

# CULTIVANDO O FUTURO

TENDÊNCIAS E DESAFIOS  
NAS CIÊNCIAS AGRÁRIAS 5

LEONARDO FRANÇA DA SILVA  
JOSIANE ROSA SILVA DE OLIVEIRA  
FERNANDA LAMEDE FERREIRA DE JESUS  
(ORGANIZADORES)

# CULTIVANDO O FUTURO

TENDÊNCIAS E DESAFIOS  
NAS CIÊNCIAS AGRÁRIAS 5

LEONARDO FRANÇA DA SILVA  
JOSIANE ROSA SILVA DE OLIVEIRA  
FERNANDA LAMEDE FERREIRA DE JESUS  
(ORGANIZADORES)

**Editora chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Editora executiva**

Natalia Oliveira

**Assistente editorial**

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto gráfico**

Ellen Andressa Kubisty

Luiza Alves Batista

Nataly Evilin Gayde

Thamires Camili Gayde

**Imagens da capa**

iStock

**Edição de arte**

Luiza Alves Batista

2024 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2024 Os autores

Copyright da edição © 2024 Atena

Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena

Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

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

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

**Conselho Editorial**

**Ciências Agrárias**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano

Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras

Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás

Profª Drª Ariadna Faria Vieira – Universidade Estadual do Piauí

Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará

Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados  
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Dr. Edevaldo de Castro Monteiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Profª Drª Jessica Mansur Siqueira Crusoé – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Renato Jaqueto Goes – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas



## Cultivando o futuro: tendências e desafios nas ciências agrárias 5

**Diagramação:** Ellen Andressa Kubisty  
**Correção:** Maiara Ferreira  
**Indexação:** Amanda Kelly da Costa Veiga  
**Revisão:** Os autores  
**Organizadores:** Leonardo França da Silva  
Josiane Rosa Silva de Oliveira  
Fernanda Lamede Ferreira de Jesus

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

C968 Cultivando o futuro: tendências e desafios nas ciências agrárias 5 / Organizadores Leonardo França da Silva, Josiane Rosa Silva de Oliveira, Fernanda Lamede Ferreira de Jesus. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2024.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-258-2506-9

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.069241206>

1. Ciências agrárias. I. Silva, Leonardo França da (Organizador). II. Oliveira, Josiane Rosa Silva de (Organizadora). III. Jesus, Fernanda Lamede Ferreira de (Organizadora). IV. Título.

CDD 630

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

**Atena Editora**  
Ponta Grossa – Paraná – Brasil  
Telefone: +55 (42) 3323-5493  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam 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 Atena Editora.

## DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária 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; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 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, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 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. 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.

A coleção “Cultivando o Futuro: Tendências e Desafios nas Ciências Agrárias 5” é uma obra que se destaca pela sua abordagem centrada na discussão científica, apresentando uma variedade de trabalhos distribuídos em seus 10 capítulos. O eBook visa explorar uma gama de conteúdos relacionados à problemática ambiental, com foco na temática contemporânea da sustentabilidade e na influência direta do ser humano na responsabilidade e na formulação de estratégias para o desenvolvimento ambiental abrangente.

Este volume apresenta uma abordagem categorizada e interdisciplinar, reunindo trabalhos, pesquisas, relatos de casos e revisões que abordam diversas áreas do meio ambiente, sustentabilidade e outros segmentos interligados às ciências agrárias.

À medida que entramos em uma era definida por avanços tecnológicos e desafios ambientais cada vez mais prementes, as ciências agrárias emergem como uma força vital na busca por soluções sustentáveis e eficientes. A interseção entre inovação e agricultura tornou-se um epicentro de progresso, onde novas ideias e tecnologias estão moldando o futuro da produção de alimentos e do manejo dos recursos naturais.

Embora a agricultura tenha uma história milenar de adaptação e evolução, o ritmo de mudança testemunhado hoje é sem precedentes. A convergência de disciplinas como biotecnologia, inteligência artificial, ciência de dados e nanotecnologia está desencadeando uma revolução silenciosa nos campos e fazendas ao redor do mundo.

Esta obra é fundamentada na teoria obtida na prática pelos autores deste eBook, que incluem professores, acadêmicos e pesquisadores dedicados ao desenvolvimento de seus trabalhos apresentados de maneira concisa e didática. A importância deste espaço de divulgação científica destaca o comprometimento e a estrutura da Atena Editora, que oferece uma plataforma consolidada e confiável para que pesquisadores exponham e divulguem seus resultados.


Os autores buscam contribuir com conteúdo pertinentes, proporcionando auxílio técnico, científico e construtivo aos leitores, demonstrando que a sustentabilidade é uma ferramenta crucial e aliada do crescimento. Nessa perspectiva, a Atena Editora trabalha incessantemente para estimular e incentivar pesquisadores do Brasil e de outros países a publicarem seus trabalhos com garantia de qualidade e excelência, seja em forma de livros, capítulos de livros ou artigos científicos.

Aproveite a leitura!

Leonardo França da Silva  
Josiane Rosa Silva de Oliveira  
Fernanda Lamede Ferreira de Jesus


**CAPÍTULO 1 ..... 1****ANÁLISE DOS DESAFIOS E DAS OPORTUNIDADES DA PRODUÇÃO DE BORRACHA NATURAL NO BRASIL**

Elaine Cristine Piffer Gonçalves  
 Marli Dias Mascarenhas Oliveira  
 Antônio Lucio Melo Martins  
 Adriana Novais Martins  
 Maria Alice Martins  
 Leonardo Carpanezzi de Almeida  
 Regina Kitagawa Grizotto

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0692412061>


**CAPÍTULO 2 ..... 15****ANALISE DO DESENVOLVIMENTO DE EUCALIPTOS CULTIVADOS NO CERRADO**

Pablo Henric Albernaz Salomão  
 Petronio Pereira De Macedo Filho  
 Giovanna Gomes de Campos  
 Victor Arlindo Taveira de Matos  
 Fernando João Bispo Brandão  
 Guilherme Dos Santos Costa  
 Caio Aparecido Conceição Magalhães  
 Anderson Luis da Silva Nascimento  
 Emanuely Alencar da Silva Souza

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0692412062>

**CAPÍTULO 3 ..... 19****SENSORIAMENTO REMOTO E ÍNDICES DE VEGETAÇÃO: CONCEITOS E APLICAÇÕES - REVISÃO DE LITERATURA**

Leonardo França da Silva  
 Érika Manuela Gonçalves Lopes  
 Sarah Fernanda de Almeida Martins  
 Fernanda Lamede Ferreira de Jesus  
 Marcos Antônio Pereira da Fonseca Maltez  
 Cássio Furtado Lima  
 Matheus Mendes Reis  
 Rafaella Resende Andrade  
 Fabiane de Fátima Maciel  
 Laura Thebit de Almeida  
 Irene Menegali  
 Ariadna Faria Vieira  
 Silvana Ferreira Bicalho

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0692412063>

**CAPÍTULO 4 ..... 33****METABOLISMO ENERGÉTICO DO MÚSCULO, CRESCIMENTO E QUALIDADE DA CARNE: UMA REVISÃO**

Dayane Albuquerque da Silva


Apolônio Gomes Ribeiro  
 Júlio César dos Santos Nascimento  
 Daniela Pinheiro de Oliveira  
 Ricardo Romão Guerra  
 Danila Barreiro Campos  
 Clara Virgínia Batista de Vasconcelos Alves  
 Edijanio Galdino da Silva  
 Camila Guedes Valadares  
 Hilton Nobre da Costa  
 Monique Aguiar Siqueira  
 Helia Sharlane de Holanda Oliveira  
 Maria do Carmo Mohaupt Marques Ludke  
 Webert Aurino da Silva  
 Ana Carolina Ferreira dos Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0692412064>

**CAPÍTULO 5 .....48**

**LIXIVIAÇÃO DO SOLO COMO AGENTE DE ALTERAÇÃO DOS PARÂMETROS DE ÁGUA EM TANQUE ESCAVADO**


Leonardo Alexander Krause  
 Letícia Krause  
 Felipe Gabriel Liermann Britto  
 Amanda Dartora  
 Vanessa Bertoldo Martins  
 Júlia Delmonego Hess  
 Keren Fagundes Moraes  
 Maísa de Lima Lasala  
 Jaqueline Inês Alves de Andrade  
 Adolfo Jatobá

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0692412065>

**CAPÍTULO 6 .....65**

**MANEJO INTEGRADO DE PRAGAS PARA O CONTROLE DA CIGARRINHA DO MILHO (*DALBULUS MAIDIS*) – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Breno David Gomes da Silva  
 Leonardo França da Silva  
 Marcelo Bahuti  
 Victor Crespo de Oliveira  
 Jessica Mansur Siqueira Crusóé  
 Denis Medina Guedes  
 Ronaldo Goulart Magno Júnior

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0692412066>

**CAPÍTULO 7 ..... 81**

***CRYPTOPHLEBIA OMBRODELTA*: PROSPECÇÃO DE CONTROLE E DESENVOLVIMENTO EM CONDIÇÕES TÉRMICAS DE MUNICÍPIOS DO ESTADO DE SÃO PAULO, BRASIL**

Maria Conceição Peres Young Pessoa

Rafael Mingoti  
Leonardo Massaharu Moriya  
Pedro Luís Blasi de Toledo Piza

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0692412067>

**CAPÍTULO 8 .....99**

ESTUDO INDICA POSSIBILIDADE DE REDUÇÃO DE DOSES DE NITROGÊNIO E DE POTÁSSIO SE APLICADAS VIA FERTIRRIGAÇÃO EM COMPARAÇÃO COM AS MESMAS DOSES RECOMENDADAS PARA ADUBAÇÃO CONVENCIONAL NO CULTIVO DE BANANA

José Crispiniano Feitosa Filho  
Gutenberg Pinto Leite Júnior  
José Maria Pinto

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0692412068>

**CAPÍTULO 9 .....110**

ZONEAMENTO DE ÁREAS BRASILEIRAS FAVORÁVEIS À *CRYPTOPHLEBIA OMBRODELTA*


Rafael Mingoti  
Maria Conceição Peres Young Pessoa  
Leonardo Massaharu Moriya  
Pedro Luís Blasi de Toledo Piza

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0692412069>

**CAPÍTULO 10..... 124**

ADAPTAÇÕES METABÓLICAS, MOLECULARES E GENÉTICAS DAS CULTURAS AGRÍCOLAS ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Juliana Lopes Souza

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.06924120610>

**SOBRE OS ORGANIZADORES ..... 138**

**ÍNDICE REMISSIVO ..... 139**

## ANÁLISE DOS DESAFIOS E DAS OPORTUNIDADES DA PRODUÇÃO DE BORRACHA NATURAL NO BRASIL

*Data de aceite: 03/06/2024*

### **Elaine Cristine Piffer Gonçalves**

Eng. Agrônoma, Dra, PqC da URPD-  
Colina/APTA  
<https://orcid.org/0000-0001-5797-6264>

### **Marli Dias Mascarenhas Oliveira**

Eng. Agrônoma, Mestre, Pesquisadora  
Colaboradora do IEA/APTA  
<http://lattes.cnpq.br/6205294317598755>

### **Antônio Lucio Melo Martins**

Eng. Agrônomo, Dr, PqC da URPD-  
Pindorama/APTA  
<https://orcid.org/0000-0002-4378-9414>

### **Adriana Novais Martins**

Eng. Agrônoma, Dra, PqC da URPD-  
Marília/APTA  
<https://orcid.org/0000-0002-9809-7116>

### **Maria Alice Martins**

Eng. Química, Dra., Embrapa  
Instrumentação  
<https://orcid.org/0000-0002-6416-6929>

### **Leonardo Carpanezzi de Almeida**

Eng. Agrônomo  
<http://lattes.cnpq.br/4930609056203986>

### **Regina Kitagawa Grizotto**

Eng. Alimentos, Dra., PqC da URPD-  
Colina/APTA/SAA  
<http://Lattes.Cnpq.Br/2809175495850519>

**RESUMO:** O estado de São Paulo, é o maior produtor de borracha natural do País, respondendo por 63.1% da produção nacional. Porém, a cultura vive uma das maiores crises já anunciadas pelo setor. Não tem havido novos plantios no estado e as áreas de produção estão caindo ano após ano, devido ao processo de erradicação dos seringais em substituição à outras culturas mais rentáveis. Pensando nos aspectos sociais e ambientais gerados pela cultura e principalmente pela importância estratégica desta preciosa matéria prima, o objetivo deste trabalho é discutir a crise que o segmento está enfrentando e propor alternativas para que o setor da borracha natural no estado de São Paulo, possa se tornar competitivo através da valorização do seu produto, que atende todos os apelos ambientais e sociais exigidos pelo mercado consumidor mais exigente e consciente.

**PALAVRAS-CHAVE:** seringueira, cadeia produtiva, sustentabilidade, nichos de mercado, tendências.



## ANALYSIS OF CHALLENGES AND OPPORTUNITIES OF NATURAL RUBBER PRODUCTION IN BRAZIL

**ABSTRACT:** The state of São Paulo is the largest producer of natural rubber in the country, accounting for 63.1% of national production. However, culture is experiencing one of the biggest crises ever announced by the sector. There have been no new plantations in the state and production areas are falling year after year, due to the eradication process of rubber plantations to replace other more profitable crops. Thinking about the social and environmental aspects generated by culture and mainly the strategic importance of this precious raw material, the objective of this work is to discuss the crisis that the segment is facing and propose alternatives so that the natural rubber sector in the state of São Paulo can become competitive by valuing your product, which meets all the environmental and social demands required by the most demanding and conscious consumer market.

**KEYWORDS:** rubber tree, production chain, sustainability, market niches, trends.

### PRODUÇÃO DE BORRACHA NATURAL: DESAFIOS E OPORTUNIDADES

O Brasil passou de maior produtor de borracha natural do mundo para importador. Atualmente produzimos 50% do que consumimos (Brisolara, 2023).

A política de preços da borracha natural no Brasil foi regulamentada por leis específicas e benefícios que o setor produtivo foi perdendo ao longo dos anos. Após a extinção das leis e perdas de todos os benefícios foi feito um acordo entre duas entidades da Cadeia Produtiva, que resultou na criação de um índice que foi usado como referência de mercado, denominado de GEB 10, e os contratos de compra de coágulo no campo eram feitos com base no valor do GEB 10, cuja metodologia de cálculo considera os preços internacionais da borracha natural, frete, impostos e taxas. A perda destes benefícios e as mudanças ocorridas podem ser atribuídos principalmente: a desunião e desorganização do setor produtivo e a falta de representatividade do setor nos principais fóruns de discussão no passado.

Á partir de 2012, começou a existir uma forte pressão por parte do setor produtivo, para que o método de cálculo do índice fosse explicado, pois os produtores queriam saber os itens que compunham a fórmula de cálculo. Durante décadas, este índice denominado GEB10 foi usado pelo setor para pagamento do coágulo no campo, porém a insatisfação e descontentamento por parte do setor produtivo e a luta das Associações para criação de um novo índice para o setor, calculado por um Instituto de pesquisa, levou em 2020, a criação de um novo índice da borracha importada denominado de índice IEA/CNA, fruto da parceria entre o Instituto de Economia Agrícola (IEA) e a Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA), (FAESP,2023).

A heveicultura brasileira tem sofrido pela falta de competitividade com o produto importado e pela queda severa nos preços domésticos pagos pelo coágulo (53% de DRC - Dry Rubber Content ou Conteúdo de Borracha Seca), desde março de 2002, quando

atingiu R\$ 5,48/kg (preço real deflacionado pelo IGP-Di/IBRE-FGV, base fevereiro de 2023, a partir da série de preços do mercado paulista). Embora representativo de apenas 43% do preço de referência de importação, conforme divulgado pelo Instituto de Economia Agrícola – IEA/SAA-SP, da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, este preço é quase o dobro do praticado em fevereiro de 2023, de R\$ 2,92/kg. No comparativo dos períodos, houve queda de 47% no valor pago ao produto (Brisolara et al, 2023).

O custo de produção para o coágulo de borracha natural no estado de São Paulo, calculado pelo Instituto de Economia Agrícola (IEA/SSA - SP) em fevereiro de 2024, é de R\$ 6,07/kg (Oliveira & Gonçalves, 2024), enquanto o preço médio recebido pelo produtor no mercado foi, nesse mesmo mês, foi de R\$3,01/kg, IEA, 2024.

Com a falta de remuneração adequada no campo e a inexistência de políticas governamentais para garantir condições igualitárias de competitividade com a borracha asiática (insumos e mão de obra mais baratos) e incentivos à produção no Brasil, a expansão da cultura no país bem como a autossuficiência se tornam cada vez mais distantes. A borracha natural é um produto estratégico para o desenvolvimento e, portanto, novas relações comerciais, como uso da lei de Integração e abertura de novos mercados que valorizem produção sustentável (respeito ao meio ambiente e valorizando a mão de obra utilizada na produção) são fundamentais para sobrevivência de um setor que é tão importante para o país (Oliveira & Gonçalves, 2022).

