substâncias ativas (MORAIS, 2009).

Em *Cistus monspeliensis* L., o tipo de solo influenciou a produção de terpenos, sendo que quando a planta foi cultivada em solo silicioso houve aumento dessas substâncias em comparação com solo calcário (FIGUEIREDO et al., 2008). Enquanto a composição química dos óleos de *Helichrysum italicum* (Roth) G. Don e *Microphyllum* (Willd.) Nym. não foram influenciadas pelo pH, a produção de óleo de valeriana (*Valeriana officinallis* L.) e camomila (*Matricaria chamomilla* L.) variou com o pH alcalino (LIMA et al., 2012).

A salinidade do solo é um dos fatores abióticos que mais impacta a produtividade de plantas agrícolas em todo o mundo e influencia a composição dos óleos essenciais em espécies de plantas medicinais. Em experimento para avaliar a influência do estresse salino na composição dos óleos essenciais de *Lippia alba*, as plantas foram cultivadas in vitro com adição de cloreto de sódio (NaCl) em quatro concentrações: 0, 30, 60 e 90 mM durante 40 dias. O óleo essencial aumentou os teores de linalol e reduziu os teores de eucaliptol em plantas sob estresse salino mais severo (60 mM), sendo que não comprometeu a via dos monoterpenos e sesquiterpenos (CASTRO, 2019).

Nos experimentos realizados em *Artemisia annua* L., o principal componente do óleo essencial, a cânfora, aumentou em todos os tratamentos com NaCl (50, 100 e 200 mM) em relação às plantas controle (YADAV et al., 2017). Além disso, em condições de estresse salino em todas as fases de desenvolvimento da planta, houve aumento no total de monoterpenoides e sesquiterpenoides. Resultados semelhantes também foram encontrados por Taarit et al. (2010), aumentando o rendimento do óleo essencial em *Salvia officinalis* com a exposição a concentrações entre 25 e 75 mM de NaCl.

Alves et al. (2015) ao avaliar o teor e rendimento do óleo essencial de manjeriço (*O. basilicum* L.) submetido ao estresse por NaCl, verificou que não ocorreu alteração nos teores de óleo da parte aérea com o aumento dos níveis de salinidade, mas o rendimento caiu 12,93% a cada acréscimo unitário dos níveis de salinidade. Os compostos químicos encontrados em quantidade elevadas no óleo essencial foram: E-Cinamato de metila (55,4%), Metil chavicol (12,63%), 1,8-Cineol (7,73%) e Z-Cinamato de metila (3,9%), e o principal composto constituinte foi o E-Cinamato de metila.

Paulus et al. (2008) observaram que plantas de menta japonesa (*Mentha arvensis*), submetidas a diferentes concentrações de solução nutritiva em cultivo hidropônico, apresentaram diferentes teores de mentol e mentona, mostrando que estes compostos são influenciados pela nutrição mineral da planta.

Outro fator interfere na biossíntese de metabólitos especiais é a presença dos gases atmosféricos (FIGUEIREDO et al., 2008). Elevadas concentrações de ozônio (O₃), monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂) e Nitratos (NO_x) indicam alterações na qualidade e quantidade das substâncias produzidas nos óleos essenciais (LEITE et al., 2016; FARHAT et al., 2019). Além disso, elementos climáticos como vento, chuva e temperatura podem aumentar o efeito causado por outros agentes poluentes, como gases liberados por veículos (FIGUEIREDO et al., 2008)

Estudo realizado com *Cyrtocymura scorpioides* (Lam.) H. Rob. em três pontos com diferentes níveis de poluição atmosférica produzida pela queima de combustíveis fósseis demonstrou que, em ambientes de

intenso tráfego a síntese de óleo essencial foi afetada, apresentando rendimento de 0,014g, enquanto em ambientes de tráfego médio e baixo, apresentaram rendimento de 0,030g e 0,284g, respectivamente (LEITE et al., 2016).

Vurro e colaboradores (2009), em estudo realizado com *Thymus vulgaris* L. sob condições controladas de emissão de CO₂, verificaram que as folhas das plantas cultivadas em condições de CO₂ elevado apresentaram aumento na síntese do óleo, com ligeira redução dos componentes mono e sesquiterpenos. Globalmente, os efeitos de CO₂ sobre o teor percentual de terpenóides são pequenos, e apesar de estudos terem demonstrado aumento nos teores, a maior parte não achou alteração nas concentrações desses metabólitos (LINDROTH, 2010). Entretanto, sabe-se que o aumento dos níveis de alguns deles é capaz de causar modificações no metabolismo especial das plantas.

Estudos recentes mostram os experimentos realizados nesta temática em que Borda et al. (2021) avaliaram se há diferenças no rendimento, na composição química e na atividade antimicrobiana dos óleos essenciais de *Plectranthus amboinicus* (Lour.) Spreng quando submetida a cultivos com adubações diferentes em um mesmo período do ano. Ribeiro et al. (2021) investigaram os efeitos das malhas e intensidades de sombreamento sobre a composição química e teor de óleo essencial de *Pogostemon cablin* (Blanco) Benth. Naoe et al. (2021) avaliaram o efeito do déficit hídrico e épocas de semeadura nos teores de óleo e proteína em soja coinoculada com *Azospirillum brasilense*. Alvarenga et al. (2021) avaliaram a influência da sazonalidade na composição química do óleo essencial (OE) de *Mentha x piperita* L. e *Mentha viridis* L. cultivadas no sudeste do Brasil. Arévalo et al. (2021) analisou a produção sustentável do óleo essencial de priproica (*Cyperus articulatus* var. *nodosus* L.) na Amazônia.

Neste contexto, percebe-se que fatores ambientais podem causar uma alteração significativa na qualidade e quantidade das substâncias químicas componentes de óleos essenciais que estão intimamente relacionadas com as respostas ao meio no qual o vegetal está inserido, pois a influência é complexa e envolve vários agentes de estresse, alterando a composição química dos voláteis que está diretamente associado ao seu valor terapêutico.

Nesta perspectiva, a composição química de um óleo essencial é muito sensível a qualquer forma de variação, desde fatores ambientais, bioquímicos/genéticos e de processamento da planta. As alterações que ocorrem na constituição de óleos essenciais não podem ser atribuídas a um fato específico, pois podem ser resultantes de vários fatores em interação. Para isso, é necessário que ocorram mais estudos sobre a influência dos fatores ambientais na produção de óleos essenciais para que seja possível estabelecer mecanismos e suas respectivas vias metabólicas que favoreçam óleos com as características desejáveis para uso.

REFERÊNCIAS

- ABBAS, F.; KE, Y.; YU, R. et al. Volatile terpenoids: multiple functions, biosynthesis, modulation and manipulation by genetic engineering. **Planta**, v. 246, n. 5, p. 803-816, 2017.
- AKULA, R.; RAVISHANKAR, G.A. Influence of abiotic stress signals on secondary metabolites in plants. **Plant signaling & Behavior**, v. 6, n. 11, p. 1720-1731, 2011.
- ALONSO, J. **Tratado de Fitofármaco y Nutraceuticos**. Editora Corpus: Argentina, 1ªEd., 2004.
- ALVARENGA, J. P.; BRAGA, A. F.; PACHECO, F. V. et al. Variação sazonal no teor e perfil químico do óleo essencial de menta no sudeste do Brasil. **Ciência Rural**, v. 51, 2021.
- ALVARENGA, I. C. A.; LOPES, O. D.; PACHECO, F. V. et al. Response of *Lippia sidoides* to different irrigation depths. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. v. 42, n. 4, p 462-468, 2012.
- ALVES, B. **Óleo essencial de lavanda (*Lavandula angustifolia*) no tratamento da ansiedade**. Monografia de trabalho de conclusão de curso. Universidade Federal de São João Del-Rei- 2018.
- ALVES, L.; PAZ, V.; SILVA, A. et al. Content, yield and chemical composition of essential oil of sweet basil plants subjected to NaCl saline stress. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 17, n. 4, p. 807-813, 2015.
- AMARAL, T. A. **Crescimento, características estruturais e teor de óleo essencial de *Mentha suaveolens* Ehrh, cultivadas sob telas coloridas**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras, 2007.
- AMOROZO, M.C.M. Uso e diversidade de plantas medicinais em Santo Antônio do Leverger, MT, Brasil. **Acta Bot. Bras.** v. 16, n. 2, p.189-203, 2002.
- AQUINO, L.C.L.; SANTOS, G.G.; TRINDADE, R.C. et al. Atividade antimicrobiana dos óleos essenciais de erva-cideira e manjerição frente a bactérias de carnes bovinas. **Revista Alimentação e Nutrição**. v. 21, n. 4, p. 529-535, 2010.
- ARÉVALO, M. R.; MACHADO, I. R.; SOUSA, A. et al. Produção Sustentável do Óleo Essencial de Priprioca (*Cyperus articulatus* var. nodosus L.) na Amazônia. **Biodiversidade Brasileira-BioBrasil**, v. 11, n. 3, 2021.
- ARNOUS, A.H; SANTOS, A.S; BEINNER, R.P.C. Plantas medicinais de uso caseiro Conhecimento popular e interesse por cultivo comunitário. **Revista Espaço para a Saúde**, Londrina, v. 6, n. 2, p. 1-6, 2005.
- BAKKALI, F.; AVERBECK, S.; AVERBECK, D. et al. Biological effects of essential oils - a review. **Food Chem Toxicol**, v. 26, n. 2, p. 446-475, 2008.
- BANKOLE, S. A.; JODA, A. O. Effect of lemon grass (*Cymbopogon citratus* Stapf.) powder and essential oil on mould deterioration and aflatoxin contamination of melon seeds (*Colocynthis citrullus* L.). **African Journal of Biotechnology**, v. 3, p. 52-59, 2004
- BARROS, F. M.; ZAMBARDA, E. D. O.; HEINZMANN, B. M. et al. Variabilidade sazonal e biossíntese de terpenóides presentes no óleo essencial de *Lippia alba* (Mill.) NE Brown (Verbenaceae). **Química Nova**, v. 32, n. 4, p. 861-867, 2009.
- BASTOS, C. N.; ALBUQUERQUE, S. B. Efeito do óleo de *Piper aduncum* no controle em pós-colheita de *Colletotricum musae* em banana. **Fitopatologia Brasileira**, v. 29, n. 5, p. 555-557, 2004.
- BEHN, H.; ALBERT, A.; MARX, F. et al. Ultraviolet-B and photosynthetically active radiation interactively affect yield and pattern of monoterpenes in leaves of peppermint (*Mentha x piperita*). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 58, p. 7361-7367, 2010.

- BETTAIEB, I.; ZAKHAMA, N.; AIDI - WANNES, W. et al. Water deficit effects on *Salvia officinalis* fatty acids and essential oils composition. **Scientia Horticulturae**, v. 120, p. 271 - 275, 2009.
- BEZERRA, A.M.E.; MEDEIROS-FILHO, S.; OLIVEIRA, L.D.M. et al. Produção e composição química da macela em função da época de colheita. **Horticultura Brasileira**, v. 26, p. 26-29, 2008.
- BIASI, L. A.; DESCHAMPS, C. **Plantas aromáticas: do cultivo à produção de óleo essencial**. Curitiba: Layer Studio Gráfico e Editora Ltda, 2009.
- BIZZO, H.R.; HOVELL, A.M.C.; REZENDE, C.M. Óleos essenciais no Brasil: aspectos gerais, desenvolvimento e perspectivas. **Química Nova**, v.32, p. 588-594. 2009.
- BLANK, A.F.; COSTA, A.G.; ARRIGONI-BLANK, M.D.F. et al. Influence of season, harvest time and drying on Java citronella (*Cymbopogon winterianus* Jowitt) volatile oil. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 17, p. 557-564, 2007.
- BOUYAHYA, A.; DAKKA, N.; TALBAOUI, A.; ET-TOUYS, A.; EL-BOURY, H.; ABRINI, J.; BAKRI, Y. Correlation between phenological changes, chemical composition and biological activities of the essential oil from Moroccan endemic Oregano (*Origanum compactum* Benth). **Industrial Crops and Products**, v. 108, p. 729-737, 2017.
- BRAGA, J.C.B.; SILVA, L.R.S. Consumo de plantas medicinais e fitoterápicos no Brasil: perfil de consumidores e sua relação com a pandemia de COVID-19. **Brazilian Journal of Health Review**, Curitiba, v. 4, n. 1, p. 3831-3839. 2021.
- BRANT, R.S.; PINTO, J.E.B.P.; BERTOLUCCI, S. K. V. et al. Teor do óleo essencial de cidrão (*Aloysia triphylla* (L' Hérit) Britton Verbenaceae) em função da variação sazonal. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 33, n. spe, p. 2065-2068, 2009.
- BURT, S. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods – a review. **International Journal of Food Microbiology**, v. 94, n. 3, p. 223-253, 2004.
- CAMPOS, R. N. D. S.; BACCI, L.; ARAÚJO, A. P. A. et al. Óleos essenciais de plantas medicinais e aromáticas no controle do carrapato *Rhipicephalus microplus*. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v. 61, n. 1, 2012.
- CARDOSO, B. S.; AMARAL, V. C. S. O uso da fitoterapia durante a gestação: um panorama global. **Revista Ciência & Saúde Coletiva**. v. 24, n. 4, p. 1439-1450, 2017.
- CASTELO, A. V. M.; AFONSO, S. R.; MELO, R. R. et al. Rendimento e composição química do óleo essencial de *Melaleuca alternifolia* Chell, na região do Distrito Federal. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 8, n. 1, p. 143-147, 2013.
- CASTRO, K. M. D. **Fotoperíodo, déficit hídrico e estresse salino no perfil de óleos essenciais em *Lippia alba* L. cultivada in vitro**. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2019.
- CAVALCANTI, M. J. **Efeito do óleo essencial do *Croton zehntneri* e seu constituinte anetol na fase aguda do processo de reparo tecidual em camundongos**. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Ciências fisiológicas) Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza 2008
- CHANG, X.; ALDERSON, P. G.; WRIGHT, C. J. Solar irradiance level alters the growth of basil (*Ocimum basilicum*) and its content of volatile oils. **Environmental and Experimental Botany**, v. 63, p. 216-223, 2008.
- CHAVES, F. C. M. **Produção de biomassa, rendimento e composição de óleo essencial de alfavaca-cravo (*Ocimum gratissimum* L.) em função de adubação orgânica e épocas de corte**. (Tese Doutorado). Botucatu: UNESP. p. 144, 2002.

COSTA, A. G.; CHAGAS, J. H.; BERTOLUCCI, S. K.; PINTO, J. E. Níveis de sombreamento e tipos de malha no crescimento e produção de óleo essencial de hortelã-pimenta. **Horticultura Brasileira**, v. 32, p. 194-199, 2014.

CUNHA, A. P.; NOGUEIRA, M. T.; ROQUE, O. R. **Plantas Aromáticas e Óleos Essenciais: Composição e Aplicações**. Fundação Calouste Gulbenkian. Lisboa, 2012.

DA SILVA, V. P.; ALVES, C. C. F.; MIRANDA, M. L. D. et al. Chemical composition and in vitro leishmanicidal, antibacterial and cytotoxic activities of essential oils of the Myrtaceae family occurring in the Cerrado biome. **Industrial Crops & Products**, v.123, p.638-645, 2018.

DE ABREU, I. N.; MAZZAFERA, P. Effect of water and temperature stress on the content of active constituents of *Hypericum brasiliense* Choisy. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 43, p. 241-248, 2005.

DEMASI, S.; CASER, M.; LONATI, M. et al. Latitude and altitude influence secondary metabolite production in peripheral alpine populations of the Mediterranean species *Lavandula angustifolia* Mill. **Frontiers in plant science**, v. 9, p. 983, 2018.

DO CARMO, C.O.; DE SOUZA RODRIGUES, M.; DA SILVA, F. et al Substrato pós-cultivo de *pleurotus ostreatus* kummer aumenta a biomassa e rendimento de oleo essencial no manjeriçao. **Revista Caatinga**, v. 34, n. 3, p. 548-558, 2021.

DOLZHENKO, Y.; BERTEA, C. M.; OCCHIPINTI, A. et al. Modulates the interplay between terpenoids and flavonoids in peppermint (*Mentha piperita*). **Journal of Photochemistry and Photobiology**, v. 100, p. 67-75. 2010.

DOMINGOS, A. L. R. S.; MARCO, C. A.; MACHADO, M. I. R. et al. Content and chemical identification of essential basil oil (*Ocimum basilicum*, var. cinamon) l submitted to water stress in different environments. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 8, p. e919985247, 2020.

ELANSARY, H. O.; SALEM, M. Z.; ASHMAWY, N. A.; YACOUT, M. M. Chemical Composition, Antibacterial and Antioxidant Activities of Leaves Essential Oils from *Syzygium cumini* L., *Cupressus sempervirens* L. and *Lantana camara* L. from Egypt. **Journal of Agricultural Science**, v. 4, n. 10, p. 144- 152, 2012.

FARHAT, M. B.; SOTOMAYOR, J. A.; JORDÁN, M. *Salvia verbenaca* L. essential oil: Variation of yield and composition according to collection site and phenophase Biochemical. **Systematics and Ecology**, v. 82, p. 35-43, 2019.

FENALTI, J. M.; SANTOS, T. M.; SANTOS, P. C. et al. Diversidade das plantas brasileiras com potencial anti-helmíntico. **VITTALLE - Revista de Ciências da Saúde**, v. 28, n. 1, p. 38-49, 2016.

FIGUEIREDO, A. C.; BARROSO, J. G.; PEDRO, L. G.; SCHEFFER, J. J. Factors affecting secondary metabolite production in plants: volatile components and essential oils. **Flavour and Fragrance journal**, v. 23, n. 4, p. 213-226, 2008.

GOBBO-NETO, L.; LOPES, N. P. Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. **Química nova**, v. 30, n. 2, p. 374, 2007.

GONÇALVES, L. A.; BARBOSA, L. C. A.; AZEVEDO, A. A. et al. Produção e composição do óleo essencial de Alfavaquinha (*Ocimum selloi* Benth.) em resposta a dois níveis de radiação solar. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.6, n.1, p. 8-14, 2003.

GOREN, A. C.; TOPÇU, G.; BIŞEL, G. The chemical constituents and biological activity of *Lavandula stoechas* ssp. **Zeitschrift Naturforschung C**, v. 57, 2002.

GOTTLIEB, O. R.; BORIN, M. R. M. B. Químico-biologia quantitativa: um novo paradigma. **Química Nova**, v. 35, p. 2105-2114, 2012.

- GOUVEA, D. R.; GOBBO-NETO, L.; LOPES, N. P. The influence of biotic and abiotic factors on the production of secondary metabolites in medicinal plants. **Plant bioactives and drug discovery: principles, practice, and perspectives**. v.17, p. 419, 2012.
- HADIAN, M.; RAJAEI, A.; MOHSENFAR, A.; TABATABAEI, M. Encapsulation of *Rosmarinus officinalis* essential oils in chitosanbenzoic acid nanogel with enhanced antibacterial activity in beef cutlet against *Salmonella typhimurium* during refrigerated storage. **LWT**, v. 84, p. 394–401, 2017.
- HASENCLEVER, L.; PARANHOS, J.; COSTA, C. R. et al. A indústria de fitoterápicos brasileira: desafios e oportunidades. **Ciência & Saúde Coletiva**, v.22, n.8, p.2559-2569. 2017.
- HOLLEY, R.A.; PATEL, D. Improvement in shelf-life and safety of perishable foods by plant essential oil and smoke antimicrobials. **Food Microbiology**, v. 22, n. 4, p. 273-292, 2005.
- KÖRNER, C. **Alpine Plant Life. Functional Plant Ecology of High Mountain Ecosystems**. Springer, Berlin, 2003.
- LAVOIR, A. V.; STAUDT, M.; SCHNITZLER, J. P. et al. Drought reduced monoterpene emissions from the evergreen Mediterranean oak *Quercus ilex*: results from a throughfall displacement experiment. **Biogeosciences**, v. 6, p. p. 1167-p. 1180, 2009.
- LEHRNER, J.; MARWINSKI G.; LEHR, S. et al. Ambient odors of orange and lavender reduce anxiety and improve mood in a dental office. **Physiology & Behavior**. v. 86, 2005.
- LEITE, P. O.; SOARES, C.; MORAIS, F. et al. Influência da poluição aérea gerada pelo tráfego veicular na produção do óleo essencial e das atividades antifúngica e citotóxica in vitro de *Cyrtocymura scorpioides* (Lam.) H. Rob. (Asteraceae). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 18, n. 1, p. 27-37, 2016.
- LIMA, H. R P.; KAPLAN, M. A. C.; CRUZ, A. V. M. Influência dos fatores abióticos na produção e variabilidade de terpenóides em plantas. **Floresta e Ambiente**, v. 10, n. 2, p. 71-77, 2012.
- LINDROTH, R. L. Impacts of elevated atmospheric CO₂ and O₃ on forests: phytochemistry, trophic interactions, and ecosystem dynamics. **Journal of chemical ecology**, v. 36, n. 1, p. 2-21, 2010.
- LOPES, R. C.; CASALI, V. W. D.; BARBOSA, L. C. A.; CECON, P. R. Influência de três regimes hídricos na produção de óleo essencial em sete acessos de *Polygonum punctatum* Ell. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais** 3, p. 7-10, 2001.
- LUZ, J. M. Q.; SILVA, S. M.; HABBER, L. L.; MARQUEZ, M. O. M. Produção de óleo essencial de *Melissa officinalis* L. em diferentes épocas, sistemas de cultivo e adubações. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 16, p. 552-560, 2014.
- MACIEL, M. A. M.; PINTO, A. C.; VEIGA J.R. et al. Plantas Mediciniais: A Necessidade de Estudos Multidisciplinares. **Química Nova**, v.25, p. 429 - 438, 2002.
- MAHMOUD, S.S.; CROTEAU, R. B. Menthofuran regulates essential oil biosynthesis in peppermint by controlling a downstream monoterpene reductase. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 100, p. 14481-14486, 2003.
- MARANGONI, C.; MOURA, N. F.; GARCIA, F. R. M. Utilização de óleos essenciais e extratos de plantas no controle de insetos. **Revista de Ciências Ambientais**, v. 6, n. 2, p. 92-112, 2013.
- MARQUES, F. C. Fito 2000 – Lima, Peru. **Boletim da Associação Catarinense de Plantas Mediciniais**. No prelo 2001.
- MARTINAZZO, A.P. **Secagem, Armazenamento e Controle de Qualidade de Folhas de *Cymbopogon citratus* (D.C.) Stapf**. Tese de doutorado. UFV, Viçosa, 2006
- MENDES, S.S., BONFIM, R.R., JESUS, H.C.R. et al. Evaluation of the analgesic and anti-inflammatory effects of the essential oil of *Lippia gracilis* leaves, **J Ethnopharmacol**, 129: 391-397. 2010.

- MENDONÇA, L. A. B. M.; MATIAS, R.; ZANELLA, D. F. P. et al. Toxicity and phytochemistry of eight species used in the traditional medicine of sul-mato-grossense, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 80, n. 3, p. 574-581, 2020.
- MOHAMED, A. A.; ALI, S. I.; EL-BAZ, F. K. Antioxidant and Antibacterial Activities of Crude Extracts and Essential Oils of *Syzygium cumini* Leaves. **Plos One**, v. 8, n. 4, 2013.
- MORAIS, L. A. S. Influência dos fatores abióticos na composição química dos óleos essenciais. **Horticultura Brasileira**, v. 27, n. 2, p. S3299-S3302, 2009.
- MORETTO, B. M.; BUENO, C. D.; MORAIS, L. **Aromaterapia: o benefício das plantas aromáticas e óleos essenciais: uma revisão de literatura**. Universidade Federal do Paraná - Setor Litoral. Matinhos. 2015.
- MSAADA, K.; TAÂRIT, M. B.; HOSNI, K. et al. Comparison of Different Extraction Methods for the Determination of Essential oils and related compounds from Coriander (*Coriandrum sativum* L.). **Acta Chimica**, v. 59, p. 803-813, 2012.
- NAOE, L. A. M.; PELUZIO, M. J.; CAMPOS, M. L. J. et al. Efeito do déficit hídrico e épocas de semeadura nos teores de óleo e proteína em soja coinoculada com *Azospirillum brasilense*. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, [S. l.], v. 51, p. e66584, 2021.
- NOVELLO, P.F.A.M.; BONACINA, C.; STRACIERI, J. et al. Water deficit induces changes in grown, oxidative metabolism and phenylpropanoids biosynthesis in *Ocimum basilicum* L. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 11, p. e74591110590, 2020.
- PAULUS, D.; MEDEIROS, S. L. P.; SANTOS, O. S.; PAULUS, E. Solução nutritiva para produção de menta em hidroponia. **Horticultura Brasileira**, v. 26, p. 61-67, 2008.
- PELISSARI, F. M.; GROSSMANN, M. V. E.; YAMASHITA, F.; PINEDA, E. A. G. Antimicrobial, mechanical, and barrier properties of cassava starch-chitosan films incorporated with oregano essential oil. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 57, n. 16, p. 7499-7504, 2009.
- PICHERSKY, E.; NOEL, J. P.; DUDAREEVA, N. Biosynthesis of plant volatiles: nature's diversity and ingenuity. **Science**, v. 311, p. 808-811, 2006.
- PIESIK, D.; MILER, N.; LEMAŃCZYK, G.; BOCIANOWSKI, J.; BUSZEWSKI, B. *Botrytis cinerea* infection in three cultivars of chrysanthemum in 'Alchemist' and its mutants: Volatile induction of pathogen-infected plants. **Scientia Horticulturae**, v. 193, p. 127-135, 2015.
- PINHEIRO, A. L. **Produção de Óleos Essenciais**, Viçosa: CPT, 2003.
- PINTO, D. A.; MANTOVANI, E. C.; MELO, E. D. C. et al. Produtividade e qualidade do óleo essencial de capim-limão, *Cymbopogon citratus*, DC., submetido a diferentes lâminas de irrigação. **Revista brasileira de plantas medicinais**, v. 16, p.54-61, 2014.
- PRAKASH, B.; SINGH, P.; KEDIA, A. et al. Assessment of some essential oils as food preservatives based on antifungal, antiaflatoxin, antioxidant activities and in vivo efficacy in food system. **Food Research International**, v. 49, n. 1, p. 201-208, 2012.
- PUNETHA, D.; TEWARI, G.; PANDE, C.; BHATT, S. Effect of Climatic Conditions on the Volatile Compounds of the Aerial Parts of *Foeniculum vulgare* Mill. **Journal of Essential Oil Bearing Plants**, v. 22, n. 4, p. 1093-1103, 2019.
- QURESH, R. GHAZANFAR, S. A.; OBIED, H. et al. Ethnobotany: a living science for alleviating human suffering. **Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine**. v. 2016, p. 1-3, 2016.
- RAPOSO, J.; FIGUEIREDO, P. L. B.; SANTANA, R. L. et al. Seasonal and circadian study of the essential oil of *Myrcia sylvatica* (G. Mey) DC., a valuable aromatic species occurring in the Lower Amazon River region. **Biochemical Systematics and Ecology**, v.79, p. 21-29, 2018.

- REYES-JURADO, F. E. A. Essential oils: antimicrobial activities, extraction methods, and their modeling. **Food Engineering Reviews**, v. 7, n. 3, p. 275-297, 2015.
- RIBEIRO, L. H. L. Análise dos programas de plantas medicinais e fitoterápicos no Sistema Único de Saúde (SUS) sob a perspectiva territorial. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 24, n.5, p. 1733-1742. 2019.
- RIBEIRO, A. S.; BERTOLUCCI, S. K. V.; CARVALHO, A. A. D. et al. Intensidades luminosas alteram o crescimento e óleo essencial de patchouli sob malhas. **Ciência Rural**, v. 52, 2021.
- RODRIGUES, M.R.A. **Estudo dos óleos essenciais presentes em manjerona e orégano**. Tese (Doutorado em Química) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2002.
- ROMDHANE, M.; TIZAOU, C. The kinetic modeling of a steam distillation unit for the extraction of aniseed (*Pimpinella anisum*) essential oil. **J. Chem. Technol. Biotechnol**, v. 80, p. 759-766, 2005.
- ROSA, C. DA; CÂMARA, S. G.; BÉRIA, J. U. Representações e intenção de uso da Fitoterapia na atenção básica à saúde. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 16, n. 1, p. 311-318, 2011.
- RUHLAND, C. T.; DAY, T. A. Size and longevity of seed banks in Antarctica and the influence of ultraviolet-B radiation on survivorship, growth and pigment concentrations of *Colobanthus quitensis* seedlings. **Environmental and Experimental Botany**, v. 45, n. 2, p. 143-154, 2001.
- SALEHI, B.; AYATOLLAHI, S.; Segura-Carretero, A.; Kobarfard, F.; Contreras, M. D. M.; Faizi, M.; Sharifi-Rad, J. Bioactive chemical compounds in *Eremurus persicus* (Joub. & Spach) Boiss. essential oil and their health implications. **Cellular and Molecular Biology (Noisy le Grand)**, v. 63, n. 9, p. 1-7, 2017.
- SALEM, N.; KEFI, S.; TABBEN, O. et al. Variation in chemical composition of *Eucalyptus globulus* essential oil under phenological stages and evidence synergism with antimicrobial standards. **Industrial crops and products**, v. 124, p. 115-125, 2018.
- SANTOS, A.; PADUAN, R. H.; GAZIN, Z. C. et al. Determinação do rendimento e atividade antimicrobiana do óleo essencial de *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf em função de sazonalidade e consorciamento. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 19, p. 436-441, 2009.
- SHAHAK, Y.; GUSSAKOVSKY, E. E. Colornets: crop protection and light-quality manipulation in one technology. **Acta Horticulturae**, Amsterdam, v. 659, p. 143 - 151, 2004.
- SILVA-JUNIOR, A.; SILVA, D. S.; FIGUEIREDO, P. L. B. et al. Seasonal and circadian evaluation of a citral-chemotype from *Lippia alba* essential oil displaying antibacterial activity. **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 85, p. 35-42, 2019.
- SILVA, M. A.; BARBOSA, J. S.; ALBUQUERQUE, H. N. Levantamento das Plantas Espontâneas e suas Potencialidades Fitoterapêuticas: Um Estudo no Complexo Aluizio Campos-Campina Grande – PB. **Revista Brasileira de Informação Científica**, v.1, n.1, 2010.
- SILVA, F.; CASALI, V.W.D. **Plantas medicinais e aromáticas: Pós-colheita e óleos essenciais**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Fitotecnia, 2000.
- SILVA, F.; SANTOS, R. H. S.; ANDRADE, N. J. et al. Basil conservation affected by cropping season, harvest time and storage period. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 40, p. 323-328, 2005.
- SILVA, F.; SANTOS, R. H. S.; DINIZ, E. R. et al. Teor e composição do óleo essencial de manjeriço (*Ocimum basilicum* L.) em dois horários e duas épocas de colheita. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 6, p. 33-38, 2003.
- SILVA, J. M. S. D. **Encapsulamento do óleo essencial da *Lippia alba* em nanopartículas de poli-ε-caprolactona (PCL) para avaliação da estabilidade e atividade larvívica contra o *Aedes aegypti***. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2019.

- SILVEIRA, L. M. S.; OLEA, R. S. G.; MESQUITA, J. S. et al. Metodologias de atividade antimicrobiana aplicadas a extratos de plantas: comparação entre duas técnicas de ágar difusão. **Revista Brasileira de Farmácia**, v. 90, n. 2, p. 124-8, 2009.
- SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P.; GOSMANN, G. et al. **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 6. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS; Florianópolis: Editora da UFSC, 2010.
- SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P.; MELLO, J. C. P.; PETROVICK, P. R. **Farmacognosia: do produto natural ao medicamento**. Porto Alegre: Artmed, 2017.
- SIMÕES, C. M. O.; SPITZER, V. Óleos voláteis. In: SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P.; GOSMANN, G.; MELLO, J. C. P.; MENTZ, L. A.; PETROVICK, P. R. **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 5. Ed. Porto Alegre: UFRGS, p. 467-495, 2004.
- SOARES, C. A. **Remédios naturais**. Petrópolis: Editora Vozes, 2008.
- SPITALER, R.; SCHLORHAUFER, P.D.; ELLMERER, E.P. et al. Altitudinal variation of secondary metabolite profiles in flowering heads of *Arnica montana* cv. ARBO. **Phytochemistry**, v. 67, n. 4, p. 409-417, 2006.
- STEFFANI, E. **Modelagem matemática do processo de extração supercrítica de óleo essencial de Ho-Sho (*Cinnamomum camphora* Nees & Eberm var. linaloolífera Fujita) utilizando CO₂**. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Catarina, 2003.
- TAARIT, M. B.; MSAADA, K.; HOSNI, K.; MARZOUK, B. Changes in fatty acid and essential oil composition of sage (*Salvia officinalis* L.) leaves under NaCl stress. **Food chemistry**, v. 119, n. 3, p. 951-956, 2010.
- TEMELLI, F.; SALDANA, M. D. A.; MOQUIN, P. H. L.; SUN, M. Supercritical fluid extraction of specialty oils. In: J. M. **Supercritical fluid extraction of nutraceuticals and bioactive compounds**. CRC Press, p. 52-80. 2007.
- VILELA, A. E.; RAVETTA, D. A. The effect of radiation on seedling growth and physiology in four Species of *Prosopis* (Mimosaceae). **Journal of Arid Environments**, London, v. 44, n. 4, p. 415-423, 2000.
- VURRO, E.; BRUNI, R.; BIANCHI, A.; DI TOPPI, L. S. Elevated atmospheric CO₂ decreases oxidative stress and increases essential oil yield in leaves of *Thymus vulgaris* grown in a mini-FACE system. **Environmental and Experimental Botany**, v. 65, n. 1, p. 99-106, 2009.
- WANG, J.; ESLINGER, P. J.; SMITH, M.B.; YANG Q.X. Functional Magnetic Resonance Imaging Study of Human Olfaction and Normal Aging, **The Journals of Gerontology: Series A**, vol. 60, p. 510-514, 2005.
- WARD, S. M. Response to selection for reduced grain saponin content in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). **Field Crops Research**, v. 68, n. 2, p. 157-163, 2000.
- WOLFFENBÜTTEL, A. N. **Base da química dos óleos essenciais e aromaterapia: abordagem técnica e científica**. Roca. São Paulo, 2010.
- WOLFFENBÜTTEL, A. N. **Óleos essenciais e aromaterapia**. Consórcio acadêmico brasileiro de saúde integrativa. São Paulo-SP. 2020.
- WOLFFENBÜTTEL, A.N. Mas, afinal o que são óleos essenciais? **Informativo CRQ-V**, v. 105, p. 6-7, 2007
- YADAV, R. K.; SANGWAN, R. S.; SRIVASTAVA, A. K.; SANGWAN, N. S. Prolonged exposure to salt stress affects specialized metabolites-artemisinin and essential oil accumulation in *Artemisia annua* L.: metabolic acclimation in preferential favour of enhanced terpenoid accumulation accompanying vegetative to reproductive phase transition. **Protoplasma**, v. 254, n. 1, p. 505-522, 2017.

YAHIA, I. B. H.; JAOUADI, R.; TRIMECH, R. et al. Variation of chemical composition and antioxidant activity of essential oils of *Mentha rotundifolia* (L.) Huds. (Lamiaceae) collected from different bioclimatic areas of Tunisia. **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 84, p. 8-16, 2019.

YILMAZ, M. T.; YILMAZ, A.; AKMAN, P. K. et al. Electrospraying method for fabrication of essential oil loaded chitosan nanoparticle delivery systems characterized by molecular, thermal, morphological and antifungal properties. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 52, p. 166-178, 2019.

YOSR, Z.; HNIA, C.; RIM, T.; MOHAMED, B. Changes in essential oil composition and phenolic fraction in *Rosmarinus officinalis* L. var. *typicus* Batt. organs during growth and incidence on the antioxidant activity. **Industrial Crops and Products**, v. 43, p. 412-419, 2013

YU, F.; UTSUMI, R. Diversity, regulation, and genetic manipulation of plant mono- and sesquiterpenoid biosynthesis. **Cellular and Molecular Life Sciences**, v. 66, n. 18, p. 3043-3052, 2009.

ZENI, A. L. B.; PARISOTTO, A. V.; MATTOS, G.; HELENA, E. T. D. S. Utilização de plantas medicinais como remédio caseiro na Atenção Primária em Blumenau, Santa Catarina, Brasil. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 22, p. 2703-2712, 2017.

Fitorremediação: plantas como mitigadoras de metais pesados em solos contaminados

  10.56238/cipcaebv1-019

Ana Carolina Silva Dutra

Universidade Federal do Maranhão

Nagela Janniny Veloso Coelho Moraes

Universidade Federal do Maranhão

Juliano dos Santos

Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão

Amanda Laís Enes Costa

Universidade Federal do Maranhão

Nurzia Cristina Correia Santana

Universidade Federal do Maranhão

Cícero de La Martini da Penha Junior

Universidade Federal do Maranhão

Lukas Allayn Diniz Corrêa

Universidade Federal do Maranhão

Ilisandra Zanandrea

Universidade Federal do Maranhão

RESUMO

Nas últimas décadas as concentrações de metais pesados em ecossistemas terrestres têm sido constantemente modificadas a níveis prejudiciais para o meio ambiente, exercendo influência negativa na vida de diversos organismos. Eles são capazes de comprometer gravemente processos metabólicos e fisiológicos vitais de plantas, animais e microrganismos, inevitavelmente afetando a integridade do solo, além de representarem um risco eminente de contaminação humana. Métodos químicos e físicos são utilizados com frequência para a reabilitação desses ambientes, no entanto apresentam desvantagens, tais como a possibilidade de afetarem o solo e o alto custo. Nesse sentido, a fitorremediação se mostra como uma promissora opção para substituí-los, pois utiliza a capacidade de algumas espécies vegetais estabilizar ou absorver contaminantes. Diante desse potencial, o presente trabalho objetivou trazer uma visão geral de aspectos da fitorremediação de solos contaminados com metais pesados, voltados para as técnicas de fitoextração e fitoestabilização. Dois bancos de dados foram os principais meios para a obtenção de informações sobre processos fisiológicos e moleculares envolvidos no método e suas interações com o ambiente, estratégias da engenharia genética com espécies

fitorremediadoras, bem como o cenário brasileiro nas pesquisas de fitorremediação. Espécies fitorremediadoras de solos têm sido estudadas extensivamente em diferentes abordagens. O grupo possui essa excepcional capacidade devido a uma gama de mecanismos que permite a desintoxicação de metais pesados nas células. Os resultados também mostraram aumento no interesse da fitorremediação no Brasil, no entanto pouco é explorado a flora brasileira, o que constitui uma desvantagem para o país. Em escala mundial, esse tema já é reconhecido no campo científico como uma solução eficaz, havendo grande investimento por parte de alguns países para viabilizar sua execução. A fitorremediação representa um avanço em desenvolvimento de tecnologias ecológicas, o que é importante para um desenvolvimento sustentável, embora ainda seja menos utilizada do que métodos físicos e químicos convencionais.

Palavras-chave: Fitorremediação, Fitoextração, Fitoestabilização, Metais pesados, Solos contaminados

ABSTRACT

In recent decades the concentrations of heavy metals in terrestrial ecosystems have been constantly modified to harmful levels for the environment, exerting a negative influence on the life of several organisms. They are capable of severely compromising vital metabolic and physiological processes of plants, animals and microorganisms, inevitably affecting the integrity of the soil, in addition to representing an imminent risk of human contamination. Chemical and physical methods are frequently used for the rehabilitation of these environments, however they have disadvantages, such as the possibility of affecting the soil and the high cost. In this sense, phytoremediation shows itself as a promising option to replace them, because it uses the ability of some plant species to stabilize or absorb contaminants. Given this potential, this study aimed to bring a vision on aspects of phytoremediation of soils contaminated with heavy metals, focused on phytoextraction and phytostabilization techniques. Two databases were the main means to obtain information about physiological and molecular processes involved in the method and their interactions with the environment, genetic engineering strategies with phytoremediation species, as well as the Brazilian scenario in phytoremediation research. Soil phytoremediary species have been extensively studied in different approaches. The group has this exceptional ability due to a range of mechanisms that

allow the detoxification of heavy metals in cells. The results also showed an increase in the interest of phytoremediation in Brazil, however little is explored the Brazilian flora, which constitutes a disadvantage for the country. On a global scale, this issue is already recognized in the scientific field as an effective solution, with great investment by some countries to make its implementation feasible. Phytoremediation

represents an advance in the development of green technologies, which is important for sustainable development, although it is still less used than conventional physical and chemical methods.

Keywords: Phytoremediation, Phytoextraction, Phytostabilization, Heavy Metals, Contaminated soils.

1 INTRODUÇÃO

A contaminação por metais pesados tornou-se uma questão global extremamente preocupante. O advento da industrialização introduziu quantidades desses elementos no ambiente. Eles são capazes de afetar gravemente os recursos ambientais, alterando a sustentabilidade, produtividade e biodiversidade dos ecossistemas, além de constituírem um risco de intoxicação humana (KUMMER et al., 2011). Existem mais de 10 milhões de sítios contaminados em todo o mundo, sendo 50% por metais pesados (HE et al., 2015).

No que diz respeito aos solos, metais pesados são os mais conhecidos e frequentes contaminantes. Para se ter uma ideia, no continente Europeu há relatos de 200.000 sítios contaminados na Suécia, França, Hungria, Eslováquia e Áustria, enquanto que na Grécia e Polônia há 10.000 (YADAV et al., 2018). No Brasil não é diferente, tendo a região sudeste como destaque, devido à intensa atividade mineradora, que nos últimos anos causou dois grandes desastres ambientais envolvendo contaminação por rejeitos em Minas Gerais: as tragédias de Mariana e de Brumadinho (BENZECRY, 2018; TOKUHO, 2019).

As concentrações excessivas encontradas são resultado da crescente disseminação ocasionada, principalmente, por atividades relacionadas à mineração, à agricultura e à urbanização (DEVI & KUMAR, 2020; EMAMVERDIAN, 2015), incluindo deposição ou vazamento de rejeitos contaminados, descarte de resíduos urbanos, aplicação de lodo de esgoto em solos agrícolas, adubo, fertilizantes, agrotóxicos, uso de pesticidas e herbicidas (ADAMS et al., 2013; MENEGAES et al., 2019). A mineração recebe destaque nesse cenário, associada a casos mais antigos de poluição ambiental, envolvendo metais pesados como o Pb e o Cu (MATOS, 2020).

O solo é um recurso ambiental imprescindível para a humanidade e o acúmulo de metais potencialmente tóxicos compromete a sua integridade e pode gerar danos irreversíveis. Eles permanecem longos anos no ambiente e sua principal característica quando inseridos nos níveis tróficos, é a bioacumulação (OLIVEIRA; LEITE, 2020). Uma das formas de adentrarem à cadeia alimentar é pelo consumo de plantas e seus produtos, bem como de outros organismos (ANJUM et al., 2014). Quando solos contaminados são lixiviados, metais pesados podem ser carregados para corpos hídricos, absorvidos pela fauna e flora aquática acarretando, mais uma vez, na contaminação dos níveis tróficos (BOLAN et al., 2011). Se medidas eficazes não forem tomadas, a tendência é sempre o aumento das concentrações, visto a necessidade em atender demandas industriais (MATOS, 2020).

Solos contaminados necessitam de ação remediadora (TAVARES et al., 2013). Existem várias técnicas físicas e químicas com finalidade de diminuir as suas concentrações tóxicas (DELGADILLO-LÓPEZ et al., 2011), mas a maioria apresenta desvantagens, tais como custo elevado para sua execução, complexidade mecânica, perturbação na fertilidade do solo e possibilidade de contaminações secundárias (AMADO & FILHO, 2015; MARTINEZ et al., 2013; KHALID et al., 2017).

Dentre as estratégias de recuperação, a fitorremediação surge como uma importante alternativa. É uma tecnologia que utiliza plantas para mitigar vários contaminantes do meio ambiente, mas com a vantagem de ser mais simples, econômica e ecologicamente correta, em comparação com os métodos convencionais empregados, que em geral, utilizam calor, surfactantes, ácidos, entre outros agentes, que podem acabar afetando o solo (MARTINEZ et al., 2013; XIAO et al., 2018).

A fitorremediação consiste em diferentes técnicas que utilizam plantas com potencial para recuperação ambiental, reduzindo teores, dificultando a disseminação e, até mesmo, eliminando a toxicidade dos contaminantes (RODRIGUES & ORDANELLI, 2018). As espécies fitorremediadoras possuem alta capacidade de absorver metais pesados e se desintoxicar através de uma gama de mecanismos. Os meios pelos quais ela atua não afetam os solos, conservando a sua utilidade e fertilidade (ALI et al., 2013). Por meio da fitorremediação é possível controlar solos contaminados com metais pesados que apresentam alta toxicidade, como o Cd, o Pb e o As, com algumas espécies atuando ao mesmo tempo sob vários metais pesados, enquanto outras são mais específicas (MARTINEZ et al., 2013).

Diante do potencial dessa tecnologia, o presente trabalho objetivou fazer uma revisão de literatura sobre uma visão geral da fitorremediação, voltada principalmente para as técnicas de fitoextração e fitoestabilização, uma vez que são as mais utilizadas em solos contaminados por metais pesados. Abordou-se aspectos dos processos fisiológicos e moleculares envolvidos, a influência exercida por características do ambiente a ser remediado, bem como o cenário brasileiro nas pesquisas envolvendo essas técnicas.

2 METODOLOGIA

Definição de palavras-chave

A primeira etapa da metodologia consistiu na determinação de palavras-chaves que contemplassem os objetivos que seriam explorados. Estas foram usadas em português e inglês, no intuito de aumentar o alcance da pesquisa, uma vez que alguns dados relacionados ao tema são escassos em acervos brasileiros. “fitorremediação”; “fitoextração”; “fitoestabilização”; “fitovolatilização”; “metais pesados”; “solo contaminado” “efeitos tóxicos” “espécies nativas”; “pesquisas brasileiras”; “mecanismos fisiológicos”; “heavy metals”; “phytoremediation”; “phytoextraction”; “phytovolatilization”; “heavy metals”; “ground”; “contaminated soil”, “toxic effects”; “native species”; “Brazilian research”; “physiological mechanisms”.

Busca nos bancos de dados

Os bancos de dados selecionados foram: “Portal do Periódicos Capes”, “Google acadêmico”. Diferentes combinações com as palavras-chaves foram feitas de acordo com objetivo que se pretendia alcançar. As publicações científicas incluíam principalmente trabalhos de conclusão de cursos, dissertações, teses, artigos científicos e resumos publicados em anais de eventos.

Seleção dos trabalhos

Inicialmente, os trabalhos que possuíam título com maior afinidade ao tema foram selecionados e exportados para o EndNote™ Web, software de gerenciamento de referência, no intuito de facilitar posterior busca das publicações para leitura. Após a leitura, aqueles que não atendiam a temática da presente revisão de literatura foram descartados, ficando apenas os trabalhos com maior relevância.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Metais Pesados

Do ponto de vista químico, a expressão “metais pesados” refere-se a metais com massa atômica superior a 20 e densidade superior a 5 g/cm^3 (EMAMVERDIAN et al., 2015). Sharma et al. (2011) afirmam que esse grupo de elementos abrange qualquer metal ou metaloide que cause problema ambiental e que não pode ser degradado biologicamente. A maioria dos elementos de transição, como Zn, Cu, Mn, Ni, Cd e Pb, são considerados metais pesados, assim como o metaloide As (RASCIO & IZZO, 2011). Eles estão no ambiente desde a formação do planeta e sua distribuição no solo é generalizada em condições naturais, dependendo da composição do material de origem e do grau de desenvolvimento dos solos (BIONDI et al., 2011). São resultantes, principalmente do intemperismo das rochas (SOUZA et al., 2018).

Quando em concentrações adequadas, alguns são essenciais em processos fisiológicos de vários organismos, como bactérias, fungos e plantas. São os chamados micronutrientes: a exemplo do Cu, Zn e Fe (SILVA et al., 2019). Em plantas, por exemplo, são importantes na constituição de enzimas que atuam no crescimento vegetal e no metabolismo (VALDERRAMA et al., 2016), porém o aumento dos seus níveis pode causar toxicidade (ADAMS et al., 2013). Outros metais, como o Cd e o Pb, não possuem função biológica relevante e são capazes de prejudicar o metabolismo mesmo em baixas concentrações. Em plantas, causam menor desenvolvimento radicular, distúrbios na assimilação de nutrientes, peroxidação de lipídios e inativação de enzimas envolvidas na fixação de CO_2 (RABÊLO et al., 2017).

São encontrados na forma solúvel, mas a maioria está ligado quimicamente a componentes do solo, por ligações fracas ou até mesmo de alta energia. Estão associados à matéria orgânica, adsorvidos às superfícies inorgânicas, à solução do solo, aos óxidos e minerais primários e secundários (MILHOME et al., 2018). De forma geral, o solo retém metais pesados em sua matriz, diminuindo a mobilidade e as chances de possíveis impactos ambientais (BHARGAVA et al., 2012), entretanto tal capacidade é limitada

e diante do excesso de deposição de contaminantes, a sua integridade pode ser afetada (ALCÂNTARA et al., 2011).

É claro o eminente perigo relacionado a solos contaminados com metais pesados, já que é considerado um tampão natural no controle do transporte de elementos químicos e substâncias para a atmosfera, hidrosfera e biota. Dependendo dos níveis presentes, ele pode sofrer processos de degradação, acarretando na supressão da cobertura de vegetação (HORN, 2016), o que promoverá erosão hídrica e consequentemente a lixiviação para corpos d'água, acarretando numa progressiva contaminação de outras áreas (COÊLHO et al., 2016).