Longe da autossuficiência, o que vemos hoje é a produção de borracha natural no País, estar indo para um caminho que têm levado à erradicação de muitos seringais, ao desemprego, ao êxodo rural e ao arranquio de inúmeras florestas plantadas (Oliveira & Gonçalves, 2024).

## **ALTERNATIVAS PARA TORNAR O SETOR PRODUTIVO DE BORRACHA NATURAL NACIONAL, COMPETITIVO**

Levando em consideração todo o histórico apresentado acima, entende-se que várias medidas podem ser tomadas para que a produção de borracha natural no país prevaleça e para que não haja dependência externa de outros Países, dentre as principais medidas estruturantes pode-se citar:

### **Decretar a borracha natural como produto estratégico para desenvolvimento o País**

A borracha natural é matéria prima estratégica demandada em inúmeros produtos essenciais à sobrevivência e desenvolvimento do País. O Brasil escolhe a maior parte de sua produção agrícola através das rodovias, temos uma grande frota rodoviária e enorme dependência de pneus e conseqüentemente de borracha natural. Uma semana de greve de caminhoneiros causou grandes prejuízos ao País, imaginem desabastecimento de borracha natural o que causaria.

Além da indústria pneumática que absorve 70% da produção, existe o mercado leve, que se utiliza da borracha natural em diferentes setores, inclusive na área da saúde. Durante a pandemia de Covid 19, houve necessidade de importar luvas de borracha, pois o Brasil, não tinha produção suficiente para abastecer o mercado.

Importa-se borracha natural dos países asiáticos e qualquer problema, seja de ordem climática, política e/ou econômica pode afetar o suprimento de borracha no Brasil. Tornar o país autosuficiente deveria ser uma das bandeiras do governo. A autosuficiência além de resguardar o país, daria condições de trabalho digno e melhor qualidade de vida para inúmeras pessoas, uma vez que a cultura é altamente demandante em mão de obra, perdendo apenas para o café.

### **Adoção do índice de valor da borracha importada IEA/CNA**

Em 2020, foi lançado o preço de referência de importação da borracha natural (TSR-20), um referencial divulgado pelo Instituto de Economia Agrícola - IEA/SAA-SP, a partir de parceria com a Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil – CNA, formado por uma metodologia de cálculo mais abrangente, pois passou a considerar custos adicionais importantes. Sua adoção leva a uma negociação mais justa e realista, já que, trata-se de instituição oficial governamental independente. O preço referência IEA/CNA apresenta apuração e consistência dos dados considerando todos as variáveis que compõe o processo de importação de mercadorias, nesse caso, referente à borracha tecnicamente modificada TRS-20 semelhante ao GEB 10- granulado comercializado pelas usinas beneficiadoras, as quais em sua maioria situa-se no estado de São Paulo (Bini e Oliveira, 2022).

A utilização desse preço referência publicado mensalmente pelo IEA e a CNA, traria maior transparência, segurança e previsibilidade na formação do preço da borracha no Brasil. O referencial GEB 10 mercado apresenta sérios problemas porque ele está atrelado ao comportamento da borracha TSR-20 (equivalente GEB 10) no mercado asiático, mas sem considerar plenamente os custos de internalização do produto, o que subestima o valor a ser pago ao produtor nacional (que pode chegar a ser 30% menor). Como o Brasil é um importador líquido de borracha natural, com cerca de 50% de sua oferta interna oriunda da importação, as cotações domésticas deveriam caminhar em patamares semelhantes aos preços pagos pela indústria ao produto internacional, principalmente ao se considerar a qualidade superior do produto nacional ante o importado.

Se estivesse em vigor o uso do preço referência IEA/CNA, certamente não teria sido necessário a utilização dos leilões do Prêmio Equalizador Pago ao Produtor Rural -PEPRO, realizados, pela Companhia Nacional de Abastecimento- Conab, através da Política de Garantia de Preços Mínimos (PGPM) em 2023 e 2024 pois, o preço mínimo em vigor, teria sido coberto por estes valores calculados por tal referência.

A Câmara Setorial da Borracha Natural da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do estado de São Paulo criou um grupo de trabalho onde se discutiu as metodologias de cálculo do GEB 10 mercado e do IEA/CNA e o grupo concluiu que a metodologia a ser reconhecida é a do IEA/CNA por ser transparente e ter critérios científicos.

### **Utilização do Código Florestal vigente com relação à importação oriundas de países que não respeitem o meio ambiente;**

A **Lei nº 12.651**, de 25 de maio de 2012 (novo Código Florestal brasileiro), prevê, no caput do **art. 74**, a autorização para que a Câmara de Comércio Exterior – CAMEX adote medidas de restrição às importações de bens de origem agropecuária ou florestal, produzidos em países que não observem normas e padrões de proteção do meio ambiente, compatíveis com as estabelecidas pela legislação brasileira.

No Brasil, 20% da área do imóvel rural, não é utilizada para a produção agropecuária (áreas declaradas como reserva legal, assim como as áreas classificadas como de preservação permanente), desta forma, o produtor rural brasileiro perde competitividade em relação aos produtores de países que não fazem tal exigência. Ainda pode-se citar a utilização de mão de obra análoga à escravidão (mal remunerada) e não conformidade nas condições de trabalho;

### **Incentivar a implantação de novos seringais e manutenção dos existentes**

A criação, pela Secretaria de Agricultura e Abastecimento do estado de São Paulo (SAA/SP) de um programa seringueira, com equipe multidisciplinar formada pelos pesquisadores e extensionistas como forma de fomentar a formação técnica de novos seringais com estímulo ao uso de novos clones desenvolvidos pela pesquisa paulista do vasto conhecimento e a expertise desses profissionais da SAA/SP.

O incentivo de implantação de novos seringais através de apoio de linhas de financiamento estimulando o aumento da área plantada com alguns anos de carência pois a cultura da seringueira por ser uma cultura perene tem período de formação de seis anos e somente a partir do sétimo ano em torno de 50% das árvores entram em produção atingindo 100% do seringal em sangria somente no décimo ano atingindo plena produção no décimo segundo ano que pode se estender até quarenta anos de produção.

Estímulo a criação de viveiros de mudas e produção de mudas de bancada e em substrato que apresentem maior sanidade e transmitam as plantas adultas características de qualidade e produtividade.

A adoção do uso de preço referência que remunere os custos de produção como o citado acima.

## Elevação da Tarifa Externa Comum

Como a Tarifa Externa Comum -TEC, impacta diretamente no valor dos produtos importados, uma forma de ajudar a Cadeia Produtiva de borracha natural e tornar a produção nacional de borracha mais competitiva (uma vez que os principais concorrentes do Brasil, conseguem produzir com subsídios, mão de obra mais barata, e sem qualquer legislação trabalhista e/ou ambiental), é aumentar a tarifa, pois há anos a mesma está muito aquém dos valores reivindicados pelo setor produtivo. Estudo feito e apresentado pela FAESP (Federação da Agricultura e Pecuária do estado de São Paulo), para o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), em 2023, mostra que o valor mínimo para a alíquota de importação da borracha natural é de 22% e o ideal é de 29% (Brisolara, 2023).

Existem várias leis que impedem a importação de alguns modelos de pneus de alguns países produtores e ainda a TEC para importação de pneus é de 16%, valor superior ao da borracha natural, que hoje está em torno de 10,8%. Outras medidas *antidumping* que protegem a indústria de pneus da concorrência com outros países estão em vigor como, por exemplo, a Resolução GECEX N° 3, de 14 de janeiro de 2020 que prorroga direito *antidumping* definitivo, por um prazo de até 05 (cinco) anos, aplicado às importações brasileiras de pneus novos de borracha dos tipos utilizados em automóveis de passageiros, de construção radial, das séries 65 e 70, aros 13 e 14 polegadas, e bandas 165, 175 e 185, originárias do Reino da Tailândia, da República da Coreia e do Taipé Chinês; suspende aplicação para a Coreia do Sul (Camex,2020).

**RESOLUÇÃO N° 13, DE 17 DE FEVEREIRO DE 2020** que prorroga direito *antidumping* definitivo, por um prazo de até 05 (cinco) anos, aplicado às importações brasileiras de pneus novos de borracha para bicicleta, originárias da República Popular da China, República da Índia e República Socialista do Vietnã.

**RESOLUÇÃO N° 22, DE 25 DE MARÇO DE 2020** que concede redução temporária, para zero por cento, da alíquota do Imposto de Importação ao amparo do artigo 50, alínea d, do Tratado de Montevideu de 1980, internalizado pelo Decreto Legislativo n° 66, de 16 de novembro de 1981, tendo por objetivo facilitar o combate à pandemia do Coronavírus / Covid-19.

**RESOLUÇÃO N° 03, DE 16 DE FEVEREIRO DE 2017**, que aplica direito *antidumping* definitivo, por um prazo de até 05 (cinco) anos, às importações brasileiras de pneus agrícolas originárias da República Popular da China.

**Resolução GECEX N° 540 DE 15/12/2023** que *acrescenta artigo interpretativo acerca da aplicação das medidas antidumping sobre as importações de pneus, alterando a Portaria SECINT N° 505/2019 e as Resoluções GECEX N° 18/2019, N° 3/2020, N° 13/2020, N° 176/2021, N° 198/2021 e N° 452/2023.*

O *dumping*, segundo a Associação Brasileira da Indústria de Máquinas e Equipamentos (Abimaq), é a prática de exportar um produto a preço inferior ao praticado no

mercado interno do país exportador, com o objetivo de conquistar mercados ou dar vazão a excessos de produção. Essa prática é condenada pela Organização Mundial do Comércio (OMC), que regulamenta o “uso de direito *antidumping* – ou seja, a aplicação de uma taxa equivalente (ou inferior) à margem de *dumping* que venha a ser apurada nas importações”. Sendo assim, os importadores não estão proibidos de trazer o produto para o Brasil, mas terão que fazer uma correção, com uma “taxa equivalente à margem *antidumping*”, nos preços em dólar por quilo, que pode variar de US\$ 0.14 a US\$ 2.56.

De acordo com o site do grupo SERPA, no contexto da importação de pneus, o Brasil adota a regra *Antidumping*, uma maneira de protecionismo determinada pelo Governo, para não prejudicar a indústria nacional, impondo uma sobretaxa na importação para manter a competitividade. O custo médio dessa sobretaxa é de 1 a 2 dólares por kg.

A mesma política deveria ser adotada para a produção de borracha natural, ou seja, a borracha importada deveria ter uma taxa equivalente *antidumping*.

## **Criação de cotas para importação de borracha natural**

Diferentemente do contingenciamento, pode-se pensar num sistema de criação de cotas de importação da borracha Asiática, de forma que a comercialização da produção nacional seja garantida. Hoje não existe garantia de compra da produção nacional. As importações acontecem sem controle e os produtores não tem garantia de comercialização da sua produção. Isto dificulta muito os produtores, conseguirem crédito e linhas de financiamento para estocagem de produção, visto que não existe garantia de escoamento da produção. Durante a Pandemia e quando houve aumento significativo das importações, o presidente da Câmara Setorial, foi pedir para a Câmara de Crédito, liberar algum tipo de financiamento para o setor e a justificativa da não liberação do recurso foi não existir garantia de compra, devido às importações.

## **Incentivar o Associativismo e o Cooperativismo**

Durante anos, o setor produtivo foi perdendo os benefícios e as leis que resguardavam a política de preços da borracha natural no campo, e vários estudos atribuem isto à falta de organização dos produtores.

Incentivar o Associativismo é importante para que o setor produtivo se organize, e passe a discutir os problemas e as soluções que devem ser tomadas para viabilizar a cultura. As Associações podem representar seus associados em diferentes Fóruns de discussão e levar os pleitos da Cadeia produtiva até o Governo. Existem várias Associações de produtores em diferentes regiões do País.

Além do Associativismo incentivar o Cooperativismo é uma forma de ganhar força nas negociações e nas vendas da produção agrícola. Nos últimos anos muitas

Cooperativas foram montadas e isto fez com que o mercado, o valor de venda e a forma de comercialização da borracha natural mudassem significativamente.

A compra do coágulo no campo sempre realizada levando-se em consideração o peso da borracha no campo, e não a quantidade de borracha seca presente em um quilo de coágulo (DRC – Dry Rubber Content). Muitas vezes o produtor era penalizado pois entregava uma borracha seca e recebia valor de borracha verde. Com o Associativismo e o Cooperativismo, e a participação ativa dos produtores, os modelos de negociações foram se modificando e hoje o preço final pago ao produtor é ajustado depois de análise do teor de borracha seca (DRC).

## **Recebimentos por serviços ambientais prestados e a questão ESG**

A seringueira propicia inúmeros ganhos ambientais, uma vez que contribui para redução do efeito estufa, para conservação e regeneração de solos degradados, para minimizar problemas erosivos, para preservação de mananciais e proteção da fauna e da flora, além de minimizar problemas causados por monoculturas.

O advento da indústria se deu para o atendimento das necessidades de uma população crescente que desejava conforto, qualidade e melhoria das condições de vida. Contudo, para tornar isso possível, muitas vezes provocamos sérios problemas como: poluição das águas, do ar e do solo, desmatamento em grande escala, perda de biodiversidade, desequilíbrio ecológico e até mesmo alterações climáticas. Quando falamos em mudança climática e em aquecimento global, estamos nos referindo ao incremento, além do nível normal, da capacidade da atmosfera em reter calor. Isso vem acontecendo devido a um progressivo aumento na concentração dos gases de efeito estufa na atmosfera nos últimos 150 anos ABNT, 2017. Tal aumento tem sido provocado pelas atividades do homem que produzem emissões excessivas de poluentes para a atmosfera. Esse aumento no efeito estufa poderá ter consequências sérias para a vida na Terra no futuro próximo,

Vários gases são responsáveis pelo efeito estufa, entretanto, o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) é o que tem causado maior preocupação, pois apresenta taxa de crescimento de 0,4% ao ano Estudos recentes na Universidade de Viçosa (MG) revelaram que a seringueira pode retirar da atmosfera 1.109 toneladas de gás carbônico, se forem consideradas todas as formas possíveis de fixação e emissão evitada. “O eucalipto, que é uma das atividades florestais mais cotadas para a geração de créditos no âmbito do MDL (Mecanismo de Desenvolvimento Limpo), armazena aproximadamente 317 toneladas de CO<sub>2</sub>/hectare em sua biomassa” (Carmo et al, 2007).

Além dos benefícios sociais que os plantios de seringueira podem proporcionar a pequenos e médios produtores afirmam Carmo et al, 2007, a espécie apresenta-se como eficiente sequestradora de carbono, podendo gerar receita para o País por meio do mercado de créditos de carbono, já que se trata de um cultivo perfeitamente sustentável e

enquadrado nos critérios de elegibilidade do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) do Tratado de Quioto.

Hoje em dia a tendência é que as culturas sejam também remuneradas pelos ganhos que elas proporcionam ao meio ambiente, mitigando mudanças climáticas e contribuindo para uma agricultura de eficiência e sustentabilidade;

A cultura da seringueira gera vários ganhos ambientais:

- É uma cultura que apresenta pouca demanda hídrica quando comparada à outras (provisão de água);
- Permite que desde a implantação o solo seja explorado com outras culturas promovendo (maior uso do solo, aumento da biodiversidade);
- Realiza conservação do solo, pois tem a possibilidade de uso de culturas intercalares e outros cultivos, e além disto, a queda de folhas anual que acontece na cultura cria uma camada de matéria orgânica no solo e promove reciclagem de nutrientes; A seringueira é uma cultura que tem o hábito caducifólio e caracteriza-se pela queda de folhas e de outros componentes da parte aérea, os quais irão formar a serrapilheira, constituindo importante mecanismo de transferência de nutrientes da fitomassa vegetal para o solo. Segundo Andrade et al. (2003), o acúmulo de serrapilheira na superfície do solo é regulado pela quantidade de material que cai da parte aérea das árvores e sua taxa de decomposição. A compreensão da dinâmica da decomposição da serrapilheira é importante para aferir o balanço de carbono e nutrientes em sistemas florestais e agroflorestais. (Carmo et al, 2007).
- A seringueira atua no sequestro de carbono. Estudos apontam que uma forma de combater o Efeito Estufa e contribuir com as mudanças Climáticas Globais, que estão acontecendo no planeta, seria a conservação das florestas nativas e/ou comerciais e o plantio de novas florestas comerciais. A cultura da seringueira exerce grande contribuição no sequestro de carbono, alguns estudos relatam até 10 t de C/ha/ano. Desta forma, o produtor deveria ser pago por estes serviços ambientais que a cultura gera, (Alvarenga e Carmo, 2006).