As propriedades químicas e biológicas do solo podem ser alteradas. De acordo com a pesquisa de Pattnaik e Equeenuddin (2016) as atividades das enzimas desse ambiente, importantíssimas na decomposição de matéria orgânica, estão negativamente correlacionadas com altos teores de metais pesados como o Ni, Cu, Cr, Co, Mn e Zn. Populações microbianas e suas atividades são influenciadas negativamente por altas concentrações desses contaminantes, influenciando a fertilidade do solo (MINNIKOVA et al., 2017).

Uma vez lançados no ambiente, permanecem durante centenas de anos, pois diferente de compostos orgânicos, eles não sofrem processos biológicos de degradação (KHALID et al., 2017). Devido a esse caráter, se bioacumulam e biomagnificam nos níveis tróficos. A bioacumulação refere-se ao acréscimo do contaminante ao longo da cadeia alimentar, ou seja, conforme há elevação no nível trófico, há acumulação de metais no ser vivo. A biomagnificação, por sua vez, trata da ampliação da toxicidade, a partir do momento que integram o ciclo metabólico dos organismos vivos, sendo então neles armazenados (ALI et al., 2013). Assim, espécies do topo da cadeia podem sofrer efeitos altamente tóxicos (TOKUHO, 2019).

Os efeitos tóxicos em seres humanos são os mais variados, principalmente citotóxicos, genotóxicos e mutagênicos, afetando diferentes sistemas e órgãos (EMAMVERDIAN et al., 2015). O trato gastrointestinal e o sistema nervoso central são comprometidos, podendo haver problemas neurológicos graves em adultos e principalmente em crianças, bem como interferência na função renal (SOUZA et al., 2016). Problemas na pele, no sistema circulatório, anemia, danos ao fígado, irritação estomacal e intestinal, são algumas consequências de níveis elevados de metais pesados no organismo humano (MILHOME et al., 2018).

Uma área é considerada contaminada se as concentrações de substâncias potencialmente tóxicas estiverem acima de um dado limite. No Brasil, os valores de referência para investigação de substâncias químicas em solos e águas são definidos pela Resolução CONAMA nº 420 (CONAMA, 2009), o que facilita a avaliação de contaminação e a criação de indicadores para controle. Segundo ela, é de obrigação de cada Estado determinar seus próprios valores de referência de qualidade, devido às peculiaridades regionais existentes.

Dentre os métodos comumente usados nessa intervenção, há a incineração, por exemplo, técnica física que utiliza altas temperaturas para destruir o contaminante e, embora traga resultados positivos, o processo pode liberar gases nocivos na atmosfera (ADAMS et al., 2013; FU et al., 2017).

Fitorremediação

As plantas são capazes de se adaptarem a diversos ambientes, e metais pesados presentes no solo não são uma limitação para muitas espécies, havendo algumas capazes de absorver e acumular concentrações altamente fitotóxicas (DELGADILLO-LÓPEZ et al., 2011). A fitorremediação é a alternativa ambientalmente mais aceita para a descontaminação de solos.

Nos últimos anos passou a receber maior atenção por mostrar ser uma ferramenta eficiente para remediar ambientes contaminados por inúmeros compostos orgânicos e inorgânicos como sais, metais pesados, pesticidas, petróleo, elementos químicos radioativos, explosivos, solventes clorados e resíduos orgânicos industriais (VASCONCELLOS et al., 2012). É um método com melhor custo-benefício, aplicação sustentável, fácil execução e alcance de grandes áreas (SILVA et al., 2019; SOUZA et al., 2019).

Na fitorremediação de solos contaminados, as plantas agem reduzindo a propagação a partir das técnicas de fitoestabilização, fitoextração e fitovolatilização (ALI et al., 2013), no entanto as duas primeiras são amplamente estudadas, enquanto a última é limitada devido aos poucos metais pesados existentes em formas voláteis. Os mecanismos envolvidos nesses processos ainda não foram totalmente esclarecidos, mas de maneira geral estão relacionados a diferenças na estrutura e no funcionamento das membranas celulares, alterações no metabolismo, contenção de íons metálicos por meio da ligação a determinadas moléculas, armazenamento em organelas, entre outros (SILVA, 2019).

As pesquisas que envolvem essa tecnologia são em grande parte feitas sob condições controladas, geralmente em casas de vegetação. O solo utilizado pode ser contaminado pela adição de metais em concentrações pautadas em legislações ambientais, ou pode ser retirado de uma área já impactada, a exemplo os lixões. Há os experimentos feitos sob condições naturais, em ambientes comprovadamente ou possivelmente contaminados (MOTA & SANTANA, 2016). Há ainda a coleta de plantas já adaptadas nesses ambientes, geralmente as predominantes, seguida da quantificação de metais pesados em seus tecidos (BOECHAT et al., 2016).

A capacidade fitorremediadora das espécies é mensurada principalmente a partir dos fatores de bioacumulação (FB), razão entre a concentração de metais pesados nos tecidos e no solo, e o fator de translocação (FT), razão entre a concentração na parte aérea e nas raízes (SILVA et al., 2015). De modo geral, quanto mais próximo de 1 os fatores forem, maior a eficiência (GOSWAMI & DAS, 2016), no entanto esses valores diferem entre as técnicas, por exemplo, plantas com FB e $FT > 1$ são adequadas para fitoextração, enquanto plantas com $FB > 1$ e $FT < 1$ apresentam potencial para fitoestabilização (BERNADINO et al., 2016). Adicionalmente, quando a espécie apresenta os fatores inferiores a 1, mas com alta tolerância ao ambiente, ela também pode ser considerada fitoestabilizadora (YANG et al., 2014).

Mota (2017) coletou várias amostras de *Alocasia macrorrhiza* em diferentes ambientes contaminados com metais pesados. A espécie apresentou FB superior a 1 para o Ni, demonstrando potencial para a fitoextração, contudo para Cu e Zi esse fator foi menor que 1.

Uma de suas principais vantagens é o baixo custo, o que permite ser viável em países onde são escassos os fundos disponíveis para restauração ambiental. Quando implantada em áreas agrícolas o gasto se torna ainda menor, pois utiliza equipamentos e suprimentos comuns da agricultura (OLIVEIRA & LEITE, 2020). É uma técnica de remediação no próprio local contaminado e evita contaminações secundárias que ocorreriam com o deslocamento da matéria, além de manter a camada superficial do solo, que por meio de outros métodos teria a fertilidade exaurida pela remoção (TAVARES et al., 2013).

Além da remediação, as plantas trazem benefícios para o solo já amplamente conhecidos. A cobertura vegetal evita a lixiviação e protege de erosões, garante as trocas gasosas e o desenvolvimento de microrganismos, inclusive biorremediadores, ao passo que melhora esteticamente as áreas degradadas (CAIRES et al., 2011). Tecnologias ecológicas têm vantagens adicionais por serem mais atraentes do que métodos que envolvem equipamentos pesados, escavações, ruídos, entre outros, além dos menores riscos para o ambiente e saúde humana, o que faz com que tenha maior aceitação (MARQUES et al., 2011).

A fitorremediação abrange diversos tipos de plantas, como as arbóreas (PEREIRA et al. 2012), arbustivas e herbáceas (MALIK et al., 2010). Espécies como *Canavalia ensiformes*, *Nicotiana tabacum*, *Jatropha curcas*, *Zea mays*, *Cistus monspeliensis*, *Medicago sativa* (AMADO & FIHO, 2015; ARENAS-LAGOS et al., 2016; CHEN et al., 2015; VAN et al., 2013) e gêneros como *Pterris*, *Eucalyptus*, *Alyssum*, *Brassica*, *Sedum*, *Salix* e *Helianthus* (BARZANTI et al., 2011; LI et al., 2018; PELICA, 2017; TOKUHO, 2019), são de grande interesse na fitorremediação, incluindo algumas espécies com capacidade de acumular concentrações de metais pesados muito elevadas. Estas são as hiperacumuladoras (DELGADILLO-LOPÉZ et al., 2011).

A seleção de espécies aptas para o cultivo em áreas contaminadas é uma prática continuamente necessária, já que a interface solo-planta-metal é um sistema aberto e complexo que pode ser influenciado entre experimentos realizados em campo e em laboratório (OLIVEIRA & LEITE, 2020). Em condições naturais, os metais são misturados e menos disponíveis, além de sofrerem influência do clima e simbiontes do solo, portanto é mais confiável para testar verdadeiramente o potencial de plantas fitorremediadoras (HASSAN & AARTS, 2011; SCHNEIDER et al., 2013).

Zonas agrícolas, urbanas e industriais estão sendo usadas para avaliar as diferentes técnicas existentes. Em Tanta, no Egito, província com diversos lixões abertos, pontos residenciais foram delimitados para a coleta *Pluchea dioscoridis* crescidos naturalmente, no intuito de avaliar o seu potencial fitorremediador. As concentrações da maioria dos metais pesados presentes nos pontos de coleta se acumularam significativamente nas raízes. A espécie fitoestabilizou Cu, Pb, Cd e Zn, com destaque para o FB do Cd, que alcançou 258,5. O único metal pesado possível de ser fitoextraído foi Cr, com FB de 37.1 e FT de 4.55 (ELTAHER et al., 2019).

Vários são os atributos desejáveis, mas raramente uma única espécie possui todos eles, visto que envolve características morfofisiológicas que acabam diferindo de espécie para espécie (SILVA et al., 2019). Por conseguinte, visa-se a seleção daquelas que reúnem o maior número de atributos, como alta produção de biomassa, sistema radicular extenso, maior taxa de crescimento, alta capacidade de transpiração, fácil colheita, exsudação radicular, resistência a pragas e patógenos, facilidade no controle, eficiência na absorção e resistência ao poluente (ALCÂNTARA et al., 2011; MARQUES et al., 2011).

Técnicas de fitorremediação

Fitoestabilização

Essa técnica visa diminuir a mobilidade e biodisponibilidade dos metais pesados por meios das raízes, sem necessariamente removê-lo do ambiente. Para isso, atua de diferentes maneiras, diminuindo as chances de metais pesados entrarem na cadeia alimentar, se propagarem para áreas adjacentes, restringindo a migração subterrânea (KHALID et al., 2017). Esta técnica envolve mecanismos físicos, químicos e mecânicos.

A característica principal das plantas na fitoestabilização é a absorção ou adsorção do metal pesado no sistema radicular com pouca ou nenhuma translocação para as partes aéreas. As espécies podem acumular nas suas raízes concentrações altamente tóxicas (CAIRES et al., 2011). Abrange, ainda, a liberação de exsudatos que imobilizam ou convertem os contaminantes em formas menos tóxicas, através da precipitação de compostos insolúveis na rizosfera ou de processos redox. Por exemplo, a excreção de enzimas catalizadoras de reações redox converte metais perigosos em formas relativamente menos tóxicas, como o Cr (6) que é convertido em Cr (3), sendo menos tóxico e móvel (MA et al., 2016).

As raízes também atuam impedindo que contaminantes possam se locomover por meio de agentes externos, como água e vento (DEVI & KUMAR, 2020). Portanto, a fitoestabilização não está relacionada somente à capacidade de uma espécie em absorver metais ou excretar substâncias, mas também em ser tolerante a ponto de proporcionar uma cobertura vegetal ampla e eficiente para a estabilização da área. Por exemplo, em um levantamento de plantas terrestres crescendo em rejeitos de uma mina na China, Yang et al. (2012) verificaram que determinadas espécies dominantes apresentaram FT e FB para Cd, Zn, Mn e Pb muito baixos, mas como elas conseguiram se desenvolver em um ambiente tóxico, isso também as classifica como fitoestabilizadoras. Este é um dado importante e merece atenção para a seleção de potenciais fitorremediadoras, já que a maioria dos trabalhos focam principalmente na característica acumulativa.

Em alguns casos, essa capacidade também diz respeito ao grande volume de água transpirado, que reduz a quantidade que percola através da matriz do solo, evitando um lixiviado contaminado para outras áreas (BOLAN et al., 2011).

Na Europa, algumas espécies, como a *Agrostis* spp. e *Festuca* spp. são normalmente utilizadas na fitoestabilização de solos poluídos com Pb, Cu e Zn (KHALID et al., 2017). A produção de biomassa de raiz aumenta a capacidade de imobilizar e acumular metais pesados e evita a transferência para os brotos.

Cistus monspeliensis conseguiu acumular o Zn em suas raízes, sem diminuir a produção de biomassa (ARENAS-LAGO et al., 2016). Resultado semelhante foi relatado em *Dianthus chinensis* L. sob doses de Cu. Seu desenvolvimento não foi afetado pelo metal pesado, ao mesmo tempo que o acumulou significativamente nas raízes (MENEGAES et al., 2019). Caires et al. (2011) verificaram em seus experimentos que as mudas de *Cedrela fissilis* apresentou elevada capacidade de concentração de Cu, com exclusão do metal na parte aérea.

Fitoextração

A fitoextração se fundamenta na absorção de metais pesados através das raízes, com subsequente translocação para as partes aéreas. Nesse sentido, o sucesso da técnica depende principalmente da biodisponibilidade de metais pesados (ALI et al., 2013). O processo é finalizado com a incineração das partes aéreas da planta, ricas em metais, objetivando a remoção permanente de metais tóxicos do solo (GUL et al., 2021). Em comparação com técnicas convencionais, há maior facilidade no manuseio do que de toneladas de solo que necessitaria deslocar para serem tratadas (HASSAN & AARTS, 2011).

É amplamente estudada, como descrito por Leite et al. (2019) em um levantamento tecnológico em bancos de dados, em que mostrou a fitoextração como principal técnica protegida por patente. Este dado está de acordo com o grande interesse da comunidade científica por espécies hiperacumuladoras, já que a atuação delas se dá pela fitoextração (SETH, 2012). Além disso, como a remoção dos metais pesados no ambiente ocorre com a colheita da biomassa, há interesse comercial pela possibilidade de recuperá-los através da fitomineração (ALI et al., 2013), bem como o uso na produção de bioenergia (GABOS et al., 2011).

Tavares et al. (2013) verificaram a capacidade fitoextratora de diferentes tipos de plantas em solo contaminado. O *Sorghum bicolor*, *Zea mays*, *Gossypium hirsutum*, *Helianthus annuus* e *Mucuna pruriens* apresentaram potencial na remediação de Cu, Zn e Cr. *Helianthus annuus* é uma fitoextratora bem relatada na literatura, também capaz de remediar ambientes com Pb e Cr (TOKUHO, 2019; YADAV et al., 2018). *Canavalia ensiformis*, é eficiente em fitoextrair o Fe, Zn e Cu (RADZIEMSK et al., 2018). *Calendula officinalis* apresentou grande tolerância ao Cu e acumulou níveis fisiologicamente tóxicos em seus tecidos acima do solo, com grande potencial para ser hiperacumuladora (GOSWAMI & DAS, 2016).

O conjunto de características desejáveis na fitoextração compreende a habilidade de hiperacumular metais, fácil adaptabilidade, elevada taxa de crescimento e produção de biomassa (HUNGRIA et al., 2019; YADAV et al., 2018). Em vista disso, as gramíneas têm mostrado maior efetividade, do que arbustos e árvores, pois preenchem a maioria desses requisitos (MALIK et al., 2010). No entanto, como trata-se de um grupo importante no consumo humano e alimentação animal, a introdução do contaminante à cadeia alimentar é maior. Esse aspecto da fitoextração muitas vezes limita a fitorremediação.

Fitovolatilização

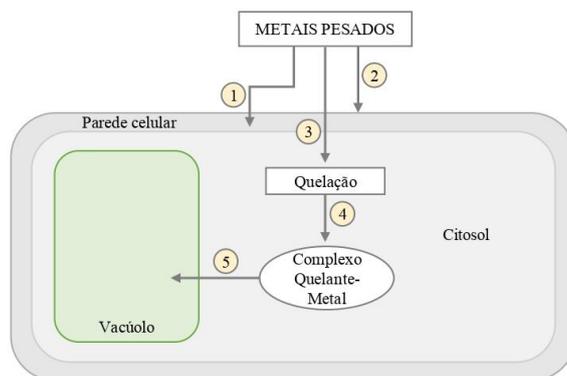
Baseia-se na capacidade de extrair certos metais do solo e depois convertê-los em formas voláteis que são liberadas na atmosfera pela transpiração (ABDELSALEM et al., 2019). Portanto, está restrita a elementos que existem como espécies gasosas, por exemplo o As. O número de plantas com essa capacidade é pequeno e a técnica pode ser usada em compostos orgânicos e inorgânicos (KHALID et al., 2017). Apesar da vantagem em não exigir descarte final, é uma técnica controversa, já que o contaminante não é eliminado do ambiente, mas apenas transferido do solo para atmosfera, sem a possibilidade de controle após a liberação. Dessa forma, não é possível assegurar que a volatilização desses metais tóxicos é segura (KUMAR et al., 2018).

Algumas pesquisas com transgênicos estão sendo desenvolvidas para a fitovolatilização de As. *Arabidopsis thaliana* expressando o gene metiltransferase de As teve maior tolerância a esse metaloide por meio da volatilização. Essas metiltransferases são enzimas catalizadoras da biossíntese de formas metiladas do As, incluindo as voláteis (VERMA, et al., 2016). O gene *arsM* da bactéria *Rhodospseudomonas palustres* foi expresso em *Oryza sativa*. Duas formas de As metilado foram liberadas na atmosfera após 12 dias de exposição (MENG, 2011). No entanto, já foi relatado que a espécie *Arundo donax* L. é capaz de volatilizar 75% do As presente do solo (GUARINO et al., 2020) e até a hiperacumuladora *Pteris vittata* apresentou esse potencial num experimento feito em casa de vegetação. Contudo, os autores pontuaram a possibilidade de contaminação secundária no ambiente circundante (SAKAKIBARA et al., 2010).

Desintoxicação celular em espécies fitorremediadoras

A principal entrada de metais pesados nas plantas acontece por meio das raízes (ABDELSALEM et al., 2019) e é influenciada principalmente pelas propriedades do solo, pela ionização e/ou formação de complexos, pelas propriedades das paredes celulares e pelos transportadores envolvidos na absorção e compartimentalização de metais (KAUR et al., 2019; KRZESŁOWSKA et al., 2016; MA et al., 2016) (Figura 1).

Figura 1 - Mecanismos de desintoxicação celular em células vegetais de fitorremediadoras



Fonte: Yadav et al. (2018). Legenda: 1) ligação à parede celular e exsudatos radiculares; 2) influxo reduzido pela membrana plasmática; 3) quelação de metais por vários ligantes no citosol; 4) formação do complexo ligante-metal; 5) transporte do complexo para o vacúolo.

Uma vez biodisponíveis, a parede celular pode ser a primeira barreira para metais pesados, ficando ligados a elas ou retidos no ambiente apoplástico ligados a exsudatos (DELGADILLO-LÓPEZ et al., 2011). Locais de troca iônica nessa estrutura estão envolvidos na prevenção do transporte através da membrana celular (RADZIEMSK et al., 2018). Pectinas, hemiceluloses, celulose e glicoproteínas são os principais constituintes da parede celular e os principais sítios de ligação à cátions metálicos, devido a presença de vários grupos funcionais, como hidroxilas (-OH) e carboxilas (-COOH) (LI et al., 2015; REN et al., 2020). Ren et al. (2020) descobriram que *Ricinus communis* L. eleva a síntese de hemiceluloses e pectina para aumentar a retenção do Cu. Já He et al. (2020) também relataram que o Zn e Cd são acumulados da mesma maneira nessa espécie. Segundo Krzesłowska et al. (2016), o aumento do espessamento das paredes celulares pela síntese de pectinas como resposta ao estresse de Pb, confere maior capacidade de sequestro em diferentes plantas.

Nas raízes de *Iris halophila*, por exemplo, o agregado formado no ápice necrosou as células, devido a ligação do Pb, indicando ser uma espécie de “armadilha” que atuou como barreira para evitar a propagação do metal no tecido (HAN et al., 2016). MA et al. (2016) questionaram a existência de fitoextratoras de Pb verdadeiramente eficazes, pois as propriedades desse metal o limitam às raízes e seu armazenamento acontece, principalmente, nas paredes celulares, seguido de precipitação em espaços intracelulares e sequestro vacuolar. Segundo os autores, as poucas espécies capazes de transferir o Pb para as partes aéreas, requerem um tempo muito maior, estimado em mais de 100 anos.

Quando metais pesados cruzam as paredes celulares da raiz e alcançam a membrana plasmática, são absorvidos principalmente por transportadores de membrana. Vários grupos atuam neste sentido, como a família de proteínas macrofágicas associadas a resistência natural (NRAMP), família Zinc Iron-regulated transporter Protein (ZIP), ATPases de metais pesados, família de transportadores ABC, facilitadores de difusão de cátions (CDFs), entre outros (KAUR et al., 2019). Esses transportadores não se restringem somente à entrada de metais pesados na planta, o aumento da carga e transferência para as partes aéreas também pode ser mediada por eles, tendo o xilema como via principal (KHALID et al., 2017).

O membro NcZNT1 (ZIP) tanto absorve quanto permite o transporte de longa distância de Zn em *Noccaea caerulescens* (MILNER et al., 2012). Em *Iris lactea*, a expressão do gene HMA2, codificador de uma ATPase, aumentou o transporte de Cd para brotos (GUL et al., 2019). Membros das famílias ZIP e NRAMP foram identificados como atuantes na captação e translocação através do xilema em *Anemone halleri* (VERBRUGGEN et al., 2009). Nesta mesma espécie o transportador At4g30120, membro da superfamília ATPase do tipo P, está envolvido no transporte de Zn (KHALID et al., 2017).

No tocante a solos multicontaminados, é importante ressaltar a existência de uma matriz complexa onde metais pesados interagem entre si, exercendo influência direta na absorção pela planta, podendo causar efeitos competitivos (AGNELLO et al., 2016). Zhang et al. (2014) sugeriram a entrada de Cd nas raízes de vetiver pelos transportadores de Fe e Mn, pois houve redução do acúmulo de Fe na espécie sob estresse. Normalmente as plantas lidam com metais pesados não essenciais como se fossem elementos essenciais, já

que há semelhança estrutural e química entre membros desses dois grupos. Essa falta de seletividade no transporte de íons explica parcialmente o motivo da entrada de metais pesados não essenciais, como o Cd e o Pb, mesmo contra o gradiente de concentração (SETH, 2012).

Formas diferentes de um metal podem ser absorvidos por diferentes vias. Em Pteris vittata, a aquaporina PvTIP4 facilita a absorção de arsenito (HE et al., 2016), enquanto o arseniato entra na planta, principalmente, através de um membro da família de transportadores de fosfato (PvPht13) (CAO et al., 2019). A absorção de As provavelmente é competitiva. Foi relatado que concentrações tóxicas dele afetam a nutrição por P, pois ambos têm propriedades químicas semelhantes (DITUSA et al., 2016). Porém, de acordo com Smith et al. (2002), as plantas tolerantes a As podem absorver P por uma via com seletividade maior do que nas plantas não tolerantes, mantendo a razão P/As consideravelmente altas.

Quando concentrações elevadas de metais pesados entram na célula, podem ocorrer diversos efeitos negativos em nível bioquímico e molecular, principalmente pela indução ao estresse oxidativo (WANG et al., 2011). Assim, uma rede de estratégias para desintoxicação é ativada no intuito de evitar influência em processos vitais (YADAV et al., 2018). Os metais pesados são complexados por moléculas específicas, chamadas de quelantes, que evitam a ligação com outras moléculas pelas quais possuem afinidade e que podem comprometer a integridade da planta. Ácidos orgânicos, aminoácidos e peptídeos são os quelantes mais conhecidos (DELGADILLO-LÓPEZ et al., 2011).

As fitoquelatinas ganharam interesse particular em termos de tolerância e desintoxicação em plantas (WÓJCIK et al., 2015). Sintetizadas a partir da glutatona, por meio da enzima fitoquelatina sintase, são proteínas ligantes de alta afinidade, ricas em cisteína (ANJUM et al. 2014). Elas podem se ligar aos íons de metais pesados no citosol e, em geral, formam compostos de baixo peso molecular (EMAMVERDIAN et al., 2015). Em seguida, entram em vacúolos onde se ligam a outras fitoquelatinas, formando compostos de alto peso molecular e menos tóxicos aos tecidos (ESTRELLA-GÓMEZ et al., 2012).

Os dados obtidos em trabalho com *Solanum nigrum* mostraram que a espécie exposta a 200 $\mu\text{mol L}^{-1}$ de Cu aumentou significativamente os níveis de fitoquelatina, sugerindo fortemente a atuação na imobilização do excesso de Cu no vacúolo e exclusão da parte aérea. Após a quelação, em geral, os complexos fitoquelatina-metal são transportados para o vacúolo. Este é um dos principais responsáveis por compartimentalizar metais pesados, sendo extremamente importante na desintoxicação, pois evita que íons acabem sendo liberados no citosol (YADAV et al., 2018).

Em fitoestabilizadoras, a quelação nas raízes diminui a propagação de metais pesados e possíveis danos em células fotossintéticas ativas das folhas (RASCIO & IZZO, 2011), porém em fitoextratoras o mecanismo geralmente é inverso, com maior concentração de quelantes na parte aérea, devido ao maior influxo de metais pesados (HASSAN & AARTS, 2011). As raízes de *Sedum alfredii* apresentaram um acúmulo ínfimo de fitoquelatinas, ao passo que em seus brotos a síntese foi aumentada (ZHANG et al.,

2010). A síntese de quelantes direcionados é importante para o acúmulo nas partes aéreas, uma vez que a principal característica da fitoextração é a concentração de metais nessas áreas (SCHROEDER et al., 2003).

Por outro lado, quando quelantes atuam no transporte através do xilema, comportamento diferente pode ser encontrado. Por exemplo, alta taxa de histidina nas raízes de *Noccaea caerulea* foi identificada, mas em suas folhas houve níveis apenas ligeiramente maiores. Nesse experimento, a translocação de Ni da raiz para os brotos na espécie dependeu da concentração aumentada do aminoácido e também da capacidade diminuída de acumulação nos vacúolos dessa região (KOZHEVNIKOVA et al., 2009). O carregamento do xilema é facilitado por essas moléculas porque permitem uma translocação fácil e sem possibilidade de reações ao longo do vaso, ou seja, os complexos formados diminuem a reatividade dos metais, garantindo a chegada às partes aéreas (CLEMENS et al., 2002).

Metais pesados podem ser transportados em direção aos vasos condutores, principalmente pela via simplástica. De célula à célula, em forma de íons ou quelados, eles viajam pelos plasmodesmos ou por transportadores de membrana até alcançar o xilema, onde são translocados para as partes acima do solo, impulsionados pelo fluxo de transpiração (RAI et al., 2020). Nos casos de transporte pela via apoplástica, este ocorre somente até a endoderme, onde obrigatoriamente devem seguir pela outra via (GUL et al., 2021).

O floema também é via de transporte e redistribuição de metais pesados em plantas. Complexos de quelante-metal foram identificados na seiva de diferentes espécies (MENDOZA-CÓZATL et al., 2011). Há variações nos mecanismos usados para absorção e transporte. Nas partes aéreas a desintoxicação ocorre de forma semelhante a das raízes, com o acúmulo de metais pesados principalmente nos vacúolos das células (GHORI et al., 2016).

É importante ressaltar a existência de uma grande variação nas respostas ao estresse, estando dependente da espécie fitorremediadora e do metal pesado. Além disso, os mecanismos envolvidos na fitorremediação ainda não foram totalmente elucidados, necessitando maior investigação para uma compreensão mais abrangente.

Plantas Hiperacumuladoras

Enquanto algumas espécies possuem um maquinário que trabalha para que o mínimo de metais pesados alcance as suas partes aéreas, plantas hiperacumuladoras são fitoextratoras que translocam quantidades extraordinariamente altas desses contaminantes, em especial para as folhas, sem sofrer efeitos fitotóxicos (CHAVES & SOUZA, 2014). As concentrações nas suas massas secas chegam a ser de 10 a 1000 vezes maiores do que em outras plantas fitorremediadoras (MA et al., 2016). De forma geral, esse grupo se distingue por ter maior capacidade de absorver metais pesados do solo, translocação mais rápida e eficaz e maior eficiência na desintoxicação desses contaminantes (RASCIO & IZZO, 2011).

Em alguns trabalhos a transferência é mensurada pelo TF, que deve alcançar valores muito maiores que 1 para uma espécie ser classificada nesse grupo (ALI et al., 2013). No entanto, como a maioria das descobertas são feitas em experimentos de campo em solos metalíferos, referências específicas para essas

condições são utilizadas, ou seja, crescidas naturalmente em seus ambientes e sem nenhuma influência artificial, como a adição de quelantes, por exemplo. De acordo com critérios recentemente sugeridos, a definição de hiperacumuladoras é dependente da fitotoxicidade específica de cada metal pesado e as espécies são classificadas com essa capacidade quando as concentrações foliares de peso seco são: As > 1000 $\mu\text{g g}^{-1}$; Cd > 100 $\mu\text{g g}^{-1}$; Cu > 300 $\mu\text{g g}^{-1}$; Co > 300 $\mu\text{g g}^{-1}$; Mn > 10.000 $\mu\text{g g}^{-1}$; Ni > 1000 $\mu\text{g g}^{-1}$; Pb > 1000 $\mu\text{g g}^{-1}$; Se > 100 $\mu\text{g g}^{-1}$; Tl > 100 $\mu\text{g g}^{-1}$; Zn > 3000 $\mu\text{g g}^{-1}$ (REEVES et al., 2018).

Aproximadamente 759 espécies são conhecidas como hiperacumuladoras, pertencentes a 82 famílias, incluindo Asteraceae, Flacourtiaceae, Lamiaceae, Cunoniaceae, Fabaceae, Caryophyllaceae, Cyperaceae, Poaceae, Padmavaceae e Euphorbathiamie, com maior ocorrência nas famílias Brassicaceae em particular os gêneros *Noccaea* e *Alyssum* e Phyllanthaceae (BHARGAVA et al., 2012).

As hiperacumuladoras podem ser classificadas dependendo de sua distribuição. Algumas são restritas a solos metalíferos, onde se tornam dominantes, as metalófitas estritas (RASCIO & IZZO, 2011), havendo espécies que requerem altas concentrações de metais no solo para um crescimento normal (GALLEGO et al., 2017). Por outro lado, existem as metalófitas facultativas, que também habitam solos não metalíferos, que apresentam desvantagem quanto à competição com espécies não tolerantes, provavelmente devido aos altos custos em termos de energia para conter os efeitos tóxicos e acumular os elementos (MAESTRI et al., 2010), já que mesmo em solos normais, algumas hiperacumuladoras facultativas absorvem concentrações notavelmente altas de metais (POLLARD et al., 2014).

Na maioria dos casos, são capazes de acumular apenas um metal, contudo a *Thlaspi caerulescens*, uma das mais conhecidas hiperacumuladoras de Ni, também absorve elevados níveis de Cd, Pb e Zn (KHALID et al., 2017). A capacidade de *Pteris vittata* em absorver As também é bastante estudada (HE et al., 2016; LI et al., 2018). No entanto, a maioria das espécies hiperacumulam o Zn, a exemplo a *Ageratina adenophora*, *Berkheya coddii* e várias espécies do gênero *Alyssum* (DAI et al., 2020; RADZIEMSK et al., 2018).

Apesar da maioria das espécies serem endêmicas de solos ricos em metais, Goolsby e Manson (2015) destacam a importância de critérios mais abrangentes para classificação de hiperacumuladoras. Segundo eles, várias fontes reconhecem plantas nesse grupo apenas se crescerem naturalmente em ambientes metalíferos e alcançarem determinada concentração de metais nas folhas, porém a capacidade de hiperacumulação pode evoluir sem que haja interação com elevadas concentrações de metais.

Em conformidade com os autores anteriores, a hiperacumulação de Mn pode ser consequência da liberação de carboxilatos como estratégia para a mobilização do P. O Mn se acumula em níveis significativos, em comparação com outros nutrientes, mesmo em solo com baixas concentrações do metal (ABRAHÃO et al., 2014).

Existem ainda evidências de que esse grupo de plantas pode se beneficiar por meio da alelopatia, onde interferem a germinação e crescimento de plantas vizinhas através do enriquecimento de metal na superfície do solo sob suas copas. Foi relatado que ao redor de *Pteris vittata* havia níveis de As duas vezes

mais altos do que em solo a 3m de distância, suficientes para afetar negativamente a germinação de competidores em potencial (JAFFE et al., 2018).

A hiperacumuladora de Ni, *Streptanthus polygaloides*, demonstrou tolerância à herbivoria associada ao aumento do metal em seus tecidos (MINCEY et al., 2018). De forma semelhante, em experimento em campo, *Arabidopsis halleri* foi bem menos visitada por herbívoros do que as plantas controle, demonstrando que o acúmulo de Cd e Zn proporcionou defesa a ela (KAZEMIN-DONAN, 2015). A defesa elementar é altamente econômica para hiperacumuladoras, pois diminui os gastos energéticos que seriam necessários para o investimento em outras estratégias de defesa (DAI et al., 2020).

O fato é que mediante a ampla distribuição das hiperacumuladoras no reino vegetal, é impossível que em todas espécies os mesmos mecanismos estejam sendo utilizados (BARZANTI et al., 2011). Essas plantas devem crescer rapidamente e produzir significativa biomassa, porém o maior acúmulo de metais pesados interfere nessa produção (OLIVEIRA & LEITE, 2020). Dependendo do grau de estresse, priorizam o investimento em recursos e energia para a defesa, ao invés do crescimento vegetal (FU et al.; 2017).

Muitos autores concordam que esta característica representa um ponto negativo no uso de hiperacumuladoras em técnicas de fitoextração (MAESTRI et al., 2010), entretanto uma outra visão também é defendida, ressaltando ser mais vantajoso uma biomassa de baixo volume rica em metais, do que uma biomassa de grande volume pobre em metais, uma vez que a primeira torna o descarte mais econômico e facilita o manuseio (ALI et al., 2013).

O fenômeno da hiperacumulação atrai atenção cada vez maior. Vários são os trabalhos que investigam as características desse grupo, como os mecanismos celulares que resultam na elevada absorção de metais, os genes envolvidos nesses mecanismos, a evolução das populações, entre outros (GOOLSBY & MASON, 2015; LU et al., 2008; SETH, 2012). Porém, esse interesse também está relacionado à perspectiva de explorar comercialmente hiperacumuladoras de metais pesados para fins de fitominação (MORAIS et al., 2012).

Na fitominação, o “bio-minério” são as cinzas resultantes da queima da biomassa de hiperacumuladoras. Ele é processado e assim os metais podem ser recuperados (ALI et al., 2013). Devido à grande quantidade de espécies hiperacumuladoras de Ni e abundância em solos ultramáficos, a fitominação desse metal é geralmente a mais viável (ROSENKRANZ et al., 2019). A pré-avaliação da quantidade de Ni que pode ser retirado em uma única colheita de solos serpentinos ao norte de Portugal pela endêmica *Alyssum serpyllifolium* revelou uma média de cerca de 27,5 kg ha⁻¹ (MORAIS et al., 2012). O potencial para fitominação também foi testada em *Odontarrhena chalcidica* e *Noccaea goingingensis* em um solo serpentino na Áustria. A primeira espécie foi mais eficiente e extraiu 55 kg ha⁻¹, enquanto o rendimento máximo da segunda espécie foi de 36 kg ha⁻¹ (ROSENKRANZ et al., 2019).

Fatores ambientais que influenciam a fitorremediação

O sucesso da fitorremediação não depende somente da busca por plantas remediadoras. De forma geral, parâmetros inerentes ao próprio solo, fatores edafoclimáticos, a adequada seleção da espécie e as formas disponíveis dos contaminantes, contribuem para a acumulação de metais pesados (PELICA, 2017). Obviamente, características do ambiente onde a tecnologia será empregada devem ser avaliadas, pois podem atenuar ou potencializar as técnicas fitorremediadoras. Uma boa execução da fitoextração ou fitoestabilização necessita de análise prévia do solo, já que costuma adsorver fortemente metais pesados, propiciando baixa disponibilidade para as plantas, devido a fatores como o pH, matéria orgânica, teor de argila, temperatura, entre outros (TAVARES et al., 2013).

Devido à alta afinidade por metais pesados, a matéria orgânica também é uma das propriedades importantes em relação a biodisponibilidade. Zeng et al. (2011) investigaram o efeito do pH e matéria orgânica no solo sobre os teores de metais pesados e verificaram correlação negativa com o aumento do pH e positiva com o aumento da matéria orgânica. Isso pode ser explicado, em partes, pelo fato temperaturas maiores promoverem degradação da matéria orgânica que, por sua vez, muda a natureza da solução do solo, servindo como quelante de metais pesados e aumentando a disponibilidade para as plantas (CORNU et al., 2016).

Almas e Singh (2001) investigaram os efeitos da temperatura na absorção de metais pesados em *Lolium multiflorum*. A absorção de Cd e Zn foi maior a 21°C do que a 9°C. Sardans et al. (2008) verificaram que a elevação de temperatura aumentou as concentrações e o acúmulo acima do solo do As, Cr, Cu e parcialmente Pb. Adicionalmente, Marques et al. (2011) pontuam o grande potencial de climas tropicais para uso da fitorremediação, devido ao favorecimento de processos biológicos.

Outro fator que pode influenciar a fitorremediação é umidade do solo. As hiperacumuladoras de Ni, *Alyssum murale*, *Berkheya coddii* e *Thlaspi caerulesce*, quando cultivadas em solo com alto teor de umidade, tiveram as suas biomassas aumentadas e acumularam grandes quantidades de Zn e Ni, diferente dos controles (RADZIEMSK et al., 2018).

Fitorremediação no Brasil

Atualmente, o Brasil ocupa a décima posição em contribuições científicas no contexto da fitorremediação, o único da América Latina a estar na lista, sendo considerado relevante no cenário internacional (SOUSA, 2018). A China recebe destaque nessa área, por investir fortemente em biotecnologias, onde inúmeras espécies fitorremediadoras foram descobertas em pesquisas e o método já é utilizado em programas de remediação (LI et al., 2018).

Em 2016 haviam apenas quatro grupos de pesquisa, sendo dois situados no Rio de Janeiro, um no Rio Grande do Sul e um no Pará (MOTA & SANTANA, 2016). Contudo, atualmente esse número é muito maior, totalizando 68 grupos, distribuídos em diversos estados brasileiros e incluindo diferentes linhas de pesquisas (CNPq, 2021).

Este dado demonstra um aumento significativo no interesse pela fitorremediação e provavelmente seguirá dessa forma, visto que a poluição ambiental é inevitável, por ser inerente ao processo de sobrevivência da população (MATOS, 2020). No entanto, se os recursos naturais forem utilizados de maneira consciente, aliado à escolha de formas mais ecologicamente corretas e com grande capacidade de demanda para mitigar impactos, como é o caso da fitorremediação, um cenário mais equilibrado será obtido (SILVA, 2019).

É evidente a vantagem do Brasil em relação à investigação de espécies potenciais para a técnica devido à sua diversidade biológica, tanto em quantidade de espécies, quanto na complexidade de seus biomas (SOUSA, 2018). O país compreende uma região de clima tropical e representa cerca de 19% da flora mundial, contudo existe um grupo menor de plantas que são mais frequentemente estudadas nas pesquisas relacionadas à contaminação por metais pesados, como o *Helianthus annuus* L., *Zea mays*, *Brassica napus* L. e a *Brassica jucea*, bem como os gêneros *Salix* sp. A maioria de interesse econômico e exótica (GABOS et al., 2011; MARTINEZ et al., 2013; SILVA & CARNEIRO, 2020; TOKUHO, 2019).

Gupta e colaboradores (2013) ressaltam a importância de estudar o potencial de plantas nativas, pois a sobrevivência, crescimento e reprodução sob estresse ambiental, costumam ter desempenho melhor do que plantas introduzidas. O conhecimento de plantas nativas brasileiras aptas para a fitorremediação ainda é escasso, já que as pesquisas são desenvolvidas em um número inferior quando comparadas com pesquisas envolvendo espécies introduzidas (CAIRES et al., 2011). Apesar disso, há um claro interesse em explorar plantas nativas do cerrado, o que é justificável, visto que as plantas desse bioma possuem características de interesse para as técnicas de fitorremediação de solos (ALCÂNTARA et al., 2011).

De acordo com Silva (2019), leguminosas nativas do cerrado são espécies importantes para serem implantadas em solos em condições de degradação. *Mimosa caesalpiniaefolia*, *Erythrina speciosa* e *Schizolobium parahyba* foram testadas em diferentes doses Pb. As maiores concentrações identificadas estavam nas raízes das três, sendo na *Mimosa caesalpiniaefolia* o maior acúmulo (SOUZA et al., 2012). Além do potencial para a fitorremediação, esse grupo de plantas proporciona fixação simbiótica de nitrogênio, o que facilita a recomposição da vegetação nativa no ambiente contaminado.

Em experimento com *Cedrela fissilis*, houve alta tolerância ao Cu, com boa produção de matéria seca e ao alto padrão de qualidade de mudas, acumulando preferencialmente o metal pesado em suas raízes (COVRE et al., 2020). Posteriormente, Meyer et al. (2016) avaliaram a tolerância e acúmulo de Cd, Cu, Pb e Zn nessa espécie e mais três arbóreas nativas do cerrado, *Copaifera langsdorffii*, *Eugenia dysenterica* e *Inga laurina*. Os resultados mostraram melhor desempenho de *C. fissilis*, com maior absorção de Zn, nas suas raízes, demonstrando importância para a fitoestabilização. *E. dysenterica* e *I. laurina* também apresentaram fatores de bioacumulação interessantes para a técnica, enquanto que *C. langsdorffii* restringiu a absorção dos metais, mas com tolerância significativa, podendo ser utilizada como fitoestabilizadora na abordagem de contenção mecânica de metais pesados pelo sistema radicular extenso.

Freitas e colaboradores (2019) avaliaram a germinação e o desenvolvimento de *Myracrodruon urundeuva* com doses de Zn. O estudo mostrou não haver interferência do Zn na germinação. A elevação das doses foi diretamente proporcional ao acúmulo do Zn na espécie, com todos os tratamentos acumulando mais de 100 mg kg⁻¹ nas raízes, concentração considerada tóxica para as plantas. Contudo, a planta se desenvolveu sem nenhuma alteração nos parâmetros fisiológicos, podendo ser usada na técnica de fitoestabilização.

Aliado à seleção de espécies nativas, estudos de campo em solos brasileiros são imprescindíveis para implantação de programas de fitorremediação no país. *Baccharis trimera*, nativa do sul e sudeste do Brasil, foi coletada em um local contaminado por atividade de extração de ouro, localizado próximo à cidade de Lavras do Sul, Rio Grande do Sul, apresentou capacidade tanto para a fitoestabilização de Cu, com FB maior que 1, quanto para a fitoextração de Zn e Cd (BOECHAT et al., 2016).

Horn (2016) selecionou espécies vegetais de uma área ocupada pelos biomas Cerrados e Caatinga, no município de Minas Geais, a nordeste da mineração Carpathian Gold com alto teor de metais pesados. O melhor aproveitamento foi obtido por *Rollinia leptopetala* e *Piptadenia gonoacantha* e os resultados mostraram grande variação no acúmulo entre as partes vegetais das três espécies. Em *R. leptoptella*, as maiores concentrações de Zn e Pb foram acumuladas nas partes aéreas, em contrapartida o Cu se acumulou mais no caule e raízes. *P. gonoacantha* se mostrou fitoextratora para os três metais, acumulando principalmente no caule e folhas. Esses dados mostram a diversidade genética relacionada aos mecanismos de desintoxicação entre as espécies selecionadas para o estudo. Além disso, as amostras vegetais foram coletadas em pontos diferentes, possibilitando variações entre eles nas condições edafoclimáticas, o que pode também influenciar essa distribuição.

Limitações da fitorremediação

Apesar de ser uma alternativa de remediação de solo mais ambientalmente correta, obviamente a fitorremediação reúne algumas limitações importantes, podendo ser inviável dependendo das condições de contaminação do local em questão. O tempo requerido para o tratamento é um dos principais obstáculos. Por exemplo, *Zea mays* e *Chrysopogon zizanooides levariam mais de 150 anos para fitorremediar uma área contaminada com resíduos de empresa que recicla bateria, com Pb (FREITAS et al., 2013). Mesmo com as espécies hiperacumuladoras, o tratamento é a longo prazo. O *Sedum alfreddi* remove 28% do Cd total do solo em um tempo razoável de 35 meses (ZHOU et al., 2014). Portanto, em áreas que precisam de resultados mais rápidos, a fitorremediação não é indicada.*

Apesar de todo um aparato de defesa nas plantas para os efeitos tóxicos ocasionados por metais pesados, fitorremediadoras possuem um limite de tolerância, variando fortemente de espécie para espécie. Assim, o grau de contaminação também é um limitante. Quando as concentrações são exorbitantes, é difícil estabelecer a vegetação na área, sendo recomendado a redução dos metais pesados a níveis mais toleráveis

(GABOS et al., 2011). Neste sentido, é requerido primeiramente a aplicação de outras técnicas (YADAV et al., 2011), pois a fitorremediação é mais eficiente em solos moderadamente contaminados.

A capacidade de absorver ou estabilizar metais pesados estão limitados à área de alcance das raízes (MARQUES et al., 2011). Por isso sistemas radiculares densos e extensos são características desejáveis para a fitorremediação, havendo intensa busca por espécies que preencham esses atributos, visando contaminações mais profundas (SCHNEIDER et al., 2013).

Além disso, um ponto importante a ser discutido é a má gestão e falta de cuidados com a biomassa colhida na fitoextração. Existe um protocolo a ser seguindo e, em geral, o tratamento final consiste na incineração das plantas, porém podem acabar sendo descartados inadequadamente, ocasionando transferência de metais pesados para outras áreas e aumentando a contaminação (CHIRAKKARA et al., 2015).

Apesar de algumas limitações, é inegável o potencial da fitorremediação de solos contaminados com metais pesados. Ela proporciona vantagens que também permitem a estabilização do solo, com melhora das suas propriedades físicas, químicas e biológicas, estimulando, por exemplo, a retomada da sua microbiota.

Essa técnica é altamente interdisciplinar e exige conhecimentos básicos sobre clima, química, biologia vegetal, ecologia e a microbiota do solo. Em escala mundial, já é reconhecida no campo científico como um método eficaz, havendo grande investimento por parte de alguns países para viabilizar sua execução. No Brasil, apesar do aumento do interesse na área, a flora do país não é valorizada como deveria, mesmo havendo grande potencial, pois poucos são os trabalhos envolvendo, principalmente, plantas nativas.

Diante do progressivo aumento de concentrações de metais pesados nos solos, a fitorremediação representa um avanço no desenvolvimento de tecnologias ambientalmente corretas, embora possa, por hora, ainda não ser competitiva em relação às tecnologias convencionais. É impredicível para um desenvolvimento sustentável, a escolha de métodos remediadores que evitem danos secundários, já que, além de ser um recurso ambiental importante para a humanidade, sabe-se o papel fundamental que desempenha no funcionamento dos ecossistemas terrestres.

REFERÊNCIAS

- ABDELSALEM, I. M.; ELSHOBARY, M.; ELADAWY, M.; NAGAH, M. Utilization of multi-tasking non-edible plants for phytoremediation and bioenergy source-a review. **Phyton**, v. 88, n. 2, p. 69, 2019.
- ABRAHÃO, A.; LAMBERS, H.; SAWAYA, A.C.H.F. et al. Convergence of a specialized root trait in plants from nutrient-impooverished soils: phosphorus-acquisition strategy in a nonmycorrhizal cactus. **Oecologia**, v. 176, n. 2, p. 345-355, 2014.
- ADAMS, A.; RAMAN, A.; HODGKINS, D. As the plants used in phytoremediation in constructed wetlands, a sustainable remediation strategy, they operate in mines contaminated with heavy metals? **Jornal da água e do meio ambiente**, v. 27, n. 3, p. 373-386, 2013.
- AGNELLO, A. C., HUGUENOT, D.; HULLEBUSCH, E. D.; ESPOSITO, G. Citric acid-and Tween® 80-assisted phytoremediation of a co-contaminated soil: alfalfa (*Medicago sativa* L.) performance and remediation potential. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 23, n. 9, p. 9215-9226, 2016.
- ALCÂNTARA, A.J.D.O.; PIERANGELI, M. A. P.; SOUZA, C.A.D. et al. Teores de As, Cd, Pb, Cr e Ni e atributos de fertilidade de Argissolo Amarelo distrófico usado como lixão no município de Cáceres, estado de Mato Grosso. **Brazilian Journal of Geology**, v. 41, p. 539-548, 2011.
- ALI, H.; KHAN, E.; SAJAD, M.A. Phytoremediation of heavy metals-concepts and applications. **Chemosphere**, v. 91, n. 7, p. 869-881, 2013.
- ALMAS, A.R.; SINGH, B.R. Plant uptake of cadmium-109 and zinc-65 at different temperature and organic matter levels. **Journal of Environmental Quality**, v. 30, n. 3, p. 869-877, 2001.
- AMADO, S.; FILHO, J. T. Fitorremediação: uma alternativa sustentável para remediação de solos contaminados por metais pesados. **Natureza Online**, v. 13, n. 4, p. 158-164, 2015.
- ANJUM, N. A.; GILL, S. S.; GILL, R. et al. Metal/metalloid stress tolerance in plants: role of ascorbate, its redox couple, and associated enzymes. **Protoplasma**, v.251, n.6, p.1265-1283, 2014.
- SILVA, D. M.; ARAUJO, A. S. F.; ARAUJO, F. F. Growth and phytoextraction in forest species after addition of tannery sludge in substrate. **Scientia Forestalis**, v.44, n. 112, p.1019-1028, 2016.
- ARENAS-LAGO, D.; CARVALHO, L. C.; SANTOS, E. S.; ABREU, M. M. The physiological mechanisms underlying the ability of *Cistus monspeliensis* L. from São Domingos mine to withstand high Zn concentrations in soils. **Ecotoxicology and environmental safety**, v. 129, p. 219-227, 2016.
- BARZANTI, R.; COLZI, I.; ARNETOLI, M. et al. Cadmium phytoextraction potential of different Alyssum species. **Journal of hazardous materials**, v. 196, p. 66-72, 2011.
- BENZECRY, R. N. O aumento dos níveis de metais pesados nos rios e no solo de Minas Gerais e Espírito Santo após o acidente de Mariana: seus efeitos e consequências. **FESPPR Publica**, v. 2, n. 1, p. 17, 2018.
- BHARGAVA, A.; CARMONA, F. F.; BHARGAVA, M.; SRIVASTAVA, S. Approaches for enhanced phytoextraction of heavy metals. **Journal of environmental management**, v. 105, p. 103-120, 2012.
- BIONDI, C.M., NASCIMENTO, C.W.A. D., FABRÍCIO N. A. D. B., RIBEIRO, M.R. Teores de Fe, Mn, Zn, Cu, Ni e Co em solos de referência de Pernambuco. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 35, p. 1057-1066, 2011.
- BOECHAT, C.L.; PISTÓIA, V.C.; GIANELO, C.; OLIVEIRA, C.F.A. Accumulation and translocation of heavy metal by spontaneous plants growing on multi-metal-contaminated site in the Southeast of Rio Grande do Sul state, Brazil. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 23, n. 3, p. 2371-2380, 2016.
- BOLAN, N. S.; PARK, J. H.; ROBINSON, B. et al. Phytostabilization: a green approach to contaminant containment. **Advances in agronomy**, v. 112, p. 145-204, 2011.