Como a sociedade e o mercado comprador estão muito preocupados com as questões climáticas e com a questão da produção sustentável e valorização dos produtos carbono-neutro (são produtos onde se mapeia toda a cadeia de produção e todas as emissões de gases para produção deste produto, devem ter sido compensadas de alguma maneira) pode ser através da preservação de florestas plantadas, havendo possibilidade, das florestas de seringueira serem remuneradas.

Em 2004 em um relatório das Organizações das Nações Unidas, surgiu o termo ESG, que é a sigla, em inglês, para Environmental, Social and Governance (Ambiental, Social e Governança). De modo geral, o ESG mostra o quanto um negócio está buscando maneiras de minimizar os seus impactos no meio ambiente, de construir um mundo mais justo e responsável e de manter os melhores processos de administração. ESG abrange um conjunto de práticas voltadas para a preservação do meio ambiente, responsabilidade com a sociedade e transparência empresarial (&CO, 2024).



O mundo está mudando, e estes três conceitos: responsabilidade social, sustentabilidade e ESG estão na mira dos consumidores e investidores. Mais do que uma tendência, as práticas de ESG são fatores de competitividade no ambiente de negócios em geral. A sociedade e o mercado veem com bons olhos empresas que praticam ações de ESG e se preocupam com as questões ambientais, sociais e de governança.

De acordo com a Corporate Finance Institute (CFI) os mercados de capitais podem ser uma ferramenta poderosa para criar mudanças. Ao restringir o acesso ao capital (ou tornar menos favoráveis os termos em que está disponível), os maus intervenientes podem ser incentivados a melhorar o desempenho nas medidas E, S ou G. Por outro lado, recompensar as empresas e as suas equipas de gestão que apresentam um bom desempenho em relação aos fatores ESG incentiva o progresso e as melhorias contínuas. Surgiram muitos títulos verdes, fundos mútuos, ETFs e fundos de índice (entre outros).

Desta maneira, a conscientização do mercado consumidor, sobre a produção de borracha natural no Brasil, que é produzida seguindo todos estes critérios, e a concorrência desleal, com a produção Asiática, deve ser feita através de mídias internacionais, de forma que o próprio mercado possa garantir a valorização da produção de borracha natural nacional. A seringueira é uma das culturas que mais gera ganhos ambientais e sociais e deveria receber por isto, das fábricas que possuem um passivo ambiental. Um estudo sobre a emissão de gases pela Cadeia e o pagamento destes para o setor produtivo, seria uma alternativa para o setor produtivo se manter na atividade.

Na composição dos pneus, existem diversos componentes, sendo que além da borracha natural, usa-se a borracha sintética, que é oriunda do petróleo. A exploração de petróleo é a segunda atividade que mais emite gases de efeito estufa no planeta, gerando impactos ambientais e contribuindo para alterações climáticas no planeta. A substituição e/ou a utilização de menor quantidade de borracha sintética na produção de pneus em detrimento ao aumento do uso da borracha natural, contribuiria de duas formas distintas com o meio ambiente.

As montadoras de carro que aderiram aos apelos da sociedade e que adotaram as práticas ESG podem começar a exigir que os pneus utilizados em seus veículos não sejam produzidos com borracha natural implantadas em áreas de desmatamento e com utilização de mão de obra infantil ou análoga à escravidão.

## **Créditos de reposição florestal**

A Reposição Florestal é *“a compensação do volume de matéria-prima extraído de vegetação natural pelo volume de matéria-prima resultante de plantio florestal para geração de estoque ou recuperação de cobertura florestal”*. (artigo 13 do Decreto no 5.975/2006). Ela visa garantir um equilíbrio entre plantio e exploração de florestas, evitando, assim, o aumento dos índices de desmatamento no País. Com isto, foram criados os créditos

de reposição florestal. Os Créditos de Reposição Florestal são títulos representativos de volume de matéria-prima resultante de plantio florestal, os quais são gerados após a comprovação de plantio efetivo de espécies florestais adequadas. Tais créditos propiciam estoque ou recuperação de cobertura florestal, de modo que a pessoa física ou jurídica que realizou um plantio voluntário pode vender seus créditos a quem esteja obrigado a realizar a reposição, nos termos da lei.

No estado do Tocantins, produtores rurais, que plantaram áreas com floresta, inclusive áreas com plantios de seringueira, estão sendo beneficiados e recebendo estes créditos de reposição florestal através da Resolução COEMA/TO N° 74 de 29/06/2017.

## **Rastreabilidade da produção, Selo Verde, Nichos de mercado diferenciados**

A rastreabilidade permite identificar a origem de todo o processo da cadeia produtiva, com informações sobre a implantação de uma lavoura, de florestas plantadas ou da instalação de estruturas e pastagens para criação de animais, garantindo conformidade com requisitos legais e regulatórios. Permite também garantir a qualidade de produtos e serviços utilizados ao longo da cadeia, ajudando a detectar e corrigir possíveis problemas, reduzindo riscos de impactos negativos que possam afetar a qualidade dos produtos finais. Com a implantação da rastreabilidade é possível que os produtores identifiquem a origem dos insumos como fertilizantes, sementes, defensivos, possibilitando a escolha de fornecedores que também adotam práticas sustentáveis no processo de obtenção e fabricação desses recursos. A prática também permite o monitoramento do uso de agrotóxicos, a fim de acompanhar e controlar a presença desses produtos ao longo da cadeia, garantindo que sejam aplicados de forma segura, em conformidade com as regulamentações, evitando danos ao meio ambiente e à saúde humana (Crop Life Brasil, 2024).

Ainda de acordo com a Crop Life Brasil, 2024, também é possível fazer a gestão e monitoramento do uso de recursos naturais, como o manejo de irrigação, monitorar o desmatamento e contribuir com a redução dos gases do efeito estufa. Outra vantagem da rastreabilidade na produção agrícola é a adoção de práticas éticas e socialmente responsáveis, como garantia de que não houve trabalho escravo ou uso de materiais provenientes de desmatamento ilegal.

Com a rastreabilidade das propriedades rurais e da produção da borracha natural, no Brasil, pode-se criar um Selo Verde de produção dentro desta Cadeia, haja vista todos os benefícios ambientais e sociais que a cultura gera e que foram descritos acima. Além destes benefícios o uso de agrotóxicos na cultura da seringueira é muito reduzido quando comparado à outras culturas e vários produtores têm usado produtos biológicos para controle de pragas e doenças. Este Selo Verde, atestaria que a produção de borracha natural no Brasil atende todos os requisitos ambientais, sociais e de nichos de mercados mais exigentes e com isto o produto nacional passaria a ter um valor agregado, pois existe nichos de mercados diferenciados que pagam pela produção sustentável e que pelos princípios da ESG.

Produzir com qualidade, com respeito ao meio ambiente e desempenhando um grande papel social, custa mais caro. Porém, o mercado europeu já sinalizou que não vai mais importar produtos agrícolas de países que desmatam para produzir e que se utilizam de mão de obra infantil ou análoga à escravidão. Existe, uma grande oportunidade do Brasil, buscar novos nichos de mercado que valorizam a produção sustentável e pagam por este diferencial.

## **Campanhas de Conscientização do mercado consumidor**

O governo poderia ajudar os produtores e sangradores numa campanha publicitária de conscientização do tipo de borracha que é produzida no Brasil sobre o compromisso feito pelas empresas e a adesão das pneumáticas às práticas ESG. Isto garantiria a venda da nossa produção e criaria nichos de mercado diferenciados que pagam mais por produtos produzidos sem desmatamento e sem mão de obra análoga a escrava e infantil.

## **Regulamentação da Profissão de Sangrador**

A regulamentação da profissão de sangrador levaria ao elo agrícola da cadeia maior segurança jurídica aos sangradores e proprietários e garantiria direitos trabalhistas para esses trabalhadores.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Existe descontentamento por parte de todos os elos da cadeia produtiva, que reclamam dos valores e das condições de comercialização dos seus produtos. O setor primário é o que mais sofre pois não consegue agregar valor ao seu produto e concorre com países onde o sistema de produção e as condições de trabalho são muito diferentes da produção nacional.

O Brasil produz com sustentabilidade, responsabilidade e respeito social e isto pode agregar valor à nossa produção, visto que os mercados estão cada vez mais exigentes e existe por parte das corporações grande apoio multinacional aos objetivos da ESG (sigla em inglês de Environment Social & Governance, que se refere a práticas que priorizam a sustentabilidade ambiental, social e de governança nas empresas). Os preços recebidos pelos produtores não são suficientes para remunerar nenhum nível de custo de produção e produtividade, mas a produção sustentável e boas práticas de negócios que contribuam com o meio ambiente e com o desenvolvimento social poderiam ser valorizadas e incentivadas tanto pelo mercado comprador quanto pelo governo. Nesta linha a cultura da seringueira tem muito a contribuir.

## REFERÊNCIAS

Alvarenga, A. de P., CARMO, C. A. F. de S. **Sequestro de Carbono: quantificação de carbono em seringais de cultivo na vegetação natural**. Viçosa, Minas Gerais. 2006. 352p.

ALVARENGA, A. de P., GOMES, M. A. **Boletim Técnico Seringueira: desenvolvimento sustentável e serviços ambientais**. Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais- Epamig. Minas Gerais, 2022.

Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT. **5 pontos chaves para entender as Mudanças climáticas e as ferramentas para agir como organização**, 2017. Disponível em: <https://www.abntonline.com.br/sustentabilidade/Noticia?id=161>. Acesso em 23/04/2024.

BINI, D. L. de C.; OLIVEIRA, M. D. M. Índice e Preços Referências de Importação de Borracha Natural. **Análises e Indicadores do Agronegócio**, São Paulo, v. 17, n. 3, p. 1-4, mar. 2022. Disponível em: <http://www.iea.agricultura.sp.gov.br/out/TerTexto.php?codTexto=16010>. Acesso em: 22/04/2024.

BRISOLARA, C.S.; BARROS, E.M.; AMARAL, L.P. **Avaliação do mercado de borracha natural**, p.1 – 12, 2023. Acesso: <https://www.cnabrazil.org.br/storage/arquivos/files/ESTUDO-SOBRE-MERCADO-DE-BORRACHA-NATURAL.pdf>

Câmara de Comércio Exterior - Camex . **Resolução Gecex,n.3 de 14 de janeiro de 2020**. Brasília, 2020. Disponível em: <http://www.camex.gov.br/resolucoes-camex-e-outros-normativos/58-resolucoes-da-camex/1782-resolucao-n-03-de-16-de-fevereiro-de-2017>. Acesso em 22/04/2024.

Câmara de Comércio Exterior - Camex . **Resolução Gecex,n.3 de 14 de janeiro de 2020**. Brasília, 2020. Disponível em: <http://www.camex.gov.br/resolucoes-camex-e-outros-normativos/58-resolucoes-da-camex/2536-resolucao-gecex-n-3-de-14-de-janeiro-de-2020>. Acesso em 22/04/2024.

Câmara de Comércio Exterior - Camex . **Resolução Gecex,n.3 de 14 de janeiro de 2020**. Brasília, 2020. Disponível em: <http://www.camex.gov.br/resolucoes-camex-e-outros-normativos/58-resolucoes-da-camex/2656-resolucao-no-13-de-17-de-fevereiro-de-2020>. Acesso em: 22/04/2024.

Câmara de Comércio Exterior - Camex . **Resolução Gecex,n.3 de 14 de janeiro de 2020**. Brasília, 2020. Disponível em: <http://www.camex.gov.br/resolucoes-camex-e-outros-normativos/58-resolucoes-da-camex/2675-resolucao-n-22-de-25-de-marco-de-2020>. Acesso em: 22/04/2024.

Câmara de Comércio Exterior - Camex . **Resolução GECEX Nº 540 DE 15/12/2023**, Brasília, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/mdic/pt-br/assuntos/comercio-exterior/defesa-comercial-e-interesse-publico/publicacoes-do-decom-no-diario-oficial-da-uniao/publicacoes-do-decom-em-2023#:~:text=RESOLU%C3%87%C3%83O%20GECEX%20N%C2%BA%20540%2C%20DE,2020%3B%20n%C2%BA%2013%2C%20de%2017>. Acesso: 22de abril de 2024.

CARMO, C. A. F. de S.; MANZATTO, C. V.; ALVARENGA, A. P. **Contribuição da seringueira para o sequestro de carbono**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.28, n.237, p.24-31, mar./abr. 2007.

Corporate Finance Institute- CFI. **ESG (Environmental, Social, & Governance)**. Disponível em: <https://corporatefinanceinstitute.com/resources/esg/esg-environmental-social-governance/>. Acesso em 23/04/2024.

Crop Life Brasil. **Rastreabilidade na cadeia produtiva e agricultura sustentável.** Disponível em: <https://croplifebrasil.org/noticias/rastreabilidade-na-cadeia-produtiva-e-agricultura-sustentavel/#:~:text=A%20rastreabilidade%20permite%20identificar%20a,com%20requisitos%20legais%20e%20regulat%C3%B3rios>. Acesso em: 25/04/2024.

&CO. Empreendedorismo. **Entenda o que são as práticas ESG.** 2024. Disponível em: <https://www.andco.ind.br/blog/entenda-o-que-sao-as-praticas-esg.html>. Acesso em: 24/04/2024.

Grupo Serpa. **Importação de pneus: conheça as regras e exigências.** Disponível em: <https://www.gruposerpa.com.br/importacao-de-pneus/>. Acesso em 23/04/2024.

Instituto de Economia Agrícola. Banco de dados: preços médios mensais recebidos pelos agricultores. São Paulo: IEA, 2024. Disponível em: [http://ciagri.iea.sp.gov.br/nia1/precos\\_medios.aspx?cod\\_sis=2](http://ciagri.iea.sp.gov.br/nia1/precos_medios.aspx?cod_sis=2). Acesso em 12/03/2024.

OLIVEIRA, L., I WALKER, S. ESG, **Responsabilidade Social e Sustentabilidade: do que estamos falando e o que é importante saber?** 2022. Disponível em: <https://www.phomonta.com.br/responsabilidade-social-sustentabilidade-e-esg-do-que-estamos-falando-e-o-que-e-importante-saber>. Acesso em 26/04/2024

OLIVEIRA, M. D. M.; GONÇALVES, E. C. P. Custo operacional de produção e rentabilidade econômica da cultura da seringueira, estado de São Paulo - safra 2021/22. **Análises e Indicadores do Agronegócio**, v. 17, n. 1, p. 1-7, jan. 2022. Disponível em: <http://www.iea.agricultura.sp.gov.br/out/TerTexto.php?codTexto=15998> Acesso em: 18/04/2024

OLIVEIRA, M. D. M.; GONÇALVES, E. C. P. Custo de Produção e Rentabilidade da Produção de Borracha Natural: uma análise em tempos de crise. **Análises e Indicadores do Agronegócio**, São Paulo, v. 19, n. 5, p. 1-8, maio. 2024. Disponível em: <http://www.iea.agricultura.sp.gov.br/out/TerTexto.php?codTexto=16206>. Acesso em: 04/05/2024

## CAPÍTULO 2

# ANALISE DO DESENVOLVIMENTO DE EUCALIPTOS CULTIVADOS NO CERRADO

---

*Data de submissão: 20/05//2024*

*Data de aceite: 03/06/2024*

### **Pablo Henric Albernaz Salomão**

Acadêmico do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso, Câmpus São Vicente. Cuiabá, MT/Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/6549151961088814>

### **Petronio Pereira De Macedo Filho**

Acadêmico do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso, Câmpus São Vicente. Cuiabá, MT/Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/4226757395702296>

### **Giovanna Gomes de Campos**

Acadêmica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso, Câmpus São Vicente. Cuiabá, MT/Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/0862988023256142>

### **Victor Arlindo Taveira de Matos**

Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso, Câmpus São Vicente. Cuiabá, MT/Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/9735613081603286>

### **Fernando João Bispo Brandão**

Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso, Câmpus São Vicente. Cuiabá, MT/Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/8614037731764379>

### **Guilherme Dos Santos Costa**

Acadêmico do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso, Câmpus São Vicente. Campo Verde, MT/Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/1123841661483606>

### **Caio Aparecido Conceição Magalhães**

Acadêmico do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso, Câmpus São Vicente. Campo Verde, MT/Brasil  
<https://lattes.cnpq.br/9483331108085623>

### **Anderson Luis da Silva Nascimento**

Acadêmico do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso, Câmpus São Vicente. Campo Verde, MT/Brasil  
<https://lattes.cnpq.br/5860660398917930>

### **Emanuelly Alencar da Silva Souza**

Acadêmico do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso, Câmpus São Vicente. Campo Verde, MT/Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/3585345730092794>

**RESUMO:** O objetivo nesse trabalho foi analisar o desenvolvimento de inicial de clones de eucalipto. O experimento foi conduzido no IFMT Câmpus São Vicente, sede. experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado utilizando três tratamentos, clones de eucalipto: VM01, I144 e H-13 e duas repetições (parcelas). Analisou-se quinzenalmente a altura e diâmetro das plantas. Os dados foram submetidos à análise de variância, Teste de F, quando observada diferença significativamente estatística ( $p$ -valor  $< 0,05$ ) as médias foram submetidas ao teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Em decorrência de apresentar maior desenvolvimento em altura e diâmetro o clone VM01 deve ser recomendado para implantação de eucalipto no Cerrado.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Eucalyptos globulus*, altura, diâmetro.