- CAIRES, S.M.D.; FONTES, M.P.F.; FERNANDES, R.B.A. et al. Desenvolvimento de mudas de cedro-rosa em solo contaminado com cobre: tolerância e potencial para fins de fitoestabilização do solo. **Revista Árvore**, v. 35, p. 1181-1188, 2011.
- CAO, Y., FENG, H., SUN, D. et al Expressão heteróloga do transportador de fosfato de *Pteris vittata* PvPht1; 3 aumenta a translocação e o acúmulo de arsênio nos brotos do tabaco. **Ciência e tecnologia ambiental**, v. 53, n. 18, pág. 10636-10644, 2019.
- CHAVES, L. H. G.; SOUZA, R. S. Crescimento, distribuição e acumulação de cádmio em plantas de *Jatropha curcas*. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 37, n. 3, p. 286-291, 2014.
- CHEN, F.; WANG, S.; MOU, S. et al. Physiological responses and accumulation of heavy metals and arsenic of *Medicago sativa* L. growing on acidic copper mine tailings in arid lands. **Journal of geochemical exploration**, v. 157, p. 27-35, 2015.
- CHIRAKKARA, R. A.; REDDY, K. R.; CAMESELLE, C. Electrokinetic amendment in phytoremediation of mixed contaminated soil. **Electrochimica Acta**, v. 181, p. 179-191, 2015.
- CLEMENS, S.; PALMGREN, M. G.; KRAMER U. A long way ahead: understanding and engineering plant metal accumulation. **Trends in plant science**, V. 3, p. 309-315, 2002.
- COÊLHO, J. G. S.; ARAÚJO, J.; LIMA, A. K. V. O.; PEREIRA, F. C. Fitorremediação na recuperação de áreas degradadas e combate à desertificação: estado da arte. I Congresso Internacional das Ciências Agrárias. In: Congresso Internacional das Ciências Agrárias, 2016, João pessoa. **Anais... João Pessoa: IIDV**, 2016.
- COVRE, W. P.; COVRE, W. P.; SILVEIRA, W. V. P. et al. Phytoremediation potential of *Khaya ivorensis* and *Cedrela fissilis* in copper contaminated soil. **Journal of Environmental Management**, v. 268, p. 110733, 2020.
- CORNU, J.Y.; DENAIX, L.; LACOSTE, J. et al. Impact of temperature on the dynamics of organic matter and on the soil-to-plant transfer of Cd, Zn and Pb in a contaminated agricultural soil. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 23, n. 4, p. 2997-3007, 2016.
- DAI, Z.C.; CAI, H.H.; QI, S.S. et al. Cadmium hyperaccumulation as an inexpensive metal armor against disease in Crofton weed. **Environmental Pollution**, v. 267, p. 115649, 2020.
- DELGADILLO-LÓPEZ, A.E.; GONZÁLEZ-RAMÍREZ, C.A.; PRIETO-GARCÍA, F. et al. Fitorremediación: una alternativa para eliminar la contaminación. **Tropical and subtropical agroecosystems**, v. 14, n. 2, p. 597-612, 2011.
- DITUSA, S.F.; FONTENOT, E.B.; WALLACE, R.W. et al. A member of the Phosphate transporter 1 (Pht1) family from the arsenic-hyperaccumulating fern *Pteris vittata* is a high-affinity arsenate transporter. **New Phytologist**, v. 209, n. 2, p. 762-772, 2016.
- DEVI, P.; KUMAR, P. Concept and application of phytoremediation in the fight of heavy metal toxicity. **Journal of Pharmaceutical Sciences and Research**, v. 12. p. 795-804, 2020.
- ELTAHER, G. T.; AHMED, D. A.; EL-BEHEIRY, M.; EL-DIN, A. S. Biomass estimation and heavy metal accumulation by *Pluchea dioscoridis* (L.) DC. in the Middle Nile Delta (Egypt): perspectives for phytoremediation. **South African Journal of Botany**, v. 127, p. 153-166, 2019.
- EMAMVERDIAN, A.; DING, Y.; MOKHBERDORAN, F.; XIE, Y. Heavy metal stress and some mechanisms of plant defense response. **The Scientific World Journal**, v. 2015, 2015.
- ESTRELLA-GÓMEZ, N. E.; SAURI-DUCH, E.; ZAPATA-PÉREZ, O.; SANTAMARÍA, J. M. Glutathione plays a role in protecting leaves of *Salvinia minima* from Pb²⁺ damage associated with changes in the expression of SmGS genes and increased activity of GS. **Environmental and experimental botany**, v. 75, p. 188-194, 2012.

- FREITAS, E. V.; NASCIMENTO, C. W.; SOUZA, A.; SILVA, F. B. Citric acid-assisted phytoextraction of lead: a field experiment. **Chemosphere**, v. 92, n. 2, p. 213-217, 2013.
- FREITAS, D. A.; ALVARENGA, A. C.; DURÃES, A. F. S. Potencial de fitorremediação da espécie arbórea *Myracrodruon urundeuva* em solos contaminados por zinco. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 2, n. 5, p. 1768-1775, 2019.
- FU, W; HUANG, K.; CAI, H. et al. Exploring the potential of naturalized plants for phytoremediation of heavy metal contamination. **International Journal of Environmental Research**, v. 11, n. 4, p. 515-521, 2017.
- GABOS, M. B.; CASAGRANDE, G.; ABREU, C. A.; PAZ-FERREIRO, J. Uso da matéria orgânica como mitigadora de solo multicontaminado e do girassol como fitoextratora. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, p. 1298-1306, 2011.
- GALLEGO, B.; MARTOS, S.; CABOT, C. et al. Zinc hyperaccumulation substitutes for defense failures beyond salicylate and jasmonate signaling pathways of *Alternaria brassicicola* attack in *Noccaea caerulescens*. **Physiologia plantarum**, v. 159, n. 4, p. 401-415, 2017.
- GHORI, Z.; IFTIKHAR, H.; BHATTI, M.F. et al. Phytoextraction: the use of plants to remove heavy metals from soil. **Plant metal interaction**, p. 385-409, 2016.
- GOOLSBY, E. W.; MASON, C. M. Toward a more physiologically and evolutionarily relevant definition of metal hyperaccumulation in plants. **Frontiers in plant science**, v. 6, p. 33, 2015.
- GOSWAMI, S.; DAS, S. Copper phytoremediation potential of *Calandula officinalis* L. and the role of antioxidant enzymes in metal tolerance. **Ecotoxicology and environmental safety**, v. 126, p. 211-218, 2016.
- GUARINO, F., MIRANDA, A., CASTIGLIONE, S.; CICALTELLI, A. Arsenic phytovolatilization and epigenetic modifications in *Arundo donax* L. assisted by a PGPR consortium. **Chemosphere**, v. 251, p. 126310, 2020.
- GUL, I.; MANZOOR, M.; HASHIM, N. et al. Challenges in microbially and chelate-assisted phytoextraction of cadmium and lead—A review. **Environmental Pollution**, v. 28, p. 117667, 2021.
- GUPTA, D. K., HUANG, H. G.; CORPAS, F. J. Lead tolerance in plants: strategies for phytoremediation. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 20, p. 2150-2161, 2013.
- HAN, Y.; ZHANG, L.; YANG, Y. et al. Pb uptake and toxicity to *Iris halophila* tested on Pb mine tailing materials. **Environmental Pollution**, v. 214, p. 510-516, 2016.
- HASSAN, Z; AARTS; M. G. Opportunities and feasibilities for biotechnological improvement of Zn, Cd or Ni tolerance and accumulation in plants. **Environmental and Experimental Botany**, v. 72, n. 1, p. 53-63, 2011.
- HE, C.; ZHAO, Y.; WANG, F. et al. Phytoremediation of soil heavy metals (Cd and Zn) by castor seedlings: tolerance, accumulation and subcellular distribution. **Chemosphere**, v. 252, p. 126471, 2020.
- HE, Z.; YAN, H.; CHEN, Y. et al. An aquaporin Pv TIP 4; 1 from *Pteris vittata* may mediate arsenite uptake. **New Phytologist**, v. 209, n. 2, p. 746-761, 2016.
- HE, Z.; SHEN, J.; NI, Z. et al. Electrochemically created roughened lead plate for electrochemical reduction of aqueous CO₂. **Catalysis Communications**, v. 72, p. 38-42, 2015.
- HORN, H. M. F. **Análise de sílico-fitólitos de eudicotiledôneas em área de mineração e seu potencial na fitorremediação de solos contendo metais pesados**. 2016. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Minas Gerais, 2016.

- HUNGRIA, L. C.; OLIVEIRA, E. S.; SAMPAIO, I. M. G. et al. Tolerância de plantas de Jambu (*Acmella oleracea*) cultivadas em solo contaminado por cádmio. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 11, p. 26211-26219, 2019.
- JAFFE, B. D.; KETTERER, M. E.; SHUSTER, S. M. Elemental allelopathy by an arsenic hyperaccumulating fern, *Pteris vittata* L. **Journal of Plant Ecology**, v. 11, n. 4, p. 553-559, 2018.
- KAUR, R.; YADAV, P.; KOHLI, S. K. et al. Emerging trends and tools in transgenic plant technology for phytoremediation of toxic metals and metalloids. In: **Transgenic plant technology for remediation of toxic metals and metalloids**. Academic Press, 2019. p. 63-88.
- KHALID, S.; SHAHID, M.; NIAZI, N. K. et al. A comparison of technologies for remediation of heavy metal contaminated soils. **Journal of Geochemical Exploration**, v. 182, p. 247-268, 2017.
- KOZHEVNIKOVA, A.D.; SCHAT, H. Chelation by histidine inhibits the vacuolar sequestration of nickel in roots of the hyperaccumulator *Thlaspi ca.* **New Phytologist**, v. 183, p. 106-116, 2009.
- KRZESŁOWSKA, M.; RABĘDA, I.; BASIŃSKA, A. et al. Pectinous cell wall thickenings formation—A common defense strategy of plants to cope with Pb. **Environmental Pollution**, v. 214, p. 354-361, 2016.
- KUMAR, V.; SHAHI, S. K.; SINGH, S. Bioremediation: an eco-sustainable approach for restoration of contaminated sites. In: **Microbial bioprospecting for sustainable development**. Springer, Singapore, p. 115-136, 2018.
- KUMMER, L.; MELO, V.D.F.; BARROS, Y.J.; AZEVEDO, J.C.R.D. Extrações sequenciais de chumbo e zinco em solos de área de mineração e metalurgia de metais pesados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 2005-2018, 2011.
- LEITE, M.; GUAJAJARA, E.P.V.; SILVA, S. et al. Fitorremediação de Solo Contaminado por Metais Pesados. **Cadernos de Prospecção**, v. 12, n. 2, p. 327, 2019.
- LI, J.T.; GURAJALA, H.K.; WU, L.H. et al. China's hyper-accumulating plants: a synthesis of the current state of knowledge. **Ciência e tecnologia ambiental**, v. 52, n. 21, pág. 11980-11994, 2018.
- LI, T.; TAO, Q.; SHOHAG, M.J.I. et al. Root cell wall polysaccharides are involved in cadmium hyperaccumulation in *Sedum alfredii*. **Plant and Soil**, v. 389, n. 1, p. 387-399, 2015.
- LU, L.L.; TIAN, S.K.; YANG, X.E. et al. Enhanced root-to-shoot translocation of cadmium in the hyperaccumulating ecotype of *Sedum alfredii*. **Journal of Experimental Botany**, v. 59, n. 11, p. 3203-3213, 2008.
- MAESTRI, E.; MARMIROLI, M.; VISIOLI, G.; MARMIROLI, N. Metal tolerance and hyperaccumulation: costs and trade-offs between traits and environment. **Environmental and Experimental Botany**, v. 68, n. 1, p. 1-13, 2010.
- MALIK, R. N.; HUSAIN, S. Z.; NAZIR, I. Heavy metal contamination and accumulation in soil and wild plant species from industrial area of Islamabad, Pakistan. **Pak J Bot**, v. 42, n. 1, p. 291-301, 2010.
- MARQUES, M.; AGUIAR, C. R. C.; SILVA, J. J. L. S. da. Desafios técnicos e barreiras sociais, econômicas e regulatórias na fitorremediação de solos contaminados. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v. 35, p. 1-11, 2011.
- MARQUES, T.C.L.L.D.S.; SOARES, A.M.; GOMES, M.P.; MARTINS, G. Respostas fisiológicas e anatômicas de plantas jovens de eucalipto expostas ao cádmio. **Revista Árvore**, v. 35, p. 997-1006, 2011.
- MARTINEZ, M.S.; CRUVINEL, D.F.C.; BARATTO, D.M. Avaliação da fitorremediação de solos contaminados com metais pelo capim braquiária e mostarda da Índia. **Revista DAE**, v. 61, n. 191, p. 30-37, 2013.
- MATOS, A. T. **Poluição Ambiental: Impactos no Meio Físico**. Viçosa: Editora UFV, 2020.

MA, Y.; OLIVEIRA, R.S.; FREITAS, H.; ZHANG, C. Biochemical and molecular mechanisms of plant-microbe-metal interactions: relevance for phytoremediation. **Frontiers in plant science**, v. 7, p. 918, 2016.

MENDOZA-CÓZATL, D.G.; JOBE, T.O.; HAUSER, F.; SCHROEDER, J.I. Long-distance transport, vacuolar sequestration, tolerance, and transcriptional responses induced by cadmium and arsenic. **Current opinion in plant biology**, v. 14, n. 5, p. 554-562, 2011.

MENEGAES, J.F.; SWAROWSKY, A.; BELLÉ, R.A.; BACKES, F.A.A.L. Avaliação do potencial fitorremediador de cravina-chinesa cultivada em solo com excesso de cobre. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 12, n. 4, p. 1353-1370, 2019.

MENG, X. Arsenic biotransformation and volatilization in transgenic rice. **New Phytologist**, v. 191, n. 1, p. 49-56, 2011.

MEYER, S.T.; CASTRO, S.R.; FERNANDES, M.M. et al. Heavy-metal-contaminated industrial soil: Uptake assessment in native plant species from Brazilian Cerrado. **International journal of Phytoremediation**, v. 18, n. 8, p. 832-838, 2016.

MILHOME, M.A.L.; HOLANDA, J.W.B.; ARAÚJO, J.R.D.; NASCIMENTO, R.F.D. Diagnóstico da contaminação do solo por metais tóxicos provenientes de resíduos sólidos urbanos e a influência da matéria orgânica. **Revista Virtual de Química**, v. 10, p. 59-72, 2018.

MILNER, M.J.; CRAFT, E.; YAMAJI, N. et al. Characterization of the high affinity Zn transporter from *Noccaea caerulescens*, NcZNT1, and dissection of its promoter for its role in Zn uptake and hyperaccumulation. **New Phytologist**, v. 195, n. 1, p. 113-123, 2012.

MINCEY, K.A.; COBINE, P.A.; BOYD, R.S. A hiperacumulação de níquel por *Streptanthus polygaloides* está associada à tolerância à herbivoria. **Pesquisa ecológica**, v. 33, n. 3, p. 571-580, 2018.

MINNIKOVA, T.V.; DENISOVA, T.V.; MANDZHIEVA, S.S. et al. Assessing the effect of heavy metals from the Novochoerkassk power station emissions on the biological activity of soils in the adjacent areas. **Journal of Geochemical Exploration**, v. 174, p. 70-78, 2017.

MORAIS, I.; CAMPOS, J.S.; PRATAS, J.; PITA, F. Estudo preliminar de fitomineração utilizando *Alyssum serpyllifolium* desf. subsp. *lusitanicum* (Dudley & P. Silva) em solos serpentínicos dos maciços de Bragança e de Morais (nordeste de Portugal). In: I Congresso Internacional “GeoCiências na CPLP”. **Anais...** Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra 2012.

MOTA, F.A.C. **Avaliação da espécie vegetal *Alocasia macrorrhiza* como fitorremediadora de metais potencialmente tóxicos**. 2016. Tese (Doutorado em Química) – Universidade Federal do Amazonas, 2017.

MOTA, F.A.C.; SANTANA, G.P. Plantas e metais potencialmente tóxicos–estudos de fitorremediação no Brasil. **Scientia Amazonia**. v. 5, p. 22-36, 2016.

OLIVEIRA, F.K.D; LEITE, A.A. Potencial fitorremediador do “feijão-de-porco” submetido a diferentes concentrações de escória de siderurgia. **HOLOS**, v. 2, p. 1-13, 2020.

PATTNAIK, B.K.; EQUENUDDIN, S.M. Potentially toxic metal contamination and enzyme activities in soil around chromite mines at Sukinda Ultramafic Complex, India. **Journal of Geochemical Exploration**, v. 168, p. 127-136, 2016.

PELICA, J.P.F. **Fitorremediação em solos contaminados com arsênio, por duas espécies de *Eucalyptus* (*Eucalyptus globulus* Labill e *Eucalyptus nitens* Deane & Maiden)**. 2017. Tese (Doutorado em Ambiente e Sustentabilidade) – Faculdade Nova de Lisboa, 2017.

PEREIRA, A.C.C.; RODRIGUES, A.C.D.; SANTOS, F.S.D. et al. Concentração de metais pesados em espécies arbóreas utilizadas para revegetação de área contaminada. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, p. 641-647, 2012.

- POLLARD, A.J.; REEVES, R.D.; BAKER, A.J. Facultative hyperaccumulation of heavy metals and metalloids. **Plant Science**, v. 217, p. 8-17, 2014.
- RABÊLO, F.H.S.; AZEVEDO, R.A.; MONTEIRO, F.A. The proper supply of S increases amino acid synthesis and antioxidant enzyme activity in Tanzania guinea grass used for Cd phytoextraction. **Water, Air, & Soil Pollution**, v. 228, n. 10, p. 1-17, 2017.
- RADZIEMSK, M.; KODA, E.; BILGIN, A.; VAVERKOVÁ, M.D. Concept of aided phytostabilization of contaminated soils in postindustrial areas. **International journal of environmental research and public health**, v. 15, n. 1, p. 24, 2018.
- RAI, P.K.; KIM, K.H.; LEE, S.S.; LEE, J.H. Molecular mechanisms in phytoremediation of environmental contaminants and prospects of engineered transgenic plants/microbes. **Science of the Total Environment**, v. 705, p. 135858, 2020.
- RASCIO, N.; IZZO, F. Heavy metal hyperaccumulating plants: how and why do they do it? And what makes them so interesting?. **Plant science**, v. 180, n. 2, p. 169-181, 2011.
- REEVES, R.D.; BAKER, A.J.; JAFFRÉ, T. et al. A global database for plants that hyperaccumulate metal and metalloid trace elements. **New Phytologist**, v. 218, n. 2, p. 407-411, 2018.
- REN, C.; QI, Y.; HUANG, G. et al. Contributions of root cell wall polysaccharides to Cu sequestration in castor (*Ricinus communis* L.) exposed to different Cu stresses. **Journal of Environmental Sciences**, v. 88, p. 209-216, 2020.
- RODRIGUES, P.T.A.; ORLANDELLI, R.C. Plantas como Ferramentas para a Remediação Ambiental: uma Revisão da Literatura. **UNICIÊNCIAS**, v. 22, n. 1, p. 38-44, 2018.
- ROSENKRANZ, T.; HIPFINGER, C.; RIDARD, C.; PUSCHENREITER, M. A nickel phytomining field trial using *Odontarrhena chalcidica* and *Noccaea goesingensis* on an Austrian serpentinite soil. **Journal of environmental management**, v. 242, p. 522-528, 2019.
- SOUSA, Í.D. **Fitorremediação: contribuição científica brasileira no contexto nacional e internacional**. 2018. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade e Conservação) – Instituto Federal Goiano, 2018.
- SAKAKIBARA, M.; WATANABE, A.; INOUE, M. et al. Phytoextraction and phytovolatilization of arsenic from As-contaminated soils by *Pteris vittata*. In: **Proceedings of the annual international conference on soils, sediments, water and energy**. v.12, p.269-272, 2010.
- SARDANS, J.; PEÑUELAS, J.; ESTIARTE, M. Warming and drought change trace element bioaccumulation patterns in a Mediterranean shrubland. **Chemosphere**, v.70, n.5, p.874-885, 2008.
- SCHNEIDER, J.; LABORY, C.R.G.; RANGEL, W.M. et al. Anatomy and ultrastructure alterations of *Leucaena leucocephala* (Lam.) inoculated with mycorrhizal fungi in response to arsenic-contaminated soil. **Journal of hazardous materials**, v. 262, p. 1245-1258, 2013.
- SETH, C.S. A review on mechanisms of plant tolerance and role of transgenic plants in environmental clean-up. **The Botanical Review**, v. 78, n. 1, p. 32-62, 2012.
- SHARMA, H. Metal hyperaccumulation in plants: a review focusing on phytoremediation technology. **Journal of Environmental Science and Technology**, v. 4, n. 2, p. 118-138, 2011.
- SILVA, B.C.D.M. **Recuperação da área do antigo lixão da Estrutural-DF através da utilização de espécies arbóreas fitorremediadoras e de leguminosas nativas do cerrado**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Florestal) – Universidade de Brasília. Brasília, 2019.
- SILVA, E.C.; CARNEIRO, F.M. Análise cienciométrica dos estudos com fitorremediação. **Revista Sapiência**, v. 9, n. 3, p. 249-247, 2020.

- SILVA P.L.E.; CÂMARA, M.Y.; PINTO, F.G.H.S. Determinação da Potencialidade de Utilização da *Pistia stratiotes* como Agente Fitorremediador de Ambientes Naturais. **Química: Ciência, Tecnologia e Sociedade**, v. 4, n. 1, 2015.
- SILVA, T.J.; TONELLO, P.S.; GOUVEIA, D. Fitorremediação de solos contaminados com metais: Panorama atual e perspectivas de uso de espécies florestais. **Revista Virtual de Química**, v. 11, n. 1, p. 18-34, 2019.
- SMITH, E.; NAIDU, R.; ALSTON, A.M. Chemistry of inorganic arsenic in soils: II. Effect of phosphorus, sodium, and calcium on arsenic sorption. **Journal of Environmental Quality**, v. 31, n. 2, p. 557-563, 2002.
- SOUZA, A.K.R.; MORASSUTI, C.Y.; DEUS, W.B.D. Poluição do ambiente por metais pesados e utilização de vegetais como bioindicadores. **Acta Biomedica Brasiliensia**, v. 9, n. 3, p. 95-106, 2018.
- SOUZA; S.C.R.; ANDRADE, S.A.L.; SOUZA, L.A.; SCHIAVINATO, M.A. Lead tolerance and phytoremediation potential of Brazilian leguminous tree species at the seedling stage. **Journal of Environmental Management**, v. 110, p. 299-307, 2012.
- SOUZA, T.D.; BORGES, A.C.; BRAGA, A.F. et al. Tamara Daiane et al. Phytoremediation of arsenic-contaminated water by *Lemna Valdiviana*: an optimization study. **Chemosphere**, v. 234, p. 402-408, 2019.
- SOUZA, V.; KONRAD, O.; JUNIOR, A.C.G. Contaminação por chumbo, riscos, limites legais e alternativas de remediação. **Veredas do Direito: Direito Ambiental e Desenvolvimento Sustentável**, v. 13, n. 25, p. 249-276, 2016.
- TAVARES, S.R.L.; OLIVEIRA, S.A.P.; SALGADO, C.M. Avaliação de espécies vegetais na fitorremediação de solos contaminados por metais pesados. **Holos**, v. 5, p. 80-97, 2013.
- TOKUHO, M.Y. **Uso de *Brassica juncea* (L.) Czern, *Helianthus annuus* L. e *Mimosa bimucronata* (DC.) O. Kuntze na fitorremediação de solos contaminados com chumbo e níquel**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Paraná, 2019.
- VAN, S.S.; WITTERS, N.; MEERS, E. et al. Safe use of metal-contaminated agricultural land by cultivation of energy maize (*Zea mays*). **Environmental Pollution**, v. 178, p. 375-380, 2013.
- VALDERRAMA, A.; CARVAJAL, D.E.; PEÑAILILO, P.; TAPIA, J. Accumulation capacity of cadmium and copper and their effects on photosynthetic performance in *Azolla filiculoides* Lam. under induced rhizofiltration. **Gayana Botánica**, v. 73, n. 2, p. 283-291, 2016.
- VASCONCELLOS, M.C.; PAGLIUSO, D.; SOTOMAIOR, V.S. Fitorremediação: Uma proposta de descontaminação do solo. **Estudos de Biologia**, v. 34, n. 83, 2012.
- VERBRUGGEN, N.; HERMANS, C.; SCHAT, H. Molecular mechanisms of metal hyperaccumulation in plants. **New phytologist**, v. 181, n. 4, p. 759-776, 2009.
- VERMA, S.; VERMA, P.K; PANDE, V. et al. Transgenic *Arabidopsis thaliana* expressing fungal arsenic methyltransferase gene (WaarsM) showed enhanced arsenic tolerance via volatilization. **Environmental and Experimental Botany**, v. 132, 2016.
- YADAV, K.K.; GUPTA, N.; KUMAR, A. et al. Mechanistic understanding and holistic approach of phytoremediation: a review on application and future prospects. **Ecological engineering**, v. 120, p. 274-298, 2018.
- WANG, S.H.; ZHANG, H.; ZHANG, Q. et al. Copper-induced oxidative stress and responses of the antioxidant system in roots of *Medicago sativa*. **Journal of Agronomy and Crop science**, v. 197, n. 6, p. 418-429, 2011.

WÓJCIK, M.; DRESLER, S.; TUKIENDORF, A. Physiological mechanisms of adaptation of *Dianthus carthusianorum* L. to growth on a Zn-Pb waste deposit-the case of chronic multi-metal and acute Zn stress. **Plant and Soil**, v. 390, n. 1, p. 237-250, 2015.

XIAO, R.; SHEN, F.; DU, J. et al. Screening of native plants from wasteland surrounding a Zn smelter in Feng County China, for phytoremediation. **Ecotoxicology and environmental safety**, v. 162, p. 178-183, 2018.

YANG, S.; LIANG, S.; YI, L. et al. Heavy metal accumulation and phytostabilization potential of dominant plant species growing on manganese mine tailings. **Frontiers of Environmental Science & Engineering**, v. 8, p. 394-404, 2014.

ZENG, F.; ALI, S.; ZHANG, H. et al. The influence of pH and organic matter content in paddy soil on heavy metal availability and their uptake by rice plants. **Environmental pollution**, v. 159, n. 1, p. 84-91, 2011.

ZHANG, X.; GAO, B.; XIA, H. Effect of cadmium on growth, photosynthesis, mineral nutrition and metal accumulation of bana grass and vetiver grass. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 106, p. 102-108, 2014.

ZHANG, Z.C.; CHEN, B.X.; QIU, B.S. A síntese de fitocelatina desempenha um papel semelhante nos brotos do hiperacumulador de cádmio *Sedum alfredii* e em plantas não resistentes. **Planta, célula e ambiente**, v. 33, n. 8, pág. 1248-1255, 2010.

ZHOU, J.; SHAO, L.; ZHU, H.; WEI, Z.; WU, Q. Phytoremediation of inter-cropping with chemical enhancement of heavy-metal-contaminated acid soil: a long-term field experiment. **Acta Pedologica Sinica**, v. 51, n. 5, p. 1056-1065, 2014.

Análise do óleo essencial do capim citronela (*Cymbopogon nardus*) nas condições edafoclimáticas de Juiz de Fora- MG

Crossref  10.56238/cipcaebv1-020

Henrique Guilhon de Castro

Universidade Federal de Juiz de Fora- UFJF, Juiz de Fora/MG, Brasil

Karoline Aparecida da Silva Braga

Universidade Federal de Juiz de Fora- UFJF, Juiz de Fora/MG, Brasil

Vitória Lima Silva Teixeira

Universidade Federal de Juiz de Fora- UFJF, Juiz de Fora/MG, Brasil

Luiz Cláudio de Almeida Barbosa

Universidade Federal de Viçosa- UFV, Viçosa/MG, Brasil

Antônio Jacinto Demuner

Universidade Federal de Viçosa- UFV, Viçosa/MG, Brasil

RESUMO

A produção de princípios ativos pelas plantas medicinais pode ser influenciada pelo ambiente de cultivo. O estudo de tais condições é fundamental para se ter uma produção de material vegetal de melhor qualidade. Desta forma, este estudo teve por objetivo avaliar o efeito do uso da adubação orgânica no crescimento, na produção de biomassa e no teor e composição do óleo essencial do capim citronela (*Cymbopogon nardus*) sob as condições edafoclimáticas de Juiz de Fora- MG. A extração do óleo essencial foi realizada por hidrodestilação utilizando o aparelho de Clevenger adaptado e a identificação dos compostos químicos por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massa (CG-EM). As plantas apresentaram, no tratamento com adubação orgânica, aos 174 dias de transplante, uma produção de biomassa fresca de 1071,75g planta⁻¹, estimando uma produtividade de 21,44 t ha⁻¹. O teor de óleo essencial das amostras foi de 1,06% no tratamento sem adubação e 0,82% no tratamento com adubação. A técnica de CG-EM permitiu que fossem identificados 14 compostos químicos no óleo essencial do capim citronela. Os compostos majoritários foram o trans- β -geraniol, o

citronelal e o β -citronelol. Os resultados obtidos permitem estimar uma produtividade de 79,20 Kg ha⁻¹ de óleo volátil para o tratamento com adubação e 64,45 Kg ha⁻¹ para o tratamento sem adubação. No primeiro tratamento obteve-se um menor teor de óleo e uma maior produção de biomassa, resultando em uma maior produção de óleo essencial por hectare.

Palavras-chave: *Cymbopogon nardus*, Óleo essencial, Plantas medicinais, Capim citronela, Adubação orgânica.

ABSTRACT

The production of active principles by medicinal plants can be influenced by the cultivation environment. The study of these conditions is essential to produce a better quality plant material. Thus, this paper aimed to evaluate the effect of the use of organic fertilization on the growth, on biomass production and on the essential oil content and composition of citronella grass (*Cymbopogon nardus*) under the edaphoclimatic conditions of Juiz de Fora-MG. The extraction of the essential oil was carried out through hydrodistillation using an adapted Clevenger equipment and the identification of the chemical compounds by gas chromatography coupled to mass spectrometry. The plants presented in the treatment with organic fertilizing, at 174 days of transplant, a production of fresh biomass of 1071.75 g plant⁻¹, estimating a productivity of 21.44 t ha⁻¹. The content of essential oil was of 1.06% in the treatment without fertilizing and 0.82% in the treatment with fertilizing. The technique of GC-MS allowed the identification of 14 chemical compounds in the citronella grass essential oil. The majority compounds of the oil were trans- β -geraniol, citronellal and β -citronellol. The results allow to estimate a productivity of volatile oil of 79.20 kg ha⁻¹ for the treatment with fertilizing and 64.45 kg ha⁻¹ for the treatment without fertilizing. In the first treatment a lower oil content and a higher production of biomass were obtained resulting in a higher production of essential oil for hectare.

Keywords: *Cymbopogon nardus*, Essential oil, Medicinal plants, Citronella grass, Organic fertilizing.

1 INTRODUÇÃO

Na área de plantas medicinais os estudos estão associados, preferencialmente, ao conhecimento da composição química das espécies que produzem fitofármacos. Os processos genéticos e ambientais influenciam a produção dos compostos ativos nas plantas medicinais e devem ser avaliados para a melhoria da qualidade da matéria-prima. Dentro deste contexto é fundamental que a produção das plantas medicinais considere as condições edafoclimáticas regionais, uma vez que a produção de princípios ativos pelas mesmas pode ser afetada pelo ambiente de cultivo (SANTOS, INNECCO, 2004).

A adubação orgânica em plantas medicinais, além de ser parte essencial dos sistemas de cultivo orgânico, fornece nutrientes, proporciona benefícios na estrutura física do solo, aumenta a retenção de água, diminui as perdas por erosão e favorece o controle biológico de pragas e doenças (SOARES et al., 2014).

O capim citronela (*Cymbopogon nardus*) é uma planta originada do Ceilão e da Índia pertencente à família *Poaceae*. Essa espécie possui uso na medicina popular como calmante e digestivo. O óleo essencial de *C. nardus* tem sido tradicionalmente usado como repelente de insetos (BILLERBECK et al., 2001; CASTRO et al., 2010).

Os óleos essenciais são metabólitos secundários considerados produtos finais do metabolismo das plantas e têm importância ecológica para os vegetais que os sintetizam, como fornecer proteção contra o ataque de organismos patogênicos (SILVA et al., 2008). Os óleos essenciais são misturas complexas que podem conter mais de cem compostos orgânicos, os quais pertencem a diversas classes químicas. A classe dos terpenos é a mais comum encontrada como constituinte dos óleos essenciais e os monoterpenos e sesquiterpenos são as substâncias predominantes (BARBOSA et al., 2016; RIBEIRO et al., 2018).

Na maioria dos casos a atividade biológica de um óleo essencial particular pode estar relacionada com o constituinte majoritário, embora possa ocorrer sinergismo entre alguns compostos (FILOMENO et al., 2017). A utilização de óleos essenciais ou extratos botânicos no controle de organismos patogênicos têm sido frequentemente relatados em artigos publicados. A inibição do desenvolvimento de fungos pode ser tanto por sua ação direta, inibindo o crescimento micelial e a germinação de esporos, quanto pela indução de resistência a diversos patógenos (DONLAPORN, SUNTORNSUK, 2010; DEUS et al., 2011; GARCIA et al., 2012; PASSOS et al., 2012).

O óleo essencial extraído de *C. nardus* apresenta alto teor de geraniol e citronelal. O geraniol possui atividade anti-séptica, inibindo o crescimento de fungos e bactérias, enquanto o citronelal é utilizado como material básico para a síntese de vitamina A e de importantes compostos químicos denominados iononas. O óleo essencial de *C. nardus* também apresenta atividade repelente a insetos e é utilizado na fabricação de perfumes e cosméticos (MUMCUOGLU et al., 2004; TRONGTOKIT et al., 2005; WONG et al., 2005; AGNOLIN et al., 2014).

Considerando que a composição química pode ser influenciada pelas condições de cultivo, este estudo teve por objetivo avaliar o efeito do uso da adubação orgânica no crescimento, produção de biomassa e no

teor e composição do óleo essencial de *C. nardus* nas condições edafoclimáticas do município de Juiz de Fora- MG.

2 METODOLOGIA

Crescimento e produção de biomassa

Os experimentos foram conduzidos na estação experimental de campo da Universidade Federal de Juiz de Fora, campus de Juiz de Fora- MG (21° 76' sul e 43° 36' oeste, com altitude média de 940 m). A exsicata com amostra do material vegetal foi depositada no herbário da Universidade Federal de Viçosa com o número VIC 30283.

A coleta das amostras simples (subamostras) para a análise química do solo foi realizada na profundidade de 20 cm com o auxílio de uma pá. As amostras simples (oito amostras), coletadas ao acaso, foram misturadas em um balde de plástico para formar a amostra composta. Após a formação da amostra composta separou-se 500 g de solo que foi encaminhada ao laboratório (Laboratório de Análise de Solo, Tecido Vegetal e Fertilizante da Universidade Federal de Viçosa).

A análise química do solo da área experimental apresentou os seguintes resultados: pH (H₂O) = 6,1; H⁺ + Al⁺⁺⁺ = 4,0 cmol_c dm⁻³; Ca⁺⁺ = 5,43 cmol_c dm⁻³; Mg⁺⁺ = 0,89 cmol_c dm⁻³; P-rem = 24,6 mg L⁻¹; K⁺ = 74 mg dm⁻³; matéria orgânica = 4,16 dag Kg⁻¹; CTC = 61,9 cmol_c dm⁻³ e V (%) = 61,9 %.

O delineamento experimental foi blocos casualizados em esquema fatorial 5 x 2, com quatro repetições e oito plantas, totalizando 10 tratamentos e 40 unidades experimentais. Os tratamentos foram constituídos por cinco épocas de amostragem em intervalos regulares de 21 dias (90, 111, 132, 153 e 174 dias após o transplante), associados com e sem adubação orgânica (húmus) (3 L cova⁻¹). O húmus foi adquirido no comércio de Juiz de Fora (loja de produtos agropecuários).

As mudas foram obtidas de plantas matrizes existentes no Campus Universitário de Juiz de Fora por divisão de touceiras, utilizando no plantio 1 perfilho cova⁻¹.

As seguintes características foram avaliadas: massa fresca, massa seca, massa desidratada, vigor, altura, circunferência do caule, número de folhas, número de perfilhos, comprimento da maior folha e largura da maior folha (SOARES et al., 2014). Na obtenção da massa seca, amostras da massa fresca foram mantidas em estufa com circulação e renovação de ar (SOLAB) a 70 °C por 72 h, até atingir massa constante.

Análise do óleo essencial

Na extração do óleo essencial foi utilizado a parte aérea de plantas de *C. nardus*, em triplicata. O óleo essencial foi obtido por hidrodestilação por um período de 1 h e 30 minutos, utilizando-se aparelho Clevenger a partir de amostras da parte aérea da planta desidratada (22 gramas). As amostras foram colocadas em balão de fundo redondo contendo 750 mL de água destilada que foi acoplado ao Clevenger (VELOSO et al., 2012).

O óleo essencial foi extraído da fase aquosa com funil de separação, utilizando-se diclorometano como solvente. As frações orgânicas obtidas foram reunidas e secadas com sulfato de sódio anidro, filtradas, enquanto o solvente removido em banho-maria a 60 °C.

A análise qualitativa dos constituintes do óleo foi realizada em aparelho Shimadzu GCMS-QP5050A, equipado com coluna de sílica fundida DB-5 (30 m x 0,25 mm, espessura do filme de 0,25 µm) e acoplado ao espectrômetro de massas. O gás Hélio foi utilizado como gás de arraste com fluxo de 1,8 mL min⁻¹; temperatura do injetor 220 °C, temperatura inicial da coluna 40 °C, isoterma por 2 min., seguido de aquecimento de 3 °C min⁻¹ até 240 °C, mais isoterma por 15 min.; volume de injeção 1,0 µL (1% p/v em CH₂Cl₂); razão de Split 1: 10; pressão da coluna 100 kPa; temperatura da interface 240 °C; ionização por impacto de elétrons (70 eV).

Após a identificação dos constituintes dos óleos essenciais, a determinação do teor de cada composto foi realizada por cromatografia gasosa utilizando o cromatógrafo Shimadzu, modelo 17A, conectado ao detector de ionização de chamas (CG-DIC) equipado com uma coluna capilar de sílica fundida (SBP5-Supelco, 30 m x 0,25 mm d.i, espessura do filme de 0,25 µm). A temperatura da coluna foi programada para variar de 40 °C (4 min.) a 200 °C a uma taxa de 3 °C min⁻¹. O injetor e o detector foram mantidos a 200 °C e 240 °C, respectivamente. O gás de arraste foi o nitrogênio a uma taxa de fluxo de 1,8 mL mL⁻¹. A quantidade de 1,0 µL (solução do óleo essencial 1% m/v em CH₂Cl₂) foi injetada e a razão de split foi de 1:10.

As análises foram realizadas em triplicata e a concentração de cada constituinte foi calculada pela porcentagem da área do pico correspondente em relação à área total dos picos. A identificação dos constituintes de cada mistura de óleo foi realizada pela comparação de seus tempos de retenção, relativos à série de alcanos (C₈ – C₁₈), e pela comparação dos espectros de massa com o banco de dados da biblioteca Wiley 7 e com a literatura (ADAMS, 2007).

Análise estatística

Os dados foram interpretados por meio de análises de variância e de regressão. No fator adubação orgânica as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. No fator época de amostragem foram ajustadas equações de regressão com base no teste “t” dos coeficientes a 5 ou 1% de probabilidade e no coeficiente de determinação. Nas variáveis biomassa fresca, seca e desidratada as médias foram comparadas pelo teste de Wilcoxon a 5% de probabilidade.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Crescimento e produção de biomassa

Nas condições em que foi realizado o estudo, de modo geral, observou-se que as plantas que foram adubadas com húmus apresentaram melhor performance em todas as características avaliadas (Tabela 1).

Em ambos os tratamentos, com e sem adubação orgânica, observou-se que a altura aumentou linearmente em função do tempo. As plantas sem adubação orgânica apresentaram maiores taxas de crescimento em altura de plantas a cada intervalo de tempo, atingindo aos 174 dias após o plantio, 81,12 cm planta⁻¹. Por outro lado, as plantas com adubação orgânica apresentaram, de acordo com as equações de regressão ajustadas, menor taxa de crescimento, mas com maior altura na última época de avaliação, 95,52 cm planta⁻¹ (Tabela 1). A maior altura das plantas no tratamento com adubação orgânica, na última época de avaliação, está relacionada com o maior crescimento das plantas neste tratamento no período que antecedeu a primeira época de avaliação.

Tabela 1. Valores médios, equações de regressão e coeficiente de determinação (r^2) de *C. nardus* nas variáveis: altura, circunferência do caule, vigor, número de folhas, número de perfilhos, comprimento da maior folha e largura da maior folha, em cinco épocas de amostragem (Com: com adubação orgânica; Sem: sem adubação orgânica; AO: adubação orgânica; e EP: épocas de amostragem).

AO	Épocas de amostragem (dias após plantio)					Equações de regressão	r^2 (%)
	90	111	132	153	174		
Altura (cm planta⁻¹)							
Com	46,38 ± 21,2 ^a	63,38 ± 3,7 ^a	69,5 ± 3,1 ^a	81 ± 5,7 ^a	97,5 ± 4,1 ^a	Y = -3,8 + 0,5708 EP**	77,23
Sem	23,13 ± 4,7 ^a	41 ± 13,2 ^a	50,75 ± 14,6 ^a	65,5 ± 17,9 ^a	82,25 ± 20,6 ^a	Y = -37,2 + 0,68 EP**	69,90
Circunferência do caule (cm planta⁻¹)							
Com	5,88 ± 2,3 ^a	6,75 ± 2,4 ^a	9,25 ± 4,0 ^a	13,38 ± 5,5 ^a	20,25 ± 11,6 ^a	y = -11,14 + 0,1685 EP**	44,25
Sem	3,5 ± 2,4 ^a	4,38 ± 3,2 ^a	6,38 ± 4,5 ^a	7,75 ± 4,1 ^a	12,38 ± 6,9 ^b	y = -6,4 + 0,1006 EP**	35,92
Vigor							
Com	3,5 ± 1,29 ^a	3,3 ± 1,3 ^a	3,8 ± 1,0 ^a	4 ± 0,8 ^a	4 ± 0,8 ^a	y = 3,7	
Sem	3,3 ± 1,8 ^a	2,3 ± 1,3 ^a	2,3 ± 1,0 ^b	2,5 ± 1,3 ^b	3,3 ± 1,0 ^a	y = 2,7	
Número de folhas							
Com	6,3 ± 3,95 ^a	8,3 ± 4,0 ^a	14 ± 7,8 ^a	27 ± 12,2 ^a	42,3 ± 20,4 ^a	y = -37,5 + 0,4321 EP **	58,88
Sem	5,5 ± 5,8 ^a	7,3 ± 5,3 ^a	11 ± 6,7 ^a	17 ± 8,8 ^a	34 ± 19,3 ^a	y = -27,0 + 0,3179 EP**	47,01
Número de perfilhos							
Com	1,5 ± 0,58 ^a	1,5 ± 0,6 ^a	5 ± 3,7 ^a	6,3 ± 2,5 ^a	12 ± 4,8 ^a	y = -10,94 + 0,1226 EP **	61,72
Sem	1,5 ± 1,0 ^a	1,5 ± 1,0 ^a	2,3 ± 1,5 ^a	3,5 ± 0,6 ^a	9,3 ± 6,5 ^a	y = -7,4 + 0,0833 EP**	39,41
Comprimento da maior folha (cm planta⁻¹)							
Com	38,8 ± 6,34 ^a	52,5 ± 1,3 ^a	55,5 ± 3,5 ^a	67,3 ± 3,6 ^a	79,8 ± 2,2 ^a	y = -2,06 + 0,4607 EP **	92,05
Sem	29 ± 12,2 ^a	36,25 ± 14,8 ^b	43,5 ± 13,1 ^a	54 ± 15,3 ^a	72,8 ± 9,2 ^a	y = -19,1 + 0,5012 EP **	61,31
Largura da maior folha (cm planta⁻¹)							
Com	1,9 ± 0,46 ^a	2,1 ± 0,4 ^a	2,2 ± 0,3 ^a	2,2 ± 0,3 ^a	2,3 ± 0,2 ^a	y = 2,1	
Sem	1,5 ± 0,6 ^a	1,5 ± 0,6 ^a	1,5 ± 0,6 ^b	1,8 ± 0,3 ^a	2,1 ± 0,1 ^a	y = 1,7	

Os dados referem-se à média de quatro repetições ± desvio padrão. Médias seguidas pela mesma letra na coluna, em cada variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P > 0,05); ** = significativo a 1% de probabilidade pelo teste “t”.

No estudo realizado por SOARES et al., (2014) no estado do Tocantins, semelhante ao presente estudo, não foi observada diferença significativa entre os tratamentos em todas as épocas de amostragem. Contudo, a citronela adubada organicamente, com 9 Kg cova⁻¹ de esterco, apresentou a maior taxa de crescimento em altura, 0,54 cm dia⁻¹, atingindo na última época de amostragem 113,59 cm.

Outros estudos realizados com adubação orgânica também foram influenciados positivamente quanto ao crescimento de plantas medicinais como manjerição anis (*Ocimum selloi* L.) (COSTA et al., 2008a) e na produção de matéria seca de capítulos de calêndula (*Calendula officinalis* L.) (VALADARES et al., 2010).

Quanto ao vigor, nos dois tratamentos avaliados não foi ajustado nenhum modelo de regressão para explicar a variação dos dados. O tratamento com adubação orgânica apresentou, em todas as épocas de avaliação, os maiores valores de vigor das plantas (Tabela 1).

SOARES et al., (2014) observaram que as plantas do capim citronela tratadas com adubo orgânico apresentaram-se mais vigorosas e com desenvolvimento vegetativo melhor, além de uma coloração mais verde. Em outro estudo, COSTA et al., (2008b) obtiveram resultados parecidos no cultivo de capim-limão (*Cymbopogon citratus*) adubado com esterco avícola.

Nas variáveis número de folhas e número de perfilhos não houve diferença estatística ($P > 0,05$) entre os tratamentos em todas as épocas de avaliação. Entretanto, o tratamento com adubação apresentou maior taxa de crescimento em número de folhas e número de perfilhos (Tabela 1).

Na análise destrutiva o tratamento com adubação orgânica apresentou valores de biomassa fresca, biomassa seca e desidratada significativamente maiores que o tratamento sem adubação orgânica (Tabela 2). O maior valor de biomassa apresentado no tratamento com adubação orgânica está associado com o maior fornecimento de nutrientes nesse tratamento e a sua influência na estrutura do solo com o aumento da porosidade e maior infiltração e retenção de água no solo.

Tabela 2. Valores médios nas variáveis biomassa fresca e seca de *C. nardus* (COM e SEM adubação orgânica).

Adubação	Biomassa fresca (g planta ⁻¹)	Biomassa seca (g planta ⁻¹)	Biomassa desidratada (g planta ⁻¹)
COM	1071,75 ± 241 a	344,14 ± 77,3 a	386,36 ± 86,8 a
SEM	684,25 ± 149,3 b	220,19 ± 48,1 b	243,22 ± 53,1 b

Os dados referem-se à média de quatro repetições ± desvio padrão. Médias seguidas pela mesma letra na coluna, em cada variável, não diferem entre si pelo teste de Wilcoxon ($P > 0,05$).

No tratamento com adubação orgânica a produção de biomassa fresca planta⁻¹ permite estimar uma produtividade de aproximadamente 21,44 t ha⁻¹.

No plantio o número de perfilhos cova⁻¹ exerce influência direta na produção de biomassa das plantas de *C. nardus*. PERINI et al., (2011) analisaram o plantio do capim citronela utilizando um perfilho cova⁻¹ (mesmo número de perfilhos do presente estudo), atingindo a produtividade de 20,05 t ha⁻¹ de

biomassa fresca. No estudo de SOARES et al., (2014) e CASTRO et al., (2007) utilizou-se três perfislos cova⁻¹ e a produtividade foi de 61,63 t ha⁻¹ e 66,11 t ha⁻¹ de biomassa fresca, respectivamente.

Em outro estudo com capim-limão, os autores relataram que a adubação orgânica das plantas acarretou em uma maior produção de biomassa seca. Este resultado também foi observado no cultivo de mentrasto (*Ageratum conyzoides*), onde houve incremento de biomassa das plantas no tratamento com adubo orgânico comparado com os tratamentos utilizando adubação mineral e calagem (COSTA et al., 2008b).

Análise do óleo essencial

A análise do óleo essencial (OE) por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas resultou na identificação de quatorze constituintes no óleo essencial das folhas de *C. nardus*. Os compostos identificados foram classificados como monoterpenos e sesquiterpenos (Tabela 3).

O teor de óleo essencial obtido da parte aérea das plantas de *C. nardus* no tratamento com adubação permite a projeção da produção de 79,20 kg ha⁻¹ de óleo essencial, enquanto no tratamento sem adubação a produção de 64,45 kg ha⁻¹.

No tratamento com adubação foi obtido menor teor de óleo (0,82 %) (Tabela 3) em relação ao tratamento sem adubação, mas observou-se maior produção de biomassa no tratamento com adubação (Tabela 2). A maior produção de biomassa no tratamento com adubação resultou em uma maior produção de óleo essencial por hectare, sabendo que o teor de óleo essencial foi calculado com base em uma amostra de 22 gramas para ambos os tratamentos. Dessa forma, conforme foi verificado no presente estudo, a maior produção de biomassa pode compensar o menor teor de óleo essencial resultando em uma maior produção de óleo essencial por área de cultivo.

Ensaio realizados com adubação orgânica elevou o rendimento médio de OE do capim-limão e mentrasto. Observação semelhante foi feita em outros estudos, nos quais o uso de biofertilizante aumentou diretamente o rendimento de óleo (COSTA et al., 2008b).

OLIVEIRA et al., (2011) comparou o teor dos OE de *C. nardus* e *C. citratus*. O primeiro apresentou teor de óleo essencial de 1,39% e o segundo 2,27%. Ambos possuem como constituintes majoritários os monoterpenos, mas o óleo de capim-limão apresentou maior teor de geranial (42,92%) enquanto no óleo do capim citronela verificou-se concentração elevada do composto citronelal (34,61%).

Os compostos majoritários identificados no OE foram o trans- β -geraniol seguido do citronelal e do β -citronelol. Em ambos os tratamentos - com e sem adubação orgânica - observou-se que os monoterpenos constituíram mais de 70% dos compostos identificados do óleo essencial de *C. nardus* (Tabela 3).

Os monoterpenos geralmente são mais voláteis que os sesquiterpenos, tendo maior influência sobre o aroma dos óleos essenciais. Entretanto, os sesquiterpenos também podem influenciar o efeito olfativo dos óleos essenciais, mesmo que em menor proporção que os monoterpenos (CASTRO et al., 2010; VELOSO et al., 2012).

Tabela 3. Concentração relativa (área %), obtida por cromatografia gasosa e espectrometria de massas, dos constituintes do óleo essencial da parte aérea de *Cymbopogon nardus*, cultivado com e sem adubo orgânico.

Compostos	IAC	IA tab	Presença de adubo orgânico	
			Com	Sem
Monoterpenos oxigenados				
Citronelal	1157	1148	18,75 ± 1,10	22,01 ± 1,24
β -Citronelol	1234	1223	13,13 ± 0,37	11,94 ± 0,17
trans- β -Geraniol	1263	1249	34,76 ± 1,08	32,51 ± 0,60
Acetato de citronelila	1355	1350	4,55 ± 0,07	4,83 ± 0,22
Acetato de geranila	1385	1379	3,43 ± 0,63	4,16 ± 0,15
Subtotal:			74,72	75,45
Sesquiterpenos hidrocarbonetos				
β -Elemeno	1390	1389	0,35 ± 0,07	0,36 ± 0,06
Germacreno D	1480	1484	0,79 ± 0,20	0,83 ± 0,07
α -Muroleno	1498	1500	0,54 ± 0,10	0,53 ± 0,04
γ -Patchuleno	1502	1502	-	0,25 ± 0,02
γ -Cadineno	1513	1513	0,21 ± 0,14	-
δ -Cadineno	1522	1522	0,79 ± 0,10	0,96 ± 0,07
Germacreno B	1552	1559	3,78 ± 0,33	3,61 ± 0,14
Subtotal:			6,46	6,54
Sesquiterpenos oxigenados				
α -Cadinol	1657	1652	3,67 ± 0,32	3,65 ± 0,10
14-hidroxi-9-epi-(E)- cariofileno	1670	1668	-	2,08 ± 0,12
Subtotal:			3,67	5,73
Teor dos compostos identificados			84,85	87,72
Teor de óleo essencial (%)			0,82 ± 0,05	1,06 ± 0,33

Os dados referem-se à média de três repetições \pm desvio padrão. IAC: índice aritmético calculado; IA tab: índice aritmético tabelado.

Resultados semelhantes obtidos em outros projetos de pesquisas corroboraram os resultados do presente estudo em relação aos compostos majoritários, embora tenha observado nestes estudos variação no número de compostos identificados e na sua concentração relativa (VELOSO et al., 2012; CASTRO et al., 2007; ANDRADE et al., 2012; SCHERER et al., 2009).

De acordo com CASTRO et al., (2010), comparando diferentes épocas de colheita de *C. nardus*, a concentração relativa de monoterpenos foi maior que a de sesquiterpenos em todas as épocas. Na segunda época observou-se o maior teor de óleo essencial (1,10%) e o geraniol foi o constituinte predominante (38,40%).

MAHALWAL, ALI, (2002) observaram que os componentes majoritários do OE de *C. nardus* foram os monoterpenos citronelal (29,7%) e o geraniol (24,2%) e os sesquiterpenos majoritários o (E)-nerolidol (4,8%) e o β -cariofileno (2,2%). NAKAHARA et al., (2003) observaram diferenças em relação aos outros estudos, pois apesar do geraniol (35,7%) estar em maior concentração, o segundo composto em maior concentração foi o trans-citral (22,7%).

Segundo SILVEIRA et al., (2012), os compostos majoritários encontrados no óleo de citronela-de-Java (*C. winterianus*) foram o citronelal (41,48%), geraniol (19,63%) e α -citronelol (10,44%).

Os resultados não são uniformes devido às diferenças ambientais que levam a interconversões dinâmicas entre os constituintes dos óleos essenciais, o que pode ser devido as reações de redução, oxidação, desidratação e hidratação, isomerização e ciclização (SANTOS et al., 2012). Por exemplo, a

maior concentração de citronelal pode ser resultado da oxidação do citronelol. O geranial e o neral são esteroisômeros e podem originar o citral (OLIVEIRA et al., 2011).

Os três compostos predominantes no óleo essencial de *C. nardus* deste estudo são monoterpenos e possuem estrutura química muito semelhante indicando uma possível interconversão conforme a necessidade da planta ou as exigências do meio. Acredita-se que haja uma possível plasticidade química da espécie para produzir os compostos mais necessários. A interconversão dos componentes de um a outro é determinada geneticamente pela expressão da regulação gênica e pode ser afetada por fatores agronômicos (GARLET et al., 2007; MEDEIROS, 2014).

A principal causa de diversidade dos terpenos se relaciona com a presença de várias enzimas regulatórias responsáveis pelas sínteses dos mesmos. Portanto, a síntese de um ou mais produtos é influenciada pela disponibilidade de substratos para sintetizar outros compostos, pois uma enzima pode formar vários terpenos a partir de um único substrato (STORCK, DERCHAMPS, 2015). Estas diferenças químicas entre os óleos essenciais podem refletir diretamente nas propriedades funcionais, como a atividade antimicrobiana e antioxidante (SCHERER et al., 2009).

4 CONCLUSÃO

No presente estudo verificou-se influência da adubação orgânica na produção de biomassa e na variação do teor e composição do óleo essencial de *C. nardus*. A produção de biomassa foi favorecida significativamente pela adubação orgânica.

No tratamento com adubação orgânica observou-se redução no teor de óleo essencial em comparação com o tratamento sem adubação. Os óleos essenciais possuem substâncias defensivas para as plantas e o estresse nutricional (tratamento sem adubação), possivelmente, pode ter estimulado a produção desses constituintes. De modo geral, foram observadas diferenças quantitativas e qualitativas na constituição química do óleo essencial de *C. nardus*. O efeito da adubação orgânica sobre o teor e composição do óleo essencial requer a realização de outros estudos, considerando que a produção de metabólitos secundários não é sempre estimulada pela adubação orgânica devido a influência concomitante de fatores fisiológicos, da constituição genética da planta e de condições ambientais.

REFERÊNCIAS

- ADAMS, R.P. Identification of essential oil components by gas chromatography /mass spectrometry. 4th ed. Allured Publishing Corporation. Carol Stream, Illinois, 2007, 804p.
- AGNOLIN, C.A.; OLIVO, C.J.; PARRA, C.L.C.; AGUIRRE, C.A.; BEM, C.M.; ZENI, D.; MOREL, A.F. Eficácia acaricida do óleo de citronela contra o *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*. Rev. Bras. Saúde Prod. Anim., 15 (3): 604-612, 2014.
- ANDRADE, M.A.; CARDOSO, M.G.; BATISTA, L.R.; MALLET, A.C.T.; MACHADO, S.M.F. Óleos essenciais de *Cymbopogon nardus*, *Cinnamomun zeylanicum* e *Zingiber officinale*: composição, atividades antioxidante e antibacteriana. Rev. Ciênc. Agron., 43 (2): 399-408, 2012.
- BARBOSA, L.C.A.; FILOMENO, C.A.; TEIXEIRA, R.R. Chemical variability and biological activities of *Eucalyptus* spp. essential oils. Molecules, 21 (12): 1671-1704, 2016.
- BILLERBECK, V.G.; ROQUES, C.G.; BESSIÈRE, J.M.; FONVIEILLE, J.L.; DARGENT, R. Effects of *Cymbopogon nardus* (L.) W. Watson essential oil on the growth and morphogenesis of *Aspergillus niger*. Can. J. Microbiol., 47 (1): 9-17, 2001.
- CASTRO, H.G.; PERINI, V.B.M.; SANTOS, G.R.; LEAL, T.C.A.B. Avaliação do teor e composição do óleo essencial de *Cymbopogon nardus* (L.) em diferentes épocas de colheita. Rev. Ciênc. Agron., 41 (2): 308-314, 2010.
- CASTRO, H.G.; BARBOSA, L.C.A.; LEAL, T.C.A.B.; SOUZA, C.M.; NAZARENO, A.C. Crescimento, teor e composição do óleo essencial de *Cymbopogon nardus* (L.). Rev. Bras. Plantas Med., 9 (4): 55-61, 2007.
- COSTA, L.C.B.; PINTO, J.E.B.P.; CASTRO, E.M.; BERTOLUCCI, S.K.V.; CORRÊA, R.M.; REIS, E.S.; ALVES, P.B.; NICULAU, E.S. Tipos e doses de adubação orgânica no crescimento, no rendimento e na composição química do óleo essencial de elixir paregórico. Cienc. Rural, 38 (8): 2173-2180, 2008a.
- COSTA, L.C.B.; ROSAL, L.F.; PINTO, J.E.B.P.; BERTOLUCCI, S.K.V. Efeito da adubação química e orgânica na produção de biomassa e óleo essencial em capim-limão (*Cymbopogon citratus* D.C.). Rev. Bras. Plantas Med., 10 (1): 16-20, 2008b.
- DEUS, R.J.A.; ALVES, C.N.; ARRUDA, M.S.P. Avaliação do efeito antifúngico do óleo resina e do óleo essencial de copaíba (*Copaifera multijuga* Hayne). Rev. Bras. Plantas Med., 13 (1): 1-7, 2011.
- DONLAPORN, S.; SUNTORNSUK, W. Antifungal activities of ethanolic extract from *Jatropha curcas* Seed Cake. J. Microbiol. Biotechnol., 20 (2): 319-324, 2010.
- FILOMENO, C.A.; BARBOSA, L.C.A.; TEIXEIRA, R.R.; PINHEIRO, A.L.; FARIAS, E.S.; SILVA, E.M.P.; PICANÇO, M.C. *Corymbia* spp. and *Eucalyptus* spp. essential oils have insecticidal activity against *Plutella xylostella*. Ind Crops Prod, 109: 374-383, 2017.
- GARLET, T.M.B.; SANTOS, O.S.; MEDEIROS, S.L.P.; MANFRON, P.A.; GARCIA, D.C.; BORCIONI, E.; FLEIG, V. Produção e qualidade do óleo essencial de menta em hidroponia com doses de potássio. Cienc. Rural, 37 (4): 956-962, 2007.
- GARCIA, R.A.; JULIATTI, F.C.; BARBOSA, K.A.G.; CASSEMIRO, T.A. Atividade antifúngica de óleo e extratos vegetais sobre *Sclerotinia sclerotiorum*. Biosci. J., 28 (1): 48-57, 2012.
- MAHALWAL, V. S.; ALI, M. Volatile constituents of *Cymbopogon nardus* (Linn.) Rendle. Flavour Fragr. J., 18 (1): 73-76, 2002.
- MEDEIROS, F.C.M. Caracterização química e atividade biológica de óleos essenciais de plantas do cerrado contra fungos xilófagos [Dissertação Mestrado]. [Brasília (DF)]: Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais, Universidade de Brasília; 2014. 108p.

- MUMCUOGLU, K.Y.; MAGDASSI, S.; MILLER, J.; BEN-ISHAI, F.; ZENTNER, G.; HELBIN, V.; KAHANA, F.; INGBER, A. Repellency of citronella for head lice: double-blind randomized Trial of efficacy and safety. *Isr. Med. Assoc. J.*, 6 (12): 756-759, 2004.
- NAKAHARA, K.; ALZOREKY N.S.; YOSHIHASHI, T.; NGUYEN, H.T.T.; TRAKOONTIVAKORN, G. Chemical composition and antifungal activity of essential oil from *Cymbopogon nardus* (citronela grass). *Jpn. Agr. Res. Q.*, 37 (4): 249-252, 2003.
- OLIVEIRA, M. M. M.; BRUGNERA, D. F.; CARDOSO, M. G.; GUIMARÃES, L.G. L.; PICOLLI, R. H. Rendimento, composição química e atividade antilisterial de óleos essenciais de espécies de *Cymbopogon*. *Rev. Bras. Plantas Med.*, 13 (1): 8-16, 2011.
- PASSOS, J.L.; BARBOSA, L.C.A.; DEMUNER, A.J.; ALVARENGA, E.S., SILVA, C.M., BARRETO, R.W. Chemical characterization of volatile compounds of *Lantana camara* L. and *L. radula* Sw. and their antifungal activity. *Molecules*, 17 (10): 11447-455, 2012.
- PERINI, V.B.M.; CASTRO, H.G.; CARDOSO, D.P.; LIMA, S.O.; AGUIAR, R.W.S.; MOMENTÉ, V.G. Efeito da adubação e da luz na produção de biomassa do capim citronela. *Biosci. J.*, 27 (6): 924-31, 2011.
- RIBEIRO, A.V.; FARIAS, E.D.; SANTOS, A.A.; FILOMENO, C.A.; SANTOS, I.B.; BARBOSA, L.C.A.; PICANCO, M.C. Selection of an essential oil from *Corymbia* and *Eucalyptus* plants against *Ascia monuste* and its selectivity to two non-target organism. *Crop Prot*, 110: 207-213, 2018.
- SANTOS, F. C. C.; VOGEL, F. S. F.; MONTEIRO, S. G. Efeito de diferentes concentrações de óleo e tintura de citronela sobre os parâmetros reprodutivos de teleóginas de *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*. *Semin Cienc Agrar*, 33 (3): 1141-1147, 2012.
- SANTOS, M.R.A.; INNECCO, R. Adubação orgânica e altura de corte da erva-cidreira brasileira. *Hortic. Bras.*, 22 (2): 182-185, 2004.
- SCHERER, R.; WAGNER, R.; DUARTE, M.C.T.; GODOY, H.T. Composição e atividades antioxidante e antimicrobiana dos óleos essenciais de cravo-da-índia, citronela e palmarosa. *Rev. Bras. Plantas Med.*, 11 (4): 442-449, 2009.
- SILVA, M.B.; NICOLI, A.; COSTA, A.S.V.; BRASILEIRO, B.G.; JAMAL, C.M.; SILVA, C.A.; PAULA JÚNIOR, T.J.; TEIXEIRA, H. Ação antimicrobiana de extratos de plantas medicinais sobre espécies fitopatogênicas de fungos do gênero *Colletotrichum*. *Rev. Bras. Plantas Med.*, 10 (3): 57-60, 2008.
- SILVEIRA, S.M.; JÚNIOR, A.C.; SCHEUERMANN, G.N.; SECCHI, S.V.; VERRUCK, S.; KROHN, M.; VIEIRA, C.R.W. Composição química e atividade antibacteriana dos óleos essenciais de *Cymbopogon winterianus* (citronela), *Eucalyptus paniculata* (eucalipto) e *Lavandula angustifolia* (lavanda). *Ver. Inst. Adolfo Lutz*, 71 (3): 471-480, 2012.
- SOARES, A.A.; CASTRO, H.G.; SANTOS, G.R.; CARDOSO, D.P.; CHAGAS JÚNIOR, A.F.; AGUIAR, R.W.S. Efeito da adubação orgânica na produção de biomassa e bioatividade do óleo essencial do capim citronela. *Com. Sci.*, 5 (4): 427-434, 2014.
- STORCK, R.C.; DESCHAMPS, C. Teor e composição de óleo essencial de patchouli (*Pogostemon cablin* (Blanco) Benth.) após diferentes tempos de secagem em estufa e temperatura ambiente. *Rev. Bras. Plantas Med.*, 17 (4): 570-576, 2015.
- TRONGTOKIT, Y.; RONGSRIYAM, Y.; KOMALAMISRA, N.; APIWATHNASORN, C. Comparative repellency of 38 essential oils against mosquito bites. *Phytother Res*, 19 (4): 303-309, 2005.
- VALADARES, S.V.; HONÓRIO, I.C.G.; CALDEIRA JÚNIOR, C.F.; VALADARES, R.V.; BARBOSA, C.K.R.; MARTINS, E.R.; FERNANDES, L.A. Adubação orgânica de calêndula (*Calendula officinalis* L.) produzida sobre grama batatais. *Biotemas*, 23 (3): 21-24, 2010.

VELOSO, R.A.; CASTRO, H.G.; SANTOS, G. R.; BARBOSA, L. C. A.; CARDOSO, D.P.; SILVA, K.P. Composição e fungitoxicidade do óleo essencial de capim citronela em função da adubação orgânica. *Pesq. Agropec. Bras.*, 47 (12): 1707-13, 2012.

WONG, K.K.Y.; SIGNAL, F.A.; CAMPION, S.H.; MOTION, R.L. Citronella as an insect repellent in food packaging. *J. Agric. Food Chem.*, 53 (11): 4633-636, 2005.

Fotobiomodulação no tratamento de necrose de língua em cão

Crossref  10.56238/cipcaebv1-021

Diniz, C.M.

Mestre em Ciência Animal, Departamento de Clínica e Cirurgia Veterinária pela Universidade Federal de Minas Gerais
Reabilitar Vet
Rua Fidelis Martins, n 71. Bairro Buritis. Cep 30.575-090
Belo Horizonte – Minas Gerais. Brasil - Telefone: (31) 98472-8181- Email: reabilitarvet@gmail.com

Diniz, R.C.

Mestre em Ciência Animal, Departamento de Clínica e Cirurgia Veterinária pela Universidade Federal de Minas Gerais
Reabilitar Vet
Rua Fidelis Martins, n 71. Bairro Buritis. Cep 30.575-090
Belo Horizonte – Minas Gerais. Brasil - Telefone: (31) 98472-8181- Email: reabilitarvet@gmail.com

Santos, W.G.

Mestre em Ciência Animal, Departamento de Clínica e Cirurgia Veterinária pela Universidade Federal de Minas Gerais
Reabilitar Vet
Rua Fidelis Martins, n 71. Bairro Buritis. Cep 30.575-090
Belo Horizonte – Minas Gerais. Brasil - Telefone: (31) 98472-8181- Email: reabilitarvet@gmail.com

Patrícia Maria Coletto Freitas

Dra. Prof^ª.
Escola de Veterinária - Universidade Federal de Minas Gerais Departamento de Clínica e Cirurgia Veterinárias Av: Antônio Carlos, n. 6627 - Caixa Postal 567 - Bairro Pampulha Cep: 31.270-901, Belo Horizonte – Minas Gerais. Brasil

1 INTRODUÇÃO

A terapia por fotobiomodulação com Laser (*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*) vem sendo amplamente utilizado em diversas áreas da saúde devido as suas propriedades benéficas no controle do processo inflamatório, na reparação tecidual, na modulação da dor e na maturação neural após lesão (Karu, 1989; Enwemeka e Reddy, 2000; Levine et al., 2005). Os tipos de laser que têm aplicação em medicina veterinária são classificados de acordo com sua potência em laser terapêutico e laser cirúrgico. O laser de baixa potência ou terapêutico tem efeito biomodulador, não-térmico e as reações fotoquímicas geradas atuam no metabolismo celular. Suas principais indicações são cicatrização de feridas,

RESUMO

Objetivou-se relatar o tratamento de necrose de língua de causa desconhecida em cão com o uso de terapia por fotobiomodulação com laser de baixa potência. Ao exame clínico, notou-se língua edemaciada, hemorrágica e com áreas de ulceração e necrose acometendo 2/3 da língua. Para tal, foram realizadas terapia por fotobiomodulação com sessão de laserterapia de baixa potência de GaAs de 904 nm de comprimento de onda, infravermelho, com a fluência de 4,0 J/cm², em intervalos de 24 horas por 7 dias consecutivos. Houve reparação tecidual total na quarta sessão. Conclui-se que a terapia por fotobiomodulação com o uso do laser infravermelho 904nm na fluência de 4,0 J/cm² reduz a necrose de língua, pelo seu efeito de reparação tecidual de maneira rápida e permanente no cão.

Palavras-chave: fotobiomodulação, laserterapia, reparação tecidual, cão.

ABSTRACT

The aim of this study was to report the treatment of tongue necrosis of unknown cause in dogs using low-level laser photobiomodulation therapy. On clinical examination, the tongue was swollen, hemorrhagic and with areas of ulceration and necrosis affecting 2/3 of the tongue. For this purpose, photobiomodulation therapy was performed with a 904 nm wavelength infrared low-power GaAs laser therapy session, with a fluence of 4.0 J / cm², at 24-hour intervals for 7 consecutive days. There was total tissue redundancy in the fourth session. In conclusion, photobiomodulation therapy using 904nm infrared laser at 4.0 J/cm² fluency is capable to reduce tongue necrosis, due to its fast and permanent tissue feeding effect in the dog.

Keywords: Photobiomodulation, laser therapy, tissue repair, dog.

tratamento de áreas com inflamação ou edema, alívio da dor, tratamento de lesões osteoarticulares e lesão de nervo periférico (Karu, 1999). Apesar da nomeclatura *laser de baixa potência* ser usual e aceita o termo mais correto de acordo com a World American Association desde 2014, seria *Photobiomodulation Therapy* (PBMT), ou seja, terapia por fotobiomodulação.

Embora os mecanismos precisos de ação permaneçam pouco elucidados, sabe-se que a fotoestimulação promovida pelo laser, promove alterações biológicas nos tecidos. Os principais efeitos biológicos no local da aplicação são o aumento do metabolismo celular, da circulação sanguínea, estímulo à formação de novos capilares, aumento da atividade do sistema linfático, da síntese de DNA e RNA, dos níveis de endorfina, da liberação de histamina e serotonina, e da quantidade de fibroblastos, estímulo da produção de colágeno pelos fibroblastos, estímulo de produção de osteoblastos, da fagocitose, aumento dos níveis de ATP (trifosfato de adenosina), liberação de fatores de crescimento, diminuição da velocidade de condução sensorial, redução do grau de excitabilidade dos receptores da dor e manutenção do potencial de membrana (Karu, 1989; Karu, 1999; Pinheiro et al., 2000; Mikail e Pedro, 2006).

Assim, objetivou-se com este relatar o tratamento de necrose de língua de causa desconhecida em cão com o uso de terapia por fotobiomodulação com laser de baixa potência

2 RELATO DO CASO

Um canino, macho, Shih-tzu, 8 anos foi atendido com queixa de sangramento intenso e necrose da língua de causa desconhecida. Ao exame clínico, notou-se língua edemaciada, hemorrágica e com áreas de ulceração e necrose acometendo 2/3 da língua. Devido o aumento da mesma, o animal encontrava-se impossibilitado de fechar a boca. O animal foi internado para controle dos sinais clínicos e elucidação do quadro. Após dois dias de tratamento suporte com corticóide sem sucesso, iniciaram as sessões de terapia por fotobiomodulação utilizando aparelho de laser GaAs de 904 nm de comprimento de onda, infravermelho, com a fluência de 4,0 J/cm², com tempo automatizado (50 segundos), aplicados de forma pontual nas bordas da lesão respeitando a distancia de 1 cm e aplicado em varredura ao centro. A irradiação do laser foi feita em intervalos de 24 horas por sete dias consecutivos. Após a segunda sessão, notou-se redução do edema e diminuição da necrose. Nas sessões posteriores, realizou-se o mesmo protocolo até a reparação tecidual total, na quarta sessão e alta do animal. Logo ao inicio da terapia por fotobiomodulação o uso do antiinflamatorio foi suspenso.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A utilização do laser infravermelho com comprimento de onda de 904 nm no presente estudo se deveu a sua capacidade de interação com os tecidos e objetivando-se a bioestimulação e a regeneração tecidual empregou-se a fluência de 4 J/cm². A aplicação de forma pontual nas extremidades, e em varredura ao centro da lesão permitiu que todo o órgão recebesse a irradiação.

O processo de reparação tecidual é um processo dinâmico que resulta em inflamação, proliferação e síntese de elementos na matriz extracelular. A irradiação do laser provoca modificações bioquímicas e bioenergéticas, atuando no metabolismo celular, na diminuição dos mediadores inflamatórios e na síntese da matriz.

Com base nestes resultados e conforme literatura consultada, a terapia por fotobiomodulação com laser de baixa potência desempenha, possivelmente, um importante papel no reparo celular por proporcionar ao organismo efeitos anti-inflamatórios, por consequência redução do edema, da dor e bioestimulação celular, induzindo a reparação tecidual, o que foi notado no animal descrito, pois este a internação possuía a língua edemaciada, hemorrágica e com áreas de ulceração e necrose (Figura 1A e B).

Figura 1A e B- Animal antes da aplicação de terapia por fotobiomodulação com laser infravermelho. Notar áreas de necrose, edema e ulcerações na língua.

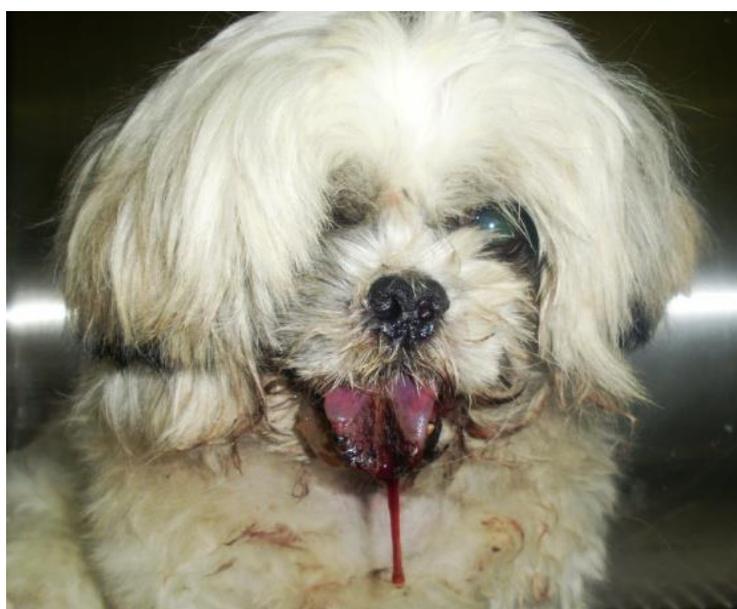


Figura 2A e B- Animal durante a terapia por fotobiomodulação utilizando aparelho de laser GaAs de 904 nm de comprimento de onda, infravermelho, com a fluência de 4,0 J/cm²,



Após quatro sessões de irradiação do laser (Figura 3A e B), o cão apresentou completa reparação tecidual do órgão lesionado. Esses achados corroboram a teoria da fotobioestimulação, mostrando que o laser promove alterações biológicas favoráveis à recuperação tecidual.

Figura 3A e B. Cão após 4 sessões de laser infravermelho. Notar língua cicatrizada, com coloração rósea.



4 CONCLUSÃO

Conclui-se que terapia por fotobiomodulação com laser de comprimento de onda de 904nm infravermelho, na fluência de 4 J/cm² tem efeito benéfico na reparação dos tecidual de um cão com necrose de língua de causa desconhecida.

REFERÊNCIAS

- ENWEMEKA, C. S.; REDDY, G. K. The biological effects of laser therapy and other physical modalities on connective tissue repair processes. *Laser Therapy.*, v. 12, p. 22-30, 2000.
- KARU, T. I. Photobiology of low-power laser effects. *Health Phys.* v. 56, n.5, p.691-704, 1989.
- KARU, T. Primary and secondary mechanisms of action of visible-to-near IR radiation on cells . *J. Photochem. Photobiol. B: Biology*, n.49, v.1, p.1-17, 1999.
- LEVINE, D.; MILLIS, D. L.; MARCELLIN-LITTLE, D. J. *et al.* Small Animal Practice. Rehabilitation na Physical Therapy. *Vet. Clin. North Amn - Small Animal Pract.* v.35, 2005.
- MIKAIL, S.; PEDRO, C. R. *Laser Terapêutico.* In: *Fisioterapia Veterinária.* 2 ed. São Paulo: Editora Manole, 2006. cap. 11. p. 81-95.
- PINHEIRO, A. L.; OLIVEIRA, M. G.; MARTINS, P. *et al.* Biomodulatory effects of LLLT on bone regeneration. *J. Laser Ther.*, v.13. p.73-79, 2000.

Potassium application via fertigation increases productivity and quality of watermelon fruits (*Citrullus lanatus* L.)

Crossref  10.56238/cipcaebv1-021

Bertoldo Henrique Rodrigues

Graduado em Engenharia Agrônômica pela Universidade Estadual do Piauí, Campus Poeta Torquato Neto

Instituição: Universidade Estadual do Piauí (UESPI)
Endereço: Rua João Cabral, 2231, Bairro Pirajá, Teresina CEP: 64002-150
E-mail: bertoldohenrique@hotmail.com

Thiallisson Furtado de Medeiros

Graduado em Engenharia Agrônômica pela Universidade Estadual do Piauí, Campus Poeta Torquato Neto

Instituição: Universidade Estadual do Piauí (UESPI)
Endereço: Rua João Cabral, 2231, Bairro Pirajá, Teresina CEP: 64002-150
E-mail: thiallissonagro@outlook.com

Jairo Ribeiro Barbosa

Graduado em Engenharia Agrônômica pela Universidade Estadual do Piauí, Campus Poeta Torquato Neto

Instituição: Universidade Estadual do Piauí (UESPI)
Endereço: Rua João Cabral, 2231, Bairro Pirajá, Teresina CEP: 64002-150
E-mail: jairoeng.agro@hotmail.com

Fabício Custódio de Moura Gonçalves

Doutor em Agronomia (Horticultura) pela Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", UNESP, FCA, Botucatu

Instituição: Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP)
Endereço: Departamento de Horticultura, Faculdade de Ciências Agrônômicas - Campus de Botucatu
Portaria II: Rodovia Alcides Soares, Km3 - Fazenda Experimental Lageado - Botucatu/SP – CEP: 18610-034
E-mail: fabricio.custodiogoncalves2021@gmail.com

Cícero Nicolini

Doutor em Fitopatologia pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)

Instituição: Universidade Estadual do Piauí (UESPI)
Endereço: Rua João Cabral, 2231, Bairro Pirajá, Teresina CEP: 64002-150
E-mail: cicernicolini@cca.uespi.br

Francineuma Ponciano de Arruda

Doutora em Agronomia (Solos e Nutrição de Plantas) pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Campus II

Instituição: Universidade Estadual do Piauí (UESPI)
Endereço: Rua João Cabral, 2231, Bairro Pirajá, Teresina CEP: 64002-150
E-mail: neuma.arruda@cca.uespi.br

ABSTRACT

This work was carried out to evaluate attributes of watermelon fruits submitted to potassium application in fertigation and conventional fertilization systems. For that, the plant material 'Talisman F1' was used. The design was in randomized blocks, in a 2x4 split-plot scheme, with four replications. In the plots, the conventional and in the subplots, the same doses of potassium chloride (KCl) were tested: 0, 60, 120 and 180 kg ha⁻¹ of K₂O. It was determined: total number of fruits; average weight of total fruits; total fruit production; average number of commercial fruits; average weight of commercial fruits and commercial fruit production, as well as the hydrogenic potential (pH), total soluble solids (TSS), total titratable acidity (TTA) and TSS/TTA ratio. There was an interaction between fertilization systems and K₂O rates for commercial productivity with linear increment under fertigation, reflecting an increase in TTA. It is concluded that fertilization with K₂O via fertigation represents an alternative for the cultivation of watermelon, considering the commercial productivity and quality of fruits in semiarid climate condition.

Keywords: Cucurbitaceae, nutrient, production, physicochemical analysis.

RESUMO

Este trabalho foi conduzido para avaliar atributos de frutos de melancia submetidos à aplicação de potássio em sistemas de fertirrigação e adubação convencional. Para tanto, utilizou-se o material vegetal 'híbrido Talisman'. O delineamento foi em

blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas 2x4, com quatro repetições. Nas parcelas foram testados os sistemas convencional e de fertirrigação e nas subparcelas foram testadas as doses de cloreto de potássio (KCl), iguais: 0, 60, 120 e 180 kg ha⁻¹ de K₂O. Determinou-se: número total de frutos; peso médio dos frutos totais; produção total de frutos; número médio de frutos comerciais; peso médio de frutos comerciais e produção comercial de frutos, bem como o potencial hidrogeniônico (pH), sólidos solúveis totais (SST), acidez total titulável (ATT)

e relação SST/ATT. Houve interação entre sistemas de adubação e doses de K₂O para produtividade comercial com incremento linear sob fertirrigação, refletindo em aumento de ATT. Conclui-se que, à adubação com K₂O via fertirrigação representa uma alternativa para o cultivo da melancia, considerando a produtividade comercial e qualidade dos frutos em condição de clima semiárido.

Palavras-chave: Cucurbitaceae, nutriente, produção, análises físico-químicas.

1 INTRODUCTION

Watermelon (*Citrullus lanatus* L.) is a xerophytic tropical fruit belonging to the Cucurbitaceae family (DUBE et al., 2020). Depending on growing conditions and cultivar, the watermelon grows and matures around 75-80 days after planting and the ripe fruit can reach up to 50-60 cm in length, in a well-spaced environment. For its growth and maturation, prefers a warm and sunny climate (IITA, 2013). In general, the market prefers the red fruits with a red pulp as opposed to the yellowones (KPENAVOUN et al., 2019). Virtually all parts of the watermelon are edible, and the pulp is rich in lycopene, β -carotene, minerals and vitamins A, B6, C, as well as carotenoids and antioxidants (MAOTO et al., 2019; VINHAS et al., 2021). Its red pulp is high in soluble solids (11-13° Brix), but low in calories and highly nutritious (NAZ et al., 2014).

The production and quality of watermelon fruits are associated with genetic, climatic and phytotechnical factors, with plant nutrition and rational management of fertilization being of fundamental importance to obtain good yields (MARTINS et al., 2017). Among the nutrients, potassium (K) is one of the elements most absorbed by the plant (OLIVEIRA et al., 2015). Providing adequate doses of K is essential to raise crop productivity to economically viable levels (NASCIMENTO et al., 2017). This element is responsible for the quality of the fruits, it acts in the maintenance of the ionic balance and the turgidity of the cells, control of the opening and closing of the stomata, synthesis and degradation of starch, transport of carbohydrates in the phloem, resistance of the plant to frost, drought, soil salinity and diseases (MONÇÃO et al., 2012; HASANUZZAMAN et al., 2018). However, there is no research that evaluated the efficiency of this nutrient for the watermelon crop as a function of the dose and method of application of this nutrient in soil and climate conditions in the state of Piauí.

Watermelon fertilization is normally carried out by conventional methods, with manual application of fertilizers by broadcasting or directly in the pit. Research has shown that through by these methods, only plants use 1/3 of the nitrogen and potassium fertilizers incorporated into the soil, the rest is lost through leaching, surface runoff and volatilization (ANDRADE JUNIOR et al., 2006). On the other hand, the supply of fertilizers through irrigation water, compared to conventional fertilization, opens new possibilities for better control of the nutritional needs of crops (AZEVEDO et al., 2016), especially in areas where irrigation

represents the main method of water supply. Camargo et al. (2012) state that the application of K by fertigation, especially under a localized irrigation system, has been growing significantly, since it can be applied directly where there are a greater number of roots, in order to facilitate its absorption by plants, reducing losses by leaching, which consequently reflects in higher yields to the crop. Specifically for the watermelon crop, there is little statistical information on the management of chemical fertilization through fertigation (MARTINS et al., 2017), in an arid climate condition.

Low yields of watermelon in the Brazilian Northeast are associated, above all, with the lack of knowledge about the fertilization management of the crop (SOUZA et al., 2014), including the supply of K. In this context, the application of K via fertigation can be an alternative to the conventional practice of fertilization, allowing a better adjustment of the amount and time of supply of this nutrient, in addition to greater efficiency and use of the fertilizer.

Piauí state is characterized a considerable water potential of good quality and favourable climate for the production of fruits and vegetables under irrigation conditions. Despite the adequate soil and climate conditions for the crop, watermelon production in the state has low productivity due to the low level of technology applied to the production system, high cost of agricultural inputs and inadequate cultural practices, consequently, its consumption depends a lot on imports from other states. In addition, in most rural communities, watermelon is grown as a consortium with minimal inputs (DUBE et al., 2020), a reality even for most producers of this vegetable in the state of Piauí.

Thus, the introduction or adaptation of K application techniques can contribute to achieving greater productivity and production quality, reflecting the economic efficiency of the activity without harming the environment, making this agricultural practice sustainable (ANDRADE et al., 2021). Thus, information about the application of adequate doses of K to the watermelon crop via fertigation, as well as under conventional fertilization, directly reflects on the productivity and quality of the fruits, and, consequently, on the cost of production and impact on the environment. In this context, the objective was to evaluate the productivity and quality of watermelon fruits, 'Talisman F1' a KCl fertigation system and conventional, semiarid climate conditions.

2 MATERIAL AND METHODS

2.1 LOCATION AND CONDITION OF EXPERIMENTS

The experiments was conducted in an Experimental area of the Agricultural College of Teresina, located at the Center for Agricultural Sciences of the Federal University of Piauí, (5°05'21" S, 42°48'07" W, altitude

According to the Köppen classification, the climate of the region is Aw' (subtropical hot-humid), with two defined seasons, dry, from June to November, and rainy, from December to May (ANDRADE JÚNIOR et al., 2004). During the experimental periods, the average temperature was around 28°C, with a minimum of 27°C and a maximum of 32°C, precipitation of 781 mm year⁻¹, according to INMET (2016), Estacion 82578, Teresina - PI.

The soil in the experimental area is classified as red-yellow and medium texture. For initial characterization of this soil and fertilization recommendation, soil samples were collected at a depth of 0-20 cm. Chemical analysis was performed at the UNITHAL Soil Analysis Laboratory – Tecn. and Com. Prod. Agriculture Ltda, presenting the following characteristics: pH (H₂O): 6.4; Organic matter (O.M): 10.0 g kg⁻¹; P-resin: 53.0 mg dm⁻³; K: 0.16 Cmolc dm⁻³; Calcium (Ca): 2.2 Cmolc dm⁻³; Magnesium (Mg): 0.6 Cmolc dm⁻³; H+Al: 1.2 Cmolc dm⁻³; Al³⁺: 0.0; Cmolc dm⁻³; Cation exchange capacity (CEC): 4.16 Cmolc dm⁻³ and V%: 71.15.

2.2 TREATMENTS AND DESIGN

The treatments were arranged in a randomized complete block design, in a 2x4 split-plot design, with four replications. The main plots were constituted by two fertilization methods (conventional and fertigation) and the subplots by three doses of potassium chloride (KCl), equal to 60, 120 and 180 kg ha⁻¹ of K₂O and without K₂O (control). The dose of K equivalent to 120 kg ha⁻¹ of KCl was defined based on the average fertigation recommendations used by producers in the region. The other doses (60 and 180 kg ha⁻¹ of K₂O) were quantitatively defined as a function of the recommended dose. The reason for using KCl a K₂O source is the dominance of use by local producers.

To evaluate the fertilization managements, 'Talisman F1', chosen for being very vigorous and productive (25 - 75 Mg ha⁻¹), having an oval round shape, intense red pulp with high brix (11°C) and crunchiness, average weight of 12 to 18 kg, with an excellent size standard for the market and transport tolerance.

Each experimental unit consisted of a row of five plants, with a spacing of 3.0m between plots and 1.0m between plants, occupying an area of 15.0m² (3.0mx5.0m). We considered for evaluation the total area of 15.0m², constituted by the central line of each subplot.

2.3 CONDUCTING THE EXPERIMENTS

Before installed experiments, a foundation fertilization with NPK was applied throughout the area, according to the result of the soil analysis and recommendation. Simple Superphosphate (280 kg ha^{-1}) + micronutrients, using the FTE BR12, as well source of phosphorus (P), Urea (67 kg ha^{-1}) was used as a source of nitrogen (N) and KCl (20% of the recommendation) as a source of potassium (K_2O). Nitrogen fertilization was split, applying 20% to the base (66.6 kg ha^{-1} of urea) and the remainder as the top dressing.

The top K fertilization took place according to the predetermined treatments. In the treatments with conventional fertilization, the fertilizers were applied manually in the hole, and the KCl doses mentioned above were divided into three, applying 20% in base (10 g hole^{-1} of K_2O), 40% (15, 30 and 45 g /hole of K_2O) at 25 days after planting (DAP) and 40% (15, 30 and 45 g hole^{-1} of K_2O) at 40 DAP. In the fertigation system, the doses of KCl were supplied to the plant, together with the doses of N recommended for top fertilization of the watermelon. For each application, 12, 24 and 36 g plot^{-1} were diluted, consisting of four lines each, corresponding, respectively, to treatments 60, 120 and 180 kg ha^{-1} of K_2O .

Sowing was done manually in holes measuring $0.3\text{m}\times 0.3\text{m}\times 0.25\text{m}$. Two seeds were sown per hole at a depth of 2 to 3 cm, with thinning 15 days after sowing (DAS) and seedlings containing three definitive leaves, removing the less developed seedling and leaving only one plant per hole.

The supply of water and nutrients was through a drip irrigation system, with a lateral line per row of plants composed of a polyethylene drip tube (Hydrodrip) with emitters spaced 0.4m and with a nominal flow of 2.0 L ha^{-1} . In fertigation, we use the venturi type injector to inject the inputs into the system.

Irrigation took place according to the needs of the crop and the climatic conditions of the region, with a frequency of two days, from the 2nd DAE to 35 DAS. After that period, once a day.

During the experiment, the crop was kept free of weeds by hand weeding between the rows and using mulching in the planting lines. Pests and diseases were controlled by seed treatment with the systemic fungicide Metalaxil-M+*Clorotalonil* (300 mL of a.i. in 100 L^{-1} of water). Applications of Methomyl insecticide (215 g L^{-1} of a.i.) and the systemic fungicide Difeconazole (30 mL of a.i. 100 L^{-1} of water) were applied to plants, as well as Ridomil+Carbomax cocktail according to the presence of the problem.

2.4 EVALUATED VARIABLES

At 70 DAP total number of fruits (Units) (TNF); average weight of total fruits (kg) (AWTF); total fruit production (Mg ha^{-1}) (TFP) (TFP+refuse); average number of commercial fruits (Units) (ANCF); average weight of commercial fruits (kg) (AWCF); commercial fruit production (Mg ha^{-1}) (CFP) were determined. The TNF was determined from the total fruits of the useful area of each plot, dividing the number of fruits by the number of plants. Then, fruits were weighed on a table scale with a capacity of 100 kg to obtain the average fruit weight, production and productivity of watermelon. Fruits classified as commercial included fruits free of mechanical damage, stains and deformations, weighing 6 kg or more. For yield, commercial yield and total yield data were taken, expressed in t ha^{-1} .

pH, TSS, TTA and ratio of TSS and TTA (TSS/TTA) were determined at the Postharvest Laboratory of Embrapa Meio-Norte. For that, eight representative fruits of each treatment were sampled. In each fruit, the pulp from five random points and homogenized for juice extraction.

The pH values were determined with the aid of a pH meter (LUCA 210) from samples consisting of 60 mL of pulp juice. SST contents were quantified from the fruit pulp homogenate using an ATAGO digital refractometer (0~53%) – pocket refractometer PAL – 1, and the results were expressed in °Brix. The TTA was determined by titrating a 10 g aliquot of the homogenized pulp juice in 50 ml of distilled water, with a previously standardized NaOH solution (0.1 N) (100 mL⁻¹ g malic acid). A digital burette – JECONS DIGITRATE PRO – 50 mL⁻¹ was used for the titration. The TSS/TTA ratio was obtained by dividing TSS by TTA.

2.5 STATISTICAL ANALYSIS

The data were subjected to analysis of variance with the mean squares compared by the F test and the means by the Tukey test at 5% probability. For the quantitative factors related to the KCl doses, a polynomial regression analysis was performed using the SISVAR statistical software application.

3 RESULTS AND DISCUSSION

3.1 COMPONENTS OF WATERMELON FRUIT PRODUCTION

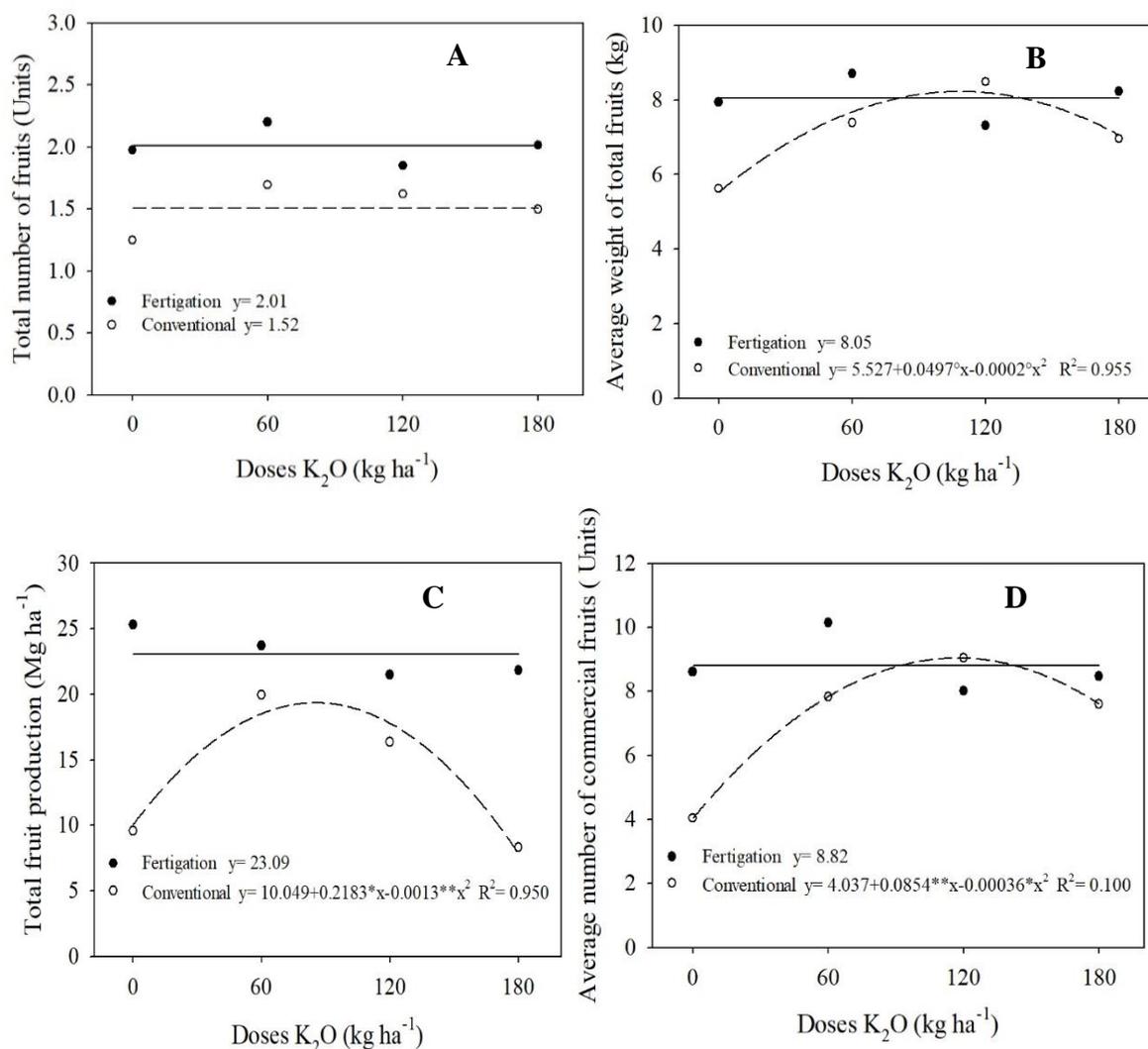
For the components of production and productivity of watermelon fruits, there was a significant interaction ($P < 0.01$) between the factors fertilization systems (plots) and doses of potassium (K_2O) (subplots) for the variable commercial fruit production (CFP) and no interaction between factors for average weight total fruits (AWTF) (Figures 1 F and B). In general, a favourable and linear response is observed under fertigation for the characteristics total number of fruits (TNF); total fruit production (TFP) (PFC+broke); average number of commercial fruits (ANCF) and the average weight of commercial fruits (AWCF) (Figures 1 A, C, D and E).