## ANALYSIS OF THE DEVELOPMENT OF EUCALYPTUS TREES CULTIVATED IN THE CERRADO

**ABSTRACT:** The objective of this study was to analyze the initial development of eucalyptus clones. The experiment was conducted at the IFMT Campus São Vicente, main campus. The experiment was performed in a completely randomized design using three treatments, eucalyptus clones: VM01, I144, and H-13, with two repetitions (plots). Plant height and diameter were analyzed biweekly. The data were subjected to analysis of variance and F-test. When a statistically significant difference was observed ( $p$ -value  $< 0.05$ ), the means were subjected to Tukey's test at a 5% probability level. Due to its greater development in height and diameter, the VM01 clone should be recommended for eucalyptus planting in the Cerrado.

**KEYWORDS:** *Eucalyptus globulus*, height, diameter.

## INTRODUÇÃO

O município de Campo Verde, localizada no Cerrado Mato Grossense, tem sua economia impulsionada por latifúndios agrícolas. Um grande desafio econômico e ambiental é suprir a demanda energética das indústrias da região, e umas das alternativas é a utilização da biomassa de eucalipto devido ao elevado custo da geração de energia térmica utilizada na secagem dos grãos.

Atualmente a principal oferta de biomassa de madeira na região é proveniente de eucalipto). O uso da lenha como fonte energética tem relevante significância em todos os estados da união, inclusive no estado de Mato Grosso.

O uso da madeira como fonte de energia tem diversas vantagens ambientais que o potencializam como alternativa aos combustíveis fósseis, o processo de produção do carvão vegetal a partir de florestas plantadas pode ser conduzido de forma a reduzir as emissões dos gases que provocam o efeito estufa (BRITO, 2007).

Uma alternativa viável para a demanda de biomassa proveniente de madeira na região é a introdução de florestas plantadas de espécies do gênero *Eucalyptus*. O objetivo neste trabalho foi analisar o desenvolvimento de inicial de clones de eucalipto.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido na área experimental do Instituto Federal de Mato Grosso - IFMT, Câmpus São Vicente, localizado a 44 km do município de Campo Verde.

O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado utilizando três tratamentos, clones de eucalipto: VM01, I144 e H-13 e duas repetições (parcelas). As mudas foram cultivadas em ambiente protegido, em casa de vegetação. O seu transplante ocorreu em 24/04/2023, sendo realizada a implantação utilizando um espaçamento entre plantas de 2,0 metros e entre linhas de 2 metros, sendo utilizada duas linhas para cada clone, trabalhando o sistema de fileiras duplas. A distância entre as linhas dos clones foi de aproximadamente 15 metros, a fim de evitar a competição entre as plantas.

As mudas foram irrigadas a cada três dias com auxílio de um regador até que fosse estabelecido o período chuvoso da região, ocorrido no último decêndio do mês de outubro. Quando observada a presença de formigas, realizou-se o controle por meio da aplicação de iscas e formicida em pó por meio de bombas insufladoras manuais, sendo ambos inseticidas à base de Fipronil.

Em setembro de 2023 identificou-se 15 plantas por clone e iniciou a realização da análise semanal da altura de plantas, medindo a altura do solo até o meristema apical e do diâmetro do caule, em que este foi determinado com auxílio de um paquímetro localizado no terço médio da planta.

Os dados foram submetidos à análise de variância, Teste de F, quando observada diferença significativamente estatística ( $p$ -valor  $< 0,05$ ) as médias foram submetidas ao teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Observou-se que o intervalo de irrigação das plantas se demonstrou adequado para manutenção da qualidade e viabilidade das mudas, que se desenvolveram adequadamente e não apresentaram limitação no desenvolvimento foliar, exceto um desenvolvimento inicial lento, provavelmente em decorrência na dificuldade de adaptação, pois anteriormente estavam cultivadas em ambiente protegido.

Durante o experimento a maior dificuldade observada foi realizar o controle das formigas, pois a área estava localizada próximo da área de mata e isso acabou dificultando o controle destas. A utilização de iscas deve preferencialmente associada ao controle químico, uma vez que o desenvolvimento inicial lento, associado ao ataque de formigas pode prejudicar o crescimento das plantas.

Identificou-se que o clone VM01 se sobressaiu em altura e diâmetro independente da data de avaliação entre os três genótipos, sendo observada diferença significativa entre os demais tratamentos (Tabela 1).



TRAT	04/09/2023		11/09/2023		18/09/2023		25/09/2023	
	Altura (cm)	Diâmetro (cm)	Altura (cm)	Diâmetro (cm)	Altura (cm)	Diâmetro (cm)	Altura (cm)	Diâmetro (cm)
VM01	86,66 a	0,94 a	96,90 a	1,78 a	107,50 a	1,55 a	120,60 a	1,48 s
I 144	56,10 b	0,75 b	56,80 b	1,19 a	61,40 b	0,98 b	70,40 a	1,02 b
H- 13	50,20 b	0,72 b	54,70 b	0,82 a	56,80 b	1,55 b	62,20 a	0,87 b

\*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferiram estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 1. Análise da altura de plantas e diâmetro do caule de clones de eucaliptos de mudas cultivadas no Cerrado ao longo do tempo.

Verificou-se que os clones I144 e H13 não apresentaram diferença de altura e diâmetro do caule ao longo do tempo, não sendo observada diferença significativamente estatística entre os tratamentos.

Segundo Sacramento (2019) deão alcançarem 2 anos de idade, 2 clones apresentaram-se mais adaptados às condições da região da mata pernambucana, o I144 (*E. urophylla*) e o VM 01 (híbrido de *E. urophylla* x *E. camaldulensis*), pois os mesmos apresentaram 9,15 e 9,32 metros, respectivamente, sendo estas as maiores alturas amostradas.

Constatou-se que não houve diferença significativamente estatística entre os tratamentos apenas para a medida de diâmetro do caule coletada em 11/09/2023, contudo a diferença numérica ainda justifica a escolha pelo VM01 para cultivo na região, sendo o mais recomendado pelo desenvolvimento inicial mais agressivo, o que facilitaria um manejo e propiciaria estabelecimento mais precoce na área de cultivo.

## CONCLUSÃO

Em decorrência de apresentar maior desenvolvimento em altura e diâmetro o clone VM01 deve ser recomendado para implantação de eucalipto no Cerrado.

## REFERÊNCIAS

BRITO, J. O. O uso energético da madeira. **Estudos Avançados**. São Paulo, v. 21, n. 59, p. 185-193, 2007.

SACRAMENTO, L. S. **Análise de sobrevivência e desenvolvimento do eucalipto na região da mata pernambucana**. 2019. 27 f. Monografia (Especialização) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Curso de Especialização em Gestão Florestal, Paraná, 2019.

## CAPÍTULO 3

# SENSORIAMENTO REMOTO E ÍNDICES DE VEGETAÇÃO: CONCEITOS E APLICAÇÕES - REVISÃO DE LITERATURA

*Data de aceite: 03/06/2024*

### **Leonardo França da Silva**

Universidade de Federal da Grande  
Dourados  
Dourados – Mato Grosso do Sul (Brasil)  
<https://orcid.org/0000-0002-9710-8100>

### **Érika Manuela Gonçalves Lopes**

Universidade Federal de Minas Gerais  
Montes Claros - MG  
<https://orcid.org/0000-0002-7518-8955?lang=pt>

### **Sarah Fernanda de Almeida Martins**

Universidade Federal de Viçosa  
Viçosa - Minas Gerais  
<https://orcid.org/0009-0008-6865-5827>

### **Fernanda Lamede Ferreira de Jesus**

Universidade Federal da Grande  
Dourados  
Dourados – Mato Grosso do Sul (Brasil)  
<https://orcid.org/0000-0002-9183-6326>

### **Marcos Antônio Pereira da Fonseca Maltez**

Universidade Federal Rio Grande do Sul  
Porto Alegre – Rio Grande do Sul  
<https://orcid.org/0000-0003-0941-8051>

### **Cássio Furtado Lima**

Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia do Pará - IFPA  
<https://orcid.org/0000-0001-5461-1809>  
<http://lattes.cnpq.br/4218769196783818>

### **Matheus Mendes Reis**

Instituto Federal do Norte de Minas Gerais  
(IFNMG)  
Januária - Minas Gerais (Brasil)  
<https://orcid.org/0000-0003-2100-2438>

### **Rafaella Resende Andrade**

Universidade de Florença  
Florença – Toscana (Itália)  
<https://orcid.org/0000-0003-3182-0741>

### **Fabiane de Fátima Maciel**

Universidade de Federal Viçosa  
Viçosa – Minas Gerais (Brasil)  
<https://orcid.org/0000-0002-7117-6965>

### **Laura Thebit de Almeida**

Instituto Federal do Norte de Minas Gerais  
Januária - Minas Gerais  
<https://orcid.org/0000-0002-4501-134X>

### **Irene Menegali**

Universidade Federal de Minas Gerais  
<https://orcid.org/0000-0001-5323-4693>

### **Ariadna Faria Vieira**

Universidade Estadual do Piauí  
Uruçuí- Piauí (Brasil)  
<https://orcid.org/0000-0002-1185-4269>

### **Silvana Ferreira Bicalho**

Universidade Estadual do Sudoeste da  
Bahia  
Vitória da Conquista - Bahia (Brasil)  
<https://orcid.org/0000-0002-5502-6430>

**RESUMO:** A definição de sensoriamento remoto é claramente especificada ao afirmar que a captura de imagens de um objeto é realizada pelo sensor através de medições da radiação eletromagnética, como a luz solar refletida da superfície de qualquer objeto. Somente sensores que obtenham imagens por meio da detecção direta da radiação eletromagnética devem ser categorizados como sensoriamento remoto. Nos últimos quatro decênios, o planeta Terra tem sido objeto de observação e análise por meio de sensores de imagem, os quais registram uma ampla gama de fenômenos presentes em sua superfície, incluindo quaisquer mudanças que possam ocorrer. Essa abordagem visa principalmente adquirir imagens periódicas para monitorar o meio ambiente em escala global, com o intuito de fornecer informações mais precisas sobre os recursos naturais, sejam eles renováveis ou não. Com base no exposto, o objetivo desta revisão de literatura é elucidar os aspectos históricos do sensoriamento remoto, destacando seus princípios, conceitos e aplicações em diversas áreas científicas e correlatas. Além disso, será abordada a caracterização dos sensores empregados no processo de captura de imagens. Por meio desta revisão de literatura, constatou-se que o sensoriamento remoto é fundamental para o monitoramento e o estudo de diversos aspectos da Terra, incluindo vegetação, cobertura do solo, uso da terra e mudanças ambientais ao longo do tempo. Seu histórico revela uma evolução constante em termos de tecnologia e aplicações. Dessa forma, compreender os princípios e conceitos do sensoriamento remoto é a base para realizar a exploração dos dados e transformá-los em informações úteis e influentes para tomadas de decisão. Neste contexto, os índices de vegetação são ferramentas essenciais para extração de dados de áreas vegetadas, permitindo avaliar a saúde, a densidade e a distribuição da vegetação em diferentes ambientes, possibilitando adquirir e analisar dados que sem o uso dos índices de vegetação não seria possível.

**PALAVRAS-CHAVE:** Processamento de imagens, sensores, ondas eletromagnéticas, NDVI.

## REMOTE SENSING AND VEGETATION INDICES: CONCEPTS AND APPLICATIONS - LITERATURE REVIEW

**ABSTRACT:** The definition of remote sensing is clearly specified by stating that capturing images of an object is performed by the sensor through measurements of electromagnetic radiation such as sunlight reflected from the surface of any object. Only sensors that obtain images through direct detection of electromagnetic radiation should be categorized as remote sensing. Over the last four decades, planet Earth has been the object of observation and analysis using image sensors, which record a wide range of phenomena present on its surface, including any changes that may occur. This approach mainly aims to acquire periodic images to monitor the environment on a global scale, with the aim of providing more accurate information about natural resources, whether renewable or not. Based on the above, the objective of this literature review is to elucidate the historical aspects of remote sensing, highlighting its principles, concepts and applications in various scientific and related areas. Furthermore, the characterization of the sensors used in the image capture process will be addressed. Through this literature review, it was found that remote sensing is fundamental for monitoring and studying various aspects of the Earth, including vegetation, land cover, land use and environmental changes over time. Its history reveals constant evolution in terms of technology and applications. Therefore, understanding the principles and concepts of remote

sensing is the basis for exploring data and transforming it into useful and influential information for decision-making. In this context, vegetation indices are essential tools for extracting data from vegetated areas, allowing to evaluate the health, density and distribution of vegetation in different environments, making it possible to acquire and analyze data that would not be possible without the use of vegetation indices.

**KEYWORDS:** Image processing, sensors, electromagnetic waves, NDVI.

## INTRODUÇÃO

Os recursos naturais e o meio ambiente terrestre passam por mudanças constantes, resultantes tanto da evolução natural quanto das atividades humanas. Compreender a complexa interação dos fenômenos que desencadeiam essas mudanças requer observações em uma ampla gama de escalas temporais e espaciais. A observação da Terra por meio de satélites emerge como a abordagem mais eficaz e econômica para coletar os dados necessários para monitorar e modelar esses fenômenos, especialmente em países de vasta extensão territorial, como o Brasil (Ferreira et al., 2011; Reis et al., 2017; Sano et al., 2019; Dong et al., 2021).

A utilização de softwares especializados para o processamento de imagens permite a geração de produtos com diversas características, como diferentes composições de cores, ampliações de áreas específicas e classificações temáticas dos objetos identificados nas imagens. Isso resulta na produção de mapas temáticos que são fundamentais para estudos em diversas áreas, incluindo geologia, vegetação, uso do solo, relevo, agricultura, rede de drenagem, inundações, entre outros (Mito, 2016; Neves et al., 2020; Jiang et al., 2022).

Neste contexto, ao longo das últimas quatro décadas, o planeta Terra tem sido alvo de observação e análise por meio de sensores de imagem, os quais registram uma ampla gama de fenômenos presentes em sua superfície, incluindo quaisquer mudanças que possam ocorrer. Essa abordagem visa principalmente adquirir imagens periódicas para monitorar o meio ambiente em escala global, com o intuito de fornecer informações mais precisas sobre os recursos naturais, sejam eles renováveis ou não.

Independentemente do propósito das imagens, é essencial compreender como ler e processar os dados digitais das mesmas. O acesso generalizado a computadores, aliado ao desenvolvimento de programas de fácil utilização e interfaces gráficas amigáveis, tornou essa tarefa significativamente mais acessível do que era quando as primeiras imagens de satélite só podiam ser interpretadas por especialistas em computação, utilizando computadores que ocupavam o espaço de uma sala inteira. Atualmente, os programas disponíveis para processamento de imagens de sensoriamento remoto não exigem habilidades avançadas em computação por parte dos usuários. O que se tornou mais relevante é o entendimento da formulação matemática ou estatística dos algoritmos, dos diversos métodos de processamento de imagens e das transformações realizadas nelas, a

fim de extrair o máximo de informações possível, muitas vezes não perceptíveis à primeira vista (Mahaut et al., 2020; Scher et al., 2020).

Nesse contexto, as imagens provenientes de sensores remotos podem ser adquiridas por meio de uma diversidade de plataformas, incluindo satélites, aeronaves, veículos aéreos não tripulados (VANTS) e máquinas agrícolas autopropelidas. O sensoriamento remoto (SR) abrange uma série de aplicações, entre as quais se destacam: (a) a estimativa da biomassa e produtividade das culturas; (b) o monitoramento do estresse hídrico e vigor das plantas; e (c) a avaliação do estágio fenológico (Brandão, 2009; Herbest, 2019).

Uma das primeiras aplicações dos dados adquiridos remotamente é a detecção de variações na refletância, relacionadas à densidade da cobertura vegetal. A radiometria espectral constitui uma área de suma importância no contexto do sensoriamento remoto, podendo ser realizada mediante medidas efetuadas em laboratório ou em campo. Essa abordagem permite a identificação da intensidade com que diferentes materiais, como solos, rochas e vegetação, refletem a radiação eletromagnética em diversos comprimentos de onda do espectro (Brandão et al., 2008).