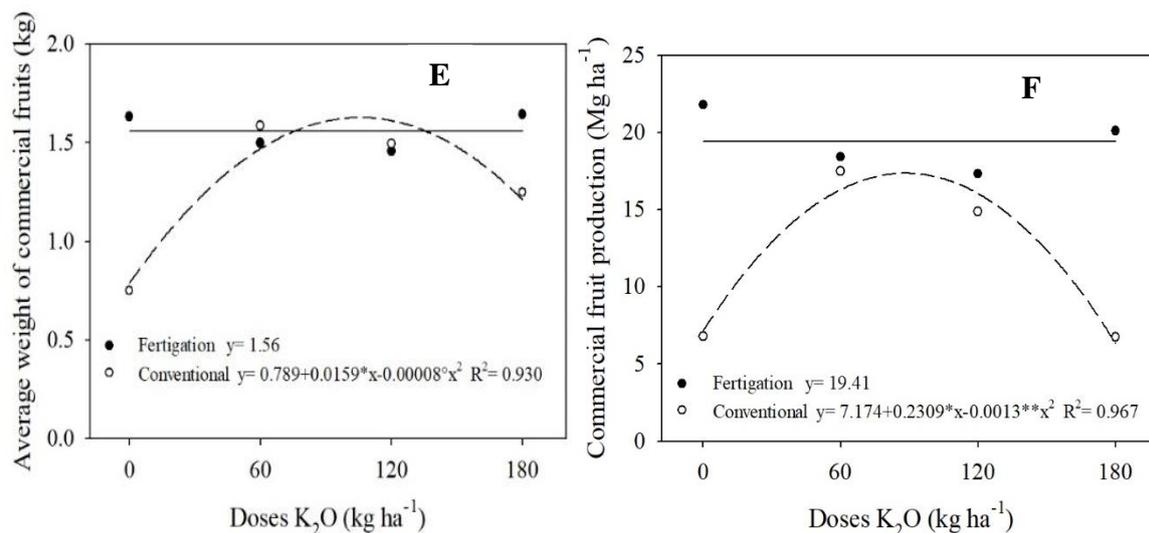
Although there was no difference ($P > 0.05$) between the fertilization systems for AWTF and to the application of K_2O doses (Figure 1 B). The AWTF was obtained, varying from 8.5 kg (120 kg ha⁻¹ of K_2O) with conventional fertilization and 8.80 kg (60 kg ha⁻¹ of K_2O) with fertigation (Figure 1 B). In general, these values are on average above the minimum standard required for classifying a fruit as commercial. Dantas et al. (2013), the commercial fruits as those considered free of mechanical damage, stains or deformations and weighing more than 6 kg, the range required by the foreign market, or above 5 kg for the domestic market.

For the TNF, an isolated effect of fertilization systems was observed (Figure 1 A), with greater efficiency of fertigation in relation to conventional fertilization. The highest efficiency of fertigation in relation to conventional fertilization also occurred for TFP (Figure 1 C). This result is probably due to the greater absorption of nutrients by the plants and less loss of these by leaching, due to the fractionation of

doses during the application of fertilizers via fertigation. Andrade Júnior et al. (2005) state that the application of fertilizers via irrigation water can reduce or eliminate nutrient losses by leaching, as nutrients are supplied at the right time and amounts to the plants, increasing the efficiency and use of fertilizers. On the other hand, Andrade Junior et al. (2006) research has shown that in the conventional fertilization system, only 1/3 of the nitrogen, plants use potassium fertilizers incorporated into the soil, and the rest is lost through leaching, surface runoff and volatilization.

Figure 1. Total number of fruits (A); average weight of total fruits (B); total fruit production (C); average number of commercial fruits (D); average weight of commercial fruits (E) and commercial fruit production (F) of watermelon ('Talisman F1'), depending on the fertilization system (conventional and fertigation) and the application of potassium chloride doses (0, 60, 120 and 180 kg ha⁻¹ of K₂O), at 70 days after sowing. Average data.





There was no interaction between the treatments for the variable ANCF and AWCF, which indicates that the fertilization system and the K₂O doses present similar behaviours for this variable (Figures 1 D and E).

Considering also the fruits classified as commercial, the AWCF varied from 7.6 with 180 kg ha⁻¹ of K₂O and from 9.1 kg with 120 kg ha⁻¹ of K₂O in the conventional fertilization system and average values of 8.0 with 120 kg ha⁻¹ of K₂O and 10.2 kg with 60 kg ha⁻¹ of K₂O under fertigation (Figure 1 E). This result meets one of the demands for commercialization of the product in the domestic market, since larger fruits, weighing over 7 kg are preferred and also the ones with the highest price in this market (DANTAS et al., 2013), while fruits weighing between 9.1 and 10.7 kg are classified “extra” or “special” (ANDRADE JUNIOR et al., 2006) and have greater commercial value. However, it is below the average weight of the 'Talisman F1' (12 to 18 kg) when grown under optimal conditions (NUNHEMS, 2016). For being an indicative characteristic of quality, the knowledge of the average weight of the fruits is, therefore, an important item in the choice of cultivar, as well as at the time of commercialization.

For the TFP and CFP variables, the data were adjusted to a quadratic function, with a high coefficient of determination, with $R^2 = 0.95$ and $R^2 = 0.97$, respectively, under a conventional production system, demonstrating that this is the function that best explains the crop productivity response to treatments. This equation shows an increase in the mean values of TFP and CFP with increasing K₂O doses up to 79.00 and 60.90 kg ha⁻¹, when they reach a maximum, respectively, 21.9 and 16.1 mg ha⁻¹ (Figures 1 C and F), with a decrease in these variables with an increase in the K₂O dose, a fact also observed by Oliveira et al. (2008) when evaluating the agronomic efficiency of nitrogen and potassium fertigation in the melon crop under the conditions of the northeastern semiarid region.

Still with regard to TFP, it is observed that, despite the statistical difference between the fertilization systems, with greater fertigation efficiency, there was no difference between the K₂O doses for this system (Figure 1 C). In the conventional system, due to the lower use of nutrients by plants in this production system, it is still possible to identify positive effects of doses of 60 and 120 kg ha⁻¹. It is also worth

mentioning that the highest average values, equal to 24.2 mg ha⁻¹ and 20.4 mg ha⁻¹, respectively, of TFP and CFP (Figures 1 C and F), observed in this work with the use of fertigation are close to the national average 21.98 mg ha⁻¹ (IBGE, 2012) and far below the potential of the crop, which under cultivation conditions with a higher level of investment and technology, can achieve higher productivity. Significant increases in productivity were observed by Rodrigues et al. (2016), when testing doses of potassium in the watermelon cover, reaching 68 mg ha⁻¹ with a dose of 208.21 kg of K₂O.

The CFP, regardless of the K₂O dose, although it was significantly influenced by the fertilization systems, with higher fertigation efficiency with an average of 20.5 Mg ha⁻¹ of productivity (Figure 1 F) and 11.47 Mg ha⁻¹ of productivity in the conventional system, however, below the value obtained by Andrade Junior et al. (2005), who observed in the climatic conditions of Parnaíba, PI, a commercial yield of 57.9 Mg ha⁻¹ with a dose of 80 kg ha⁻¹ of K₂O.

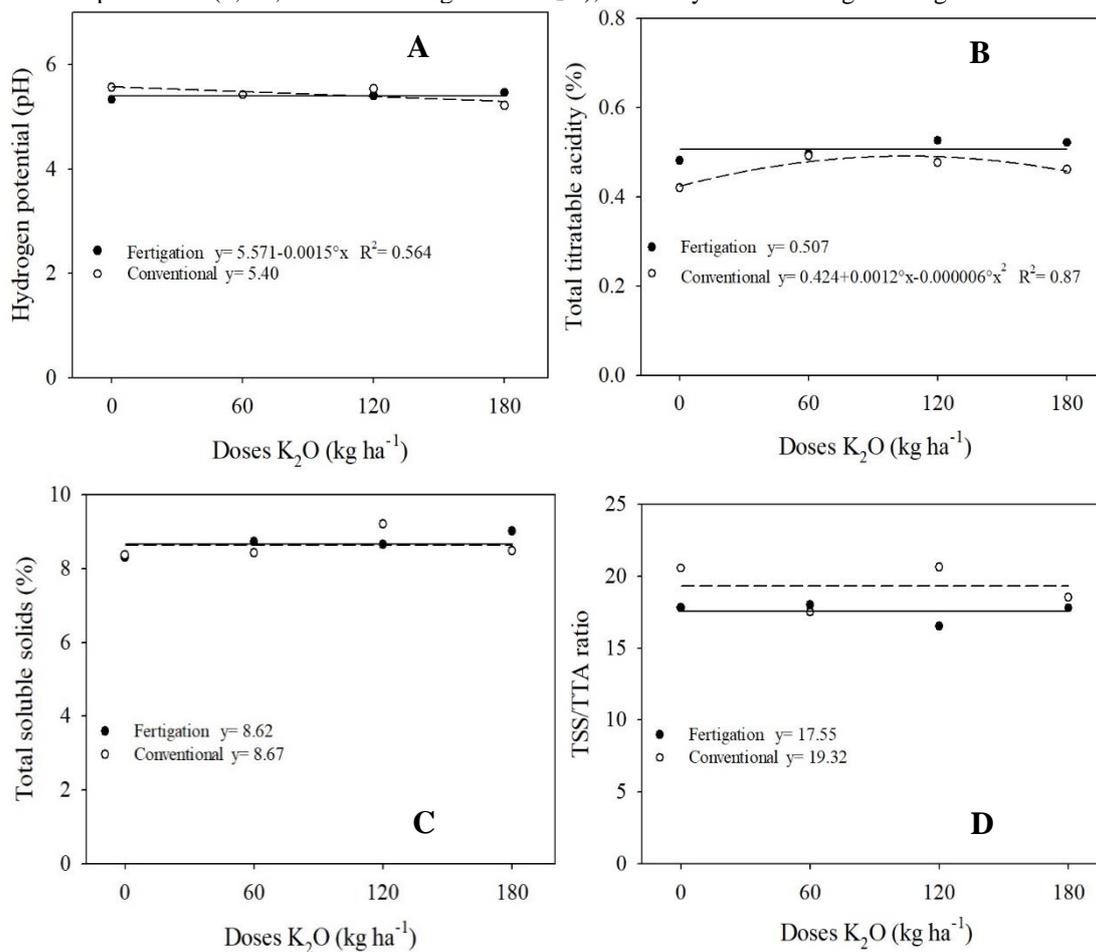
It should be noted that some of the production results obtained in disagreement with the literature could be justified, due to the adverse weather conditions during the cropping cycle, the phytosanitary problems that reflected in the performance and even the death of some plants, with anticipation harvest in 15 days, negatively influencing production components, consequently productivity.

3.2 WATERMELON FRUIT QUALITY COMPONENTS

Analyzing the quality components of watermelon fruits, it was found that there was a statistical difference ($P < 0.05$) only between the fertilization systems (plots) for the variable total titratable acidity (TTA) (Figure 2 B). For the other variables hydrogenion potential (pH), total soluble solids (TSS) and the ratio of total soluble solids and total titratable acidity (TSS/TTA), there was no interaction between K₂O rates and fertilization systems (fertigation and conventional) (Figures 2 A, C and D). In general, these results indicate that the fertilization systems and the K₂O doses presented similar behaviours for these variables. Souza et al. (2016) and Rodrigues et al. (2016) also found no statistical difference between these same variables under potassium doses.

It was expected that the application of K₂O, especially the highest dose, would result in watermelon fruit quality, since this element is strongly associated with fruit quality (SILVA et al., 2022). Lima Neto et al. (2010) emphasize that environmental factors, in addition to genetic factors and the degree of maturation at the time of harvest, considerably influence the quality of watermelon fruits. TTA was not significantly influenced by K₂O doses, but was influenced by fertilization systems. The highest TTA values, with an average of 0.51 g of malic acid/50 mL of juice, were observed in fruits cultivated with fertigation (Figure 2 B). Granjeiro and Cecílio Filho (2004) evaluating growing seasons and potassium doses found a statistical difference when related to TTA, with maximum values of 0.260 g of citric acid/100 mL of juice obtained at a dose of 108 kg ha⁻¹. Acidity due to the presence of organic acids is an important characteristic regarding the palatability of many fruits. Rodrigues (2013) reported that in the fruit maturation process, acids are degraded and the sugar content increases.

Figure 2. Hydrogen potential (pH) (A), total titratable acidity - TTA (%) (B), total soluble solids - TSS (%) (C) and TSS/TTA ratio (D) of watermelon ('Talisman F1'), as a function of the fertilization system (conventional and fertigation) and the application of chloride doses of potassium (0, 60, 120 and 180 kg ha⁻¹ of K₂O), at 70 days after sowing. Average data.



Regarding pH, the values ranged from 5.43 in the conventional system and from 5.40 under fertigation (Figure 2 A). These values corroborate obtained by Feitosa et al. (2009) in the climatic conditions of Ceará.

The average TSS in the conventional system and fertigation are equal, respectively, 8.62 and 8.67 °Brix (Figure 2 C). According to Rodrigues et al. (2016) state that to meet the demand of the consumer market, the fruits must have a TSS, content greater than 9° Brix. Souza et al. (2016) also found higher values for the cv. Crimson sweet super, which reached around 12°Brix with a dose of 112 kg ha⁻¹ of K₂O.

It should be added that the low TSS values found in the present study could be justified due to the anticipation of the harvest due to safety reasons in the area (Figure 2 C). The low TSS values may be associated with the effect of patterning fruit harvest times without the complete development of abscission tissue.

Thus, the TSS/TTA ratio is one of the best ways of evaluating flavour, being more representative than the isolated measurement of sugars or acidity, since it provides a good idea of the balance between these two components (AZEVEDO et al., 2018). The balance between TSS and TTA establishes the minimum solids content and maximum acidity to determine the true flavour of the fruit. In the evaluated

samples, an average ratio of 19.31 and 17.55, respectively, in the conventional and fertigated systems could be observed (Figure 2 D). These values can be considered low when compared to the result of 59.3 at the dose of 50 kg ha⁻¹ of K₂O, observed in work carried by Granjeiro and Cecílio (2004). We reinforce that the probable cause of the low values found in this study referring to the quality components of watermelon fruits was due to early harvest due to pests and diseases.

4 CONCLUSION

It is concluded that fertilization with potassium via fertigation represents an alternative for the cultivation of watermelon, considering the commercial productivity and quality of fruits in semiarid climate condition.

Thus, new fertilization technologies in association with essential potassium element can significantly increase the productivity and quality of watermelon fruits in semiarid regions.

REFERENCES

ANDRADE JÚNIOR, A.S.; DIAS, N.S.; FIGUEREDO JUNIOR, L.G.M.; DANIEL, R.; RIBEIRO, V.Q. Doses de potássio via fertirrigação na produção e qualidade de frutos de melancia em Parnaíba, PI. *Irriga*, v. 10, n. 3, p. 205-214, 2005. <https://doi.org/10.15809/irriga.2005v10n3p205-214>

ANDRADE JÚNIOR, A.S.; DIAS, N.S.; FIGUEIREDO JUNIOR, L.G.M.; RIBEIRO, V.Q.; SAMPAIO, D.B. Produção e qualidade de frutos de melancia à aplicação de nitrogênio via fertirrigação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 10, n. 4, p. 836-841, 2006. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662006000400008>

ANDRADE, A.R.S.; FRANCO, E.S.; GUERRA, H.O.C.; JADOSKI, S.O.; SILVA, E.G.; CRUZ, A.F.S.; FERREIRA, M.E.S.; SILVA, E.T.; SOARES, H.R. Chemical fertilization through fertirrigation in the evaluation of the biochemical characteristics of the watermelon fruits. *Revista de Agricultura Neotropical*, v. 8, n. 3, p. e5561, 2021. <https://doi.org/10.32404/rean.v8i3.5561>

AZEVEDO, B.M.; FERNANDES, C.N.V.; NASCIMENTO NETO, J.R.; VIANA, T.V.A.; VASCONCELOS, D.V.; FERNANDES, C.N.D. Frequência da fertirrigação fosfatada na produtividade da cultura da melancia. *Irriga*, v. 21, n. 2, p. 257-268, 2016. <https://doi.org/10.15809/irriga.2016v21n2p257-268>

AZEVEDO, L. M. F.; LUCENA, E. M. P.; BONILLA, O. H.; SILVEIRA, M.R.S.; JÚNIOR, A.S. Physical, chemical, microbiological and sensory characterization of *Manipuçã jellies* for municipal school meals of Fortaleza-CE. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 40, n. 1, 2018.

CAMARGO, D.C.; GARCÍA, A.C.; AZEVEDO, B.M.; VIANA, T.V.A.; FERNANDES, C.N.V.; CAMPELO, A.R. Distribuição de K₂O utilizando diferentes dissoluções na calda de fertirrigação. In: INOVAGRI: International Meeting & IV WINOTEC: Workshop Internacional de Inovações Tecnológicas na Irrigação, Anais... Fortaleza, CE. 2012.

DANTAS, M. S.M.; GRANGEIRO, L.C.; MEDEIROS, J.F.; CRUZ, C.A.; CUNHA, A.P.A. Rendimento e qualidade de melancia cultivada sob proteção de agrotêxtil combinado com mulching plástico. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 17, n. 8, p. 824-829, 2013. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662013000800004>

DUBE, J.; DDAMULIRA, G.; MAPHOSA, M. Watermelon production in Africa: challenges and opportunities. *International Journal of Vegetable Science*, v. 27, n. 3, p. 211-219, 2020. <https://doi.org/10.1080/19315260.2020.1716128>

FEITOSA, T.; GARRUTI, D.S.; LIMA, J.R.; MOTA, S.; BEZERRA, F.M.L.; AQUINO, B.F.; SANTOS, A.B. Qualidades de frutos de melancia produzidos com reuso de água de esgoto doméstico tratado. *Revista Tecnologia*, v. 30, n. 1, p. 53-60, 2009. <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/579859/1/PC09004.pdf>

GRANGEIRO, L.C.; CECÍLIO FILHO, A.B. Qualidades de frutos de melancia em função de fontes e doses de potássio. *Horticultura Brasileira*, v. 22, n. 3, p. 647-650, 2004. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362004000300030>

HASANUZZAMAN, M.; BORHANNUDDIN BHUYAN, M. H. M.; KAMRUN NAHAR, ID.; SHAHADAT HOSSAIN, MD.; JUBAYER MAHMUD, AL.; SHAHADAT HOSSAIN, MD.; MOUMITA, A.A.C.M.; MASAYUKI FUJITA, M. Potassium: A Vital Regulator of Plant Responses and Tolerance to Abiotic Stresses. *Agronomy*, v. 8, n. 31, 2018. <https://doi.org/10.3390/agronomy8030031>

IITA. Growing watermelon commercially in Nigeria—an illustrated guide. *International Institute of Tropical Agriculture*, p. 1-16, 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. (2012). Produção agrícola. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 20 nov. 2021.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP). (2016). Disponível em: <<https://portal.inmet.gov.br/>>. Acesso em: 30 dez. 2021.

KPENAVOUN, S.; ASSOGBA, R.; DEGBEY, H.; ABOKINI, E.; ACHIGAN-DAKO, E.G. Market structure and performance of watermelon (*Citrullus lanatus*) in Benin. *Scientific African*, 3:e00048, 2019. <https://10.1016/j.sciaf.2019.e00048>

LIMA NETO, I.S.; GUIMARÃES, I.P.; BATISTA, P.F.; AROUCHA, E.M.M.; QUEIRÓZ, M.A. Qualidade de frutos de diferentes variedades de melancia provenientes de Mossoró-RN. *Revista Caatinga*, v. 23, n. 4, p. 14-20, 2010. <http://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/sistema>

MAOTO, M.; BESWA, D.; JIDEANI, A.I.O. Watermelon as a potential fruit snack. *International Journal of Food Properties*, v. 22, n. 1, p. 355–370, 2019. <https://doi.org/10.1080/10942912.2019.1584212>

MARTINS, B.N.M.; CORREA, C.V.; GONÇALVES, F.C.M. Solo adequado para o plantio de melancia. *Campo e Negócios: Hortifrúti*, v. 143, p. 62-63, 2017. <https://revistacampoenegocios.com.br/solo-adequado-para-o-plantio-de-melancia/>

MONÇÃO, O.P.; RIBEIRO, J.J.; MOSCON, E.S.; OLIVEIRA, D.N.S.; NASCIMENTO NETO, J.G. Produtividade da cultura da melancia sob diferentes doses de potássio no município de Santa Rita de Cássia – BA. *Enciclopédia Biosfera*, v. 8, n. 15, p. 1423-1424, 2012. <https://conhecer.org.br/ojs/index.php/biosfera/article/view/3711>

NASCIMENTO, J.A.M.; SILVA, S.J.; FERREIRA, C.L.; ESFRAIN, P.W. Watermelon (*Citrullus lanatus* Thunb.) Production as affected by soil potassium fertilizer and livestock manure. *Agrociencia Uruguay*, v. 21, n. 2, p. 7-14, 2017. <http://agrocienciauruguay.uy/ojs/index.php/agrociencia/article/view/152/134>

NAZ, A.; BUTT, M.S.; SULTAN, M.T.; QAYYUM, M.M.N.; NAIZ, R.S. Watermelon lycopene and allied health claims. *EXCLI Journal*, v. 13, p. 650-666, 2014. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4464475/pdf/EXCLI-13-650.pdf>

NUNHEMS. (2016). Semente de hortaliças: catálogo. Disponível em: [http://nunhems.com.br/www/NunhemsInternet.nsf/id/BR_PT_Product_Catalogue_2/\\$file/BR_Catalogo_Multicrop_16pgs_A4.pdf](http://nunhems.com.br/www/NunhemsInternet.nsf/id/BR_PT_Product_Catalogue_2/$file/BR_Catalogo_Multicrop_16pgs_A4.pdf). Acesso em: 30 de mai. de 2022.

OLIVEIRA, F.A.; MEDEIROS, J.F.; LIMA, C.J.G.S.; DUTRA, I.; OLIVEIRA, M.K.T. Eficiência agrônômica da fertirrigação nitrogenada e potássica na cultura do meloeiro nas condições do semi-árido nordestino. *Caatinga*, v. 21, n. 5, p. 5-11, 2008. <https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/caatinga/article/view/825/443/>

RODRIGUES, I.C.N. Avaliação de parâmetros de qualidade em melancia cultivada na região do Ladoeiro. 2013. 57 f. Dissertação de Mestrado, Instituto Politécnico de Castelo Branco, Escola Superior Agrária, Castelo Branco, 2013. <https://www.cataa.pt/publicacoes/teses/>

RODRIGUES, J.C.A.; REIS, L.L.; SILVA, C.A. Avaliação da produção e qualidade de frutos de melancia sob diferentes doses de potássio em cobertura. *Revista Agrogeoambiental*, v. 8, n. 4, p. 11-22, 2016. <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v8n42016857>

SILVA, S. S.; LIMA, G.S.; LIMA, V. L.A.; GHEYI, H.R.; SOARES, L.A.A.; JANINE, P.M. Production and post-harvest quality of mini-watermelon crop under irrigation management strategies and potassium fertilization. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 26, n. 1, p. 51-58, 2022. <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v26n1p51-58>

SOUZA, M.S.; MEDEIROS, J.F.; SILVA, M.V.T.; SILVA, O.M.P.; CHAVES, S.W.P. Estado nutricional da melancia fertirrigada com doses de nitrogênio e fósforo. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 35, n. 4, p. 2301-2316, 2014. <https://10.5433/1679-0359.2014v35n4Suplp2301>

VINHAS, A.S.; SOUSA, C.; MATOS, C.; MOUTINHO, C.; VINHA, A.F. Valorization of watermelon fruit (*Citrullus lanatus*) byproducts: phytochemical and biofunctional properties with emphasis on recent trends and advances. *World Journal of Advance Healthcare Research*, v. 5, n. 1, p. 302-309, 2021. <https://bdigital.ufp.pt/handle/10284/9353>

Estudo documental da ocorrência de parasitos intestinais no serviço de saúde pública do município de Loreto - Maranhão

Crossref  10.56238/cipcaebv1-023

Cleocides Silva Soares

Graduada em Licenciatura em Ciências Biológicas. Mestranda pelo Programa de Mestrado Profissional em Ensino para Educação Básica – IFGOIANO/Campus Urutaí

Hébelys Ibiapina da Trindade

Bacharel em Medicina Veterinária. Especialista em Saúde Pública – UFPI. Mestra em Ciência Animal Tropical – UFT. Doutora em Ciência Animal – UFPI. Docente do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão – IFMA/Campus Codó

Benjamim Cardoso da Silva Neto

Licenciado em Matemática. Especialista em Metodologia do Ensino de Matemática – FACULDADE MONTENEGRO. Mestre em Educação para Ciências e Matemática – IFG/ Jataí. Doutor em Educação em Ciências e Matemática – IEMCI/UFPA. Docente do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão – IFMA/Campus São Raimundo das Mangabeiras

Miquéias Oliveira de Souza

Graduado Ciências Aquáticas. Mestre em Sustentabilidade de Ecossistemas – UFMA. Docente do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão – IFMA/Campus Grajaú

RESUMO

As parasitoses intestinais ainda constituem um grave problema de saúde pública mundial, por não serem tratadas com a devida atenção, contribuindo assim, para a proliferação desses parasitos, principalmente em países em desenvolvimento como o Brasil. Devido a esse lapso da saúde pública e o grande déficit em trabalhos de pesquisa voltado para essa área no Estado do Maranhão, foi realizado um estudo documental da ocorrência de parasitos intestinais no Serviço de Saúde Pública do Município de Loreto – Maranhão. A pesquisa foi realizada, no período de janeiro a dezembro de 2014, no Laboratório Municipal, feita de forma ampla, não havendo restrições quanto à idade, sexo, raça ou outras variáveis. Das 1.183 pessoas que realizaram o exame coproparasitológico, 98,15 % apresentaram resultado positivo para algum tipo de parasito. O helminto *Ascaris lumbricoides* teve maior prevalência (34,40%), seguida do protozoário *Giardia*

lamblia (25,63%) e demais parasitos: *Entamoeba histolyca* (20,52%), *Entamoeba coli* (9,79%), *Endolimax nana* (7,62%), *Iodamoeba bütschlii* (0,60%), *Ancylostomido* (0,50%), *Enterobius vermiculares* (0,50%) e *Hymenolepis nana* (0,43). O alto índice encontrado de pessoas parasitadas no presente trabalho demonstra claramente que esses indivíduos estão vivendo em condições precárias de saneamento básico, de tratamento de água, de habitação e falta de hábitos de higiene pessoal e coletiva e, que as políticas de educação para a saúde são ineficientes, colocando toda a comunidade em risco iminente de propagação desses parasitos.

Palavras-chave: Parasitoses intestinais, Saúde pública, Loreto.

ABSTRACT

Intestinal parasites remain a serious global public health problem because they are not treated with proper care, thus contributing to the proliferation of these parasites, especially in developing countries like Brazil. Because of this lapse of public health and the major shortfall in research papers focused on this area in the state of Maranhão, there was a desk study of the occurrence of intestinal parasites in the Public Health Service of the Municipality of Loreto - Maranhao. The survey was conducted in the period January to December 2014, at the Municipal Laboratory, taken broadly, with no restrictions on age, sex, race or other variables. Of the 1,183 people who underwent the fecal examination, 98.15% were positive for some kind of parasite. The helminths *Ascaris lumbricoides* was most prevalent (34.40%), followed by the protozoan *Giardia lamblia* (25.63%) and other parasites: *Entamoeba histolyca* (20.52%), *Entamoeba coli* (9.79%), *Endolimax nana* (7.62%), *Iodamoeba bütschlii* (0.60%), *Ancylostomido* (0.50%), *Enterobius vermicularis* (0.50%) and *Hymenolepis nana* (0.43). The high rate found people parasitized in this work clearly demonstrates that these individuals are living in precarious conditions of sanitation, water treatment, housing and lack of personal hygiene habits and collective, and that education policies for health They are inefficient, putting the community at imminent risk of spread of these parasites.

Keywords: Intestinal parasites, Public health, Loreto.

1 INTRODUÇÃO

As parasitoses intestinais, também conhecidas como endoparasitoses, cujos agentes etiológicos são helmintos (verminoses) ou protozoários, atingem índices elevados na população mundial (LIMA et al., 2013).

Destarte, parasitismo é uma relação ecológica entre espécies diferentes, na qual o hospedeiro abriga e fornece condições favoráveis ao desenvolvimento do parasito. O hospedeiro é sempre o prejudicado nessa relação. No entanto, o parasito raramente provocará a morte de seu hospedeiro, pois necessita dele para sua sobrevivência (FERREIRA, 2012).

As taxas de prevalência de parasitoses na população mundial, ainda, permanecem altíssimas. Dentre os helmintos, os mais encontrados são os nematelmintos *Ascaris lumbricoides* (que parasita entre 800 milhões e 1,2 bilhão de indivíduo em todo o mundo), os ancilostomídeos *Ancylostoma duodenale* e *Necator americanus* (que, conjuntamente, infectam 580 a 740 milhões de indivíduos) e *Trichuris trichiura* (que acometem entre 600 a 800 milhões de indivíduos). Dentre os protozoários, destacam-se *Entamoeba histolytica* e *Giardia duodenalis* (FERREIRA, 2012).

A infestação desses parasitos apresenta vários sintomas clássicos, dos quais, destacam-se: diarreias, náuseas e vômitos, emagrecimento, anemia, colites, alterações psicossociais e até óbitos. Suas consequências estão associadas à carga parasitária que o indivíduo carrega (ANTONIO, 2011).

Para que ocorra a transmissão e a manutenção de uma doença tem que existir a tríade epidemiológica de doenças: o agente (parasito), o hospedeiro e o meio ambiente biológico, social e físico favorável (NEVES, 2011).

Vários fatores favorecem o parasitismo, o que acarretará maior ou menor prejuízo ao hospedeiro, dentre eles destacam – se: a idade, alimentação, imunidade, constituição e contaminação do solo, hábitos, condições sanitárias, tensão emocional do hospedeiro, ambientais, socioeconômicas, educacionais, presença de animais domésticos no peridomicílio, índice de aglomerado populacional, contaminação da água e dos alimentos, do potencial biótico e patogênico dos parasitos (CARVALHO; GOMES, 2014; MAIA; HASSUM; VALLADARES, 2015).

No Brasil, apesar de alguns avanços nas últimas décadas, a região Nordeste continua a apresentar elevados índices de mortalidade causados por doenças diarreicas, sobretudo entre crianças menores de cinco anos (LIMA et al., 2013). Os últimos inquéritos coproparasitológicos realizados no país datam da década de 70. Atualmente, esses trabalhos são realizados em grupos específicos e devido à amplitude geográfica, social, econômica, sanitária, ambiental e cultural, nem sempre podem ser comparados. Entretanto, mesmo diante dessa dificuldade, percebe-se que em regiões deficientes em infraestrutura sanitária possuem alta prevalência do parasitismo, e que diante da melhoria dos serviços de saneamento proporcionam sua diminuição (OLIVEIRA, 2013; MAIA; HASSUM; VALLADARES, 2015).

Nesse contexto, foram levantadas algumas referências teóricas sobre a ocorrência das infestações de parasitoses no Brasil e principalmente no Estado do Maranhão para, a partir delas, se discutir sobre a real situação do índice de manifestação das doenças parasitárias no município de Loreto-MA.

De fato, foi verificado que a saúde pública, seja no país, nos estados ou nos municípios, não recebem o apoio constante dos órgãos governamentais, face à realidade econômica deficitária.

As políticas de educação sanitária não são consolidadas, tornando os problemas envolvendo as parasitoses intestinais mais sérios do que se apresentam (TEIXEIRA; HELLER, 2006).

O município de Loreto, localizado na região Nordeste do país, mais precisamente na Mesorregião Sul Maranhense, provavelmente confirme estas estatísticas. Assim, este estudo objetiva identificar, através de um estudo documental, a ocorrência de parasitos intestinais no serviço de saúde pública no município de Loreto – MA.

Certamente, diante de registros escassos no Estado, esse pode ser o primeiro estudo referente à infestação por endoparasitos no município estudado, servindo como banco de dados para implantação de programas eficazes de controle e superação as parasitoses, haja vista que para combater e prevenir os agravos à saúde de uma população, as ações de saneamento básico devem contemplar seu perfil epidemiológico, apontando dentre outros fatores os percentuais de pessoas afetadas.

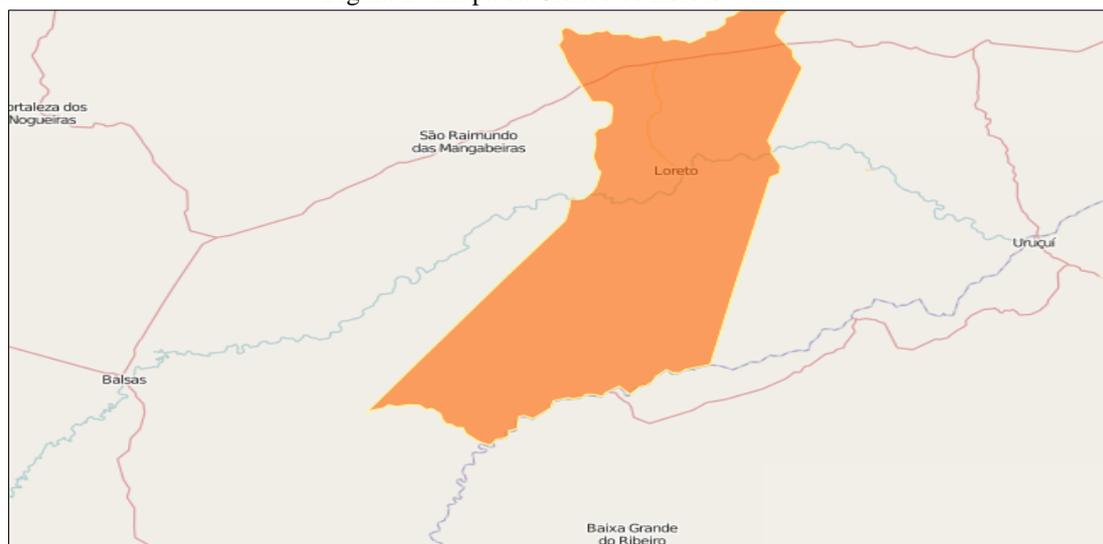
2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O município de Loreto pertence à Mesorregião Sul Maranhense, abrangendo uma área de 3.596,840 km², com uma população de aproximadamente 11.390 habitantes e densidade demográfica de 3,17 habitantes/km² (IBGE, 2010). Tendo como municípios circunvizinhos: Benedito Leite a Leste, Sambaíba a Oeste, Mirador ao Norte e Ribeiro Gonçalves no Estado do Piauí ao Sul (GOOGLE MAPS, 2011).

Possui um clima tropical subúmido seco, no qual chove mais no verão (novembro a abril) que no inverno (maio a outubro), além de apresentar uma temperatura média anual de 26,8°C e com índice pluviométrico de média anual de 960 mm (CLIMATE-DATA.ORG, 2015).

Figura 1 - Mapa da Cidade de Loreto – MA.



Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010.

3 METODOLOGIA

Foram analisados no período de janeiro a dezembro de 2014, os registros de laudos dos exames coproparasitológicos do Laboratório Municipal de Loreto – MA, dos usuários do Sistema Único de Saúde (SUS), salvaguardando o anonimato dos pacientes. O estudo foi realizado perante autorização prévia da Secretaria Municipal de Saúde do Município de Loreto – MA.

Os dados são referentes aos tipos de parasitos encontrados (Helmintos e Protozoários), quantidades por pessoas, associações entre as espécies, o de maior ocorrência, quantidade de amostras positivas e negativas, o mês de maior prevalência de cada parasito diagnosticado.

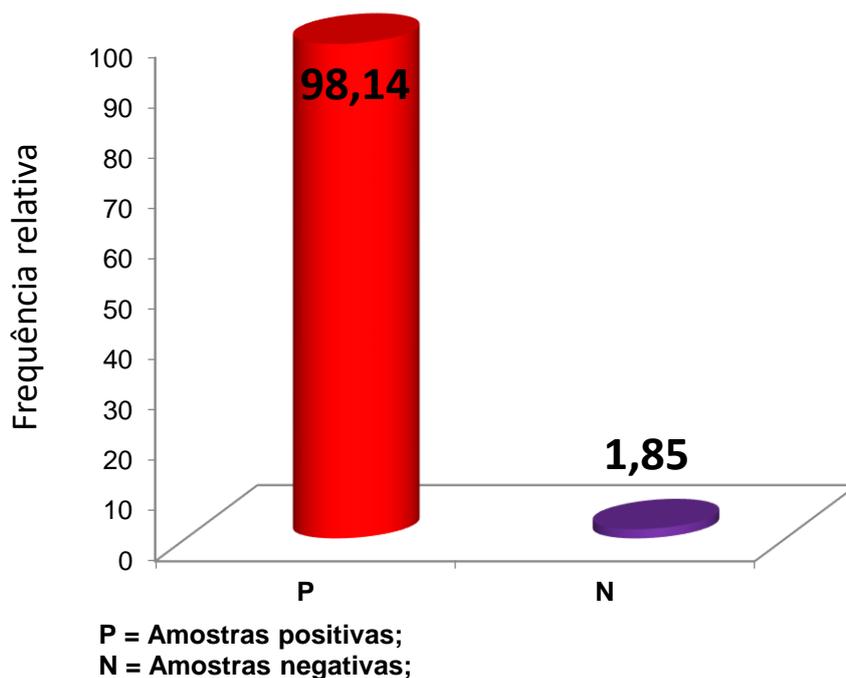
4 ANÁLISE DOS DADOS

A pesquisa caracteriza-se em um estudo documental e descritivo que segundo Dalfovo, Lana e Silveira (2008, p.6) a pesquisa descritiva “descreve um fenômeno e registra a maneira em que ele ocorre” com uma abordagem quantitativa, baseada em informações coletadas sobre os resultados dos exames coproparasitológicos dos pacientes atendidos no serviço de saúde pública do município de Loreto – Maranhão. Os dados foram analisados estatisticamente, dispostos em quadros e em gráficos construídos com o auxílio do programa Microsoft Office Excel®.

5 RESULTADOS

Das 1.183 pessoas que realizaram o exame coproparasitológico no período de janeiro a dezembro de 2014, 1.161 (98,15 %) apresentaram resultados positivos para algum tipo de parasito e, somente 22 (1,85%) apresentaram resultados negativos (Figura 2).

Figura 2 - Pessoas que apresentaram resultados positivos e negativos para algum tipo de parasitismo, Loreto-MA.



Fonte: SOARES (2015)

Dentre os resultados obtidos, foram encontrados 1.837 parasitos, dispostos em nove espécies, cinco do grupo dos protozoários e quatro compondo o grupo dos helmintos (Quadro 1).

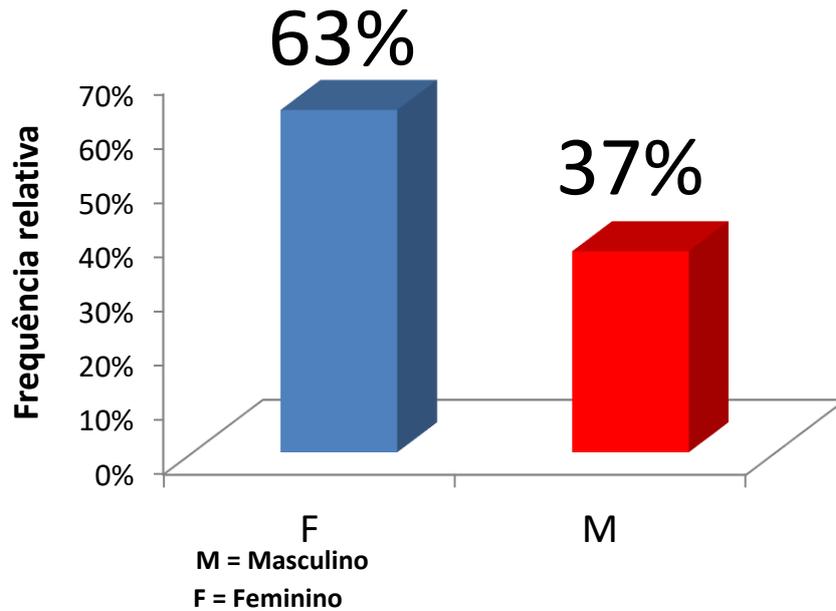
Quadro 1 – Parasitos encontrados nas pessoas que realizaram o exame coproparasitológico, Loreto-MA.

PROTOZOÁRIOS	HELMINTOS
<i>Giardia lamblia</i>	<i>Ascaris lumbricoides</i>
<i>Entamoeba histolytica</i>	<i>Ancylostomidio</i>
<i>Entamoeba coli</i>	<i>Enterobius vermiculares</i>
<i>Endolimax nana</i>	<i>Hymenolepis nana</i>
<i>Iodamoeba bütschliisã</i>	

Fonte: SOARES (2015)

Esses agentes etiológicos foram responsáveis pela infestação de 1.183 pessoas, dentre as quais 746 (63%) eram do sexo feminino e 437 (37%) do sexo masculino (Figura 3).

Figura 3 - Sexo das pessoas parasitadas, Loreto-MA.



Fonte: SOARES (2015)

A espécie com maior ocorrência foi o helminto *A. lumbricoides* 34,40%, seguida do protozoário *G. lamblia* 25,63%, e demais parasitos: *E. histolytica* 20,52%, *E. coli* 9,79%, *E. nana* 7,62%, *I. bütschlii* 0,60%, *Ancylostomido* 0,50%, *E. vermiculares* 0,50% e *H. nana* 0,43. Esses resultados foram calculados sob o número geral de parasitos (1.837), pois como mencionado anteriormente, existem pessoas que foram contados mais de uma vez conforme o número de parasitos encontrados, existindo pessoas albergando mais de uma espécie (Quadro 2).

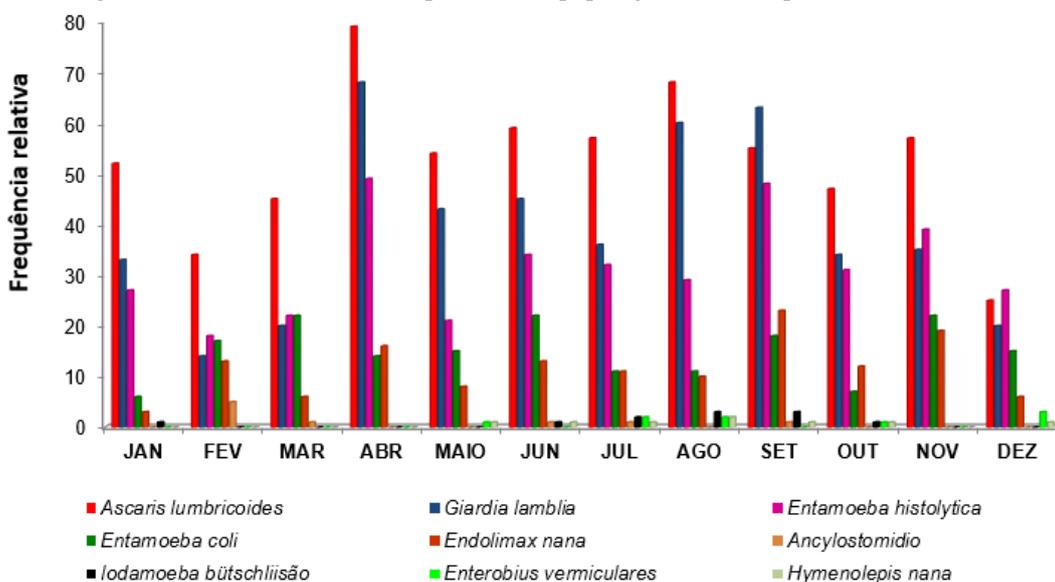
Quadro 2 - Número de parasitos encontrados na população atendida de janeiro/2014 a dezembro/2014 no Laboratório Municipal de Loreto (MA), Brasil.

MÊS	M	F	<i>Ascaris lumbricoides</i>	<i>Giardia lamblia</i>	<i>Entamoeba histolytica</i>	<i>Entamoeba coli</i>	<i>Endolimax nana</i>	<i>Ancylostomido</i>	<i>Iodamoeba bütschlii</i>	<i>Enterobius vermiculares</i>	<i>Hymenolepis nana</i>	Total Geral de Parasitos
JAN	22	70	52	33	27	6	3	0	1	0	0	1837
FEV	34	38	34	14	18	17	13	5	0	0	0	
MAR	26	58	45	20	22	22	6	1	0	0	0	
ABR	52	99	79	68	49	14	16	0	0	0	0	
MAIO	37	50	54	43	21	15	8	0	0	1	1	
JUN	44	70	59	45	34	22	13	1	1	0	1	
JUL	45	56	57	36	32	11	11	1	2	2	1	
AGO	53	66	68	60	29	11	10	0	3	2	2	
SET	45	90	55	63	48	18	23	1	3	0	1	
OUT	27	47	47	34	31	7	12	0	1	1	1	
NOV	35	63	57	35	39	22	19	0	0	0	0	
DEZ	17	39	25	20	27	15	6	0	0	3	1	
TOTAL	437	746	632	471	377	180	140	9	11	9	8	
TOTAL DE PESSOAS PESQUISAS												1183

Fonte: SOARES (2015)

O mês de abril foi o que teve maior número de pessoas examinadas, das quais os parasitos *A. lumbricoides* 4,30%, *G. lamblia* 3,70% e *E. histolytica* 2,66%, tiveram maior ocorrência respectivamente. O protozoário comensal *E. coli* 1,19%, teve maior ocorrência nos meses de março, junho e novembro, respectivamente. Já o protozoário comensal *E. nana* 1,25% teve sua maior ocorrência em setembro. O nematoide *Ancylostomido* 0,27%, em fevereiro. O protozoário comensal *I. butschliisã* 0,16%, nos meses agosto e setembro. O *E. vermiculares* 0,16%, no mês de dezembro e *H. nana* 0,10%, no mês de agosto (Figura 4).

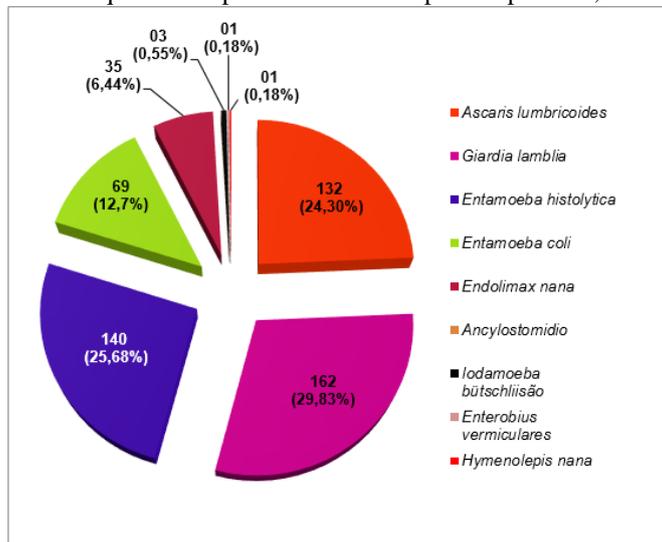
Figura 4 - Ocorrência mensal de parasitos na população do município de Loreto-MA.



Fonte: SOARES (2015)

Das 1.183 pessoas que realizaram o exame de fezes, 543 (45,9%) apresentaram positividade para um tipo de parasito (Figura 5).

Figura 5 – Frequência de pessoas infestadas por um parasito, Loreto-MA.

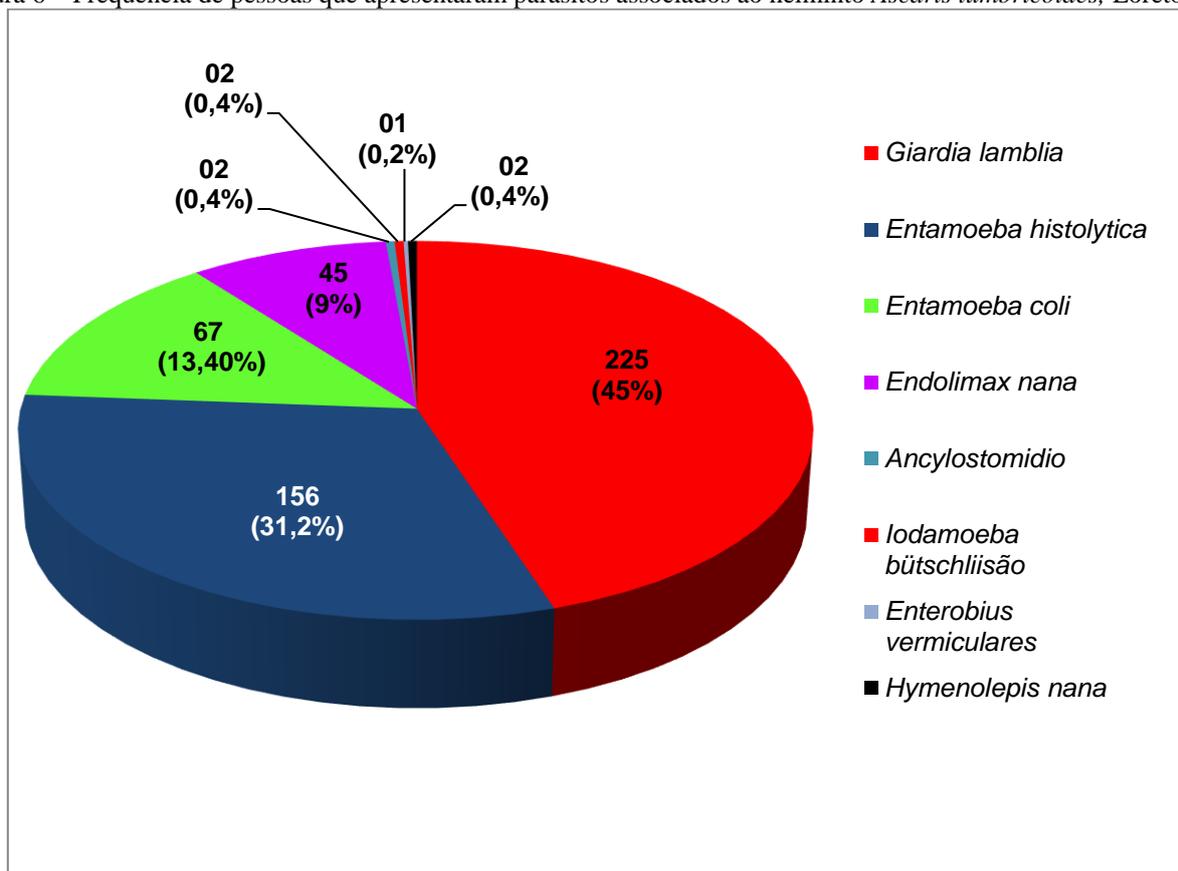


Fonte: SOARES (2015)

Nas pessoas infestadas por um parasito, o protozoário *G. lamblia* 29,83%, teve maior ocorrência em comparação com os demais, seguido do protozoário *E. histolytica* 25,68%. O helminto *A. lumbricoides* 24,30% ficou em terceiro lugar, acompanhado dos protozoários comensais *E. coli* 12,7%, *E. nana* 6,44%, *I. bütschliisã* 0,55%, além dos helmintos *E. vermiculares* 0,18% e *H. nana* 0,18%.

Nas pessoas infestadas por mais de um parasito, foram encontradas várias associações, dentre as quais, 53,67 apresentaram positividade para biparasitismo (Figura 6).

Figura 6 – Frequência de pessoas que apresentaram parasitos associados ao helminto *Ascaris lumbricoides*, Loreto-MA.

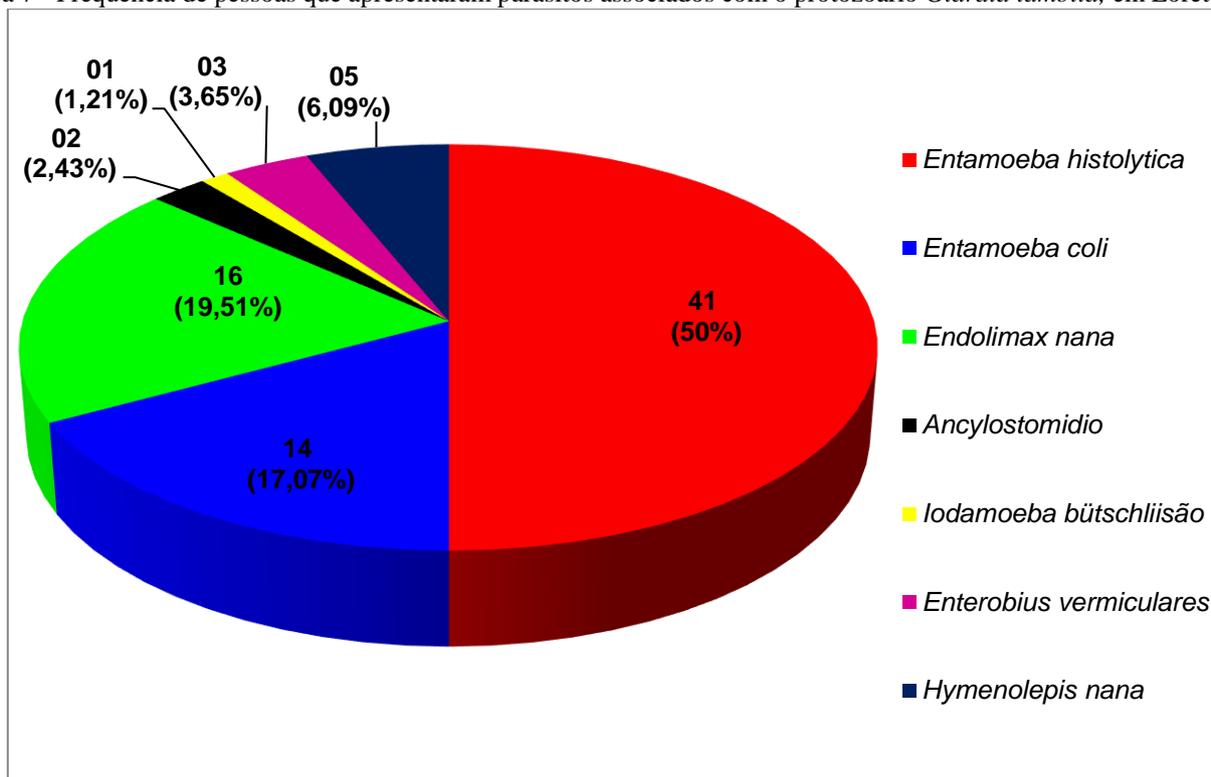


Fonte: Soares, 2015

É notório que a maior associação com o helminto *A. lumbricoides* dá-se com o protozoário *G. lamblia* 45%, seguida das demais associações com *E. histolytica* 31,2%, *E. coli* 13,40%, *E. nana* 9%, *Ancylostomidio* 0,4%, *I. bütschliisã* 0,4%, *H. nana* 0,4% e *E. vermiculares* 0,2%, totalizando 500 pessoas parasitadas por esse tipo de associação, na qual, 40% eram do sexo masculino e 60% do sexo feminino.

O protozoário *G. lamblia*, quando comparado sua associação com outros parasitos, percebe-se que divide espaço facilmente com a *E. histolytica* 50%, seguida dos parasitos *E. nana* 19,51%, *E. coli* 17,07%, *H. nana* 6,09%, *E. vermiculares* 3,65%, *Ancylostomidio* 2,43% e *I. bütschliisã* 1,21%. O total de pessoas infestadas por esse tipo de associação foi de 82 ao todo, sendo 35 do sexo masculino e 47 do sexo feminino (Figura 7).

Figura 7 - Frequência de pessoas que apresentaram parasitos associados com o protozoário *Giardia lamblia*, em Loreto-MA.



Fonte: SOARES (2015)

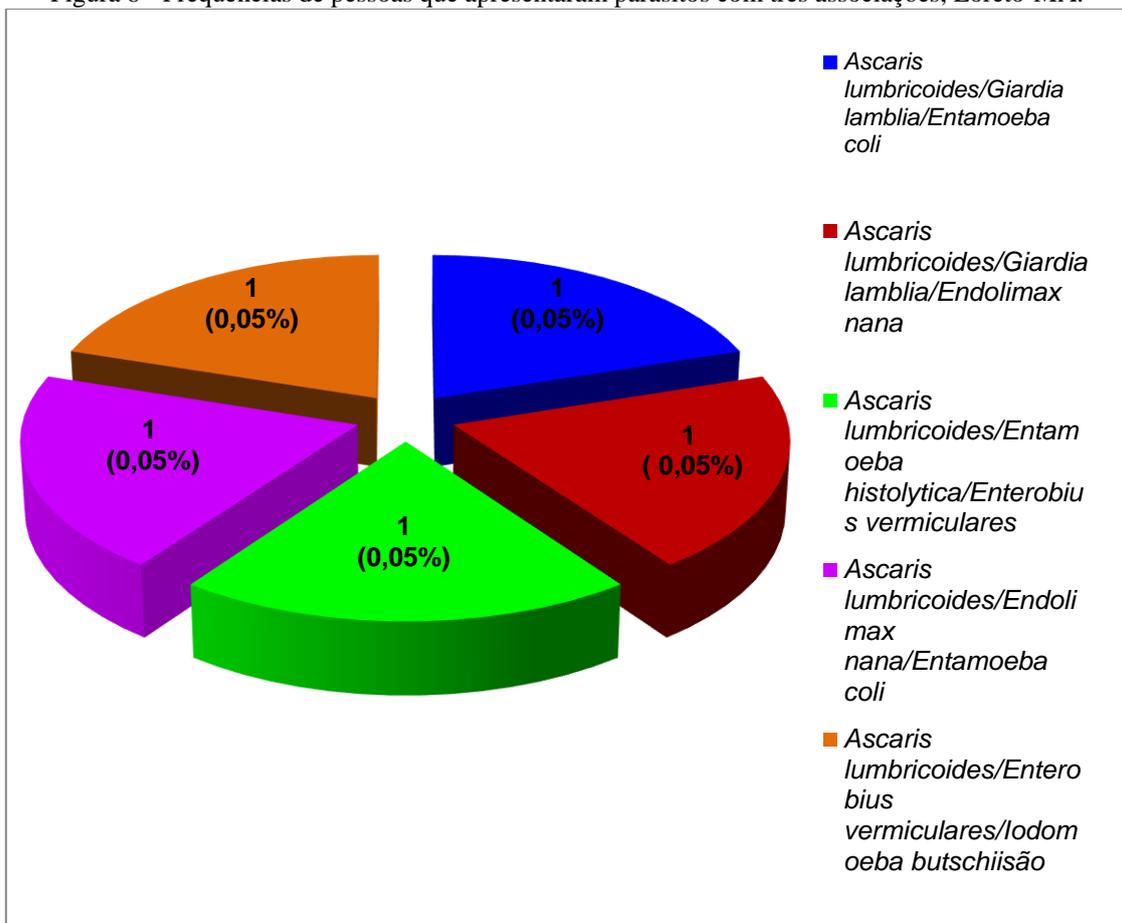
Nas associações com o protozoário *E. histolytica* encontramos o protozoário *E. nana* 65,78%, *E. coli* 26,31%, *I. bütschliisã* 5,26% e *E. vermiculares* 2,63%, sendo que 38 pessoas estavam infestadas por esse tipo de associação, das quais 11 eram do sexo masculino e 27 do sexo feminino.

Nas associações com o protozoário comensal *E. coli* encontramos o protozoário *E. nana* 92,30% e *I. bütschliisã* 7,69%, com um total de 05 pessoas do sexo masculino e 08 pessoas do sexo feminino acometidos por esse tipo de parasitismo.

Foram encontradas, ainda, as associações entre o nematoide *Ancylostomidio*, além das citadas acima, com o protozoário comensal *E. nana* em apenas uma pessoa do sexo feminino, bem como, a associação dos protozoários comensais *I. bütschliisã* e *E. nana*, na qual apenas uma pessoa do sexo feminino apresentou esse tipo de associação.

Nas associações com três parasitos, foram encontradas cinco pessoas (0,42%), nas quais uma era do sexo masculino e quatro do sexo feminino, sendo cinco o número de associações, todas elas apresentando o helminto *Ascaris lumbricoides* (Figura 8).

Figura 8 - Frequências de pessoas que apresentaram parasitos com três associações, Loreto-MA.



Fonte: SOARES (2015)

6 DISCUSSÃO

As endoparasitoses estão diretamente relacionadas com as condições de saneamento e condições higiênicas de uma determinada população, principalmente no nordeste brasileiro, onde as condições ambientais são favoráveis à disseminação de parasitos (RODRIGUES; CARNEIRO; ATHAYDE, 2013).

Segundo Antônio (2011, p. 19):

As infecções parasitárias servem como indicadores do desenvolvimento socioeconômico de um país e sua alta frequência desencadeia, além de transtornos gastrintestinais, um rendimento corporal reduzido, o que se traduz em déficit na cadeia produtiva da população acometida por estas desordens parasitárias.

Os resultados dessa pesquisa foram alarmantes, diferindo dos demais resultados dos trabalhos pesquisados para realização desse estudo, quando comparados o número de pessoas parasitadas.

Da população que realizou o exame coproparasitológico no Laboratório Municipal de Loreto-MA, 98,15% das pessoas estavam infestadas por um ou mais tipos de parasitos. De acordo com Maia, Hassum e Valadares (2015), ao analisarem os dados dos exames coprocópicos dos usuários do SUS no município de Limoneiro do Norte-Ceará, detectaram que das 1.266 amostras, 23,30% foram positivos para endoparasitos do trato intestinal. Matos e Cruz (2012) realizaram estudo sobre a prevalência das parasitoses intestinais no município de Ibiassucê – Bahia, com um levantamento de dados registrados no Laboratório

de Análises Clínicas do Hospital Municipal São Sebastião (HMSS), no qual, de 1.658 amostras, 41,19% apresentaram resultado positivo para alguma enteroparasitose.

Lopes, Salamaia e Molinari (2012), realizaram uma pesquisa no Laboratório de Análises Clínicas, no Estado do Paraná, na cidade de Marinalva, na qual de 300 amostras, 1,66% apresentaram resultados positivos para parasitoses intestinais.

Com relação ao sexo das pessoas parasitadas no município estudado, as mulheres destacaram-se com 63% de positividade, enquanto os homens somente 37%, porém este resultado não significa dizer que existiam mais pessoas do sexo feminino infestadas e, sim que, provavelmente, as mulheres procuraram com maior frequência os serviços de saúde. Estes dados corroboram com um inquérito de prevalência de parasitoses intestinais, associado a uma avaliação das condições socioeconômicas, em conjunto com um diagnóstico ambiental, durante o período de janeiro a maio de 2007, realizado na Comunidade Vitória Régia - Manaus-AM, no qual, dentre os 362 moradores que realizaram o exame coproscópico, 56,6% dos que estavam parasitados, eram do sexo feminino e 43,4% do sexo masculino (VISSER et al., 2011)

Divergindo desses resultados, Lopes et al. (2013) em uma pesquisa realizada em três laboratórios clínicos, na cidade de Aracaju-SE, entre 2007 a 2010, detectou que a prevalência de parasitos nos homens 70,7% estavam 2,4 vezes mais que nas mulheres 29,35%, dando como justificativa para esse fato, a implantação do Programa de Política Nacional de Atenção Integral à Saúde do Homem, fomentado pelo Ministério da Saúde.

A ocorrência do helminto *A. lumbricoides* nesse trabalho 34,40% é inferior aos resultados de pesquisas realizadas por Silva et al. (2011), na comunidade de Tutoia do Maranhão, onde 53,6% das crianças estavam infectados por esse parasito e, superior aos encontrados no município de Ibiassucê-Bahia, na qual a taxa de infestação por *A. lumbricoides* foi de 6,44% (MATOS; CRUZ, 2012).

A *A. lumbricoides* está entre as mais conhecidas espécies de nematódeos, devido à mesma ser encontrada com bastante frequência na espécie humana, representando um problema grave de saúde pública, principalmente nos países subdesenvolvidos cujas condições de moradia, habitação e alimentação, são muito precárias (CAMPOS et al., 2002).

O município de Loreto-MA possui um clima tropical subúmido seco, no qual chove mais no verão (novembro a abril) que no inverno (maio a outubro), (CLIMATE-DATA.ORG, 2015). Esse clima favorece classificar os parasitos seguidos dos meses no período chuvoso, em fevereiro maior ocorrência de *Ancylostomido* 0,27%, em abril teve maior ocorrência de *A. lumbricoides* 4,30%, *G. lamblia* 3,70% e *E. histolytica* 2,66% e em dezembro o *E. vermiculares* 0,16%.

O protozoário comensal *E. coli* 1,19%, teve maior ocorrência nos meses chuvosos de março/novembro e no mês de junho, adentrando o inverno. Nos meses de inverno (sem chuvas) destacaram-se: *H. nana* 0,10%, no mês de agosto, o protozoário comensal *E. nana* 1,25% com sua maior ocorrência em setembro e o protozoário comensal *I. butschlii* 0,16%, nos meses agosto e setembro.

No estudo realizado, o número de pessoas infestadas por um parasito 45,9% foi menor que as que apresentaram bi e poli parasitismo 54,09%. Para mono parasitado a maior ocorrência foi da *G. lamblia* 29,83%. Para bi parasitado a maior ocorrência foi da associação *A. lumbricoides/G. lamblia* e nas associações por poli parasitismo, foram encontradas cinco, nas quais todas apresentavam o helminto *A. lumbricoides*, sendo que esse parasito e o protozoário *G. lamblia* conseguiram associar-se a todos as espécies encontradas. Dados esses diferentes quando comparados com Silva; Teixeira e Gontijo (2012), no qual em uma investigação sobre a prevalência dos parasitos e comensais intestinais entre escolares da rede pública municipal de Gurupi-TO, constataram que das amostras analisadas, 75,9% apresentavam resultado positivo para mono parasitismo, 18,0% para bi parasitismo e 6,1% para o poli parasitismo.

Santos et al. (2014), encontrou resultados similares em um estudo realizado com parasitoses intestinais em crianças de creche comunitária em Florianópolis-SC, das quais 26,3% apresentavam bi parasitismo, 24,6% mono parasitismo e 10,5% poli parasitismo.

A ocorrência de indivíduos apresentando bi e poli parasitismo é comum em estudos epidemiológicos devido às facilidades de contaminação facilitadas pelas condições favoráveis para disseminação de agentes infecciosos (ROCHA et al., 2011).

Percebe-se que esses indivíduos vivem em condições precárias de saneamento básico, de abastecimento e tratamento de água, de habitação, falta de hábitos de higiene pessoal e coletiva e que as políticas de educação no município para a saúde estão deficitárias, o que nos leva a sugerir à Secretaria Municipal de Saúde de Loreto-MA, a implantação de medidas preventivas por meio de projetos de educação sanitária e ambiental, garantindo a todos, uma melhoria na qualidade de vida e acesso universal aos serviços públicos de saúde.

Acredita-se que com a adoção dessas medidas em médio prazo as taxas de infestação e de doenças acometidas pelas endoparasitoses no Município de Loreto-MA certamente serão reduzidas.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados demonstraram que o município de Loreto-MA, no ano de 2014, apresentou 98,15% de positividade para as endoparasitoses, tendo como parasito prevalente o helminto *A. lumbricoides* (34,40%).

Percebe-se que os parasitos que causam algum tipo de prejuízo ao hospedeiro, foram encontrados, principalmente, no período chuvoso da região (verão), que vai de novembro a abril e os comensais no período de inverno, de maio a outubro.

O helminto *A. lumbricoides* e o protozoário *G. lamblia* destacaram-se como os parasitos que conseguiram associar-se a todos os demais encontrados, inclusive nas pessoas infestadas por três espécies.

REFERÊNCIAS

- ANTONIO, Isabela Maria da Silva. **Associação entre Fatores Socioeconômicos, Ambientais e Ocorrência de Parasitos em Crianças, Adolescentes e Animais Domésticos da Comunidade Matadouro Campos dos Goytacazes RJ**. 2011. 53 f. Dissertação (Mestre em Ciência Animal) - Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Rio de Janeiro, 2011.
- CAMPOS, Mônica Rodrigues et al., 2002. Distribuição espacial da infecção por *Ascaris lumbricoides*. **Revista de saúde pública**, Rio de Janeiro, v.36, n. 1, p. 69-74, 2002.
- CARVALHO, Nhayhara Elen Duarte da Silva; GOMES Nilcirlândia Pereira. Prevalência de enteroparasitoses em crianças na faixa etária de 6 a 12 anos na escola pública Melvin Jones em Teresina-PI. **Revista Interdisciplinar Uninovafapi**, Teresina, v.6, n.4, p.95-101, nov.dez. 2014.
- CLIMATE-DATA.ORG. **Clima**: Loreto, 2015. Disponível em: <<http://pt.climate-data.org/location/42386/>>. Acesso em 10 ago. 2015.
- DALFOVO, Michael Samir; LANA, Rogério Adilson; SILVEIRA, Amélia. Métodos quantitativos e qualitativos: um resgate teórico. **Revista Interdisciplinar Científica Aplicada**, Blumenau, v. 2, n. 4, p.01-13, 2008.
- FERREIRA, Marcelo Urbano. **Parasitologia Contemporânea**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2012. 223 p.
- GOOGLE MAPS. Loreto – MA, 2011. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps/@-7.0687368,-45.3330388,10.25z>>. Acesso em: 28 set. 2015.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades**: Maranhão Loreto, 2010. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=210610&search=||infor%EFicos:-informa%E7%F5es-completas>>. Acesso em: 10 ago. 2015.
- LIMA, Dayse da Silva et al. Parasitoses intestinais infantis no nordeste brasileiro: uma revisão integrativa da literatura. **Cadernos de Graduação - Ciências Biológicas e da Saúde Facipe**, Recife, v. 1, n.2, p. 71-80, nov. 2013.
- LOPES, Anna Carolina Mota et al. Geohelminíase: prevalência amostral em Aracaju (SE) entre 2007 a 2010. **Revista ScireSalutis**, Sergipe, v.3, n. 1, p. 28 – 36, 2013.
- LOPES, Carina Ribeiro; SALAMAIA, Fabíola Hillesheim; MOLINARI, Lígia Maria. Diferentes parasitos intestinais em crianças de um a dez anos atendidas em um laboratório de análises clínicas na cidade de Marialva, Paraná, Brasil. **Revista Saúde e Pesquisa**, Maringá, v. 5, n. 2, p. 290-297, maio/ago. 2012.
- MAIA, Carlos Vangerre de Almeida; HASSUM, Izabella Cabral; VALLADARES, Gustavo Souza. Parasitoses intestinais em usuários do SUS em Limoeiro do Norte, Ceará, antes de expansão de sistema de esgotamento sanitário. **Revista HOLOS – Revista online do Instituto Federal do Rio Grande do Norte**, Rio Grande do Norte, ano 31, vol. 2, p.98-109, abr. 2015.
- MATOS, Márcio Alves de; CRUZ, Zoraide Vieira. Prevalência das Parasitoses Intestinais no município de Ibiassucê – Bahia. **Revista Educação, Meio Ambiente e Saúde**, Manhauçu, 5 (1): 64-71, 2012.

OLIVEIRA, Carlos Henrique Bezerra. **Frequência de enteroparasitoses em usuários do serviço público de saúde na mesorregião do Oeste Potiguar**. Dissertação de Mestrado – Universidade Estadual do Rio Grande do Norte, Natal 2013.

NEVES, David Pereira et al. A Parasitologia. In: NEVES, David Pereira et al. **Parasitologia Humana**. 12 ed. São Paulo: Atheneu, 2011. p. 07-13.

ROCHA, Thiago José Matos et al. Relação entre aspectos socioeconômicos e ocorrência de ectoparasitoses e endoparasitoses em uma comunidade do litoral norte alagoano. **Revista Brasileira de Análises Clínicas**, Rio de Janeiro, p. 271-276, v 43 (4), 2011.

SANTOS, Juliano dos et al. parasitoses intestinais em crianças de creche comunitária em Florianópolis-SC. **Revista de Patologia Tropical**, Goiânia, vol. 43 (3): 332-340. jul.-set. 2014.

SILVA, Jefferson Conceição et al. Parasitismo por *Ascaris lumbricoides* e seus aspectos epidemiológicos em crianças do Estado do Maranhão. **Revista Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, Uberaba, 44(1):100-102, jan-fev, 2011.

SILVA, Marcos Gontijo da; TEIXEIRA, Denes José; GONTIJO, Érica Eugênio Lourenço. Prevalência de parasitas intestinais em alunos de 5 a 12 anos da rede pública do município de Gurupi-TO. **Revista Eletrônica de Farmácia**, Goiânia, vol. IX (2), 13 - 24, 2012.

TEIXEIRA, Julio César; HELLER, Leo. Impact of water supply, domiciliary water reservoirs and sewage on faeco-orally transmitted parasitic diseases in children residing in poor areas in Juiz de Fora, Brazil. **Revista Epidemiology and Infection**. Cambridge University, v.134, p. 694–698, 2006.

VISSER, Silvia et al. Estudo da associação entre fatores socioambientais e prevalência de parasitose intestinal em área periférica da cidade de Manaus (AM, Brasil). **Revista Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v.16(8):3481-3492, 2011.

Família Rhinotermitidae (Isoptera) e sua relação com a madeira de cardeiro (*Scleronema micranthum*)

Crossref  10.56238/cipcaebv1-024

Raimunda Liége Souza de Abreu

Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA. Av. André Araújo 2936. Aleixo, Manaus-Amazonas
E-mail: raiabreu@inpa.gov.br

Beatriz Ronchi-Teles

Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA. Av. André Araújo 2936. Aleixo, Manaus-Amazonas

Rosemary Aparecida Roque

Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA. Av. André Araújo 2936. Aleixo, Manaus-Amazonas

Ceci Sales-Campos

Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA. Av. André Araújo 2936. Aleixo, Manaus-Amazonas

RESUMO

Os cupins da família Rhinotermitidae tem como característica a construção de ninhos subterrâneos, de onde forrageiam em busca de celulose, sua fonte de alimentação. Devido se alimentarem de madeira e outros materiais celulósicos utilizados pelo homem, são conhecidos como insetos xilófagos e são responsáveis por vários danos em espécies florestais e agrícolas. Em função da importância desses insetos, este trabalho teve como objetivo avaliar a relação entre os insetos dessa família e a espécie florestal *Scleronema micranthum*. Para tal foram submetidos a biodeterioração, durante 24 meses, no solo de floresta primária, 180 amostras em forma de discos, retiradas das posições base, meio e ápice de cinco árvores. Durante esse período, bimensalmente, foram retirados, aleatoriamente, 15 discos da floresta. Após fragmentados, foi avaliado o ataque e efetuada a coleta dos cupins para posterior análise desses dados. Os resultados indicam a coleta de 14.635 espécimes de cupins, distribuídos em 7.592 indivíduos no meio, 4.419 na base e 2.354 no ápice. Das três espécies coletadas, *Heterotermes tenuis* Hagen, é abundante e constante na região da base e do meio e representou 87,6%, com 12.822 indivíduos.). Esta espécie foi registrada a partir do quarto mês de exposição das amostras e permaneceu até o vigésimo mês. No entanto, apesar da predominância dos espécimes na

posição meio, as análises estatísticas atestaram que não houve diferença significativa entre as posições base, meio e ápice das árvores ($F = 5.2851$; $p = 0.0764$). De acordo com os resultados obtidos, pode-se inferir que esta espécie pode ser considerada uma praga em potencial, dada a sua abundância no estudo.

Palavras-chave: Amazonas, madeira, cupins, biodeterioração.

ABSTRACT

The termites of the Rhinotermitidae family are characterized by the construction of underground nests, from where they forage in search of cellulose, their food source. Because they feed on wood and other cellulose materials used by man, they are known as xylophagous insects and are responsible for various damages in forest and agricultural species. Due to the importance of these insects, this work aimed to evaluate the relationship between the insects of this family and the forest species *Scleronema micranthum*. For this purpose, 180 disc-shaped samples taken from the base, middle and apex positions of five trees were submitted to biodeterioration for 24 months in the soil of a primary forest. During this period, 15 discs were randomly removed bimonthly from the forest. After they were fragmented, the attack was evaluated and the termites were collected for further analysis. The results indicate that 14,635 termite specimens were collected, distributed as 7,592 individuals in the middle, 4,419 at the base, and 2,354 at the apex. Of the three species collected, *Heterotermes tenuis* Hagen, is abundant and constant in the base and middle region and represented 87.6%, with 12,822 individuals). This species was recorded from the fourth month of exposure of the samples and remained until the twentieth month. However, despite the predominance of specimens in the middle position, statistical analysis showed that there was no significant difference between the base, middle and apex positions of the trees ($F = 5.2851$; $p = 0.0764$). According to the results obtained, it can be inferred that this species can be considered a potential pest, given its abundance in the study.

Keywords: Amazonas, wood, termites, biodeterioration.

1 INTRODUÇÃO

A família Rhinotermitidae (Insecta, Blattodea, Infraordem Isoptera) é constituída por cupins subterrâneos porque constroem seus ninhos sob o solo ou em troncos em decomposição e infestam a madeira úmida, em contato com o solo. A família é constituída por seis subfamílias (Coptotermitinae, Heterotermitinae, Psammotermitinae, Termitogetoninae, Rhinotermitinae e Prorhinotermitinae), 12 gêneros e 355 espécies (Krishna *et al* 2013). Nas subfamílias Coptotermitinae e Heterotermitinae estão incluídas a maioria das espécies consideradas importantes no Brasil, sendo que os gêneros *Coptotermes* Wasmann, 1896 e *Heterotermes* Froggatt, 1896 abrangem o maior número de espécies-praga em várias partes do Brasil (Bandeira *et al.* 1989; Fontes 1995; Zorzenon 2009; Fontes e Milano 2002; Costa-Leonardo 2002; 2007; 2008; Costa-Leonardo *et al.*, 2007). Em escala mundial, o gênero *Coptotermes* é considerado o maior responsável por danos (Edwards e Mill 1986; Su e Scheffrahn 1998; Mulrooney *et al.* 2007; Pearson e Bennett 2008).

Na Amazônia, esses insetos já foram registrados em vários levantamentos realizados em diversos substratos lenhosos. A espécie *Heterotermes tenuis* foi encontrada em diversas madeiras expostas a biodeterioração em campo de apodrecimentos (Cardias *et al.* 1985; Gomes e Bandeira 1984; Jesus *et al.* 1998), em madeiras e troncos no solo de florestas primárias (Apolinário 1993; Abreu *et al.* 2011), em plantas vivas (Bandeira 1993; 1998) e em construções urbanas (Bandeira *et al.* 1989). A presença de *H. tenuis* também foi registrada em estacas enterradas em floresta secundária (Ribeiro e Abreu 2014), bem como, em árvores da arborização urbana de Manaus em cinco espécies, entre elas, *Mangifera indica* (mangueira) (Abreu *et al.* 2020).

Bandeira *et al.* (1989) e Brito *et al.* (2012) registraram a presença de *Coptotermes testaceus* Linnaeus como causador de danos em construções urbanas e Bandeira (1993; 1998), em plantas vivas, tanto cultivadas, como de florestas nativas. Esta espécie de cupim foi registrada por Bandeira (1993) e por Apolinário e Martius (2004) no interior de tronco de árvores vivas, em Manaus. Também foi encontrada por Eleuterio *et al.* (2020) no interior do tronco de cinco espécies de madeiras de alta densidade, no interior do Pará.

Sabe-se que os organismos acima mencionados causam danos em plantas e em produtos florestais, porém informações sobre esses danos relacionados com madeiras da região amazônica ainda são escassas. Portanto, este trabalho teve como objetivo avaliar a presença de três espécies da família Rhinotermitidae atacando a madeira de *Scleronema micranthum* (Ducke) Ducke, exposta a biodeterioração por 24 meses.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado na Estação Experimental ZF-2, do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia-INPA, localizada no km 50 da BR 174 (Manaus-Boa Vista) (2° 35' 45"; S 60° 12' 40" W). Foi utilizada a espécie florestal *Scleronema micranthum*, vulgarmente conhecida como cardeiro (INPA/CPPF, 1991).

Para obtenção das amostras, foram utilizadas cinco árvores de *S. micranthum* e destas, foram cortadas 180 amostras (discos) do fuste, sendo retiradas das regiões da base, do meio e do ápice das árvores. Essas amostras foram submetidas a biodeterioração durante 24 meses, no próprio local do corte e ao longo desse tempo, a cada dois meses, foi feita a retiradas das amostras, de onde foram efetuadas coletas de insetos e avaliação das características da infestação da madeira, identificação taxonômica e análises faunísticas e estatísticas (Abreu *et al.*, 2021ab).

No laboratório após a coleta, foi realizada a identificação dos insetos, referentes a cada região das árvores e calculadas a abundância relativa e absoluta e constâncias das espécies. A identificação dos cupins também foi feita por meio da comparação morfológica, com base nos exemplares da Coleção de Invertebrados do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Abreu *et al.*, 2021ab).

A avaliação dos insetos coletados nas posições base, meio e ápice, ou seja, entre os tratamentos e comparação entre as espécies de insetos identificados (blocos) foi feita por meio de ANOVA dois critérios e teste de Tukey para comparação das médias, em nível de significância de 95% probabilidade. Os dados foram submetidos ao teste de normalidade e quando não apresentaram distribuição normal foi realizada a transformação logarítmica na base 10 (\log_{10}).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi capturado nas cinco árvores, um total de 14.635 espécimes de cupins da família Rhinotermitidae, distribuídos em três gêneros e três espécies. Destas, o destaque foi para *Heterotermes tenuis* Hagen, com 12.822 indivíduos coletados, representando 87,6% (Tabela 1).

Na Tabela 2, estão registrados os dados referentes à somatória de cada uma das posições dos fustes das cinco árvores e os dados relativos à abundancia das espécies de cupins nas posições base, meio e ápice das árvores. Observa-se que, no meio, houve predominância de cupins, com 7.592 espécimes, seguido da base com 4.419 indivíduos e do ápice com 2.354. Outro ponto observado é que *H. tenuis*, além de ter sido comum em todas as regiões do fuste, foi a mais abundante, com 6.753 exemplares (88,9%) no meio, 3.492 (79,0%) na base e 2.355 (99,2%) no ápice. Nas posições base e meio, outra espécie representativa foi *Rhinotermes marginalis* (Linnaeus), com 850 exemplares (19,2%) e 726 (9,6%), embora tenha sido encontrada apenas na árvore 2.

Tabela 1 – Total de térmitas da família Rhinotermitidae coletados em amostras do fuste de cinco árvores de *Scleronema micranthum*, na Estação Experimental ZF-2, BR 174.

Família Rhinotermitidae	Árvore 1	Árvore 2	Árvore 3	Árvore 4	Árvore 5	Total	Abund. (%)
<i>Heterotermes tenuis</i>	472	2.555	1.097	6.021	2.677	12.822	87,6
<i>Rhinotermes marginalis</i>	0	1595	0	0	0	1.595	10,9
<i>Coptotermes testaceus</i>	28	113	77	0	0	218	1,5
Total	500	4.263	1174	6.021	2.677	14.635	

Tabela 2 - Total de cupins da família Rhinotermitidae coletados nas posições base, meio e ápice do fuste de cinco árvores de *S. micranthum*, na Estação Experimental ZF-2, BR 174.

BASE	Árvore 1	Árvore 2	Árvore 3	Árvore 4	Árvore 5	TOTAL
<i>Heterotermes tenuis</i>	28	270	855	2172	167	3492
<i>Rhinotermes marginalis</i>	0	850	0	0	0	850
<i>Coptotermes testaceus</i>	0	0	77	0	0	77
TOTAL	28	1120	932	2172	167	4419
MEIO						
<i>Heterotermes tenuis</i>	417	2212	0	2255	1869	6753
<i>Rhinotermes marginalis</i>	0	726	0	0	0	726
<i>Coptotermes testaceus</i>	0	113	0	0	0	113
TOTAL	417	3051	0	2255	1869	7592
ÁPICE						
<i>Heterotermes tenuis</i>	27	73	0	1594	641	2335
<i>Rhinotermes marginalis</i>	0	19	0	0	0	19
TOTAL	27	92	0	1594	641	2354

A constância dos cupins ao longo das posições do fuste das árvores está registrada na Tabela 3. No geral, observa-se que a grande maioria das espécies foi acidental e que apenas *H. tenuis* foi constante na base e no meio das árvores.

Tabela 3 - Constância das espécies das famílias Rhinotermitidae coletadas nas posições dos fustes de cinco árvores de *S. micranthum*, na Estação Experimental ZF-2, BR 174.

Insetos	BASE	MEIO	APICE
Rhinotermitidae			
<i>Heterotermes tenuis</i>	W	W	Y
<i>Coptotermes testaceus</i>	Y	Z	
<i>Rhinotermes marginalis</i>	Z	Z	Z

W = Espécies constantes: presente em mais de 50% das coletas;

Y = Espécies acessórias: presentes em 25 a 50% das coletas;

Z = Espécies acidentais: presentes em menos de 25% das coletas.

O tempo de ocorrência das espécies nas amostras de cada uma das posições do fuste das árvores de *S. micranthum* está representado na Tabela 4. Os dados indicam que em todas as posições, *H. tenuis* foi a primeira espécie a atacar os discos e na sequência da infestação foi registrada a presença de *R. marginalis*.

Tabela 4 – **Período de ocorrência** das espécies das famílias Rhinotermitidae nas amostras das posições base, meio e ápice das árvores de *S. micranthum*, na BR 174, durante 24 meses.

Insetos	Meses											
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
BASE												
Rhinotermitidae												
<i>Heterotermes tenuis</i>		x	x	x	x	x	x	x	x	x		
<i>Rhinotermes marginalis</i>				x								
<i>Coptotermes testaceus</i>					x	x		x				
MEIO												
Rhinotermitidae												
<i>Heterotermes tenuis</i>		x	x	x	x	x		x	x			
<i>Rhinotermes marginalis</i>				x								
<i>Coptotermes testaceus</i>					x							
ÁPICE												
Rhinotermitidae												
<i>Heterotermes tenuis</i>			x	x	x	x						
<i>Rhinotermes marginalis</i>				x								

A Análise de Variância (Quadro 1) e o Teste de Tukey atestaram que não houve diferença significativa entre os tratamentos (posições base, meio e ápice das árvores) ($F = 5.2851$; $p = 0.0764$), porém houve diferença significativa entre as espécies coletadas ($F = 35.0124$; $p = 0.0046$). No teste de comparação de médias, em nível 95% de probabilidade ($\alpha = 0,05$), a espécie *H. tenuis* foi diferente das espécies *R. marginalis* e *C. testaceus*.

Quadro 1 - Análise de Variância dos tratamentos (posição base, meio e ápice) e dos blocos (espécies).

Causas da Variação	G L	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Valor de F	Pr > F
Tratamento	2	792.9503	396.475	5.2851	0.0764
Blocos	2	5253.045	2626.523	35.0124	0.0046
Erro	4	300.068	75.017		

Conforme observado (Tabelas 1 e 2), os cupins da família Rhinotermitidae associados à espécie florestal *S. micranthum* foram representados por apenas três espécies: *H. tenuis*, *R. marginalis* e *C. testaceus*. Apesar disso, estas espécies são comumente encontradas alimentando-se de madeira levemente deteriorada e também são comuns na região amazônica (Bandeira 1989; 1993; 1998; Constantino, 1992a; 1992b; Martius, 1997; Jesus *et al.*, 1998; Abreu *et al.* 2011; 2012). Esta família possui 355 espécies distribuídas em 12 gêneros, sendo quatro de ocorrência em regiões tropicais: *Coptotermes*, *Heterotermes*, *Rhinotermes* e *Dolichorhitermes* (Krishna *et al* 2013). A maioria das espécies desta família alimenta-se de madeira, preferencialmente bem úmida que esteja em contato com o solo e atacada por fungos. Algumas delas são pragas importantes e constroem seus ninhos no solo, podendo também encontrá-los em troncos de árvores, postes e nas estruturas de madeiras das construções. As espécies mais

importantes são: *Coptotermes gestroi* (Wasmann), *C. testaceus*, *Heterotermes longiceps* (Snyder) e *H. tenuis* (Berti Filho *et al.* 1993; Zorzenon e Potenza, 1998; Constantino, 2001).

Heterotermes tenuis, a espécie mais abundante neste trabalho e constante na região da base e meio (Tabela 3), pertence à subfamília Heterotermitinae e é nativa do Brasil. É xilófaga verdadeira e amplamente distribuída na América do Sul, ocorrendo na maioria das regiões do Brasil. Vive em vários tipos de habitats, em madeira ou ninhos difusos no solo, mas como cupim subterrâneo (Pizano e Fontes 1986; Constantino, 1999). O ninho deste cupim é constituído por uma rede simples de galerias subterrâneas rebocadas com material fecal e os forrageadores geralmente saem desse ninho difuso em busca de recursos celulósicos acima do solo (Costa-Leonardo 2002).

Esta espécie é conhecida como praga do cerne e do tronco de *Eucalyptus* spp. (Raetano *et al.*, 1997; Constantino 2002; Calderon e Constantino 2007) e de algumas culturas agrícolas, como cana-de-açúcar, arroz, milho, algodão, soja, café e mandioca (Bandeira 1981; Almeida *et al.* 1989; Arrigoni *et al.* 1989; Berti Filho *et al.* 1993; 1995; Zorzenon e Potenza 1998; Garcia *et al.* 2004). É bastante comum encontrar operários e soldados desta espécie em mourões de cercas na zona rural ou em troncos caídos em ambientes naturais não alterados por atividade humana (Berti Filho *et al.* 1993). Também foi encontrada por Constantino (1991; 1992a) em madeiras deterioradas e sob cascas de troncos mortos, em florestas de terra firme e de várzea, na Amazônia Ocidental e Oriental e por Apolinário (1993) em madeira, na Reserva Florestal Adolpho Ducke. Está associada à deterioração de várias espécies florestais da Amazônia. Foi registrada, no Amazonas, no estudo de durabilidade natural de madeiras em campo de apodrecimento pelo ataque às estacas das espécies: *Eschweilera decolorans* Sandwith, *Holopyxidium* sp., *Hymenolobium excelsum* Ducke, *H. pulcherrimum* Ducke, *Pithecelobium racemosum* Ducke, *Vochysia guianensis* Aubl. e *V. maxima* Ducke (Jesus *et al.* 1998). Também foi encontrada em discos de madeiras submetidos a biodeterioração em solo de floresta primária, nas espécies: *Chimarrhis barbata* (Ducke) Bremek., *Lueheopsis rosea* (Ducke) Burret, *Osteophloeum platyspermum* (Spruce ex A. DC.), *Trattinickia burserifolia* (Mart.) Willd. e *Tachigalia* sp. (Abreu *et al.* 2011). Em levantamento em árvores urbanas de 10 bairros da cidade de Manaus, foi registrada por Abreu *et al.* (2020) No Pará, Bandeira *et al.* (1989) relataram a ocorrência desta espécie atacando madeiras de edificações, sem apresentar qualquer ameaça para as construções.

Como mencionado anteriormente, *H. tenuis* também se alimenta de culturas agrícolas e é considerado uma praga importante para a cultura da cana-de-açúcar, devido a sua vasta distribuição e danos em canaviais dos estados de São Paulo, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Goiás e Paraná, (Almeida *et al.* 1989; Arrigoni *et al.* 1989; Garcia *et al.* 2004). Este último, autor estima em US\$ 500 por hectare, o prejuízo causado pelo ataque a culturas de cana-de-açúcar, incluindo nessas despesas o controle químico.

Coptotermes testaceus, outra espécie de cupim encontrada, pertence à subfamília Coptotermitinae e é conhecida como “cupim de cerne”, por causa do dano que acarreta em árvores de reflorestamentos de eucalipto, quando penetra pelas raízes das árvores e constrói galerias pelo interior do tronco, destruindo o

cerne e tornando as árvores ocas (Wilcken e Raetano 1995). Apesar de ter tido baixa abundância nas coletas, esta espécie é bastante comum em florestas da região amazônica, inclusive é reportada como causadora de danos na medula de árvores (Bandeira 1993; Apolinário e Martius 2004; Eleuterio *et al.* 2020). Também foi encontrada por Brito *et al.* (2012) em madeiras estruturais e em substrato lenhoso, em floresta primária.

Foi considerada por Bandeira *et al.* (1989) a segunda espécie xilófaga mais importante em Belém, Pará, com elevada incidência de ataque em assoalhos e peças de madeira, diretamente apoiados sobre piso, com alta umidade e pouco arejados. A principal via de acesso às madeiras atacadas foi efetuada por madeiras enterradas e muitas vezes, de baixa qualidade. Em florestas de terra firme da Amazônia Ocidental e Oriental, Constantino (1991) observou esta espécie alimentando-se de madeira sã e construindo uma estrutura argilosa sobre troncos, mas que não são ninhos verdadeiros. Foi coletada por Apolinário (1993) em madeira em contato com solo na Reserva Adolfo Ducke, Manaus.

No Estado do Amazonas *C. testaceus* foi registrada deteriorando em campo de apodrecimento, estacas de *Anacardium giganteum* W. Hancock ex Engler., *Aspidosperma obscurinervium* Azambuja, *Eperua* sp., *Vochysia guianensis* (Jesus *et al.* 1998). Em discos expostos a biodeterioração, foi encontrada em: *L. rosea*, *O. platyspermum* e *Tachigali* sp. (Abreu *et al.* 2011). Em outros Estados do Brasil é reportada como a que mais causa danos em madeiras de árvores vivas de várias espécies de *Eucalyptus*, construindo ninhos na base do tronco e algumas vezes fazendo uma grande cavidade parcialmente preenchida com argila (Nogueira e Souza 1987; Santos *et al.* 1990; Raetano *et al.* 1997; Moraes *et al.* 2002; Calderon e Constantino 2007). Também foi registrada como praga em árvores de *Hevea brasiliensis* (Willd. ex A. Juss.) Müll. Arg. e em *Aniba duckei* Kosterm. (Nogueira e Souza 1987) e em *Manihot esculenta* Crantz (Bandeira 1981).

A terceira espécie da família Rhinotermitidae, *R. marginalis*, ocorre no norte da América do Sul, principalmente na floresta Amazônica (Constantino 1991; 1992a; Ribeiro e Abreu 2014). Ocorre também na região Central (Constantino 1998) e no Nordeste do Brasil (Bandeira *et al.* 2003). Alimenta-se de madeira sã (Constantino 1991; 1992a) e/ou parcialmente decomposta (Constantino 1999; Fontes e Milano, 2002). Foi encontrado por Bandeira *et al.* (1989) em edificações na cidade de Belém e por Mill (1992) em estruturas de madeiras nos Estados do Amazonas e Roraima, onde causou danos irrisórios. Também foi reportada por Martius (1997) infestando, tanto madeira sã como podre, em florestas de várzeas da Amazônia Central e por Constantino (1992a) e Ribeiro e Abreu (2014) em florestas de terra firme e de várzea, vivendo em madeira sã. Segundo Constantino (2002), esta espécie é considerada praga estrutural secundária.

O que se observou na análise dos dados da Tabela 4 é que as espécies não foram registradas nas amostras nos dois primeiros meses de exposição à deterioração no piso da floresta. *H. tenuis* foi registrada no quarto mês de exposição nas amostras da posição meio, mas foi na base que ela permaneceu até o vigésimo mês. A demora no ataque às amostras pode ser explicada pelo fato de que os cupins precisam que a madeira apresente certo grau de degradação. Quando da análise das amostras atacadas por esta espécie,

foi observado que o número de insetos foi diminuindo consideravelmente à medida que as amostras iam sendo deterioradas pelo tempo, inclusive não foi encontrada nos últimos quatro meses. Este fato evidencia sua característica de ataque em madeiras recém abatidas, úmidas e pouco deterioradas, sendo por isto, chamada de xilófaga verdadeira (Bandeira e Macambira 1988; Bandeira *et al.* 1989; Constantino, 1992a). As espécies *R. marginalis*, e *C. testaceus*, apesar de se alimentarem de madeira, tiveram passagem efêmera nos discos. Aliado a isto, o fato de não terem sido coletados cupins nas duas últimas coletas, provavelmente deve-se à saída dos mesmos das amostras em busca de um novo substrato, com melhores condições.

A análise estatística (Quadro 1) comprovou que as espécies de insetos não evidenciaram preferência por quaisquer das posições dos fustes, além de terem sido coletados esparsamente, ou seja, em determinados meses foram encontrados e na grande maioria das amostras os mesmos não foram coletados. Até mesmo a espécie *H. tenuis* que foi predominante na coleta apresentou este comportamento. Dos 180 discos analisados, apenas em 36 foi registrada a presença dessa espécie a despeito de que, em mais de 50% desses discos terem sido observados galerias características de ataque desses organismos. É provável que os cupins tenham infestado ou visitado os discos em ocasiões diferentes das coletas.

4 CONCLUSÃO

O estudo de cupins da família Rhinotermitidae em amostras das posições base, meio e ápice do fuste da espécie florestal *Scleronema micranthum* aponta que, das três espécies que infestaram as amostras, somente *Heterotermes tenuis* foi presente e abundante em todas as posições.

Pelo número de insetos coletados, pode-se concluir que a referida espécie pode ser uma praga em potencial, o que depende da espécie hospedeira e conseqüentemente de suas características intrínsecas que podem repelir o ataque.