Assim, os dados de refletância têm sido correlacionados com características das plantas, como índice de área foliar, biomassa ou fração interceptada de radiação fotossinteticamente ativa. Na agricultura, as propriedades da refletância em cada faixa do espectro eletromagnético podem ser mais precisamente avaliadas por meio de combinações matemáticas de diferentes bandas espectrais (Atzberger, 2013). Tais transformações, medidas da atividade vegetal, empregam especialmente as faixas do visível e infravermelho próximo (NIR - Near Infrared) e são denominadas índices de vegetação (IVs). Para compreender a criação dos IVs, é necessário um entendimento mais aprofundado da resposta espectral da vegetação.

Com base no exposto, o propósito desta revisão de literatura é elucidar os aspectos históricos do sensoriamento remoto, destacando seus princípios, conceitos e aplicações em diversas áreas científicas e correlatas. Além disso, será abordada a caracterização dos sensores empregados no processo de captura de imagens.

## **REVISÃO DE LITERATURA**

### **Histórico do sensoriamento remoto**

O sensoriamento remoto teve suas origens impulsionadas pelo avanço da exploração espacial, especialmente durante a corrida espacial na década de 60. Neste cenário, o desenvolvimento de foguetes lançadores permitiu o envio de satélites artificiais ao espaço para diversas finalidades, incluindo os satélites meteorológicos. Estes, inicialmente destinados à observação das condições atmosféricas, acabaram por ocasionar os primeiros passos do sensoriamento remoto ao revelar imagens da superfície terrestre (Meneses e Almeida, 2012).

O período também testemunhou o lançamento dos primeiros foguetes tripulados, como parte dos programas Mercury, Gemini e Apollo (Chuvieco e Huete, 2016). Estas missões não apenas proporcionaram as primeiras fotos da Terra do espaço, mas também introduziram experimentos de fotografia multiespectral, abrindo caminho para uma compreensão mais profunda das feições geológicas e ambientais do nosso planeta. Esses avanços foram basilares para o promissor futuro do sensoriamento remoto, destacando sua capacidade de coletar dados de maneira sistemática e abrangente (Meneses e Almeida, 2012; Chuvieco e Huete, 2016).

A combinação entre satélites artificiais e sensores imageadores marca um dos maiores benefícios do desenvolvimento tecnológico para o levantamento dos recursos naturais terrestres. Um marco significativo foi o lançamento do primeiro satélite de sensoriamento remoto, o Landsat 1, em 1972 (Meneses e Almeida, 2012). Esse satélite permitiu a obtenção simultânea de imagens em diferentes faixas espectrais. Desde então, diversos países desenvolveram programas de sensoriamento remoto, resultando em uma rede global de satélites orbitais que fornecem imagens em várias faixas espectrais e parâmetros de resolução, abrangendo desde sensores hiperespectrais até sensores de alta resolução espacial, possibilitando monitorar e analisar detalhadamente as mudanças na superfície terrestre em escala global (Meneses e Almeida, 2012).

## **Princípios e conceitos do sensoriamento remoto**

Sensoriamento remoto (SR) é uma tecnologia capaz de captar imagens da superfície terrestre sem haver a necessidade do contato físico direto do sensor e objeto alvo. Neste sentido, existe uma definição científica que pode ser atribuída ao termo SR é “Ciência que visa o desenvolvimento da obtenção de imagens da superfície terrestre por meio da detecção e medição quantitativa das respostas das interações da radiação eletromagnética com os materiais terrestres” (Meneses e Almeida, 2012; Chuvieco e Huete, 2016).

A definição de sensoriamento remoto é claramente especificada ao afirmar que a captura de imagens de um objeto é realizada pelo sensor por meio de medições da radiação eletromagnética, como a luz solar refletida da superfície de qualquer objeto. É estabelecido que apenas sensores que obtenham imagens por meio da detecção direta da radiação eletromagnética devem ser categorizados como sensoriamento remoto (Meneses e Almeida, 2012; Lillesand et al., 2015).

Com base na definição apresentada, é notório que o entendimento das interações entre a Radiação Eletromagnética (REM) e os diversos materiais (rochas, solos, vegetação, água, construções humanas etc.) é basilar para a interpretação dos dados coletados por diferentes sensores (Chuvieco e Huete, 2016).

A definição destacada enfatiza a importância de compreender as interações entre a Radiação Eletromagnética (REM) e os materiais (como rochas, solos, vegetação,

água, construções humanas, etc.) para interpretar os dados coletados por diferentes sensores. Sendo assim, entender a natureza da radiação eletromagnética começa com o reconhecimento de sua dualidade: ela é simultaneamente onda e energia (Lillesand et al., 2015; Chuvieco e Huete, 2016).

O entendimento da dualidade é fundamental para o Sensoriamento Remoto (SR), pois em qualquer análise de imagem, a coexistência da radiação eletromagnética tanto na forma de onda quanto na forma de energia deve ser considerada. Esse princípio é essencial para explicar todas as observações relacionadas às características dos objetos em estudo. (Lillesand et al., 2015; Chuvieco e Huete, 2016).

Diante desse fato, uma característica da REM utilizada profundamente na análise e na extração de informações das imagens provenientes do SR é o espectro eletromagnético. Este é uma representação gráfica que mostra a distribuição da radiação eletromagnética em diferentes regiões, organizadas de acordo com o comprimento de onda e a frequência (Lillesand et al., 2015), como é possível verificar na Figura 1.

Vale destacar que a radiação eletromagnética abrange uma gama de comprimentos de onda e frequências, desde ondas de rádio com baixa energia e longos comprimentos de onda até raios gama com alta energia e curtíssimos comprimentos de onda (Figura 1). Os comprimentos de onda e as diversas combinações entre eles podem ser utilizado para detecção e extração de informações de uma imagem de SR. Neste contexto trabalha-se com um conceito extremamente importante para o SR, que é a assinatura espectral (Lillesand et al., 2015).

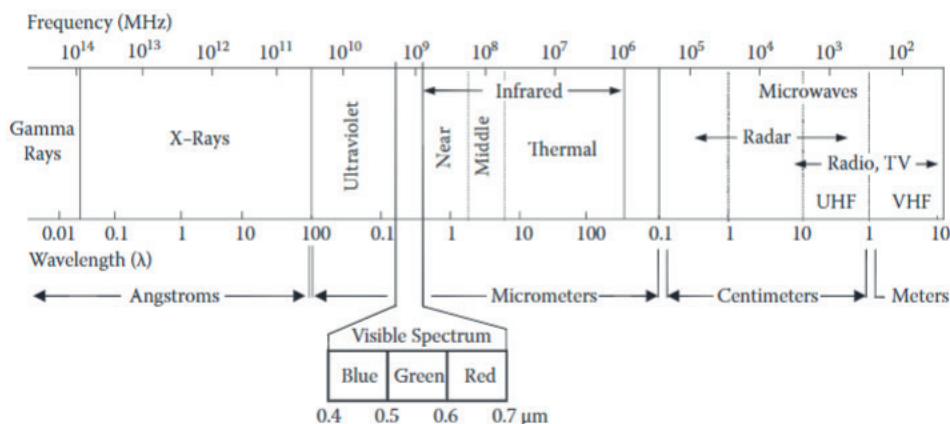


Figura 1. Espectro eletromagnético com destaque o espectro visível.

Fonte: Chuvieco e Huete (2016)

Viana (2020) enfatiza a importância da Assinatura Espectral, definida como a resposta dos objetos presentes na superfície terrestre à radiação eletromagnética (REM) incidente, a qual é intrinsecamente dependente da estrutura atômica e molecular desses alvos. É salientado que os objetos absorvem uma parte da energia radiante proveniente do sol e refletem outra parte, em determinadas faixas do espectro, conhecidas como bandas de absorção. A interação da radiação solar varia de acordo com a composição físico-química de cada alvo ou objeto, assim como suas características geomorfológicas.

Deste modo, a assinatura espectral é uma representação gráfica das variações na refletância de um material em diferentes comprimentos de onda do espectro eletromagnético (Figura 2). Essa assinatura é utilizada para identificar e caracterizar diferentes tipos de materiais na superfície terrestre, tendo em vista que cada material possui uma assinatura espectral única devido às suas propriedades físicas, químicas e biológicas específicas (Chuvienco e Huete, 2016). Dessa forma a assinatura espectral pode ser utilizada para identificação de materiais, classificação de uso da terra, monitoramento ambiental, planejamento e gerenciamento agrícola, gerenciamento de desastres, dentre outras inúmeras possibilidades.

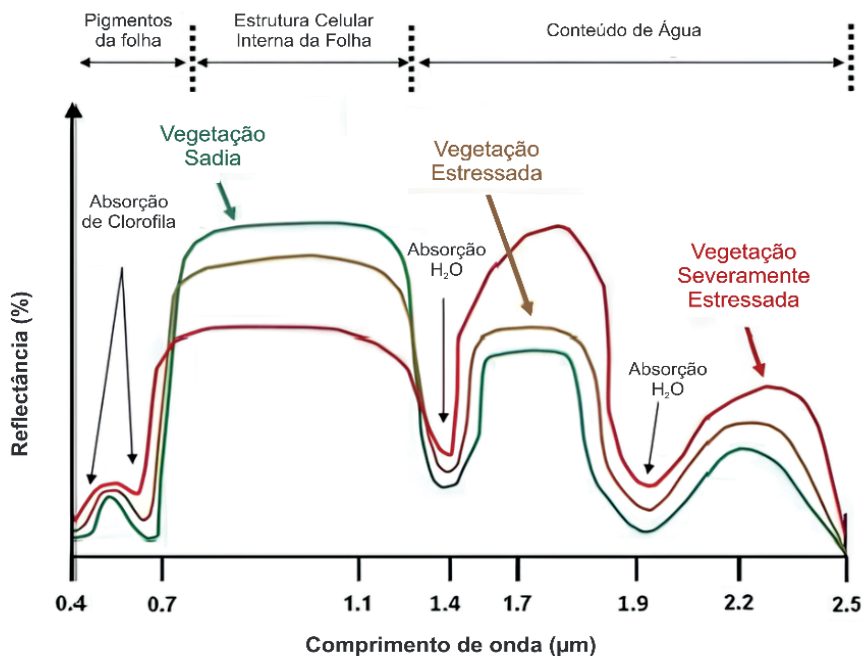


Figura 2. Assinatura espectral da folha sob diferentes graus de estresse

Fonte: SOUZA et al. (2008)



No SR, diferentes sensores são projetados para capturar informações em regiões específicas do espectro eletromagnético, permitindo a análise detalhada das características das feições terrestres. Por exemplo, sensores infravermelhos são sensíveis à temperatura e à vegetação, enquanto sensores ópticos capturam imagens com base na reflexão da luz visível (Chuvienco e Huete, 2016).

## **Características dos sensores aplicados no sensoriamento remoto**

Os sensores remotos são dispositivos que captam a energia eletromagnética emitida por objetos, convertendo-a em sinais elétricos. Esses sinais são registrados e podem ser armazenados ou transmitidos em tempo real. Posteriormente, são convertidos em informações que descrevem as características dos objetos na superfície terrestre. Esses sensores podem ser instalados em plataformas terrestres (tratores), aéreas (como balões, helicópteros e aviões) ou orbitais (satélites artificiais) (Chuvienco e Huete, 2016).

Um sensor remoto apresenta diferentes características para realizar a aquisição de dados por meio da REM, dentre essas características pode-se citar a resolução espacial, espectral, radiométrica e temporal. A resolução espacial refere-se à capacidade do sensor em distinguir objetos na superfície terrestre. Ela depende do tipo de detector utilizado e da altura em que o sensor está posicionado em relação ao objeto observado (Meneses e Almeida, 2012).

Já a resolução espectral diz respeito à largura do intervalo espectral que o sensor opera. Quanto maior o número de bandas espectrais e mais estreitas as faixas de comprimento de onda, melhor será a capacidade do sensor em captar diferentes características espectrais dos materiais. A resolução radiométrica está relacionada com a capacidade do sensor em detectar pequenas variações na energia refletida ou emitida pelos elementos da cena. Uma maior capacidade de quantização resulta em uma melhor qualidade visual da imagem. Por fim, a resolução temporal refere-se à frequência com que o sensor pode adquirir informações sobre o objeto ao longo do tempo (Meneses e Almeida, 2012; Chuvienco e Huete, 2016).

Neste sentido, tais características dos sensores são fundamentais para diferentes aplicações (manejo e gerenciamento de culturas, gestão ambiental, planejamento urbano etc.). Uma vez que a qualidade do sensor utilizado influi na precisão dos dados e, consequentemente na tomada de decisão de pode ser gerada por meio destes (Chuvienco e Huete, 2016).

## Índices de vegetação

Os índices de vegetação (IVs) são fórmulas matemáticas que usam a relação entre dois ou mais comprimentos de onda de luz refletida pelas plantas para destacar uma propriedade específica da vegetação. Eles são elaborados usando as propriedades de refletância da vegetação, assim cada um é calculado para acentuar propriedades particulares da vegetação (clorofila, biomassa, saúde etc.). Por isso, existem vários tipos de IVs, cada um com suas próprias vantagens e limitações (Lillesand et al., 2015; Chuvieco e Huete, 2016).

Vale destacar que o conceito de um índice de vegetação baseia-se nas maneiras distintas pelas quais a vegetação interage com a luz. Quando a luz solar atinge uma planta, certos comprimentos de onda são absorvidos pela fotossíntese, principalmente nas partes azul (em torno de 450 nm) e vermelha (em torno de 660 nm) do espectro. Por outro lado, a luz verde (em torno de 550 nm) e a luz infravermelha próxima (NIR, em torno de 800 nm) são refletidas. Essa resposta espectral característica é capturada na forma de IVs e com ela é possível realizar a elaboração de imagens com a feição vegetativa da área (Knipling, 1970; Lillesand et al., 2015).

Neste sentido, os IVs tornaram-se uma ferramenta indispensável na agricultura, fornecendo um meio quantitativo de avaliar e monitorar diversas características das plantas (Gitelson e Merzlyak, 1998; Chuvieco e Huete, 2016). Eles tradicionalmente são utilizados para monitorar a saúde das culturas, florestas e mudanças fenológicas, fornecendo informações para o gerenciamento de recursos agrícolas e florestais (Fensholt et al., 2009; Lillesand et al., 2015).

Dessa forma, pesquisas têm sido realizadas com diferentes IVs, cada um servindo a um propósito único e oferecendo diferentes vantagens dependendo do tipo de sensor e das condições de campo (Radocaj et al., 2023). Diante disso, para verificar quais são os IVs mais utilizados os autores Radocaj et al. (2023) avaliaram 4098 artigos científicos publicados na plataforma *Web of Science* considerando os temas “Agricultura de precisão” e “Índice de Vegetação”.

O trabalho desenvolvido revelou que no cenário da agricultura de precisão moderna mundial os IVs mais utilizados são [número de trabalhos sobre o tema, de acordo com os autores Radocaj et al. (2023); Porcentagem absoluta]: Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI - Normalized difference vegetation index) [2200; 53,7%], Índice de Vegetação Melhorado (EVI - Enhanced Vegetation Index) [459; 11,2%], Índice de Vegetação Normalizado pela Cor Verde (GNDVI - Green-normalized difference vegetation index) [329; 8,0%] e Índice de Vegetação Ajustado para o Solo (SAVI - Soil-adjusted Vegetation Index) [225; 5,0%]. Dessa forma, nesta revisão serão abordados esses principais IVs.

### *Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI)*

O NDVI é uma medida amplamente utilizada na avaliação da saúde e densidade da vegetação em diversas áreas, incluindo agricultura, silvicultura e ecologia. Ele é calculado a partir da diferença normalizada entre a refletância na banda do infravermelho próximo (NIR) e na banda do vermelho do espectro eletromagnético (Fernandez-Figueroa et al., 2022), conforme a Equação 1:

$$NDVI = \frac{(NIR - V)}{(NIR + V)} \quad \text{Eq. 1}$$

Onde: NIR é a refletância na banda do infravermelho próximo; V é a refletância na banda do vermelho.

Os valores do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) variam de -1 a +1, sendo que valores mais altos indicam maior densidade e saúde da vegetação (Pettorelli et al., 2005). Este índice é útil para monitorar grandes áreas agrícolas e de copas de florestas, devido à sua sensibilidade ao conteúdo de clorofila, um indicador crucial da atividade fotossintética das plantas. No entanto, é importante ressaltar que o NDVI pode ser afetado pelo ruído do solo e atmosférico. Além disso, em áreas de alta biomassa, como florestas densas, o NDVI pode alcançar um limite de saturação, dificultando a percepção de diferenças na densidade vegetal e na saúde das plantas (Huete et al., 2002).

Além disso, o NDVI tem mostrado seu potencial para estabelecer metodologias de amostragem dentro do campo (Meyers et al., 2020), para o manejo de culturas (Vélez et al., 2019), para o zoneamento de acordo com o vigor da cultura (De Castro et al., 2018), para mapeamento de métricas fenológicas e para estimativa de rendimentos de grãos de trigo (Mirasi et al., 2021).

### *Índice de Vegetação Melhorado (EVI)*

O EVI é uma medida semelhante ao NDVI, utilizada para avaliar a quantidade de vegetação verde. No entanto, o EVI apresenta vantagens sobre o NDVI ao corrigir algumas condições atmosféricas e o ruído de fundo da copa das árvores, tornando-se mais sensível em áreas com vegetação densa. Desenvolvido como um produto para os satélites Terra e Aqua MODIS, o EVI utiliza refletâncias corrigidas atmosféricamente para seu cálculo (Huete et al., 2002). Neste sentido, o cálculo do EVI (Equação 2) utiliza a refletância na banda do azul, que é para corrigir os efeitos dos aerossóis presentes na atmosfera.

$$EVI = 2,5 \frac{(NIR - V)}{(NIR + 6V - 7,5A + 1)} \quad \text{Eq. 2}$$

Onde: NIR é a refletância na banda do infravermelho próximo; V é a refletância na banda do vermelho; A é a refletância na banda do azul.

Vale destacar que existem sensores que não captam a banda azul (A), como é o caso do AVHRR (Kim et al., 2014). Para esses casos os autores Jiang et al. (2008) desenvolveram o EVI2, que requer apenas duas bandas (NIR e V; Equação 3) para a determinação do índice e mesmo assim apresenta grande similaridade com o EVI. O EVI2 deve ser calculado sempre com os valores de refletância corrigido das alterações atmosféricas.

$$EVI2 = 2,5 \frac{(NIR - V)}{(NIR + 2,4V + 1)} \quad \text{Eq. 3}$$

Onde: NIR é a refletância na banda do infravermelho próximo; V é a refletância na banda do vermelho

#### *Índice de Vegetação Normalizado pela Cor Verde (GNDVI)*

Ao substituir a faixa vermelha por verde na fórmula do NDVI, o GNDVI torna-se mais adequado em áreas com maior quantidade de solo exposto ou interferência atmosférica (Equação 4). O GNDVI é um índice que indica a atividade fotossintética da vegetação, sendo considerado como um índice de clorofila. Bausch et al. (2008) argumentam que a refletância em comprimentos de onda verde é mais responsiva às variações na clorofila das folhas e na saúde das plantas.

Neste sentido recomenda-se que o GNDVI seja utilizado nos estágios mais avançados de desenvolvimento de uma cultura (Gitelson e Merzlyak, 1998), pois satura mais tarde que o NDVI (adequado para estimar o vigor da cultura nos estágios iniciais). Além disso, o GNDVI é mais eficaz que o NDVI na detecção de mudanças na vegetação causadas por fatores ambientais, como estresse hídrico, doenças ou deficiências de nutrientes (Sankaran et al., 2015; Gerardo et al., 2022).

$$GNDVI = \frac{(NIR - Ve)}{(NIR + Ve)} \quad \text{Eq. 4}$$

Onde: NIR é a refletância na banda do infravermelho próximo; Ve é a refletância na banda do verde.

#### *Índice de Vegetação Ajustado para o Solo (SAVI)*

O SAVI é uma medida que busca minimizar os efeitos do solo de fundo nos sinais de vegetação em imagens de sensoriamento remoto, tornando sua aplicação útil em áreas com vegetação esparsa. Para realizar esta modificação, o SAVI incorpora um fator de ajuste do solo (L), na equação do NDVI (Equação 1), como é possível verificar na Equação 5. Neste sentido, o fator “L” varia de acordo com as características da refletância do solo, como calor e brilho, e depende da densidade da vegetação que se deseja analisar. Para baixa, média e alta densidade de vegetação, sugere-se o valor de L de 1,00, 0,50 e 0,25, respectivamente (Huete, 1988; Vélez et. al, 2023).

$$SAVI = \frac{(NIR - V)}{(NIR + V + L)} * (1 + L) \quad \text{Eq. 5}$$

Onde: NIR é a refletância na banda do infravermelho próximo; V é a refletância na banda do vermelho; L é fator de ajuste do solo.

Com base na Equação 5 é possível verificar que à medida que o valor do fator “L” é menor, mais o SAVI se aproxima do NDVI e quando esse valor for igual a zero o SAVI será igual a NDVI.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O SR hoje é fundamental para o monitoramento e o estudo de diversos aspectos da Terra, incluindo vegetação, cobertura do solo, uso da terra e mudanças ambientais ao longo do tempo. Seu histórico revela uma evolução constante em termos de tecnologia e aplicações. Dessa forma, compreender os princípios e conceitos do SR é a base para realizar a exploração dos dados e transformação destes em informações úteis e influentes para tomadas de decisão.

Neste contexto, os índices de vegetação são ferramentas essenciais para extração de dados de área vegetadas. Eles permitem avaliar a saúde, a densidade e a distribuição da vegetação em diferentes ambientes, possibilitando adquirir e analisar dados que sem o uso dos IVs não seria possível. Dentre os diferentes IVs, o NDVI é o mais amplamente utilizado, mas outros índices, como o EVI, GNDVI e SAVI, oferecem vantagens em certos contextos, como a capacidade de compensar o efeito do solo e a sensibilidade a diferentes tipos de vegetação. Dessa forma, a definição de qual IV utilizar deve passar pela análise das características do que será estudado (área vegetação, exposição de solo, exposição a diferentes materiais etc.) e de quais informações o estudo irá demandar (saúde da planta, danos por pragas, estresse hídrico etc.).

## REFERÊNCIAS

Bausch, W.C., Halvorson, A. D., Cipra, J. Quickbird satellite and ground-based multispectral data correlations with agronomic parameters of irrigated maize grown in small plots. **Biosystems engineering**, v. 101, n. 3, p. 306-315, 2008.

De Castro, A. I., Six, J., Plant, R. E., Peña, J. M. Mapping crop calendar events and phenology-related metrics at the parcel level by object-based image analysis (OBIA) of MODIS-NDVI time-series: A case study in central California. **Remote Sensing**, v. 10, n. 11, p. 1745, 2018.

Dong, Y., Yin, Y., Li, X., Huang, J., Su, W..., & Wang, H. (2021). Spatial–Temporal Evolution of Vegetation NDVI in Association with Climatic, Environmental and Anthropogenic Factors in the Loess Plateau, China during 2000–2015: Quantitative Analysis Based on Geographical Detector Model. *Remote Sens.*, 13, 4380. <https://doi.org/10.3390/rs13214380>.

Chuvieco, E, Huete, A. **Fundamentals of satellite remote sensing**. CRC press, 433p. 2016.

Fensholt, R., Rasmussen, K., Nielsen, T. T., Mbow, C. Evaluation of earth observation based long term vegetation trends—Intercomparing NDVI time series trend analysis consistency of Sahel from AVHRR GIMMS, Terra MODIS and SPOT VGT data. **Remote Sensing of Environment**, v. 113, n. 9, p. 1886-1898, 2009.

Fernandez-Figueroa, E. G., Wilson, A. E., Rogers, S. R. Commercially available unoccupied aerial systems for monitoring harmful algal blooms: A comparative study. **Limnology and Oceanography: Methods**, v. 20, n. 3, p. 146-158, 2022.

Ferreira, L. G.; Yoshioka, H.; Huete, A.; Sano, E. E. Seasonal landscape and spectral vegetation index dynamics in the Brazilian Cerrado: An analysis within the Large-Scale Biosphere-Atmosphere Experiment in Amazônia (LBA). **Remote Sensing of Environment**, 2003. DOI: 10.1016/j.rse.2002.09.003.

Gerardo, R., de Lima, I. P. Monitoring duckweeds (*Lemna minor*) in small rivers using sentinel-2 satellite imagery: application of vegetation and water indices to the Lis River (Portugal). **Water**, v. 14, n. 15, p. 2284, 2022.

Gitelson, A. A., Merzlyak, M. N. Remote sensing of chlorophyll concentration in higher plant leaves. **Advances in Space Research**, v. 22, n. 5, p. 689-692, 1998.

Huete, A., Didan, K., Miura, T., Rodriguez, E. P., Gao, X., Ferreira, L. G. Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. **Remote Sensing of Environment**, v. 83, n. 1-2, p. 195-213, 2002.

Huete, A. R. A soil-adjusted vegetation index (SAVI). **Remote Sensing of Environment**, v. 25, n. 3, p. 295-309, 1988.

Herbst, I. Análise espaço-temporal da evolução do IBI e NDVI na zona oeste da cidade do Rio de Janeiro/RJ entre 2001 e 2020. **Revista de Geografia**, Juiz de Fora, v. 12, n. 2, p. 139-161, 2022.

Jiang, Z., Huete, A. R., Didan, K., Miura, T. Development of a two-band enhanced vegetation index without a blue band. **Remote Sensing of Environment**, v. 112, n. 10, p. 3833-3845, 2008.

Jiang, F., Deng, M, Long, Y., & Sun, H. Spatial Pattern and Dynamic Change of Vegetation Greenness From 2001 to 2020 in Tibet, China. *Front. Plant Sci.*, 13, 892625. <https://doi:10.3389/fpls.2022.892625>,2022.

Kim, Y., Kimball, J. S., Didan, K., Henebry, G. M. Response of vegetation growth and productivity to spring climate indicators in the conterminous United States derived from satellite remote sensing data fusion. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 194, p. 132-143, 2014.

Knipling, E. B. Physical and physiological basis for the reflectance of visible and near-infrared radiation from vegetation. **Remote Sensing of Environment**, v. 1, n. 3, p. 155-159, 1970.

Lillesand, T., Kiefer, R. W., Chipman, J. **Remote sensing and image interpretation**. John Wiley & Sons, Inc.: Hoboken, NJ, USA, 2015.

Mahaut, L., Fort, F., Violle, C., & Freschet, G.T. Multiple facets of diversity effects on plant productivity: Species richness, functional diversity, species identity and intraspecific competition. *Functional Ecology*, 34(1), 287–298. 2020.

Meneses, P. R., Almeida, T. D. **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. Brasília: Universidade de Brasília (UNB), 2012.

Meyers, J. M., Dokoozlian, N., Ryan, C., Bioni, C., Vanden Heuvel, J. E. A new, satellite NDVI-based sampling protocol for grape maturation monitoring. **Remote Sensing**, v. 12, n. 7, p. 1159, 2020.

Mioto, C.L. Geotecnologias na análise das peculiaridades dos recursos hídricos da planície pantaneira. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, UFMS, Campo Grande, MS, Brasil, 2016.

Mirasi, A., Mahmoudi, A., Navid, H., Valizadeh Kamran, K., Asoodar, M. A. Evaluation of sum-NDVI values to estimate wheat grain yields using multi-temporal Landsat OLI data. **Geocarto International**, v. 36, n. 12, p. 1309-1324, 2021.

Neves, A. K.; Körting, T. S.; Fonseca, L. M. G.; Girolamo Neto, C. D.; Wittich, D.; Costa, G. A. O. P.; HEIPKE, C. Semantic segmentation of brazilian savanna vegetation using high spatial resolution satellite data and u-net. *ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, v. V-3-2020, p. 505-511, 3 ago. 2020. DOI: 10.5194/isprs-annals-V-3-2020-505- 2020

Pettorelli, N., Vik, J. O., Mysterud, A., Gaillard, J. M., Tucker, C. J., Stenseth, N. C. Using the satellite-derived NDVI to assess ecological responses to environmental change. **Trends in ecology & evolution**, v. 20, n. 9, p. 503-510, 2005

Radocaj, D., Šiljeg, A., Marinović, R., Jurišić, M. State of major vegetation indices in precision agriculture studies indexed in web of science: A review. **Agriculture**, v. 13, n. 3, p. 707, 2023.

Reis, t.; Rsoo, g.; Ribeiro, v.; Moutinho, p.; Stábile, m.; Alencar, a.; silva, d. **Oportunidades e desafios climáticos no Cerrado brasileiro**. 2017.

Sankaran, S., Khot, L. R., Espinoza, C. Z., Jarolmasjed, S., Sathuvalli, V. R., Vandemark, G. J., Pavek, M. J. Low-altitude, high-resolution aerial imaging systems for row and field crop phenotyping: A review. **European Journal of Agronomy**, v. 70, p. 112-123, 2015.

Scher, C.L. et al. (2020). Application of remote sensing technology to estimate productivity and assess phylogenetic heritability. *Applications in Plant Sciences*, 8(11), e11401. doi:10.1002/aps3.1140.

Souza, C. R., Augusto, V., Oliveira, W. J., Lammoglia, T. Detecção de exsudações de hidrocarbonetos por geobotânica e sensoriamento remoto multi-temporal: estudo de caso no Remanso do Fogo (MG). **Brazilian Journal of Geology**, v. 38, n. 2, p. 228-243, 2008.

Vélez, S., Martínez-Peña, R., Castrillo, D. Beyond vegetation: A review unveiling additional insights into agriculture and forestry through the application of vegetation indices. **J Multidisciplinary Scientific Journal**, v. 6, n. 3, p. 421-436, 2023.

Vélez, S., Rubio, J. A., Andrés, M. I., Barajas, E. Agronomic classification between vineyards ('Verdejo') using NDVI and Sentinel-2 and evaluation of their wines. **Vitis**, 2019.

Viana, J. Conceitos Básicos de SR. 2020. Disponível em: <http://www.ufrjr.br/institutos/it/de/acidentes/sr0.htm>. Acesso em: 01 de maio de 2024.

## CAPÍTULO 4

# METABOLISMO ENERGÉTICO DO MÚSCULO, CRESCIMENTO E QUALIDADE DA CARNE: UMA REVISÃO

*Data de submissão: 10/04/2024*

*Data de aceite: 03/06/2024*

### **Dayane Albuquerque da Silva**

Universidade Federal Rural de  
Pernambuco, Departamento de Zootecnia  
Recife-PE  
<https://orcid.org/0000-0001-6243-3969>

### **Apolônio Gomes Ribeiro**

Universidade Federal da Paraíba,  
Departamento de Zootecnia  
Areia-PB  
<https://orcid.org/0000-0001-6730-0209>

### **Júlio César dos Santos Nascimento**

Universidade Federal Rural de  
Pernambuco, Departamento de Zootecnia  
Recife-PE  
<https://orcid.org/0000-0003-3107-5876>

### **Daniela Pinheiro de Oliveira**

Universidade Federal Rural de  
Pernambuco, Departamento de Zootecnia  
Recife-PE  
<https://orcid.org/0000-0001-7955-3780>

### **Ricardo Romão Guerra**

Universidade Federal da Paraíba,  
Departamento de Zootecnia  
Areia - PB  
<https://orcid.org/0000-0001-8226-8606>

### **Danila Barreiro Campos**

Universidade Federal da Paraíba,  
Departamento de Ciências Veterinárias  
Areia - PB  
<https://orcid.org/0000-0003-1426-4392>

### **Clara Virgínia Batista de Vasconcelos Alves**

Universidade Federal da Paraíba,  
Departamento de Ciências Veterinárias  
Areia - PB  
<https://orcid.org/0000-0002-7693-8586>

### **Edijanio Galdino da Silva**

Universidade Federal da Paraíba,  
Departamento de Ciências Veterinárias  
Areia - PB  
<https://orcid.org/0000-0002-1123-086X>

### **Camila Guedes Valadares**

Universidade Federal Rural de  
Pernambuco, Departamento de Zootecnia  
Recife - PE  
<https://orcid.org/0009-0000-5320-0426>

### **Hilton Nobre da Costa**

Universidade Federal Rural de  
Pernambuco  
Recife - PE  
<https://orcid.org/0000-0002-3485-3162>

### **Monique Aguiar Siqueira**

Universidade Federal Rural de  
Pernambuco, Departamento de Zootecnia  
Recife-PE  
<https://orcid.org/0000-0002-0367-855X>



**Helia Sharlane de Holanda Oliveira**

Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Zootecnia  
Recife-PE  
<https://orcid.org/0000-0002-4314-4827>

**Maria do Carmo Mohaupt Marques Ludke**

Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Zootecnia  
Recife-PE  
<https://orcid.org/0000-0003-4895-2599>

**Webert Aurino da Silva**

Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Zootecnia  
Recife-PE  
<https://orcid.org/0000-0003-0802-1773>

**Ana Carolina Ferreira dos Santos**

Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Zootecnia  
Recife-PE  
<https://orcid.org/0000-0003-0361-5222>

**RESUMO:** O tecido estriado esquelético desempenha um papel crucial na transformação de energia química em energia cinética para viabilizar a contração muscular, dependendo de substratos energéticos como glicogênio e minerais. Após o abate, o músculo continua a se contrair utilizando suas reservas de glicogênio através da glicólise anaeróbica. A qualidade da carne, por sua vez, é significativamente influenciada por fatores intrínsecos e extrínsecos, moldados pelo sistema de criação, nutrição e manejo pré-abate. Compreender os mecanismos da demanda energética muscular é fundamental para desenvolver estratégias nutricionais e de manejo que aprimorem a qualidade final do produto. Esta revisão tem como objetivo esclarecer as interações do aporte energético muscular na composição e qualidade da carne, utilizando uma abordagem descritiva baseada em uma revisão abrangente da literatura científica atualizada.