REFERENCIAS

- Abreu, R.L.S.; Vianez, B.F.; Sales-Campos C.; Andrade, M.C.N.; Matias, E.O. 2011. *Heterotermes tenuis* (hagen) (Isoptera: Rhinotermitidae) in samples of five wood species of the Amazon state, Brazil. p. 153-161. In: Caldeira, F. (Ed.) *Minimizing the Environmental Impact of the Forest Products Industries*. Porto: Fernando Pessoa Editions.
- Abreu, R.L.S., Vianez, B.F., Matias, E.O., Costa, S.S., Sales-Campos, C. 2012. Estudo de térmitas (Insecta: Isoptera, Termitidae) em amostras do fuste de cinco espécies florestais do Estado do Amazonas. p.131-141. In: Vianez, B.F; Varejão, M.J.C.; Abreu, R.L.S.; Sales-Campos, C. (Eds.) *Potencial tecnológico de madeiras e resíduos florestais da Amazônia Central*. Editora Inpa, Manaus, AM.
- Abreu. R. L.S.; Queiroz, L.O.; Vianez, B.F. Gouveia, F.B.P.; Sales-Campos, C. 2020. Cupins associados a árvores urbanas de 10 bairros da cidade de Manaus, Amazonas. *Brazilian Journal of Development*, 6: 88793-88809.
- Abreu, R.L.S.; Ronchi-Teles, B.; Sales-Campos, C.; +Vianez, B. F. 2021a. Deterioração da madeira cardeiro (*Scleronema micranthum*) por cupins da família Termitidae em ambiente florestal. p. 250 – 271. In: *Desafios e perspectivas nas ciências agrárias*. Catapan, E.A. (Org.). São José dos Pinhais: Editora Brazilian Journals. 355 p.
- Abreu, R.L.S.; Ronchi-Teles, B.; Sales-Campos, C.; +Vianez, B. F. 2021b. Avaliação dos besouros da ambrosia (Curculionidae: Scolyinae e Platypodinae) na madeira de cardeiro (*Scleronema micranthum*). p. 224 – 249. In: *Desafios e perspectivas nas ciências agrárias*. Catapan, E.A. (Org.). São José dos Pinhais: Editora Brazilian Journals. 355 pp.
- Almeida, L.C.; Petri, J.L.; Iglessias, A.F. 1989. Flutuação populacional e avaliação de danos por cupins em parcelas tratadas com diferentes inseticidas. *Boletim Técnico Copersucar*, 46: 37-43.
- Apolinário, F.B. 1993. *Composição faunística e hábitos de nidificação de térmitas (Insecta; Isoptera) em floresta de terra firme da Amazônia Central*. Dissertação. Manaus. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Universidade Federal do Amazonas. 72p.
- Arrigoni, E.B.; Almeida, L.C.; Kasten, J.R.P.; Precetti, A.A.C.M. 1989. Distribuição de espécies de cupins em cana-de-açúcar, em unidades cooperadas das regiões de Jaú e Sertãozinho-SP. *Boletim Técnico Copersucar*, 48: 38-47.
- Apolinario, F.E.; Martius, C. 2004. Ecological role of termites (Insecta, Isoptera) in tree trunks in central Amazonian rain forests. *Forest Ecology and Management*, 194: 23–28.
- Bandeira, A.G. 1981 Ocorrência de cupins (Insecta, Isoptera) como pragas de mandioca em Bujaru, Pará. *Acta Amazonica*, 11: 149-152.
- Bandeira, A.G. 1989. Análise da termitofauna (Insecta: Isoptera) de uma floresta primária e de uma pastagem na Amazônia Oriental, Brasil. *Boletim Museu Paraense Emílio Goeldi, sér. Zool.*, 5: 225-241.
- Bandeira, A.G. 1993. Nota sobre *Coptotermes* (Isoptera: Rhinotermitidae) praga em floresta nativa da Amazônia, Brasil. *Revista Brasileira de Entomologia*, 37: 189-191.
- Bandeira, A.G. 1998. Danos causados por cupins na Amazônia Brasileira. In: Fontes, L.R; Berti Filho, E. (Eds.). *Cupins: o desafio do conhecimento*. FEALQ, Piracicaba. p. 75-85.
- Bandeira, A.G.; Macambira, M.L.J. 1988. Térmitas de Carajás, Estado do Pará, Brasil: Composição faunística, distribuição e hábito alimentar. *Boletim do Museu Paraense Emilio Goeldi, sér. Zool.*, 4: 175-190.

- Bandeira, A.G.; Gomes, J.I.; Lisboa, P.L.B.; Souza, P.C.S. 1989. Insetos pragas de madeiras de edificações em Belém, Pará. EMBRAPA-CPATU. Boletim de Pesquisa, Belém, 101: 1-25.
- Bandeira, A.G.; Vasconcellos, A.; Silva, M.P.; Constantino, R. 2003. Effects of habitat disturbance on the termite fauna in a highland humid forest in the caatinga domain, Brazil. *Sociobiology*, 42: 1-11.
- Berti Filho, E.; Mariconi, F.A.M.; Wilcken, C.F.; Dietrich, C.R.R.C.; Costa, V.A.; Chaves, L.E.E.; Cerignoni, J.A. 1993. *Manual de pragas em florestas*. Cupins ou térmitas. IPEF/SIF. 56p.
- Berti-Filho, E. 1995. Cupins e florestas. p. 127-140. In: Berti Filho E. e Fontes, L.R. (Eds). *Aspectos Atuais da Biologia e Controle de Cupins*. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz.
- Brito, M.B; Abreu, R.L.S.; Rodriguez-Bustamante, N.C.; Vianez, B.F. 2012. Estudo comparativo de cupins em estruturas de madeiras de blocos do Mini-Campus da UFAM e da floresta do entorno. p. 143-154. In: Vanez, B.F.; Varejão, M.J.C.; Abreu, R.L.S.; Sales-Campos, C. (Eds.) *Potencial tecnológico de madeiras e resíduos florestais da Amazônia Central*. Manaus: Editora INPA.
- Calderon, R.A.; Constantino, R. 2007. A survey of the termite fauna (Isoptera) of a eucalypt plantation in Central Brasil. *Neotropical Entomology*, 36: 391-395.
- Cardias, M.F.; Jesus, M.A.; Franklin, E. 1985. Biodeterioração de toras in situ. CNPq/INPA/CPPF, Série Técnica nº12. 19p.
- Costa-Leonardo, A. M. 2002. Cupins-Praga: Morfologia, Biologia e Controle. Rio Claro: Divisa. 128 p.
- _____. 2007. O cupim *Coptotermes gestroi*: uma realidade que veio para ficar. Vetores & Pragas, Rio de Janeiro, Ano X, n. 17, p. 2-5.
- _____. 2008. Dinâmica do forrageamento em cupins subterrâneos. p. 347-358. In: Vilela, E. F; Santos, I. A.; Schoereder, J. H.; Serrão, J. E.; Campos, L. A. O.; Linoneto, J. (eds.). *Insetos Sociais: Da Biologia à Aplicação*. Viçosa: Editora UFV.
- Costa-Leonardo, A. M.; Casarin, F. E.; Camargo-Dietrich, C. R. R. 2007. Identificação e práticas de manejo de cupins em áreas urbanas. p. 41-53. In: Pinto, A. S.; Rossi, M. M.; Salmeron, E. (eds.). *Manejo de Pragas Urbanas*. Piracicaba: CP2.
- Constantino, R. 1991. Termites (Isoptera) from the lower Japurá River, Amazonas State, Brazil. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Série Zoológica*, 7: 189-224.
- Constantino, R. 1992a. Abundance and diversity of termites (Insecta: Isoptera) in two sites of Primary Rain Forest in Brazilian Amazonia. *Biotropica*, 24: 420-430.
- Constantino, R. 1992b. Cupins (Insecta: Isoptera) da Amazônia Brasileira: distribuição geográfica e esforço de coleta. *Revista Brasileira de Biologia*, 52: 401-413.
- Constantino, R. 1998. Catalog of the termites of the New World (Insecta: Isoptera). *Arquivos de Zoologia*, São Paulo, 35: 135-230.
- Constantino, R. 1999. Chave ilustrada para identificação dos gêneros de cupins (Insecta: Isoptera) que ocorrem no Brasil. *Papéis Avulsos de Zoologia*, 40: 387-448.
- Constantino, R. 2001. Key to the soldiers of South American *Heterotermes* with a new species from Brazil (Isoptera: Rhinotermitidae). *Insect Syst. Evolution*, 31: 463-472.
- Constantino, R. 2002. The pest termites of South America: taxonomy, distribution and status. *Journal of Applied Entomology*, 126: 355-265.

- Edwards, R.; Mill, A. E. 1986. *Termites in Buildings: Their Biology and Control*. East Grinstead: Rentokil Limited. 261p.
- Eleuterio, A.A.; Jesus, M.A.; Putz, F.E. 2020. Stem Decay in Live Trees: Heartwood Hollows and Termites in Five Timber Species in Eastern Amazonia. *Forests*, 11, 1087. doi:10.3390/f11101087.
- Fontes, L. R. Cupins em áreas urbanas. 1995. p. 57-75. In: Berti-Filho, E.; Fontes, L. R. (Eds.). *Alguns Aspectos Atuais da Biologia e Controle de Cupins*. Piracicaba: FEALQ.
- Fontes, L. R.; Milano, S. 2002. Termites as an urban problem in South America. *Sociobiology*, 40: 103-151.
- Garcia, J.F.; Macedo, L.P.M.; Botelho, P.S.M. 2004. Inimigo ao pé. *Cultivar Grandes Culturas* 5, 18–26.
- Gomes, J.I.; Bandeira, A.G. 1984. Durabilidade de madeiras amazônicas em contato com o solo. *Boletim da Associação Brasileira Preservadores de Madeira*, nr 15. 6p.
- Jesus, M.A.; Morais, J.W.; Abreu, R.L.S.; Cardias, M.F. 1998. Durabilidade natural de 46 espécies de madeira amazônica em contato com o solo em ambiente florestal. *Scientia Forestalis*, 54:81-92.
- Krishna, K.; Grimaldi D.A.; Krishna, V.; Engel, M.S. 2013. *Treatise on the Isoptera of the world*. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 377: 1-202.
- Martius, C. 1997. The termites. In: Junk, W.J. (Ed). *The Central Amazon Floodplain: Ecology of a pulsing system*. *Ecological Studies*, 126: 361-371.
- Mill, A.E. 1992. Termites as agricultural pests in Amazonia, Brazil. *Outlook on Agriculture*, 21: 41-46.
- Moraes, J.C.; Zanetti, R.; Amaral-Castro, N.R.; Zanoncio, J.C.; Andrade, H.B. 2002. Effect of Eucalyptus species and soil type on infestation levels of heartwood termites (Insecta: Isoptera) in reforested areas in Brazil. *Sociobiology*, 39: 145-143.
- Mulrooney, J.E.; Wagner, T.L.; Shelton, T.G.; Peterson, C.J.; Gerarad, P.D.; 2007. Historical review of termite activity at forest service termiticide test sites from 1971 to 2004. *Journal of Economic Entomology*, 100: 488–494.
- Nogueira, S.B.; Souza, A.J. 1987. “Cupins de cerne” *Coptotermes testaceus* (Isoptera, Rhinotermitidae) uma praga séria para eucaliptos nos cerrados. *Brasil Florestal*, 6:9-35.
- Pearson, H.G.; Bennett, S.J. 2008. Australian subterranean termites (*Coptotermes acinaciformis*) in New Zealand. p. 167-174. In: Froud, K.J.; Popay, A.I.; Zydenbos, S.M. (Eds). *Surveillance for Biosecurity: Pre-Border to Pest Management*. New Zealand Plant Protection Society.
- Pizano, M.A.; Fontes, L.R. 1986. Ocorrência de *Heterotermes tenuis* (Hagen, 1958) e *Heterotermes longiceps* (Snyder, 1924) (Isoptera, Rhinotermitidae) atacando cana-de-açúcar no Brasil. *Brasil Açucareiro*, 104: 3-429.
- Raetano, C.G.; Wilcken, C.F.; Crocomo, W.B. 1997. Controle de cupins em florestas de eucalipto com o inseticida fipronil (Regent 20 G) aplicado em cobertura. *Revista Árvore*, 21: 289-293.
- Ribeiro, M.L.O.; Abreu, R.L.S. 2014. Entomofauna de cupins em um fragmento de floresta secundária na cidade de Manaus, Amazonas, com ênfase em hábitos xilófagos. p.187-189. In: III Congresso de Iniciação Científica do INPA – CONIC. Manaus. ISSN 2178 9665.
- Su, N.Y.; Scheffrahn, R.H. 1998. A review of subterranean termite control practices and prospects for integrated pest management programs. *Integrated Pest Management Reviews*, Norwell, 3: 1-13.

Wilcken, C.F.; Raetano, C.G. 1995. Controle de cupins em florestas. p. 141-154. In: Berti-Filho, E.; Fontes, L.R. (Eds.). *Alguns aspectos atuais de controle de biologia de cupins*. FEALQ, Piracicaba.

Zorzenon F. J. 2009. *Levantamento, dimensionamento de danos e manejo de cupins subterrâneos e formigas carpinteiras em arborização urbana*. Dissertação. São Paulo. Instituto Biológico. 133p.

Zorzenon, F.J.; Potenza, M.R. 1998. Cupins: pragas em áreas urbanas. *Boletim Técnico do Instituto de Biologia*, n. 10. 40p.

Coleópteros das subfamílias Scolytinae e Platypodinae (Curculionidae) do Parque Nacional do Viruá, Roraima

Crossref  10.56238/cipcaebv1-025

Raimunda Liége Souza de Abreu

Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia- INPA. Av André Araújo 2936. Aleixo, Manaus-Amazonas
E-mail: raiabreu@inpa.gov.br

Eliésio Melo de Vasconcelos

Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia- INPA. Av André Araújo 2936. Aleixo, Manaus-Amazonas

Ceci Sales-Campos, Beatriz Ronchi-Teles

Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia- INPA. Av André Araújo 2936. Aleixo, Manaus-Amazonas

RESUMO

A família Curculionidae é caracterizada por possuir espécies que se alimentam de árvores vivas, decedentes, mortas, de produtos florestais e de grãos armazenados. Também existem aquelas que se utilizam de alguns desses substratos para o cultivo de seus alimentos, como é caso da maioria das espécies das subfamílias Scolytinae e Platypodinae que se alimentam de fungos que cultivam em madeiras, causando danos pela construção de galerias e manchas ocasionadas pelos fungos. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar os dados quantitativos e qualitativos, caracterizando a fauna dos besouros dessas subfamílias do Parque Nacional do Viruá, em Roraima. A coleta foi efetuada com o auxílio de 30 armadilhas Malaise e 30 Escolitídeo/Curitiba (EC) que foram montadas em 30 parcelas, a uma distância de 30 metros uma da outra. Após oito dias de montagem, foi efetuada a coleta dos insetos nos copos coletores das armadilhas, resultando em 60 amostras. Foi obtido um total de 440 besouros, e para armadilha Malaise 229, sendo 220 exemplares da subfamília Platypodinae e 9 da Scolytinae. Com a Escolitídeo/Curitiba foram 211, sendo 161 da Scolytidae e 50 da Platypodinae. As espécies predominantes foram: *Euplatypus paralellus* (Fabricius) da subfamília Platypodinae, e duas da Scolytidae que foram *Xyleborus affinis* Eichhoff, *Premnobius cavipennis* Eichhoff e *Xyleborus volvulus* (Fabricius). A análise de variância e os testes de

comparação de médias mostraram que houve diferença estatística significativa entre as espécies e as armadilhas. A Malaise foi mais eficiente na captura de *E. paralellus* e a EC na captura de *X. affinis* e *X. volvulus*.

Palavras-chave: Roraima, área de preservação, besouros, levantamento.

ABSTRACT

The family Curculionidae is characterized by species that feed on living, decaying, and dead trees, forest products, and stored grains. There are also those that use some of these substrates to grow their food, as is the case of most species of the subfamilies Scolytinae and Platypodinae that feed on fungi that grow on wood, causing damage by building galleries and stains caused by fungi. Thus, the objective of this work was to evaluate quantitative and qualitative data, characterizing the beetle fauna of these subfamilies in Viruá National Park, Roraima. The collection was carried out with the help of 30 Malaise and 30 Scolithidia/Curitiba (SC) traps that were set up in 30 plots, at a distance of 30 meters from each other. After eight days, the insects were collected in the collecting cups of the traps, resulting in 60 samples. A total of 440 beetles were obtained, and for the Malaise trap 229, being 220 specimens of the subfamily Platypodinae and 9 of the Scolytinae. With the Scolytidae/Curitiba trap, there were 211, 161 of which belonged to the Scolytidae and 50 to the Platypodinae. The predominant species were *Euplatypus paralellus* (Fabricius) from the Platypodinae subfamily, and two from the Scolytidae, *Xyleborus affinis* Eichhoff, *Premnobius cavipennis* Eichhoff and *Xyleborus volvulus* (Fabricius). Analysis of variance and comparison of means tests showed that there was a statistically significant difference between the species and the traps. The Malaise was more efficient in capturing *E. paralellus* and the CE in capturing *X. affinis* and *X. volvulus*.

Keywords: Roraima, preservation area, beetles, survey.

1 INTRODUÇÃO

A família Curculionidae é considerada megadiversa dentre as inúmeras famílias que compõem a ordem Coleoptera, pois é a que possui maior riqueza, com mais 60.000 espécies conhecidas (Anderson 2002). No Brasil são registradas mais de 5.000 espécies (Casari e Ide 2012), distribuídas em 16 subfamílias, incluindo Scolytinae e Platypodinae (Alonso-Zarazaga e Lyal 1999).

De acordo com o hábito alimentar, os Scolytinae são divididos em espécies herbívoras (alimentam-se de plantas herbáceas), espermatófagas (alimentam-se de sementes e partes externas do fruto), fleófagas (floema das árvores), xilófagas (alimentam-se do xilema das árvores – besouros de casca) e xilomicetófagas (fungos cultivados no hospedeiro – besouros da ambrosia). Os três últimos grupos são os mais prejudiciais ao homem, atacando tanto árvores vivas quanto mortas, danificadas ou recentemente derrubadas (Wood *et al.* 1992, 2007; Hulcr *et al.* 2015). A maioria absoluta dos Platypodinae são xilomicetófagos (Wood 1993; Hulcr *et al.* 2007).

Os Scolytinae podem atacar qualquer parte da planta, desde frutos até a madeira já manufaturada; alguns são bastante específicos, podendo atacar somente um determinado hospedeiro e apenas uma parte deste e, às vezes, somente quando esta parte estiver em um determinado estágio ou em uma condição suscetível, enquanto outros atacam um grande número de espécies de plantas, sob as mais variadas condições. A maior parte dos besouros xilomicetófagos desta subfamília vivem em regiões tropicais e subtropicais (Wood 2007; Hulcr *et al.* 2015).

Platypodinae são comuns em florestas tropicais e subtropicais úmidas, onde, junto com a maioria dos Scolytinae, são abundantes no início da colonização de madeira morta. Podem atacar árvores estressadas e também são vetores de fungos patogênicos (Beaver 2013). Com exceção de duas espécies, todos são xilomicetofagos, ou seja, cultivam fungos nutritivos nas paredes de longos sistemas de túneis construídos na madeira (Jordal 2015). A maioria das espécies é polífagas, reproduzindo-se em hospedeiros de uma variedade de famílias de plantas (Schedl 1972; Hulcr *et al.* 2007; Beaver e Liu 2013).

Na região amazônica, embora já tenham sido realizados alguns levantamentos sobre estes insetos em florestas (Abreu 1992; Abreu e Bandeira 1992; Abreu *et al.* 1997; Brito *et al.* 2010; Abreu *et al.* 2012), estes ainda são incipientes e também limitados a poucas áreas. Portanto, existe necessidade de expandir esses estudos para preenchimento de lacunas.

Em função da importância econômica e da carência de estudos desses insetos na área proposta, torna-se cada vez mais importante ampliar os estudos desses insetos na região Amazônica, uma vez que através de amostragens periódicas, podem-se gerar informações importantes sobre a fauna desses organismos.

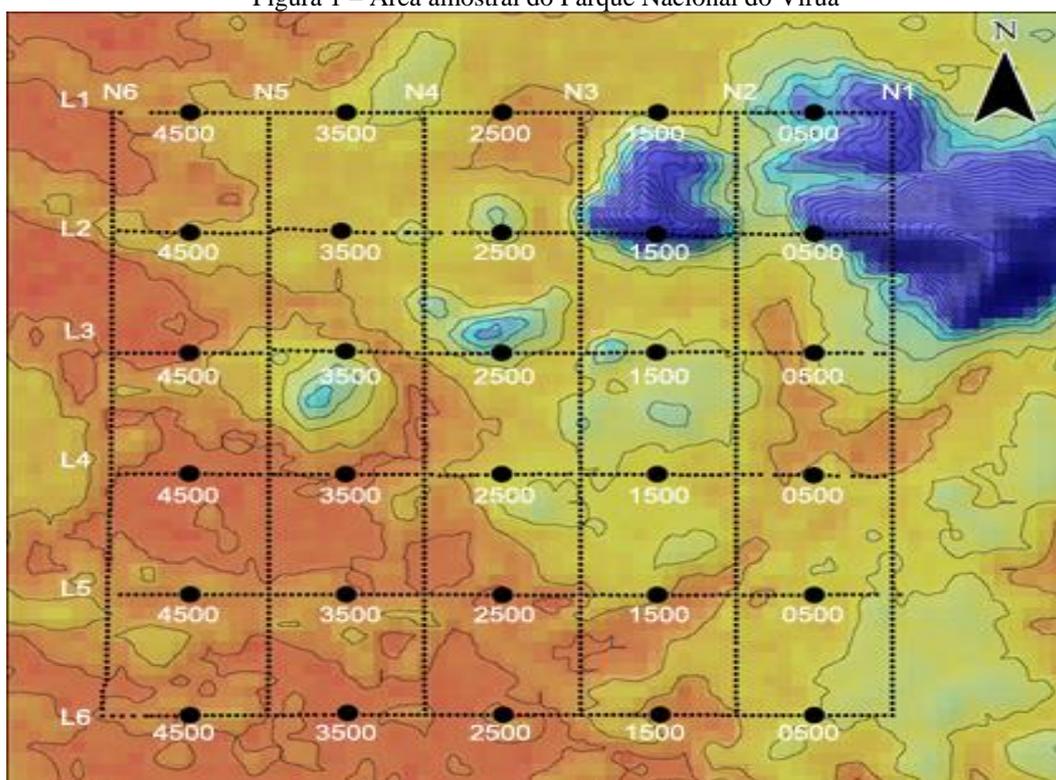
2 MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado em 30 parcelas permanentes do Parque Nacional do Viruá (Figura 1), que possui mais de 227.000 ha e está localizado no município de Caracaraí (RR). O clima do Parque é caracterizado como equatorial (quente e úmido) na maior parte do ano, mas apresenta uma estação seca com quedas pluviométricas entre os meses de setembro a março. Na parte Sul, a área compreende uma vasta superfície praticamente plana, com predomínio de solos arenosos e mal drenados, com grande quantidade de lagoas. Na parte Norte estão presentes morros residuais com altitudes modestas. Ao longo da extensão Oeste, delimitada pelo Rio Branco, há ocorrência de planícies aluvionares inundáveis, situação

observada também na porção Sul, ao longo do Rio Anauá (<http://uleinpa.blogspot.com/2009/02/conheca-o-parquenacional-do-virua-em.html>).

Para a coleta dos besouros foram utilizadas as armadilhas Malaise e Escolitideo/Curitiba (EC), que funcionam pela interceptação do voo dos insetos. Na armadilha Malaise, os insetos batem nos septos ou teto da armadilha, tendem a subir em direção à luz do sol, caindo no copo coletor (frasco com álcool) posicionado na extremidade superior da armadilha (Figura 1A). Na EC, que é confeccionada com chapas de alumínio, os insetos atraídos pelo álcool batem nos anteparos e são direcionados por meio do funil até o frasco coletor, posicionado na parte inferior da armadilha (Figura 1B). Na área da coleta foram montadas 30 armadilhas de cada tipo, a uma distância de 30 metros uma da outra. Cada armadilha permaneceu montada por sete dias e, ao final desse tempo foi efetuada uma coleta dos insetos nos copos coletores, resultando em 60 amostras. O material foi identificado sob estereomicroscópio com auxílio de chaves dicotômicas (Wood 1982; 1993; Wood *et al.* 1991a; 1991b; 1992; Bright e Peck 1998; Triplehorn e Johnson 2005).

Figura 1 – Área amostral do Parque Nacional do Viruá



Fonte: <http://ppbio.inpa.gov.br/Port/inventarios/nrrr/virua/coordvirua>

Figura 1 – (A) Armadilha Malaise e (B) Escolitideo/Curitiba (EC)



A análise faunística foi obtida por meio da abundância absoluta e relativa. A abundância absoluta foi feita por meio da contagem direta dos exemplares e a relativa, calculando-se as porcentagens de indivíduos de cada espécie em relação ao número total de indivíduos capturados (Silveira Neto *et al.* 1976).

Para avaliar a interação entre as espécies de besouros e as armadilhas foi utilizada a ANOVA e o teste de comparação de média em nível de significância $P < 0,01$, por meio do programa BioEstat. Para estas análises os dados de coletas foram transformados através da equação para que fossem ajustados a uma distribuição normal.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As coletas das duas armadilhas resultaram em 440 espécimes de besouros. Com a armadilha Malaise foram coletados 229 besouros, sendo 222 exemplares da subfamília Platypodinae, representando 96,9% do total de insetos coletados e 7 da Scolytinae, representando 3,1% (Tabela 1; Figura 2). Com a EC foram coletados 161 escolitíneos (76,1%) e 50 platipodíneos (23,9%), totalizando 211 exemplares (Tabela 2; Figura 2). Apesar de estudos em floresta primária da Amazônia não comprovarem grandes ocorrências de Platypodinae (Abreu 1992; Abreu e Bandeira 1992; Brito *et al.* 2010; Abreu *et al.* 2021), esta subfamília predominou nas coletas, principalmente em se tratando da armadilha Malaise.

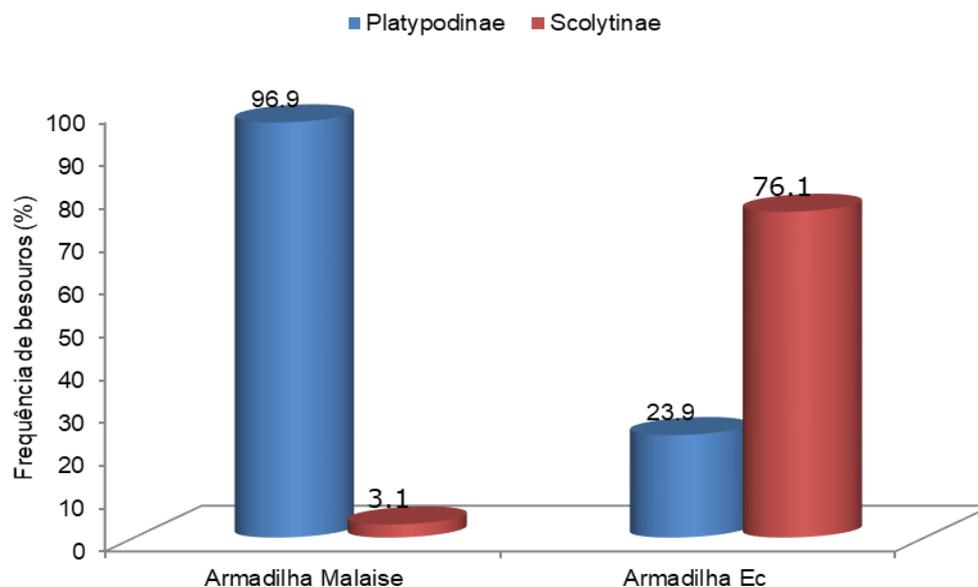
Na análise da ocorrência das espécies coletadas nas parcelas com ambas armadilhas, observa-se (Tabela 1) que, em algumas não foi coletada nenhuma espécie de besouros dessas subfamílias.

Dentre os platipodíneos, foi constatada a maior ocorrência do gênero *Euplatypus*, com predominância da espécie *Euplatypus paralellus* Fabricius, inclusive sendo a única espécie desta subfamília capturada com as armadilhas EC (Tabelas 1 e 2 e Figura 3). A ocorrência dessa espécie corrobora os trabalhos realizados por Abreu *et al.* (1997; 2012; 2021) e Brito *et al.* (2010) onde também foi destaque. Esta espécie é considerada de importância, principalmente nos trópicos, onde sua distribuição é mais regular e é conhecida por atacar árvores estressadas e por ser vetor de fungos patogênicos (Beaver 2013).

Tabela 2 – Total de espécies de Scolytinae e Platypodinae em 30 parcelas no Parque Nacional do Viruá com armadilhas Escolitideo/Curitiba

Besouros	Parcelas																														Total	%
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30		
Scolytinae																																
<i>Xyleborus affinis</i>	0	1	3	0	1	1	6	0	3	1	3	2	0	2	3	6	3	5	2	0	5	0	1	0	1	2	0	0	0	2	53	32.9
<i>Premnobius cavipennis</i>	0	6	1	4	4	2	4	0	0	1	1	3	1	0	1	2	0	1	1	6	1	0	2	0	4	2	0	0	0	1	48	29.8
<i>Xyleborus volvulus</i>	0	1	2	0	0	0	4	0	0	2	0	0	1	3	0	2	0	2	2	0	5	0	1	0	1	4	0	0	0	2	32	19.9
<i>Hypothenemus</i> sp.1	0	1	2	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	9	5.59
<i>Hypothenemus</i> sp.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	8	4.97
<i>Hypothenemus</i> sp.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	4	2.48
<i>Sampsonius giganteus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1.24
<i>Sampsonius detractus</i>	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1.24
<i>Xylosandrus crassiuculus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.62
<i>Xylosandrus compactus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.62
<i>Xyleborus ferrugenus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.62
Total	0	9	8	4	5	5	15	0	4	5	5	6	3	5	7	10	4	8	5	6	11	0	4	0	6	8	8	4	1	5	161	
Platypodinae																																
<i>Euplatypus parallelus</i>	0	3	1	0	1	20	4	0	1	5	0	1	0	1	0	4	0	0	0	1	3	1	0	0	2	1	0	1	0	0	50	100

Figura 2 – Frequência de besouros das subfamílias Scolitydae e Platypodinae coletados com as armadilhas Escolitídeo/Curitiba e Malaise.



Euplatypus parallelus é nativa da América Central e do Sul, onde é difundida e muito comum. Desde a Segunda Guerra Mundial esta espécie se espalhou rapidamente por meio da movimentação de madeira, engradados de madeira e paletes, entre Ásia, África e América. É uma ameaça potencial para os países que invade porque infesta árvores e pode causar a destruição de valiosas madeiras, bem como, os fungos associados a ela podem infectar árvores vivas (Beaver 2013; Gümüs e Ergün 2015; Gillett e Rubinoff 2017). Segundo Wolcott (1948), ela é a espécie continental mais largamente distribuída, indo desde a baixa Califórnia até a Argentina, além de ser a mais abundante em Porto Rico. Ho (1993) relata que *E. parallelus* é o coleóptero mais comumente encontrado pelo Instituto de Pesquisa Florestal da Malásia atacando árvores decadentes e madeiras recém-abatidas. Na China foi detectada por Tang *et al.* (2019) em 77 portos de 11 províncias, inclusive já foi reportada causando prejuízos econômicos na costa norte Hainan e na costa sudoeste de Taiwan, atacando espécies frutíferas e florestais dessas províncias. Esta espécie de besouro foi relatada para atacar seringueiras (*Hevea brasiliensis*) no Brasil (Silva *et al.* 2013; Tiago-Neto *et al.* 2022) e na China (Li *et al.* 2018), bem como, o pau-rosa indiano (*Dalbergia sissoo*) em Bangladesh (Boa e Kirkendall 2004) e em *Tectona grandis* na Costa Rica (Arguedas *et al.* 2004; Arguedas 2008). Também foi relatada como vetor de patógenos fúngicos do pau-rosa birmanês (*Pterocarpus indicus*), em vários países da Ásia (Boa e Kirkendall 2004; Bumrungsri *et al.* 2008; Tarno *et al.* 2016)

Da subfamília Scolytinae a maior diversidade foi observada na armadilha Escolitídeo/Curitiba com 11 espécies com destaque para três: *Xyleborus affinis* Eichhoff, com 53 indivíduos (32,9%) *Preminobius cavipennis* Eichhoff, com 48 (29,8%) e *Xyleborus volvulus* (Fabricius), com 32 (19,9%) (Tabela 2; Figura 3).

Estas espécies são bastante comuns e abundantes em florestas primárias do Amazonas, conforme trabalhos realizados por Abreu *et al.* (1997), Brito *et al.* (2010) e Abreu *et al.* (2012; 2021). Pertencem à tribo Xyleborini e também são conhecidas como besouros da ambrosia porque se alimentam de fungos que

cultivam dentro dos tecidos de plantas e que podem eventualmente causar sua morte. São comuns em regiões tropicais e não são consideradas seletivas, pois atacam uma grande variedade de hospedeiros (Beaver 1976; Wood 1982; 2007; Martinez *et al.*, 2017; Smith *et al.* 2020). Entre os hospedeiros de *P. cavipennis* encontram-se espécies dos gêneros *Pinnus* e *Eucalyptus* (Flechtmann *et al.* 2001; Zanuncio *et al.* 2005), *Hevea brasiliensis* (Dall'oglio e Peres Filho 1997; Martinez *et al.*, 2017; Tiago-Neto *et al.* 2022), *Calophyllum brasiliense* (Morais *et al.* 2011), *Tectona grandis* (Ferreira 2016; Martinez *et al.*, 2017) e balsa *Ochroma pyramidale* (Martinez *et al.*, 2017).

Para a espécie *X. affinis*, no mundo estão relacionados em torno de 300 hospedeiros (Schedl 1962; Wood 1982; Bright e Torres 2006) e na Amazônia, 38 (Abreu 1992; Abreu e Bandeira 1992; Abreu *et al.* 2002; 2021). Entre as várias espécies hospedeiras no Brasil, destacam-se: *Cedrella odorata*, *Eucalyptus spp.*, *Hymenolobium excelsum*, *H. brasiliensis*, *Scleronema micranthum* e *Tectona grandis* (Abreu 1992; Lunz e Carvalho 2002; Peres-Filho *et al.* 2005; Dorval *et al.* 2007; Abreu *et al.* 2002; 2021; Tiago-Neto *et al.* 2022). Para *X. volvulus*, Schedl (1962) listou 122 espécies hospedeiras e Wood (1982) 18, entre elas estão inclusas várias espécies da Amazônia.

Abreu (1992), Abreu e Bandeira (1992) e Abreu *et al.* (2002; 2021) também listaram várias espécies florestais da Amazônia atacadas pelas espécies de insetos das subfamílias Scolytinae e Platypodinae encontradas neste estudo.

As análises da abundância das 15 espécies e da interação destas com as armadilhas EC e Malaise confirmam que os tipos de armadilhas influenciaram a captura de *E. paralellus*, *X. affinis*, *X. volvulus* e *P. cavipennis* (Figuras 3 e 4). As três primeiras espécies foram capturadas com as duas armadilhas, porém a Malaise foi mais eficiente na captura de *E. paralellus* e a EC na captura de *X. affinis* e *X. volvulus*.

Figura 3 – Frequência das principais espécies de besouros das subfamílias Scolitydae e Platypodinae coletados com as armadilhas Escolitídeo/Curitiba e Malaise.

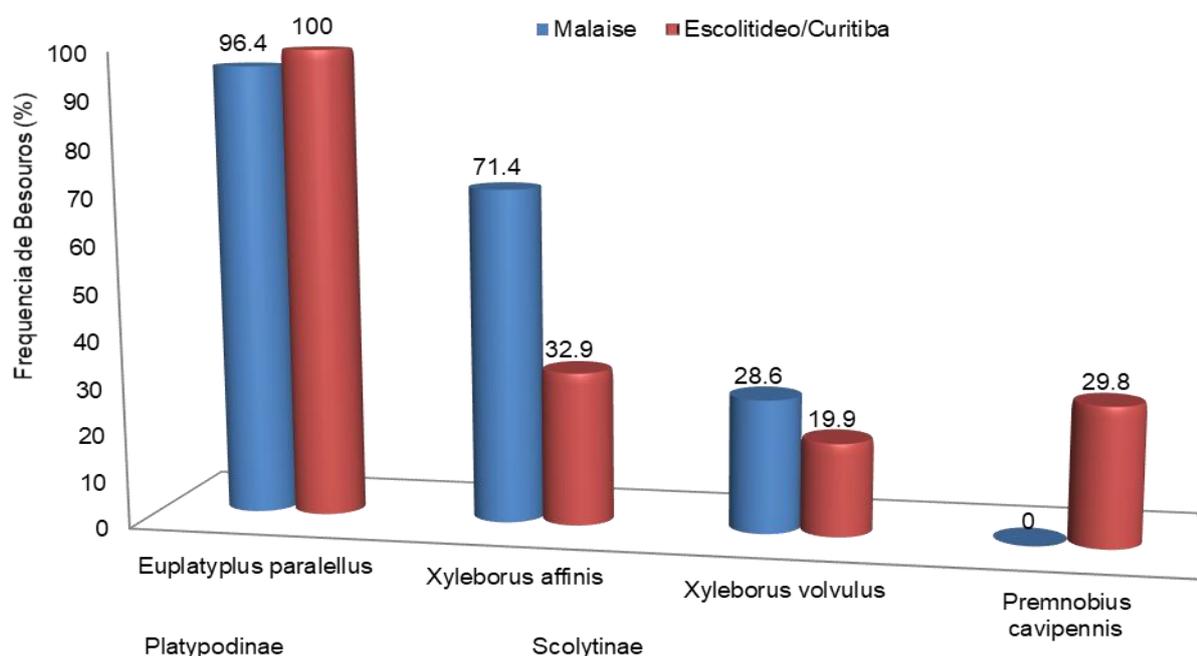


Figura 4 - Média da abundância das 15 espécies de Scolytinae e Platypodinae capturadas com as armadilhas EC e Malaise. Letras iguais significa que não existe diferença entre as espécies.

4 CONCLUSÃO

As duas armadilhas utilizadas na captura das espécies das subfamílias Scolytinae e Platypodinae mostraram diferenças na captura de espécies. A espécie *Euplatypus parallelus*, apresenta predominância na coleta com a armadilha Malaise, porém a Escolitideo/Curitiba apresenta diversidade de espécies, principalmente para a subfamília Scolytinae.

REFERÊNCIAS

- Abreu, R.L.S. 1992. Estudos sobre a ocorrência de Scolytidae e Platypodidae em madeiras da Amazônia. *Acta Amazonica*, 22(3): 413-20.
- Abreu, R.L.S.; Bandeira, A.G. 1992. Besouros xilomicetófagos economicamente importantes da região de Balbina, Estado do Amazonas. *Revista Árvore*, 16(3):346-356.
- Abreu, R.L.S.; Fonseca, C.R.V.; Marques, E.N. 1997. Análise das principais espécies de Scolytidae coletadas em floresta primária no Estado do Amazonas. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*, 26(3): 527-535.
- Abreu, R.L.S.; Sales-Campos, C.; Hanada, R.E.; Vasconcellos, F.J.; Freitas, J.A. 2002. Avaliação de danos por insetos em toras estocadas em indústrias madeireiras de Manaus, Amazonas, Brasil. *Revista Árvore*, 26(6): 789-796.
- Abreu, R.L.S. Ribeiro, G.A. Vianez, B.F. 2012. Insects of the subfamily Scolytinae (Insecta: Coleoptera, Curculionidae) collected with pitfall and ethanol traps in primary forests of Central Amazonia. *Psyche*, Volume 2012, Article ID 480520, 8 pp. Doi:10.1155/2012/480520.
- Abreu, R.L.; Ronchi-Teles B.; Sales-Campos, C.; +Vianez, B.F. 2021. Avaliação dos besouros da ambrosia (Curculionidae: Scolyinae e Platypodinae) na madeira de cardeiro (*Scleronema micranthum*). p. 224- 249. In: *Desafios e perspectivas nas ciências agrárias*. Catapan, E.A. (Org.). Brazilian Journals Editora 2021 DOI: 10.35587/brj.ed.0001137.
- Alonso-Zarazaga, M.; Lyal, C.H.C. 1999. *A world catalogue of families and genera of Curculionoidea (Insecta: Coleoptera) (excepting Scolytidae and Platypodidae)*. Entomopraxis, SCP Edition. 315p.
- Anderson, R.S. 2002. Curculionidae p. 722-815. In: Arnett, R.H.; Thomas, M.C.; Skelley, P.E. Frank J.H. (editors). *American Beetles. Polyphaga: Scarabaeoidea through Curculionoidea*. Volume 2. CRC Press, Boca Raton, FL. 881p.
- Arguedas, M; Chaverri, P.; Verjans, J.M. 2004. Problemas fitosanitarios de la teca em Costa Rica. *Recursos Naturales y Ambiente*, n.41, p.130-135.
- Arguedas, M. 2008. Plagas y enfermedades forestales en Costa Rica. San José: Corporación Garro y Moya. 69p.
- Beaver, R.A. 1976. Biological studies of Brazilian Scolytidae and Platypodidae (Coleoptera). V. The tribe Xylebprini. *Zeitschrift für Angewandte Entomologie*, 80:15-30.
- Beaver, R.A. 2013. The invasive Neotropical ambrosia beetle *Euplatypus parallelus* (Fabricius, 1801) in the oriental region and its pest status. *Entomologist's Monthly Magazine*, 149: 143–154.
- Beaver, R.A.; Liu, L.Y. 2013. A synopsis of the pin-hole borers of Thailand (Coleoptera: Curculionidae: Platypodinae). *Zootaxa*, 3646: 447–486.
- Boa, E.; Kirkendall, L.R. 2004. Strengthening National capacity for control of *Pterocarpus Indicus* wilt disease. *Disease and Forest Protection: Final Technical Report*, Sandragon Wilt Disease, Seychelles. TCP/SEY/0168, 25 pp.
- Bright, D.E.; Peck, S.B. 1998. Scolytidae from the Galapagos Inlands, Ecuador, with descriptions of four new species, new distribution records, and a key to species (Coleoptera: Scolytidae). *Koleopterologische Rundschau*, 68:233-252.
- Bright, D.E.; Torres, J.A. 2006: Studies on West Indian Scolytidae (Coleoptera). 4. A review of the Scolytidae of Puerto Rico, U.S.A. with descriptions of one new genus, fourteen new species and notes on new synonymy (Coleoptera: Scolytidae). *Koleopterologische Rundschau*, 76:389-428.

- Brito, M.B. Abreu, R.L.S.; Vianez, B.F. 2010. Diversidade das subfamílias Scolytinae e Platypodinae (Insecta: Coleoptera, Curculionidae) da Reserva Biológica do Uatumã. Anais. XIX Jornada de Iniciação Científica PIBIC INPA - CNPq/FAPEAM. 4 pp.
- Bumrungsri, S.; Beaver, R.; Phongpaichit, S.; Sittichaya, W. 2008. The infestation by an exotic ambrosia beetle, *Euplatypus parallelus* (F.) (Coleoptera: Curculionidae: Platypodinae) of Angsana trees (*Pterocarpus indicus* Willd.) in southern Thailand. *Journal of Science and Technology*, 30: 579-582.
- Casari, S.A.; Ide, S. 2012. Insetos do Brasil: Diversidade e taxonomia. p. 453-536. In: *Coleoptera Linnaeus, 1758*. Rafael, J.A.; Melo, G.A.R.; Carvalho, C.J.B.; Casari, S.A.; Constantino, R. (Eds.). Ribeirão Preto-São Paulo: Holos Editora.
- Conheça o Parque Nacional do Viruá em Roraima. . Acesso em agosto 2022.
- Coordenadas Geográficas das 30 Parcelas Permanentes no Parque Nacional do Viruá. <http://ppbio.inpa.gov.br/Port/inventarios/nrrr/virua/coordvirua> Acesso em agosto 2022.
- Dall’oglio, O.T., Peres Filho, O. 1997. Levantamento e flutuação populacional de coleobrocas em plantios homogêneos de seringueira em Itiquira–MT. *Scientia Forestalis* 51: 49-58.
- Dorval. A.; Peres-Filho, O.; Marques, E.N. Oliveira. R.G.M.G. 2007. Infestação de coleobrocas em madeiras de *Eucalyptus* spp. em Cuiabá, estado de Mato Grosso. *Brazilian Journal of Agriculture - Revista de Agricultura* 82: 134-141.
- Ferreira, DS. 2016. Diversidade de Curculionidae (Scolytinae, Platypodinae) e Bostrichidae em plantios de teca, *Tectona grandis* L. f., 1782. no estado do Pará, Brasil. Dissertação. Universidade Federal de São Carlos, Brasil. 77p.
- Flechtmann, C.A.H., Ottati, A.L.T., Bersisford, C.W. 2001. Ambrosia and bark beetles (Coleoptera: Scolytidae) in pine and eucalypt stands in southern Brazil. *Forest, Ecology and Management*, 142: 183-191.
- Gillett, C.P., Rubinoff, D., 2017. A second adventive species of pinhole-borer on the islands of Oahu and Hawaii (Coleoptera: Curculionidae: Platypodinae). *Proceeding Hawaiian Entomological Society*, 49, 51-57.
- Gümüs, E.M; Ergün A. 2015. Report of a pest risk analysis for *Platypus arallelus* (Fabricius, 1801) for Turkey. EPPO Bulletin 45:112–118.
- Ho, Y. F. 1993. *Platypus parallelus*, a common ambrosia beetle of timbers. Technical-Information Forest Research Institute Malaysia, Malásia, v. 43, p. 4.
- Hulcr, J., Mogia, M.; Isua, B.; Novotny, V. 2007. Host specificity of ambrosia and bark beetles (Col., Curculionidae: Scolytinae and Platypodinae) in a New Guinea rainforest. *Ecological Entomology*, 32: 762–772.
- Hulcr, J.; Atkinson, T.H.; Cognato, A.I.; Jordal, B.H.; McKenna, D.D. 2015. Morphology, Taxonomy, and Phylogenetics of Bark Beetles. p. 41-48. In: *Bark Beetles: Biology and Ecology of Native and Invasive Species*. Vega, F.E.; Hofstetter, R.W. (Eds.). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-417156-5.00002-2>
- Jordal, B. H. 2015. Molecular phylogeny and biogeography of the weevil subfamily Platypodinae reveals evolutionarily conserved range patterns. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 92: 294–307.
- Li, Y.; Zhou, X.; Lai, S.; Yin, T.; Ji, Y.; Wang, J.; Wang, S.; Hulcr, J. 2018. First record of *Euplatypus parallelus* (Coleoptera: Curculionidae) in China. *Florida Entomologist*. 101: 141-143. <https://doi.org/10.1653/024.101.0127>.
- Lunz, A.M.; Carvalho, A.G. 2002. Degradação da Madeira de Seis Essências Arbóreas Disposta Perpendicularmente ao Solo Causada por Scolytidae (Coleoptera). *Neotropical Entomology*, 3: 351-357.

- Martinez, M.; Castro, J.; Villamar-Torres, R.; Carranza, M.; Muñoz-Rengifo, J.; Jiménez, E.; Guachambala, M.; Heredia-Pinos, M.; García-Cruzatti, L.; Mehdi-Jazayeri, S. 2017. Evaluation of the diversity of Scolitids (Coleoptera: Curculionidae) in the forest plantations of the central zone of the Ecuadorian litoral. *Ciencias Ambientales/Environmental Sciences*, Cienc Tecn UTEQ, 10: 25-32. ISSN 1390-4051; e-ISSN 1390-4043
- Morais, W.C. C.; Souza, M.E.P.; Anjos, N. 2011. Novo besouro-de-ambrosia em guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambessedes). *Comunicata Scientiae*, 2(1): 49-52.
- Peres-Filho O, Dorval A, Siqueira SA, Berti Filho E. 2005. Levantamento de coleópteros em plantios de *Eucalyptus* spp. em Rondonópolis, estado de Mato Grosso. *Revista da Agricultura*, 80: 213-227.
- Silva, P.J.C.; Putz, P., Silveira, E.C.; Flechtmann, C.A.H., 2013. Biological aspects of *Euplatypus parallelus* (F.) (Coleoptera, Curculionidae, Platypodinae) attacking *Hevea brasiliensis* (Willd. Ex a. Juss.) in São Paulo Northwest, Brazil. In: III Congresso Brasileiro de Heveicultura. Guarapari, Brasil, pp. 1-5. DOI: 10.13140/2.1.4830.5601.
- Schedl, K. E. 1962. Scolytidae und Platypodidae Afrikas. II. Familie Scolytidae. *Revista de Entomologia de Moçambique*, 5 :1-594.
- Schedl, K. E. 1972. Monographie der Familie Platypodidae, Coleoptera. Verlag Dr. W. Junk, den Haag, the Netherlands.
- Silveira Neto, S.; Nokano, O.; Barbin, D.; Vila Nova, N. A. 1976. *Manual de ecologia dos insetos*.Ed. Agronômica Ceres Ltda, São Paulo. 419p.
- Smith, S.M.; Beaver, R.A.; Cognato, A.I. 2020. A monograph of the Xyleborini (Coleoptera, Curculionidae, Scolytinae) of the Indochinese Peninsula (except Malaysia) and China. *ZooKeys*, 983: 1–442. doi: 10.3897/zookeys.983.52630.
- Tang, J.; Li, J.; Lu, H.; Lu, F.; Lu, B. 2019. Potential distribution of an invasive pest, *Euplatypus parallelus*, in China as predicted by Maxent. *Pest Management Science*, 1-5. Doi 10.1002/ps.5280.
- Tarno, H., Septia, E.D., Aini, L.Q., 2016. Microbial community associated with ambrosia beetle, *Euplatypus parallelus* on sonokembang, *Pterocarpus indicus* in Malang. *AGRIVITA. Journal of Agriculture Science* 38: 312-320.
- Tiago-Neto, L.J.; Pereira, J.M.; Rodrigues, O.D.; Lima, N.L.; Froio, L.L.; Flechtmann, C.A.H. 2022. Diversity of Scolytinae, Platypodinae (Curculionidae) and Bostrichidae in *Hevea brasiliensis* (Willd. ex A.Juss.) in the state of Goiás, Brazil. *Ciência Florestal*, Santa Maria, 32: 493-503. <https://doi.org/10.5902/1980509848353>
- Triplehorn, C.A.; Johnson, N.F. 2005. Borror and Delong's Introduction to the Study of Insects. 7 ed. Thomson Brooks/Cole, Belmont, CA. 864p.
- Wolcott, G. N. – 1948. The insects of Puerto Rico. J. Agric. Univ. Puerto Rico, 32 (2): 379-385.
- Wood, S.L. 1982. The bark and ambrosia beetles of north and Central America (Coleoptera: Scolytidae), a taxonomic monograph. *Great Basin Naturalist Memoirs*, 6: 1-1360.
- Wood, S.L.; Stevens, G.C.; Lezama, H.J. 1991a. Los Scolytidae de Costa Rica: clave de generos y de la subfamilia Hylesininae (Coleoptera). *Revista deBiologia Tropical*, 39(1): 125-148.
- Wood, S.L.; Stevens, G.C.; Lezama, H.J. 1991b. Scolytidae (Coleoptera) de Costa Rica. II. Clave para subfamilia Scolytinae, tribus: Scolytini, Ctenophorini, Micracini, Ipinini, Dryocoetini, Xyleborini y Cryphalini. *Revista deBiologia Tropical*, 39(2): 279-306.
- Wood, S.L.; Stevens, G.C.; Lezama, H.J.1992. Los Scolytidae da Costa Rica: clave de gêneros y de la subfamilia Hylesininae (Coleoptera). *Revista deBiologia Tropical*, 40(3): 247-286.