**PALAVRAS-CHAVE:** tecido estriado esquelético, contração muscular, qualidade da carne, estratégias nutricionais.

## MUSCLE ENERGY METABOLISM, GROWTH AND MEAT QUALITY: A REVIEW

**ABSTRACT:** Skeletal striated muscle tissue plays a crucial role in transforming chemical energy into kinetic energy to enable muscle contraction, depending on energy substrates such as glycogen and minerals. After slaughter, the muscle continues to contract using its glycogen reserves through anaerobic glycolysis. Meat quality, in turn, is significantly influenced by intrinsic and extrinsic factors, which are shaped by the breeding system, nutrition, and pre-slaughter management. Understanding the mechanisms of muscle energy demand is essential for developing nutritional and management strategies that improve the final quality of the product. This review aims to clarify the effects of muscle energy input on meat composition and quality using a descriptive approach based on a comprehensive review of the updated

scientific literature.

**KEYWORDS:** skeletal striated muscle tissue, muscle contraction, meat quality, nutritional strategies.

## INTRODUÇÃO

O tecido estriado esquelético tem alto potencial em transformar a energia química (ATP), oriunda da oxidação de glicose, corpos cetônicos e ácidos graxos, em energia cinética que confere a contração dos sarcômeros para ocorrer a movimentação muscular (Arrighi, 2018). Este processo se dá por uma série de reações bioquímicas que dependem da disponibilidade dos substratos energéticos, da reserva contida no músculo (glicogênio), do aporte de minerais e do potencial de ação provindo do sistema nervoso (Hargreaves e Spriet, 2020).

A contração muscular é um processo que ocorre com o animal em vida, mas também está presente após o abate (Grgic et al., 2018). Devido a exsanguinação do animal no abate, cessa-se o fornecimento de oxigênio para o músculo, forçando o tecido a utilizar as suas reservas de glicogênio para fornecer ATP através da glicólise anaeróbica (Liu et al., 2015). Sabendo-se que o aporte de glicogênio é influenciado pela nutrição e manejo pré-abate, preconiza-se a utilização de precursores gliconeogênicos que aumentem o reservatório de glicogênio (Liu et al., 2015).

Ao contrário dessa estratégia nutricional, estão os estresses pré-abate que podem depreciar os níveis de glicogênio que alteram negativamente a qualidade da carne, pois o músculo não terá fonte energética suficiente para que ocorra a transformação satisfatória do músculo em carne (Liu et al., 2015; Lonergan et al., 2019). Com isso, busca-se manter um bom manejo para evitar uma carne de má qualidade.

A qualidade da carne é resultado do conjunto de fatores intrínsecos e extrínsecos, que podem ser moldados através do sistema de criação, nutrição e manejo pré-abate, que vão conferir então à carcaça compostos fundamentais para a transformação do músculo em carne (Liu et al., 2015). Deste modo é importante entender os mecanismos da demanda energética do músculo, com a finalidade de estabelecer estratégias nutricionais e de manejo que iram aumentar o aporte de substratos energético, bem como entender as estruturas que compõem o tecido muscular.

Portanto, esta revisão tem por objetivo elucidar as influências do aporte energético muscular sobre a composição e qualidade da carne. A metodologia adotada foi um estudo descritivo, resultando em uma revisão de literatura baseada em artigos científicos mundiais.

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### Crescimento e Desenvolvimento Muscular

O potencial de crescimento e desenvolvimento de um animal e sua composição corporal, ou seja, as proporções do tecido muscular, adiposo e ósseo são geneticamente pré determinados na fase embrionária. Entretanto, interações com fatores ambientais durante o desenvolvimento influenciam o modelo de crescimento e o tamanho maduro (peso no qual a massa corporal de tecido magro cessa de crescer) (Rangel, 2018).

A formação do músculo esquelético é chamada de miogênese. Esta envolve três populações de células precursoras: mioblastos embrionários e fetais, e na fase pós natal, as células satélites que aparecem sequencialmente durante o desenvolvimento. A miogênese é caracterizada por um período de proliferação de células precursoras, seguido pela expressão de genes específicos do músculo e, por fim, fusão dos mioblastos em diferenciação em miotúbulos maduros (Zuk et al., 2004).

No decorrer da miogênese embrionária, os mioblastos embrionários diferenciam-se em fibras primárias, enquanto que durante a miogênese fetal os mioblastos fetais se fundem as fibras primárias tornando uma só, a fim de formar as miofibras secundárias (Murphy e Kardon, 2011). Durante a fase embrionária e neonatal, o crescimento da miofibrila ocorre por um rápido aumento dos números na concentração mionuclear, enquanto que no adulto a hipertrofia da miofibrila pode ocorrer na ausência de adição mionuclear. Entretanto não se sabe ao certo quais fatores (intrínsecos ou extrínsecos) exercem influências sobre a miogênese a ponto de gerar diferenciações dos mioblastos (Murphy e Kardon, 2011).

O crescimento muscular tem ponto de partida do dermomiótome, na qual iniciam uma extensiva proliferação em locais já pré determinados dos músculos, e que se fusionam para formar as miofibrilas. Vale ressaltar que apesar de comporem o músculo estriado esquelético, os músculos esqueléticos da cabeça, dorso, abdômen, e dos membros tem diferentes linhagens no embrião (Dal Pai-Silva e Carvalho, 2007).

Os músculos da cabeça são originários diretamente dos mioblastos do mesoderma cranial. Os mioblastos que formam os músculos dos membros e do tronco têm sua origem nos sômitos. Músculos axiais (longo dorsal) derivam da porção dorso medial ou epaxial do miotomo, já músculos abdominais derivam da porção ventro-lateral ou hipaxial do miotomo (Arrighi, 2018).

Os sômitos anteriores se desenvolvem antes dos posteriores, portanto existe um gradiente temporal na migração dos mioblastos, sendo que os membros anteriores se desenvolvem antes que os posteriores. Após a migração, os mioblastos proliferam extensivamente em locais presumíveis dos músculos e são agregadas dentro destes locais massas ventralmente e dorsalmente antes dos músculos individuais se formarem. Indicações posicionais para que os mioblastos migrem e posteriormente haja a formação dos músculos individuais dentro dos membros são fornecidas pela expressão do gene *hox* e as cartilagens são originadas a partir do botão mesenquimal (Peterson et al., 2011; Arrighi, 2018).

A transcrição do DNA para a formação muscular é controlada por proteínas que funcionam primariamente como ativadoras da transcrição, que se ligam ao DNA através de sítios específicos conhecidos como E-box, são conhecidos quatro, MyoD, Migenina, Myf5 e o MRF4. Os Myf5 e o MyoD permitem que os miócitos na fase embrionária se diferenciem entre si, já a miogenina e o MRF4 regulam a diferenciação dessas células em fibras musculares (Santos, 2012; Carlson, 2009).

Na miogênese secundária há um aumento de aproximadamente 40 vezes o número das células musculares semitendioso, este fenômeno é denominado de hiperplasia. Após o nascimento as células musculares recebem informações na qual aumentam seu tamanho em ritmo acelerado até alcançar a maturidade, denominando a hipertrofia, pois é onde haverá o crescimento ou adição de novos sarcômeros, aumentando assim o diâmetro ou deposição de proteínas miofibrilares (Arrighi, 2018).

O período fetal determina o número final de fibras no adulto, além de fatores genéticos como o sexo, onde os machos apresentam maior número de fibras musculares que as fêmeas no mesmo músculo. Ao nascer, o animal contém informações codificadas no DNA que estão estreitamente correlacionadas com o crescimento muscular e são determinantes no potencial de crescimento e na quantidade de massa muscular no animal adulto. Os núcleos derivados das células satélites começam a sintetizar proteínas musculares específicas que aumentam o volume das fibras musculares através da formação de novos sarcômeros, em posição externa às miofibrilas existentes (Dal Pai-Silva e Carvalho, 2007).

Uma vez formado o músculo, podemos classifica-los pelo tipo das fibras musculares em maior abundância naquele segmento, sendo então classificados como fibras vermelhas tipo I, intermediárias tipo II A e fibras brancas tipo II B. As fibras tipo I, são formadas por células oxidativas de contração lenta e que são caracterizadas pela abundância de mitocôndrias e vasos sanguíneos que conferem ao músculo um grande aporte de ATP tornando-o resistente a fadiga. Em contra partida, as fibras tipo II A são de contração rápida e de metabolismo oxidativo e glicolítico, por isso é denominada de intermediárias. Já as fibras tipo II B, são formadas por células glicolíticas o que conferem uma contração rápida, entretanto o aporte de ATP é menor devido a presença de poucas mitocôndrias, levando ao músculo uma maior fadiga (Santos, 2012; Grgic et al., 2018).

É importante entender a formação do músculo estriado esquelético, assim como a sua estrutura, pois só assim podemos compreender a demanda energética para a manutenção do músculo, assim como para a sua atividade. Vale ressaltar que dentre as categorias animal existem diversos fatores que podem influenciar na deposição das fibras, bem como o tipo, sendo poderá haver algumas particularidades, como é o caso dos bovinos belgian blue que possuem mutação no gene da miostatina, fazendo com que não ocorra a inibição do crescimento muscular. Mas em geral a miogênese e a demanda energética são bem comuns aos animais de produção zootécnica, havendo apenas maior diferença para a composição da carcaça que interferirá na qualidade da carne.

## Tecido Muscular Estriado Esquelético e suas Estruturas

O músculo estriado esquelético é caracterizado pelas estriações transversais ao longo das fibras musculares, formadas pela disposição e/ou organização das duas principais proteínas contráteis do músculo: Actina e Miosina. Devido a sua composição estrutural, também pode-se definir o músculo estriado como o transdutor de energia, que converte a energia química (ATP) em energia cinética (movimento) (Shadrin et al., 2016).

O músculo estriado esquelético é coberto por tecido conjuntivo que dependendo do seu local podemos chamá-los de epimísio, perimísio e endomísio. O epimísio é o tecido conjuntivo que envolve todo o músculo na parte exterior, e suas ramificações para dentro do musculo dão origem ao perimísio que rodeia cada fascículo e o endomísio que reveste cada fibra muscular (Astruc, 2014; Maynard e Downes, 2019).

Este músculo é composto de fibras musculares, onde a mesma é constituída por milhares de miofilamentos paralelos que abrigam a unidade contrátil do músculo, o sarcômero (Figura 1). O sarcômero compreende o segmento entre as duas linhas Z consecutivas e é a unidade contrátil da fibra muscular, pois é a menor porção da fibra com capacidade de contração e distensão (Shadrin et al., 2016).

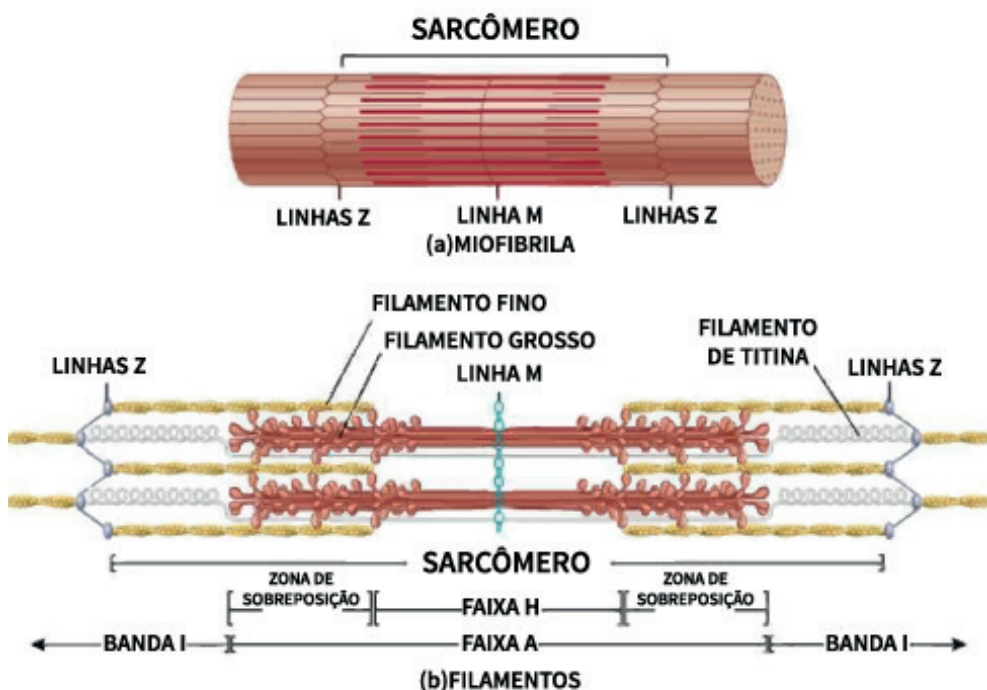


Figura 1. Estruturas que compreendem o sarcômero.

Fonte: (Adaptado de Nelson e Cox, 2014).

O sarcômero por sua vez é dividido em linhas, bandas e faixas que abrigam as estruturas proteicas que são responsáveis pela contração muscular. A limitação do sarcômero é entre as linhas Z, onde estão dispostas a faixa escura denominada de faixa A e as faixas claras Banda I. O centro da faixa A abriga a faixa H que é formada exclusivamente pela miosina, onde no centro desta banda encontra-se a linha M que são formadas por um arranjo hexagonal de proteínas que ligam os filamentos da miosina adjacentes (Shadrin et al., 2016).

Os filamentos finos também chamado de actina (Figura 2), é composto por três componentes proteicos, a actina F e G que se fundem para formar uma única actina, troponina I, T e C e a tropomiosina. Estes componentes se agregam formando o filamento fino que constituem a Banda I do sarcômero e que também penetram na faixa A. Todo o filamento fino é fixado pela titina na linha Z e é esta proteína de alto peso molecular que dá a elasticidade muscular evitando um estiramento excessivo do músculo (Squire, 2019).

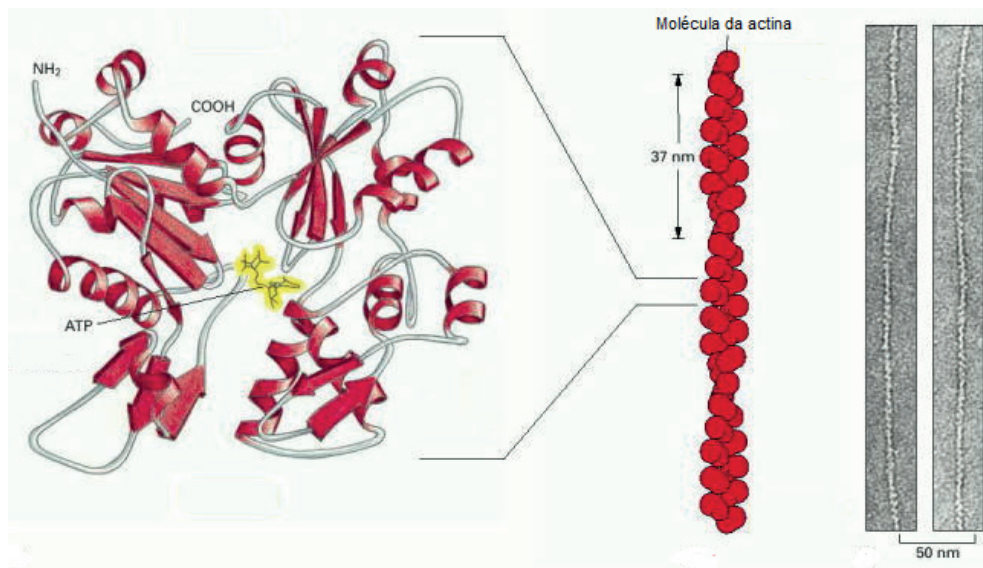


Figura 2. Estrutura do filamento da actina.

Fonte: (Adaptado de Alberts et al., 2002).