- Wood, S.L. 1993. Revision of the genera of Platypodidae. *Great Basin Naturalist Memoirs*, 53(3): 259-281.
- Wood, S.L. 2007. *Bark and beetle ambrosia of the South America* (Coleoptera, Scolytidae). Brigham Young University. Provo, Utah USA. 909pp.
- Zanuncio, J.C.; Sossai, M.F.; Flechtmann, C.A.H.; Zanuncio, T.V.; Guimarães, E.M.; Espindula, M.C. 2005. Plants of an *Eucalyptus* clone damage by Scolytidae and Platypodidae (Coleoptera). *Pesquisa Agropecuária Brasileira*; 40: 513-515.

Aplicabilidade do Método de enfleurage para Extração de Óleos Essenciais de Espécies Vegetais

  10.56238/cipcaebv1-026

Hellen Ramos do Prado

Técnica em Análises Químicas e Graduanda em Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia - Universidade Federal do Paraná - Campus Palotina
Rua Pioneiro, 2153 - Dallas, Palotina - PR, 85950-000
hellenprado94@gmail.com

Gabriela Iaschombeck Kohl

Técnica em Análises Químicas e Graduanda em Marketing Univel Centro Univesitário de Cascavel.
Avenida Tito Muffato, 2317 - Santa Cruz, Cascavel - PR, 85806-080
gabrielaiaschombeck@gmail.com

Samanta Jaqueline Dalanhol-Nardi

Doutorado em Ciências Biológicas – UNESP (Botânica)
Técnica de laboratório (Biologia), Instituto Federal do Paraná, campus Cascavel. Avenida das Pombas, 2020, bairro Floresta, Cascavel, Paraná.
samanta.dalanhol@ifpr.edu.br

Rodrigo Hinojosa Valdez

Doutorado em Microbiologia – Universidade Estadual de Londrina (UEL)
Docente colegiado de Licenciatura em Química, Instituto Federal do Paraná, campus Cascavel. Avenida das Pombas, 2020, bairro Floresta, Cascavel, Paraná.
rodrigo.valdez@ifpr.edu.br

RESUMO

O método enfleurage é uma técnica milenar, que consiste na extração de óleos essenciais com a utilização de gordura vegetal ou animal. Além disso, o processo de extração é menos degradativo, resultando em um óleo essencial com maior valor comercial, e empregado principalmente para flores. O objetivo foi avaliar se o método de enfleurage é aplicável para a extração de óleos essenciais de folhas. As espécies testadas foram hortelã (*Mentha x piperita* L.) e manjeriço (*Ocimum basilicum* L.). As mudas foram adquiridas em comércio local e transplantadas para uma área experimental no IFPR, câmpus Cascavel. Foi feito o preparo do solo com gesso agrícola (GA) e adubo mineral e orgânico (AM e AO), após as seguintes análises do solo: umidade (%U), densidade aparente (DA), pH (H₂O) e condutividade elétrica (CE). Quando as mudas de manjeriço e hortelã atingiram 30 cm e 14 cm de altura, respectivamente, iniciou-se a colheita das folhas, que foram dispostas em caixas de vidro contendo gordura vegetal hidrogenada, com trocas a cada três dias. Ao término

do experimento, a gordura foi destilada com etanol para a extração final do óleo essencial. O solo anteriormente ao plantio apresentava as seguintes características: %U=27,5; DA=0,99; pH=5,36; CE=148,43 uS/cm². Devido ao baixo pH, fez-se a correção com GA na proporção de 0,5ton ha⁻¹, após a correção, o pH do solo foi de 6,33. Baixa CE pode indicar baixa fertilidade do solo e, desse modo, foram aplicados na cova do plantio, AM (NPK 04-14-08) e AO (1,5Kg). A extração dos óleos essenciais foi concluída obtendo resultados positivos, conseguindo extrair respectivamente 5,64 mL e 2 mL de óleo essencial de manjeriço e hortelã. Conclui-se que o método enfleurage é aplicável na extração de óleos essenciais de folhas, podendo ser utilizado sem a utilização de equipamentos sofisticados.

Palavras-Chave: Óleos voláteis, Produtos Naturais, Manjeriço Roxo, Hortelã, Cultivo de plantas.

ABSTRACT

The method enfleurage is a milenar technique, which extract essential oils using vegetal or animal fat. Furthermore, the process of extraction is less damaging, so the oil extracted has a better business value and it's mostly used on flowers. The purpose was to test if the method enfleurage is effective on extracting essential oil from leaves. The species used were peppermint (*Mentha x piperita* L.) and Basil (*Ocimum basilicum* L.). The seedlings were purchased on local commerce and transplanted at a experimental area at IFPR, campus Cascavel. The soil was arranged with agricultural gypsum (GA), mineral fertilizer and organic (FM and FO), after doing the following analyses: humidity (%U), apparent density (DA), pH(H₂O) and electrical conductivity (CE). When the seedlings of peppermint and basil achieved 30 cm and 14 cm of height, respectively, started harvesting the leaves, which were arranged on glass boxes with hydrogenated vegetable fat, changing it every three days. In the end of trial, the fat will be distilled with ethanol for the final extraction of essential oil. The soil before the planting had these characteristics: %U= 27,5; DA= 0,99; pH= 5,36; CE= 148,43 uS/cm². Due to low pH, the soil was arranged with GA in the proportion of 0,5 ton ha⁻¹, after of the arrangement, the soil pH went to 6,33. Low CE can indicate small fertility, so in the soil, at the moment of transplantation of seedlings, it was added AM(NPK 04-14-08) and AO (1,5Kg). The extraction of essential oils was concluded gathering positive results, being able to extract respectively 5,64 mL and 2 mL of basil and mint essential oil. In conclusion, method enfleurage is applicable on the extraction of essential oil of leaves.

1 INTRODUÇÃO

As plantas são um dos maiores aliados dos seres humanos, pois fornecem alimentos, mantimentos, roupas, oxigênio e ainda nos oferece uma variedade de compostos de aplicabilidade medicinal e farmacêutica. Desde a antiguidade as plantas já vêm sendo utilizadas como fonte de remédio para diversas doenças que assolavam as populações. Com o passar das décadas muitos produtos químicos foram desenvolvidos e por esse motivo os produtos naturais sofreram uma menor demanda. Com a recente imposição dos consumidores de possuírem produtos naturais, os pesquisadores focaram nas plantas medicinais que por consequência, estudando os óleos essenciais. (FIGUEIREDO et al., 2007)

Os óleos etéreos vêm sendo utilizados desde 7000 a.C, principalmente para a conservação e aromatização. O Egito foi um dos pioneiros na utilização desses óleos, sendo os principais exportados de rosa, lírio, íris, sálvia, tomilho, manjerona e anis. No qual as suas principais utilizações foram para rituais religiosos, práticas médicas, mumificação e ainda muito empregado em perfumes. (ASHCAR, 2007)

Alguns séculos à frente, Aristóteles criou o conceito do quinto elemento ou quinta essência. Acreditava-se que ao fazer o aquecimento de um material vegetal era possível retirar o espírito da planta. (ALVES, 2011)

Dessa maneira passou eras sendo utilizado como perfumes e para práticas médicas e inclusive os árabes descobriram meios de produzir os mesmo em grandes escalas, assim possibilitou uma grande produção e exportação dos óleos. Na época das grandes navegações uma grande quantidade de óleo foi exportada, especialmente de Portugal, Espanha e Inglaterra, onde muitos buscavam esses óleos essenciais produzidos em diferentes locais. (TRANCOSO, 2013)

Recentemente em 2011, foi reconhecido o prêmio Nobel do Ryouji Noyori sobre as definições de óleos, isopreno e terpenos, dessa maneira uma nova definição foi criada.

Cada planta possui sua própria composição, possuindo várias aplicações. Dessa forma, pode ser extraído uma substância que é conhecida como óleo essencial ou etéreo das plantas aromáticas. Uma mistura complexa de substâncias voláteis, menos densa e mais viscosa que a água em temperatura ambiente sendo lipofílica e em geral odorífera. Encontrada em baixas concentrações nas glândulas denominadas tricomas da parte externa das folhas (NAVARRETE et al., 2011 *apud* SILVEIRA et al., 2012). Além de que é um composto aromático utilizado como remédio natural pela sua característica antimicrobiana e antioxidante.

Existe uma diferença de óleo essencial e vegetal, onde óleo vegetal é composto por ácidos graxos, ou seja, lipídios e obtido por prensagem a frio de sementes e frutos de plantas oleaginosas.

Para obtenção desses óleos essenciais há diferentes métodos de extração, como: destilação a vapor, hidrodestilação, prensagem a frio, extração por solventes orgânicos, por fluído supercrítico, enfloração, entre outros. O método de enfloração (*enfleurage*) é uma técnica milenar, que vem sendo utilizado desde

os Egípcios, mas acabou caindo em desuso pelo seu alto valor de extração e por ser demorado. Onde consiste na extração de óleos essenciais com a utilização de uma gordura vegetal ou animal, muito empregada na perfumaria para a extração de essências de flores, já que as mesmas são muito delicadas e por outros métodos pode ocorrer a perda deste óleo. (SILVEIRA et al., 2012)

Um dos métodos novos desenvolvidos é por arraste a vapor, sendo que é o mais utilizado para extração de óleos essenciais a nível mundial. Já o método de hidrodestilação é o mais empregado em escala industrial por conta de ser feita a uma temperatura de pelo menos 100°C, acaba por ser um método lento e em algumas plantas não funciona, ademais algumas empresas consideram como um método artesanal. (OLIVEIRA, 2007)

Na prensagem a frio, é mais aplicada para a extração de óleos de frutos cítricos como laranja, limão, bergamota, entre outros. Outrora o método de solvente orgânico é utilizado para plantas delicadas, e que perdem facilmente o seu constituinte aromático, como é o caso da rosa e do jasmim. E por último o método fluído supercrítico, é considerado uma tecnologia limpa, atóxica e não residual, capaz de manter a total integridade das matérias-primas em questão. (USJT, 2001)

As plantas utilizadas devem ser sempre em quantidade elevada, tanto que é necessário o cultivo das mesmas para se certificar de que haja material suficiente para a obtenção do óleo essencial. Para o desenvolvimento das mudas vegetais é de grande relevância que se saiba sobre o solo e seus componentes. O solo é definido como a camada superficial da crosta terrestre, um sistema natural vivo e dinâmico situado na interface entre a atmosfera e a rocha, sendo composto por partículas minerais, matéria orgânica, água, ar e abrangendo ainda organismos vivos como bactérias, fungos, plantas, entre outros.

Entre as funções por ele exercidas, destacam-se a de ser habitat e reserva genética, de ser plataforma para as atividades humanas, de paisagem e patrimônio, também de atuar como fornecedor de matéria-prima. Porém é o mais importante para o desenvolvimento de plantas e microrganismos, para tanto é de grande importância suas análises físicas, químicas e biológicas. Assim é possível de ser feita a sua correção para possuir um ambiente favorável ao desenvolvimento de diferentes plantas. Por tanto é necessário a análise do solo, tanto da densidade, pH, condutividade elétrica e umidade do solo, para que possam ser feitas suas correções necessárias. (COELHO, 2013)

A densidade do solo tem como princípio avaliar o grau de compactação do solo, onde um solo compacto dificulta o crescimento das raízes e no processo de respiração das mesmas. Para tanto, é essencial analisar o grau de densidade para auxiliar na melhoria do solo, e saber o seu grau de compactação (BRAGA, 2011).

Ao se analisar o pH do solo obtém-se o valor de acidez ou alcalinidade, onde pode variar de 0 à 14. O controle do pH é importante pois se o seu valor se encontrar muito baixo acaba havendo o surgimento de Al^{3+} . Esse alumínio é altamente tóxico às plantas, além de que acaba impedindo os cátions essenciais de permanecerem no sistema. Mas se o pH estiver mais perto do valor considerado neutro, entre 5,5 a 6,6,

ocorre a neutralização do Al^{3+} , trazendo mais benefícios às plantas e uma maior disponibilidade de Ca, Mg e K.

A umidade é um parâmetro que se analisa a quantidade de água disponível no solo, a capacidade de armazenamento de água e a capacidade de infiltração de água. Onde é muito empregado por agricultores que trabalham com plantações irrigadas, que necessitam de um monitoramento constante. O parâmetro permite saber qual a quantidade de irrigação é necessária para a sobrevivência das plantas. Sendo que o teor de água no solo varia muito conforme o clima, logo é necessário a sua determinação periodicamente.

A condutividade elétrica é a tendência que um material tem de coordenar uma corrente elétrica. Consiste na determinação de íons presentes no solo, ou seja, na sua salinidade. Além de ser de grande importância, pois a condutividade elétrica verifica se a planta não está perdendo água para o solo, do que ao contrário. Onde é considerado uma medida momentânea, já que o mesmo sofre alterações conforme a quantidade de chuvas e estiagens. (LABORSOLO, 2014)

O objetivo foi avaliar se o método de *enfleurage* é aplicável para a extração de óleos essenciais de folhas. Além de fazer análises do solo para dispor de um ambiente melhor para o desenvolvimento das mudas vegetais.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Inicialmente foi feita a escolha das amostras vegetais, hortelã (*Mentha x piperita* L.) e manjeriço roxo (*Ocimum basilicum* L.), em seguida a aquisição de 32 e 16 mudas respectivamente no comércio local.

Posteriormente, escolheu-se o terreno adequado para a plantação das mudas em um espaço experimental no IFPR, câmpus Cascavel, o qual estivesse próximo de uma fonte de água para irrigação e que o sol em seu ponto mais alto de incidência solar não danificasse as mudas. E procedeu-se a remoção das ervas daninhas com o auxílio de uma enxada e uma roçadeira.

O terreno possuía o tamanho de 4x18 m, onde cada canteiro apresentava 1x16m. Desse modo foi feito um alfobre para cada tipo de espécime vegetal, um destinado as mudas de hortelã e o outro para as de manjeriço, tendo um metro de distância entre as diferentes espécies para não ocorrer competição de espaço e de nutrientes.

Devido à alta incidência solar na parte da tarde, entre 11h e 15h, realizou-se covas ao redor da horta para estaquear-se um sombrite em cima dos dois canteiros evitando a morte das mudas devido ao ressecamento e evitar a perda da umidade do solo pela evaporação. E conforme as ervas daninhas foram crescendo, elas foram retiradas antes de prejudicarem o plantio e o cultivo das mudas. Logo depois, coletou-se as amostras de solo para realizar as análises de pH, umidade, condutividade elétrica, densidade aparente e de calcário de concha ou também conhecido como gesso agrícola.

Para a análise da umidade do solo coletou-se amostras do solo, de três pontos diferentes dos canteiros, assim representando de forma geral o todo do solo. Desse modo, fez-se sua pesagem de 100 g

em um béquer de 100 mL e em seguida levou-se à estufa a 65°C. Após 48 horas pesou-se novamente e se fez o cálculo de acordo com a seguinte fórmula.

$$\text{Umidade (\%)} = [(\text{massa úmida} - \text{massa seca}) / \text{massa úmida}] \times 100$$

Já para a análise do pH é utilizado uma quantidade de 50 g do solo em triplicata, onde deve-se primeiramente deixar na estufa por 48 horas. Contudo utilizou-se de 6 amostras, pois foi realizado dois métodos diferentes de análise do pH. Em seguida foi peneirado, para que o tamanho das partículas sejam uniformes. Assim foi dissolvido primeiramente com água destilada 3 amostras e posteriormente o restante, das amostras com solução de cloreto de cálcio a 0,001 mol L⁻¹, na proporção de 1:2,5. Após agitou-se por 5 minutos e deixou repousar por 30 minutos, em seguida leu-se o pH das amostras com o pHmetro e anotou-se os resultados.

Para a análise da condutividade elétrica, foi utilizado 50 g de solo para 50 mL de água, onde o solo deve ser secado em estufa a 105°C e também realizado em triplicata. Seguidamente adicionou-se a água de pouco a pouco no solo, sempre agitando com bastão de vidro até que formasse uma pasta fluída e com a superfície espalhada. Logo depois foi deixada por uma noite em repouso e após filtrou-se utilizando um funil e papel filtro. A água que escorreu desse processo foi analisada com um condutivímetro previamente calibrado.

Para a determinação da densidade aparente, utilizou-se uma proveta de 500 mL, a qual foi preenchida com o solo na umidade atual até a marca de 300 mL. Onde este solo foi pesado e deixado cair por 10 vezes de uma altura de 10 cm com a ação de sua própria massa. Prontamente o solo dentro da proveta foi nivelado com uma espátula, para obter-se o volume final em mL da amostra, sendo feito também triplicata obtendo-se o valor da densidade aparente.

Inclusive foi necessário fazer o teste do gesso agrícola que foi empregado para corrigir o pH da melhor forma. Em vista disso foi feita a pesagem de 50, 100, 150 g de calcário, onde cada um foi misturado com o solo no local, nas medidas de 1x1 metro, em diferentes locais. Logo após coletou-se porções do solo e analisou-se o pH para obter os valores de calcário que melhor corrigissem o solo.

Após as análises do solo terem sido realizadas, corrigiu-se o pH do solo usando calcário agrícola de concha determinado pelos testes, pois sua ação no solo é mais rápida e após a correção iniciou-se o plantio das mudas.

Com um auxílio de uma enxada demarcou-se o canteiro destinado as mudas de manjeriço com uma distância de 1m entre as mudas e o buraco do plantio para cada uma. Nas covas para as mudas, colocou-se o adubo mineral de certa forma que as raízes não encostassem no adubo, pois caso se encontrem, a planta acabará morrendo. Logo depois misturou-se o esterco bovino juntamente com o substrato, utilizado para fazer mudas, a terra que foi retirada da cova. Posteriormente colocou-se a muda e a cobriu concluindo o plantio do manjeriço.

No canteiro destinado a hortelã, as covas foram próximas e organizadas em duplas com distância de 1m entre as duplas. Com relação a adubação seguiu-se o mesmo procedimento realizado com as mudas de manjeriço.

Para a extração de óleo utilizou-se o método de *enfleurage*, onde consiste na retirada do óleo essencial por polaridade. É feita a colheita das folhas das duas amostras vegetais (manjeriço e hortelã), nos horários de menor incidência solar, visando sempre a manhã, pois há maior quantidade de óleo na planta.

Posteriormente em uma bandeja de vidro (marinex), ou uma bandeja de plástico, foi depositado 1 Kg de gordura vegetal hidrogenada, pois é uma gordura inodora e insípida e, em cima desta, colocou-se as folhas das mudas. A cada três dias após ser colocada as folhas, foi feita a troca das mesmas até a saturação da gordura.

Assim que a gordura estivesse totalmente saturada, foi feito primeiramente um teste utilizando o rotaevaporador, pois acreditava-se que utilizando esse equipamento seria possível separar o óleo essencial da gordura, destilando com álcool etílico. Foi utilizado o rotaevaporador e solventes orgânicos dos laboratórios da FUNDETEC - Cascavel.

Seguidamente foi feita a destilação usando um outro método previamente pensado que também utilizava álcool etílico. Misturou-se a gordura com o etanol, pesando 100g de gordura e 100mL de etanol e o extrato líquido retirado dessa mistura, colocou-se em um funil de separação e em seguida adicionou-se água destilada desse modo separando o óleo essencial da gordura. Repetiu-se todo esse processo até que toda a gordura fosse utilizada e extraído o óleo.

O óleo foi coletado com o auxílio de uma micropipeta e depositado em embalagens de vidro de 2 mL. Após isso, foi feito uma estimativa de rendimento da extração de óleo essencial, utilizando uma regra de três simples.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Considerando as possíveis utilizações do óleo essencial, decidiu-se pesquisar mais a fundo sobre o método de *enfleurage*. Sendo que já se tinha a ideia de que o método funcionava para flores, com uma certa quantidade das mesmas, mas procurou-se testar o procedimento com folhas de plantas aromáticas, por tanto escolheu-se o manjeriço (Figura 1) e a hortelã (Figura 2), os quais possuem um aroma bem característico.

Figura 1 - Manjeriço Roxo



Fonte: Autores

Figura 2 - Hortelã



Fonte: Autores

Para a utilização das plantas se fez o desenvolvimento das mesmas desde sua plantação no estado de mudas até a fase adulta. Então procurou-se analisar, manejar, adubar e marcar o terreno, como mostra as figuras 3 a 8. Para que assim as mudas tivessem um ambiente propício para o crescimento e desenvolvimento.

Figura 3 - Manejo do terreno



Fonte: Autores

Figura 4 - Marcação dos canteiros



Fonte: Autores

Figura 5 - Marcação dos canteiros



Fonte: Autores

Figura 6 - Remoção ervas daninhas



Fonte: Autores

Figura 7 - Sistema de irrigação



Fonte: Autores

Figura 8 - Análise da condutividade elétrica



Fonte: Autores

Após as análises terem sido feitas, obteve-se os resultados obtidos apresentados na Tabela 1. Como pode se observar o solo apresentou uma média de pH=5,36 e 4,44, uma umidade de 27,5% ,a condutividade elétrica de 148,43 uS/cm e a densidade aparente de 0,99, sendo considerado um solo ácido e com pouca distribuição de nutrientes. Após a correção do solo apresentou um pH de 6,6 alcançando o valor ideal para o desenvolvimento das plantas.

Tabela 1: Dados das análises dos parâmetros do solo

Amostra	pH (H ₂ O)	pH (CaCl ₂)	pH alcançado	U%	C. E uS/cm ²	D.A.
1	5,38	4,4	6,6	27,7219	152,0	0,9939
2	5,42	4,45	6,6	27,4187	167	0,976
3	5,29	4,47	6,6	27,5319	126,3	1,0096
Média	5,36	4,44	6,6	27,557	148,43	0,9932

Fonte: Autores

Assim que o solo estava nas qualidades ideais para o plantio, as mudas foram introduzidas no terreno, como mostra a Figura 9. No processo houve o ataque de diferentes insetos, mas os dois principais foram *Diabrotica speciosa* que se apresenta na Figura 10 e a popularmente conhecida como formiga cortadeira. Os dois foram controlados e as plantas voltaram a se desenvolver normalmente, chegando a fase adulta como mostra a Figura 11.

Figura 9 - Plantação das mudas



Fonte: Autores

Figura 10 - *Diabrotica speciosa*



Fonte: Autores

Figura 11 - Mudas na fase adulta



Fonte: Autores

Posteriormente as mudas atingirem a fase adulta, iniciou o preparo das bandejas com exatamente 1 Kg de gordura vegetal cada uma, as quais foram aquecidas para que a gordura ficasse uniformemente espalhada pela bandeja, como é possível verificar na Figura 12. Para cada espécie, foi preparada uma bandeja e colocado as folhas, como mostra a figura 13 e 14. Sendo que foram trocadas a cada 3 dias, para que houvesse uma maior quantidade de óleo essencial sendo absorvido.

Figura 12 - Bandejas com gordura vegetal



Fonte: Autores

Figura 13 - Colocação das folhas de manjeriço na bandeja



Fonte: Autores

Figura 14 - Preparo das bandejas



Fonte: Autores

Para fazer a separação da gordura vegetal e do óleo essencial, pensou-se que a melhor forma seria a utilização do rotaevaporador (Figura 15), que assim separaria os dois e como produto nos forneceria óleo essencial dissolvido em álcool etílico. Mas o mesmo acabou por não funcionar, pois ao se separar óleo e álcool observou-se que não extraiu o óleo essencial. Logo, como o óleo essencial é mais volátil, ao ser extraído com álcool etílico e ocorrendo o aquecimento, o mesmo tenha sido perdido.

Deste modo, foi feito um teste com a gordura, onde misturou-se o mesmo com álcool etílico o qual apresentou resultados positivos. Pois ao misturar etanol na gordura, o óleo acabou sendo dissolvido no etanol e no momento em que se passou a água destilada ocorreu a separação. Isso só foi possível por conta da polaridade de cada composto, onde polar se dissolve em polar e o mesmo ocorre com os compostos apolares, em alguns compostos acabam sendo solventes universais por possuírem uma cadeia carbônica composta duplamente de uma parte apolar e outra polar.

Figura 15 - Rotaevaporador



Fonte: Autores

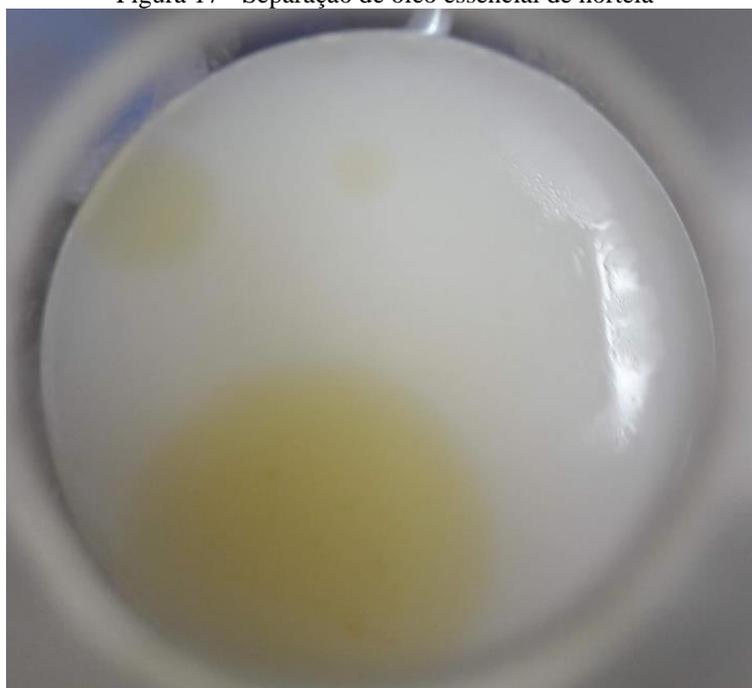
Nas Figuras 16 e 17, é possível visualizar a separação do óleo essencial, onde os pontos amarelos são o óleo e a parte branca são os subprodutos restantes. Para retirar este óleo foi depositado em um funil de separação para decantar e assim facilitar a remoção do subproduto.

Figura 16 - Separação de óleo essencial de manjeriço



Fonte: Autores

Figura 17 - Separação de óleo essencial de hortelã



Fonte: Autoras

A figura 18 apresenta os 3 frascos de óleo essencial extraído de manjeriço e 1 frasco de hortelã, observando que se extraiu 5,64 mL de óleo de manjeriço e 2 mL de hortelã. Com esses dados se fez o cálculo da estimativa de rendimento pela quantidade de óleo que uma certa quantidade de gordura absorveu, conforme abaixo. Constatando-se que em 100 g de gordura seria possível extrair, respectivamente, 0,66 mL e 0,23 mL de óleo de manjeriço e hortelã. Porém esse valor pode ser maior, pelo fato de primeiramente ter sido feito o teste utilizando o rotaevaporador, com isso uma parte de óleo essencial foi perdida.

Tabela 2: Volume de óleo de Manjeriço extraído

Manjeriço	
Óleo (mL)	Gordura (g)
5,64	853
y	100

$$y = (5,64 \times 100) / 853$$

$$y = 0,66 \text{ mL}$$

Fonte: Autoras

Tabela 3: Volume de óleo de Hortelã extraído

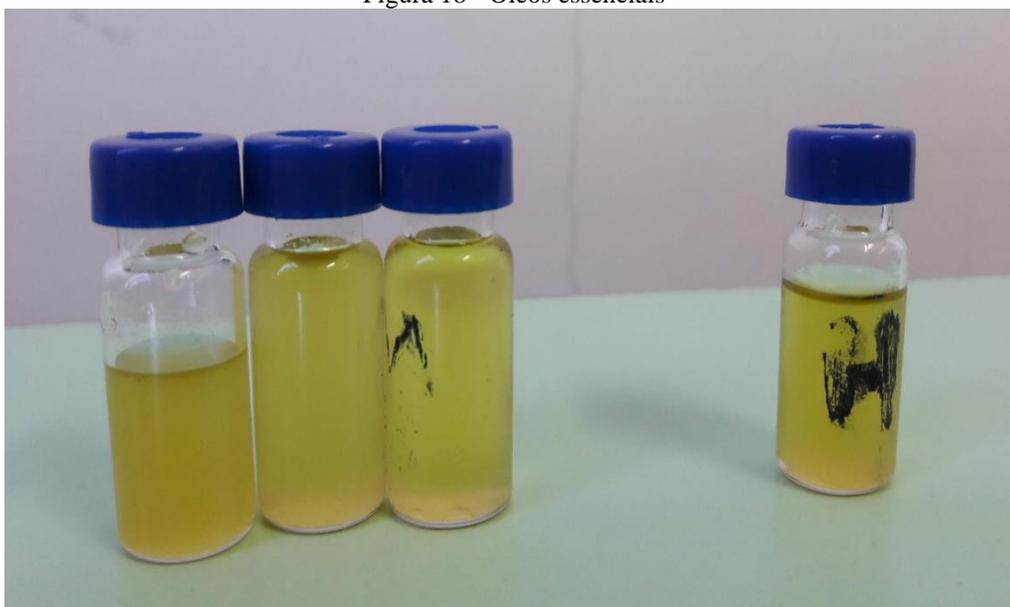
Hortelã	
Óleo (mL)	Gordura (g)
2	842
z	100

$$z = (2 \times 100) / 842$$

$$z = 0,23 \text{ mL}$$

Fonte: Autoras

Figura 18 - Óleos essenciais



Fonte: Autores

O método *enfleurage* caiu em desuso devido a criação de novos métodos em escala industrial mais eficientes. Porém algumas empresas de perfumaria ainda o empregam, pois é um método menos agressivo e que consegue extrair um óleo mais puro. Um exemplo é a Boticário que o utiliza para a obtenção de óleo essencial de Lírio, que compõe em um de seus perfumes. Atualmente já são empregados outros métodos que buscam atingir um rendimento melhor de óleo essencial.

Os óleos ganharam um reconhecimento pelos seus altos fatores antimicrobianos e antioxidantes. Contudo o rendimento é extremamente baixo e o tempo de extração muito elevado, o que resulta em seu encarecimento, desse modo os óleos essenciais são encontrados com valores bem elevados. O mercado nunca deixou de ser enorme nesse ramo, porém o marketing dos óleos se tornou mais forte nas últimas décadas, sendo que o Brasil é um dos maiores exportadores de óleos essenciais de frutas cítricas.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa se propôs como objetivo geral, avaliar se o método de *enfleurage* é admissível para a extração de óleo essencial de folhas. Além de fazer todas as análises do solo para que assim possa ter um ambiente melhor para o desenvolvimento e crescimento das mudas vegetais utilizadas. Ao decorrer do trabalho, percebeu a dificuldade de se trabalhar com tal método, pois este requer um grande tempo de extração enquanto está sendo feita as trocas das folhas na gordura vegetal.

Mas os resultados foram positivos, especialmente para o manjeriço, visto que o mesmo apresenta um aroma mais forte e com isso houve uma maior quantidade de óleo extraído comparado ao da hortelã. Contudo a hortelã teve um rendimento menor, podendo ser pelo fato das folhas serem menores e o aroma menos intenso. Entretanto, na separação do óleo essencial da gordura vegetal utilizando o rotaevaporador não obtivemos resultados positivos. Concluindo que o método *enfleurage* foi eficiente para extração de óleo essencial de folhas.

REFERÊNCIAS

- ALVES, M. G. **Óleos Essenciais.** Out 2011. Disponível em: <<https://www.univates.br/media/workshop/palestras/Oleos-essenciais.pdf>>. Acesso em: 29 mar. 2019
- ASHCAR, R. **A história do perfume da antiguidade até 1900.** set 2007. Disponível em: <<http://comciencia.br/comciencia/handler.php?section=8&edicao=28&id=329>>. Acesso em: 29 mar. 2019.
- BIZZO, H. R.; HOVELL, A. M. C.; REZENDE, C. M. Óleos essenciais no Brasil: aspectos gerais, desenvolvimento e perspectivas. **Quím. Nova.** 2009, vol.32, n.3, pp. 588-594. Disponível em: <https://www.academia.edu/21933010/%C3%93leos_essenciais_no_Brasil_aspectos_gerais_desenvolvimento_e_perspectivas>. Acesso em: 08 mar. 2019.
- BRAGA, G. N. M. **Importância das Propriedades Físicas do Solo.** Mar. 2011. Disponível em: <<https://agronomiacomgismonti.blogspot.com/2011/03/importancia-das-propriedades-fisicas-do.html>>. Acesso em: 01 nov. 2019.
- COELHO, M. R.; et al. **Solos: tipos, suas funções no ambiente, como se formam e sua relação com o crescimento das plantas.** 2013. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/94212/1/Ecosistema-cap3C.pdf>>. Acesso em: 01 nov. 2019.
- CUNHA, T. J. **Matéria orgânica do solo.** 2015. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1034986/1/Tony2015.pdf>>. Acesso em: 01 nov. 2019.
- FIGUEIREDO, A. C.; PEDRO, L. G.; BARROSO, J. G. **Plantas Aromáticas e Medicinais - Óleos essenciais e voláteis.** Revista da APH, n.º 114, p.29-33, 2014. Disponível em: <http://cbv.fc.ul.pt/2014_Revista_da_APH_114_20_PAM.pdf>. Acesso em: 07 out. 2019.
- FIGUEIREDO, A. C.; BARROSO, J. G.; PEDRO, L. G. **Plantas aromáticas e medicinais: factores que afectam a produção.** Universidade de Lisboa, Faculdade de Ciências de Lisboa, DBV, Centro de Biotecnologia Vegetal, C2, Campo Grande,1749-016 Lisboa, Portugal, 2007. Disponível em:<<http://docplayer.com.br/12026390-Plantas-aromaticas-e-medicinais-factores-que-afectam-a-producao.html>>. Acesso em: 07 out. 2019.
- JOAQUIM, A. S. Plantas aromáticas e medicinais (PAM'S). **Produção, sformação e comercialização.** Disponível em: <<http://cbv.fc.ul.pt/PAM/pdfsLivro/AnaSofiaJoaquim.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2019.
- KLAR, A. E.; et al. **Determinação da umidade do solo pelo método das pesagens.** An. Esc. Super. Agric. Luiz de Queiroz, Piracicaba, v. 23, p. 15-30, 1966. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0071-12761966000100003&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 18 out. 2019.
- LABORATÓRIO EXATA. **Importância da análise do pH do solo.** Disponível em:<<http://www.labexata.com.br/blog/exibir.asp?id=45&post=importancia-da-analise-do-ph-do-solo>>. Acesso em: 18 out. 2019.
- LABORSOLO. **Condutividade elétrica do solo.** Disponível em: <<https://www.laborsolo.com.br/podcast/podcast-laborsolo-19-condutividade-eletrica-do-solo/>>. Acesso em: 18 out. 2019.
- MORAIS, L. A. S. Influência dos fatores abióticos na composição química dos óleos essenciais. **Horticultura Brasileira** 27: S4050- S4063, 2009. Disponível em:

<http://www.abhorticultura.com.br/eventos/trabalhos/ev_3/P_4_Palestra_Resumo_Lilia_Ap.pdf>. Acesso em: 18 jun. 2019.

NOGUEIRA, A. R. de A.; SOUZA, G. B. de (Ed.). **Manual de laboratórios: solo, água, nutrição vegetal, nutrição animal e alimentos**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2005.

OLIVEIRA, S. M. M.; JOSE, V. L. A. **Processos de extração de óleos essenciais**. TECPAR. Disponível em: <<http://www.respostatecnica.org.br/dossie-tecnico/downloadsDT/MTgy>>. Acesso em 18 jun. 2019.

OLIVEIRA, S. M. M.; JOSE, V. L. A. **Dossiê Técnico: processos de extração de óleos essenciais**. SBRT. Set. 2007. Disponível em: <<http://www.respostatecnica.org.br/dossie-tecnico/downloadsDT/MTgy>>. Acesso em: 28 jul. 2019.

PAULUS, D.; et al. Biomassa e composição do óleo essencial de manjeriço cultivado sob malhas fotoconversoras e colhido em diferentes épocas. **Hortic. Bras.** Vitória da Conquista, v. 34, n. 1, p. 46-53, Mar. 2016. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-05362016000100046&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 07 out. 2019.

SCANAVINI, H. F. A. **Destilação em batelada de aroma natural de caju e óleo essencial de manjeriço**: Investigação via simulação computacional. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos. UNICAMP, Campinas, SP. Mar. 2006. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/255111/1/Scanavini_HelenaFinardiAlvares_M.pdf>. Acesso em: 28 jul. 2019.

SILVEIRA, J. C.; et al. Levantamento e Análise de Métodos de Extração de Óleos Essenciais. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v. 8, n. 15; pp. 2038-2052. 2012. Disponível em: <<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2012b/ciencias%20exatas%20e%20da%20terra/levantamento%20e%20analise.pdf>>. Acesso em: 17 mar. 2019.

SIMON, J. E.; QUINN, J.; MURRAY, R. G. Basil: A source of essential oils. p. 484-489. In: JANICK, J.; SIMON, J. E. (eds.). **Advances in new crops**. Portland: Timber Press, 1990. Disponível em: <<https://hort.purdue.edu/newcrop/proceedings1990/V1-484.html>>. Acesso em: 27 jul. 2019.

TRANCOSO, M. D. **Projeto Óleos Essenciais: extração, importância e aplicações no cotidiano**. Rio de Janeiro, RJ. v. 5, n. 9. 2013. Disponível em: <<http://revistas.unifoa.edu.br/index.php/praxis/article/view/609/560>>. Acesso em: 27 jul. 2019.

USJT. **Extrações de Óleos Essenciais**. São Paulo - (USJT), 2001. Disponível em: <<http://laszlo.ind.br/admin/artigos/arquivos/extracaooe.pdf>>. Acesso em: 23 mar. 2019.

Sanitizantes clorados no setor alimentício: mini-revisão



10.56238/cipcaebv1-027

Eder Júlio de Jesus

Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos – UFG/EA;
ederjulio@discente.ufg.br

Elaine Alves dos Santos

Professora Dra. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro – Campus Uberlândia (IFTM)
elaine.alves@iftm.edu.br

Tânia Aparecida Pinto de Castro Ferreira

Professora Dra. Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos – UFG/EA
taniaferreira@ufg.br

RESUMO

A utilidade prática, aspectos positivos e desvantagens são mostrados nesta mini-revisão por meio da apresentação de uma fórmula prática para se calcular as dosagens de sanitizantes clorados (SC), a qual fornece a quantidade de cloro a ser utilizada na solução em grama (g) ou mililitros (ml) e duas figuras i) as concentrações cloradas já calculadas para locais que manipulam ou que processam alimentos e ii) com as vantagens e desvantagens dos SC. Os SC são muito utilizados no setor da agroindústria no mundo todo, no entanto, produzem cloramina, substância tóxica,

cancerígena aos seres humanos. Alternativas ao uso do cloro se fazem necessárias como o ozônio (O₃), peróxido de hidrogênio (H₂O₂), ácido peracético (CH₃CO₃H), raios ultravioletas com comprimento de onda de 250 a 275nm por apresentarem atividade germicida. Estudos são necessários para diminuir o custo de aplicação destas tecnologias nas empresas.

Palavras-Chave: hipoclorito, cloramina, fórmula, sanitização, cloro.

ABSTRACT

The practical utility, positive aspects and disadvantages are shown in this mini-review by means a practical formula to calculate the dosage of chlorine sanitizers (CS), which provides the amount of chlorine being used in the solution in gram (g) or milliliters (ml) and two figures i) concentrations as calculated for chlorinated sites that handle or process food and ii) the advantages and disadvantages of the CS. The CS are widely used in the agribusiness sector widely used in the agribusiness sector worldwide, however, produce chloramine, toxic, carcinogenic to humans. Alternatives to the use of chlorine are needed such as ozone (O₃), hydrogen peroxide (H₂O₂), peroxyacetic acid or peracetic (CH₃CO₃H), ultraviolet rays with a wavelength of 250 to 275nm by presenting germicidal activity. Studies are needed to reduce the cost of implementing these technologies in business.

Keywords: hypochlorite, chloramine, formula, sanitization, chlorine.

1 INTRODUÇÃO

Os sanitizantes clorados, em especial os hipocloritos, lideram a gama de aplicações no setor alimentício, seja pelo custo, pelo vasto espectro de ação e facilidade de aquisição. Tais sanitizantes são utilizados nas concentrações de 0,5 a 250mg.L⁻¹ em tal setor. Isoni-Auad *et al.* (2018), afirmam que os hipocloritos são eficazes contra as bactérias em geral, e moderadamente eficazes contra vírus, mofo, leveduras e esporos. Os sanitizantes clorados encontram-se disponíveis na forma de cloro orgânicos e inorgânicos.

Os primeiros compreendem conforme descrição de Germanos & Germanos (2019), os hipocloritos de sódio, de cálcio, de lítio, o cloro gasoso e o dióxido de cloro; enquanto os segundos são a cloramina T, dicloramina T; dicloro dimetil hidantoína, ácido tricloroisocianúrico e ácido dicloroisocianúrico. Emmanuel. *et al* (2014), demonstram que formas de cloro orgânico combinados são mais estáveis, porém apresentam ação desinfetante mais lenta, requerendo longo tempo para sua exposição. Santos, Queiroz &

Almeida Neto, (2018), relatam que a água sanitária, para funcionar como bactericida eficaz, deve apresentar cerca de 2% de cloro residual.

Os mecanismos de ação dos compostos clorados sobre os microrganismos são os seguintes, conforme Germano & Germano (2019) e Xi & Yen-Com (2017), destruição da síntese protéica; descarboxilação oxidativa de aminoácidos a nitrilas e aldeídos; reação com ácidos nucleicos, purinas e pirimidinas; desequilíbrio metabólico após destruição de enzimas essenciais; indução de lesões no DNA acompanhada da capacidade de auto-duplicação; inibição da absorção de oxigênio e fosforilação oxidativa conjugada à quebra de macromoléculas e formação de derivados nitroclorados.

O presente trabalho teve por objetivo fazer uma revisão bibliográfica sobre os sanitizantes clorados no setor alimentício, enfocando a sua utilidade prática, aspectos positivos e desvantagens, bem como os aspectos positivos e desvantagens relacionados a aplicação deste método de sanitização.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 FÓRMULA PARA CÁLCULO DA DOSAGEM DE SANITIZANTES CLORADOS (#)

Tal fórmula é bastante prática, pois pode ser utilizada para produtos clorados líquidos (ml) ou sólidos (g). Para o cloro gasoso, vide recomendações do fabricante. Em casos específicos para produtos clorados líquidos ou sólidos, também se deve ver as recomendações do fabricante.

$$q = \frac{V \cdot ppm}{[]_{Cl} \cdot 10}$$

Sendo:

q= quantidade de cloro em g ou ml;

V= volume de água em litros;

ppm= parte por milhão (vide quadro 1)*;

[]_{Cl}= concentração de cloro (vide rótulo dos produtos clorados e quadro 1)*;

10= constante.

3 RESULTADOS

Quadro 1 – Sugestões de soluções cloradas, já calculadas.

Sugestões de uso de concentrações cloradas para sanitização em locais que manipulam ou que processam alimentos			
	Solução*	Cloro* 2,5%	Cloro* 12%
Enxágue das instalações, vasilhames e equipamentos	100 a 150ppm	40 Cl + 10L de água	8,5 Cl + 10L de água
Água de <i>chiller</i> (uso em alimentos)	02ppm (mesa)	08 Cl + 100L de água	02 Cl + 100L de água
	05ppm (processamento)	20 Cl + 100L de água	04 Cl + 100L de água

Utensílios guardados de um dia para o outro submerso em solução	10ppm	04 Cl + 10L de água	1,0 Cl + 10L de água
Pedilúvio	200ppm	40 Cl + 05L de água	8,5 Cl + 05L de água

Fonte: Elaborado pelos autores.

(#) Em caso de dúvida, consultar um profissional habilitado da área de alimentos.

Lembrando que os tempos mínimos de exposição aos agentes clorados variam de fabricante para fabricante, mas geralmente são de cinco a quinze minutos.

Quadro 2. Vantagens e desvantagens dos sanitizantes clorados.

Vantagens de desvantagens dos hipocloritos como sanitizantes	
Vantagens	Desvantagens
Relativamente baratos	Instáveis ao armazenamento
Agem rapidamente	Inativados pela matéria orgânica
Não afetados pela dureza da água (Germano & Germano, 2019)	Corrosivos quando não usados corretamente (Germano & Germano, 2019)
Efetivo contra uma variedade de microrganismos	Irritantes à pele (Germano & Germano, 2019)
Efetivos em baixas concentrações (Germano & Germano, 2019)	Podem provocar odores indesejáveis (Germano & Germano, 2019)
Relativamente não tóxicos nas condições de uso (Germano & Germano, 2019)	Precipitam em água contendo ferro
Fácil preparo e aplicação	Menor eficiência com aumento de pH da solução (Germano & Germano, 2019)
Concentrações facilmente determinadas	Removem carbono da borracha (Germano & Germano, 2019)
Podem ser usados no tratamento de água	Formam produtos cancerígenos com a matéria orgânica (DEVI & DALAI, 2021).
Possui propriedades oxidantes (Vilas Boas, 2011)	Formam cloraminas cancerígenas em estômagos de ratos (DEVI & DALAI, 2021).
É solúvel em água (Vilas Boas, 2011)	Irritação dos olhos e vias respiratórias superiores, causado pela cloramina (DEVI & DALAI, 2021).
Estudos não demonstram diferenças significativas em grupos de seres humanos tratados com cloramina (JUNWEN, 2017).	Volatilizam rapidamente, com o aumento da temperatura

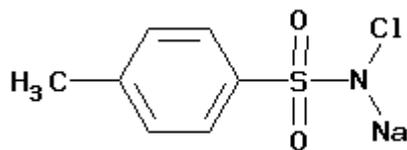
4 CLORAMINAS

Hery, et al.(1998), confirmados pelos estudos de Devi & Dalai (2021), demonstram que as cloraminas são formadas pela reação do ácido hipocloroso diluído com amônia, especialmente pela interação da amônia, cloro e água. Vários compostos orgânicos que contêm nitrogênio e cloro ligados entre si, como nos grupos NHCl e NCl com suas variantes cloramida, cloramina composto cristalino branco (C₆H₅SONCINaHO) usado como anti-séptico. Cloramina T: composto cristalino branco, ou levemente amarelo (CH₃C₆H₄SONCINa₃HO), usado também como anti-séptico.

Segundo Merck (2011), a cloramina T (trihidrato) é corrosiva; nociva por ingestão; provoca queimaduras na pele e lesões oculares graves; quando inalado, ocorrem sintomas de alergia ou de asma ou dificuldades respiratórias; em contato com ácidos libera gases tóxicos. Brasil (2000), determina o máximo

de $0,5\text{mg.L}^{-1}$ para cloro e $0,15\text{mg.L}^{-1}$ para a cloramina para o funcionamento dos serviços de diálise em saúde pública.

Figura 1. Cloramina T.



Fonte: Merck (2011)

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Percebe-se que os sanitizantes clorados são largamente utilizados nas agroindústrias em todo o mundo. Estudos relatam que os sanitizantes clorados produzem uma substância tóxica, chamada cloramina, a qual é cancerígena aos seres humanos. Assim sendo, alternativas ao uso do cloro se fazem necessárias, tais como: uso do ozônio (O_3), peróxido de hidrogênio (H_2O_2), ácido peroxiacético ou peracético ($\text{CH}_3\text{CO}_3\text{H}$), raios ultravioletas com comprimento de onda de 250 a 275nm possuem atividade germicida. O problema é que estas alternativas são de custo mais elevado e requerem maior aparato tecnológico para serem aplicadas à realidade dos estabelecimentos produtores de alimentos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRASIL. Ministério da Saúde. *Portaria MS/GM 82*. Regulamento técnico para o funcionamento dos serviços de diálise e as normas para cadastramento destes junto ao Sistema Único de Saúde. Diário Oficial da União, Brasília, 8 fev. 2000. Seção 1, p. 13.
- DEVI, P.; DALAI, A.K. Implications of breakpoint chlorination on chloramines decay and disinfection by-products formation in brine solution. *Desalination*. V. 504, n.15, May, 2021 Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0011916421000321> Acesso em: 01 ago. 2021.
- EMMANUEL, E. *et al.* Toxicological effects of disinfestations using sodium hypochlorite on aquatic organisms and its contribution to AOX formation in hospital wastewater. *Environment International*, v. 30, p. 891-900, 2014.
- GERMANO, P.M.L.; GERMANO, M.I.S. *Higiene e vigilância sanitária de alimentos*. 6. ed. Barueri:Manole, 2019.
- ISONI AUAD, L. *et al.* Development of a Brazilian Food Truck Risk Assessment Instrument. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, v.15, n. 12, p.2624-2624. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ijerph15122624> Acesso em: 01 ago. 2021.
- JUN-WEN, M. *et al.* Efficacy and Safety Evaluation of a Chlorine Dioxide Solution. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. v. 14, n.3 p.329-340, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ijerph14030329> Acesso em: 01 ago. 2021.
- MERCK. *Cloramina T (trihidrato)*. Informe Técnico 102426: Frankfurt, 2011.
- SANTOS, F. F.; QUEIROZ, R. C. S.; ALMEIDA NETO, J. A. Evaluation of the application of Cleaner Production techniques in a dairy industry in Southern Bahia. *Gestão & Produção*, v. 25, n. 1, p. 117-131, 2018.
- VILAS BOAS, E.V. de B. *Manual Operacional das Ceasas do Brasil*. Belo Horizonte: AD2, 2011. 239 p. (Associação Brasileira das Centrais de Abastecimento).
- XI, C. YEN-CON, H. Effects of organic load, sanitizer pH and initial chlorine concentration of chlorine-based sanitizers on chlorine demand of fresh produce wash Waters. *Food Control*. v. 77, p.96-101, July, 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956713517300361> Acesso em: 01 ago. 2021.