Os filamentos grossos ou miosina são formados por seis cadeias polipeptídicas sendo duas pesadas e quatro leves (Figura 3). As duas cadeias pesadas enrolam-se formando uma cauda e duas cabeças, onde nesta última porção encontram-se o domínio de ligação com a actina e o sítio de ligação de ATP que atuam como enzimas ATPase. As quatro cadeias leves também fazem parte da cabeça deste filamento (Squire, 2019).

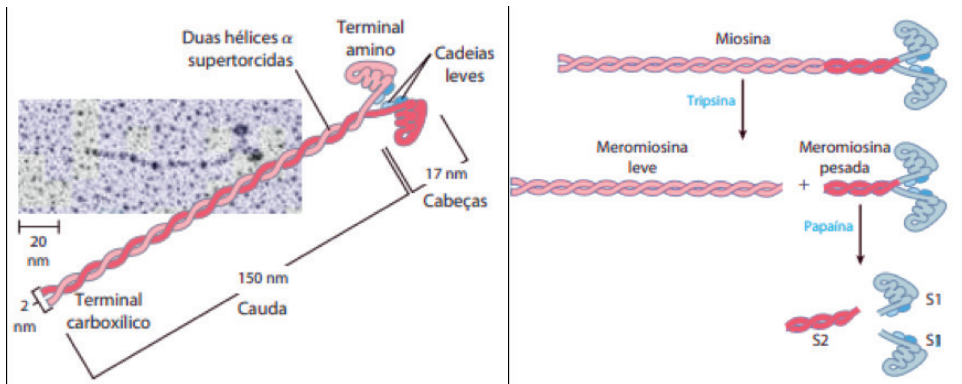
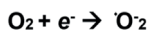


Figura 3. Estrutura do filamento da miosina.

Fonte: (Adaptado de Nelson e Cox, 2014).

## Demanda Energética do Músculo Estriado Esquelético

A realização do movimento muscular requer moedas energéticas que possibilitem a contração da fibra muscular contribuindo para a movimentação. A adenosina trifosfato (ATP) é a molécula energética do qual o corpo necessita em atividades habituais e leves, onde é gerada a partir da oxidação de compostos orgânicos como glicose, ácidos graxos e corpos cetônicos no ciclo de krebs, e que através da fosforilação oxidativa mitocondrial haverá a transferência de elétrons para o oxigênio, gerando o direcionamento para a síntese de ATP (Esquema 1) (Rubinstein-Litwak, 2003).



**Esquema 1.** Transferência de elétrons no ato da fosforilação oxidativa.

O ATP é necessário para as principais atividades enzimáticas que estão relacionadas a excitabilidade da membrana ( $\text{Na}^+ / \text{K}^+$  ATPase), manipulação do cálcio do retículo sarcoplasmático ( $\text{Ca}^{2+}$  ATPase) e ciclagem da ponte cruzada do miofilamento (miosina ATPase) (Hargreaves e Spriet, 2020). Vale ressaltar que o músculo é composto do conjunto de fibras e que a demanda energética vai variar de acordo com os tipos de fibras na qual o músculo é constituído.

A demanda energética do músculo pode se intensificar de acordo com a atividade e movimentos realizados, por exemplo, se o animal está em repouso ou atividade leve, as fontes energéticas a serem utilizadas seriam ácidos graxos, corpos cetônicos e glicose sanguínea que através da oxidação aeróbia fornecem o ATP necessário para a atividade, contudo para essas atividades a produção de energia é constante, porém lenta, por isso em atividades de explosão ou intensa, no qual o animal necessita de energia imediata as fontes orgânicas na qual fornecerão energia seriam o glicogênio armazenado no músculo e a fosfocreatina (Hargreaves e Spriet, 2020, Liu et al., 2015).



O glicogênio do músculo fornece uma fonte de energia rápida para o metabolismo aeróbio e anaeróbio e sua degradação através da enzima glicogênio-fosforilase liberam moléculas de glicose-1-fosfato que é convertida em glicose-6-fosfato pela fosfoglicomutase que catalisa a reação reversível (Esquema 2). A glicose-6-fosfato formada no músculo esquelético a partir do glicogênio pode entrar na glicólise e serve como fonte de energia para a contração muscular (Hargreaves e Spriet, 2020).



**Esquema 2.** Transformação da glicose-1-fosfato em glicose-6-fosfato pela fosfoglicomutase.

O músculo ao utilizar o glicogênio como fonte de energia, acaba gerando o lactato pela via da glicólise. Este lactato por sua vez é transportado para o fígado e convertido em glicose pela via da gliconeogênese. A glicose então formada é liberada na corrente sanguínea e retorna ao músculo para repor o estoque de glicogênio. Esta via completa é chamada de ciclo de Cori (Figura 4) (Harris, 2020).

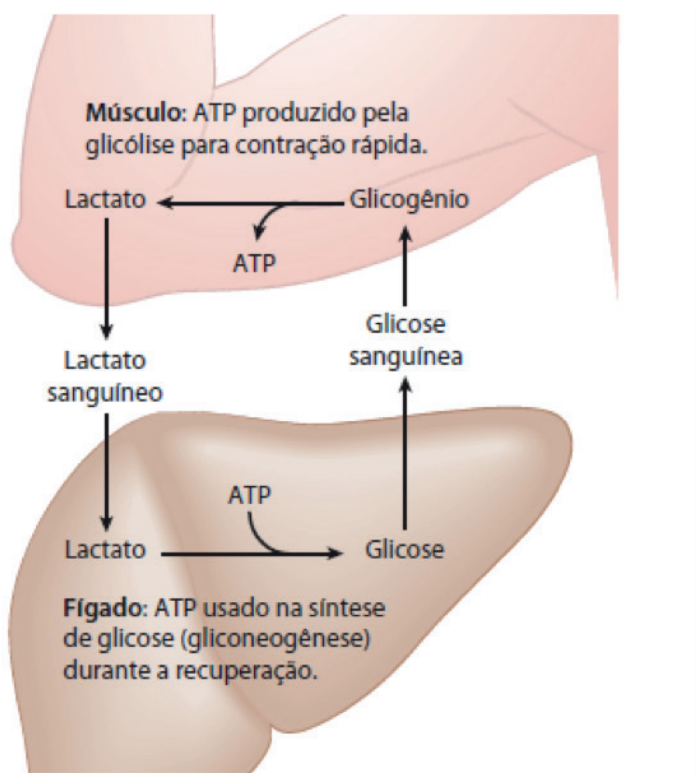


Figura 4. Ciclo de Cori, Glicose → Lactato → Glicose.

Fonte: (Adaptado de Nelson e Cox, 2014).



O uso do glicogênio também ocorre após a exsanguinação, onde sessa-se o aporte de sangue e conseqüentemente de oxigênio dos músculos, isso provoca a degradação e ressíntese de ATP pela via anaeróbica, através da transformação do ácido pirúvico em ácido láctico, ao invés de ser reduzido a acetil-CoA, como ocorre normalmente na via glicolítica na cadeia respiratória. Deste modo haverá acúmulo de ácido láctico no músculo causando a queda do Ph (Lonergan et al., 2019; Harris, 2020).

O acúmulo deste ácido na musculatura do animal em vida pode levar a câibra, que é denominada como um espasmo muscular que leva a contração rápida, involuntária e dolorosa. Este acúmulo leva a fadiga muscular devido ao desequilíbrio de sais minerais provocados no tecido (Harris, 2020).

Nas mesmas situações de atividades explosivas, o músculo esquelético utiliza a fosfocreatina que regenera o ATP de forma rápida a partir de ADP pela reação da creatina-quinase (Figura 5). A creatina envia equivalentes de ATP da mitocôndria para os sítios de consumo de ATP durante a atividade muscular (Guimarães-Ferreira, 2014).

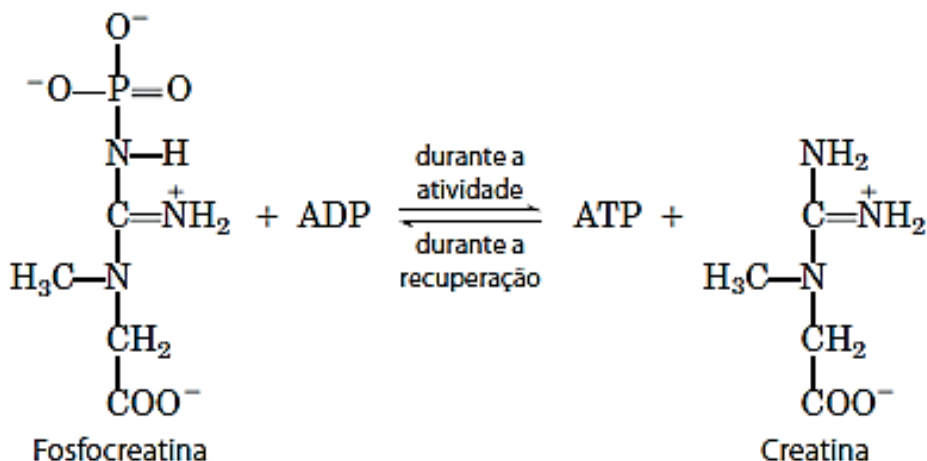


Figura 5. Regeneração do ATP através da fosfocreatina.

Fonte: (Adaptado de Nelson e Cox, 2014).

## Mecanismo da Contração Muscular

A contração muscular se inicia pelo estímulo nervoso no sarcolema, que através da liberação de acetilcolina pelos axônios motores ocorre a abertura dos canais proteicos e a entrada de sódio (Na<sup>+</sup>) e a saída de potássio da fibra muscular, gerando assim o potencial de ação. Esse potencial é propagado através dos túbulos T de uma célula para outra, provocando a liberação de íons de cálcio (Ca<sup>2+</sup>) armazenadas no retículo sarcoplasmático, para as miofibrilas (Squire, 2019).

O cálcio ao se unir a troponina produz alterações conformacionais no complexo de troponina-tropomiosina de tal modo que libera os pontos ativos da actina, permitindo deste modo a união das cabeças de miosina com os sítios ativos da actina. O cálcio é responsável por gerar força atrativa entre os filamentos de actina e miosina, levando ao deslizamento das proteínas (Figura 6) (Shadrin et al., 2016).

Concomitante a este processo, o ATP contido na cabeça da miosina é hidrolisado através da enzima miosina ATPase, sendo liberada energia química que possibilita o movimento das pontes cruzadas e que a actina seja puxada para o centro do sarcômero (Squire, 2019).

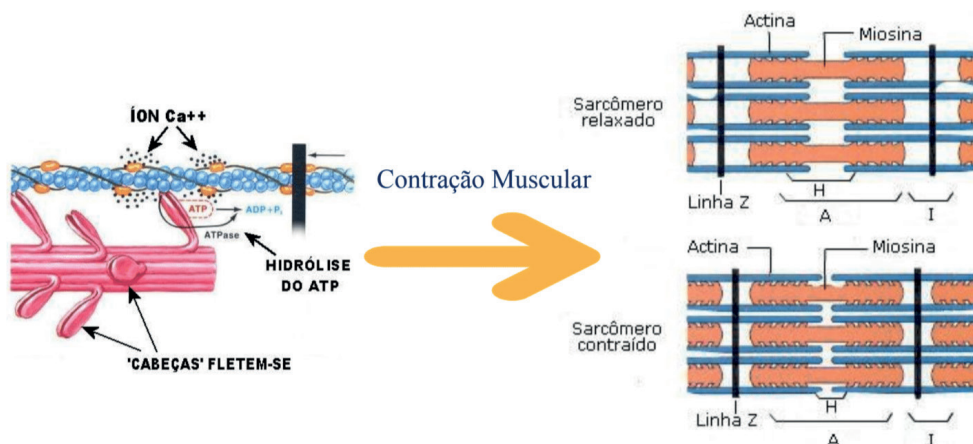


Figura 6. Mecanismo da contração muscular.

Fonte: (Adaptado de Oliveira, 2024 e UNICAMP, 2017).

A ligação do ATP a cabeça da miosina causa a dissociação dos filamentos proteicos, e sua hidrólise provoca uma mudança conformacional possibilitando a miosina se ligar a outros sítios da actina. Com a hidrólise é formado o ADP (adenosina difosfato) + Pi (fosforo inorgânico) que durante o processo da mudança conformacional o Pi é liberado com a finalidade de promover a ligação entre os filamentos. A liberação do Pi desencadeia um movimento de força, promovendo o deslizamento ente os filamentos. Neste processo o ADP é liberado (Squire, 2019).

A contração muscular depende da fonte energética – ATP – e dos íons de cálcio para que ocorra de forma orquestrada as reações bioquímicas que possibilitem o sucesso da contração do sarcômero. A concentração de cálcio pode aumentar de 10 à 100 vezes no músculo que será contraído e só após a contração, os íons de cálcio são bombeados para o reticulo sarcoplasmático e assim o músculo volta a forma relaxada (Hargreaves e Spriet, 2020).

## Influência do Metabolismo Energético Sobre Qualidade da Carne

Após a exsanguinação, no processo de abate animal, cessa-se o aporte de sangue e consequentemente de oxigênio para os músculos, desta forma o músculo utilizará o glicogênio muscular armazenado para gerar ATP pelo processo de glicólise anaeróbica, pois a atividade muscular ainda continua por alguns minutos após este processo (Liu et al., 2015).

Neste processo de utilização de glicogênio há a produção de lactato, entretanto o ciclo de Cori não ocorre, havendo assim o acúmulo do ácido no tecido muscular, levando a diminuição do pH da carcaça. Essa queda do pH causa modificações irreversíveis nas características das proteínas musculares. Após todo o consumo do glicogênio as proteínas contráteis (miosina e actina) formam um complexo actinmiosina indissociável, tornando o músculo contraído e rígido, sendo este processo irreversível (Lonergan et al., 2019).

Em casos de baixo aporte de glicogênio no animal abatido, a faixa de pH ideal (5,3 – 5,5) para a carne não é atingido, afetando também a coloração da carne (Rodrigues e Silva, 2016). Deste modo é importante que haja um período do fornecimento de dietas com precursores gliconeogênicos, com a finalidade de aumentar a reserva de glicogênio muscular e consequentemente melhorar a qualidade da carne (Liu et al., 2015).

Liu et al. (2015), ao avaliar os efeitos do ácido guanidinoacético (GAA) e sua combinação com a betaína na glicólise pós-morte e na qualidade da carne de suínos em terminação, constatou que ambas as suplementações melhoraram a qualidade da carne por meio da regulação de alguns aspectos do metabolismo energético que retarda a glicólise muscular.

Zhang et al. (2019), também constatou que os efeitos da suplementação dietética com GAA para frangos de corte, elevou as concentrações musculares de creatina e fosfocreatina, melhorando a qualidade da carne, devido a melhor administração do gasto de energia muscular, retardando assim a glicólise anaeróbica de frangos de corte.

Tendo ciência disto, o manejo alimentar e o sistema de criação podem proporcionar uma melhora no acabamento da carcaça, devido a reserva energética assim como a deposição de gordura (Engel et al, 2001; Ribeiro et al., 2016; Menezes et al., 2020). A gordura de acabamento é importante, pois a mesma evita com que haja o encurtamento excessivo dos sarcômeros por conta da refrigeração da carcaça.

Contudo, as concentrações de ácidos graxos saturados e insaturados da gordura, podem conferir mudanças no produto final. Em bovinos, devido a biohidrogenação dos ácidos graxos insaturados no rúmen, a presença de ácidos graxos saturados no tecido adiposo é maior em comparação aos animais não-ruminantes (Polan et al., 1964). Os ácidos graxos saturados (C14:0; C16:0; C18:0) elevam os níveis de colesterol sérico em humanos, um aspecto indesejável, por aumentar os fatores de risco à ocorrência de doenças cardiovasculares (Santos e Ramos, 2013).

Em contra partida, os ácidos graxos insaturados (C20:4 $\omega$ 6; C18:2; C18:3) conferem ação hipocolesterolêmica e atuam na proteção contra as doenças cardiovasculares (Santos e Ramos, 2013). Contudo, a presença desses compostos na carcaça pode elevar a incidência de oxidação lipídica, visto que os ácidos graxos insaturados são os substratos para a rancificação (Silva et al., 1999).

Por saber que composição da carne é estreitamente influenciada por diversos fatores, pode-se pensar em estratégias nutricionais e alimentos alternativos que possam proporcionar ao final da criação uma carne de boa qualidade.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O aporte energético do músculo possui estreita relação com a qualidade da carne, bem como os tipos de fibras que são pré-determinadas na fase embrionária, porém muitos fatores pós nascimento interferem no crescimento e desenvolvimento das fibras musculares. Com isso a demanda energética também é influenciada pela disposição dos tipos de fibras musculares, e que podemos interferir nesses fenômenos desde que saibamos as consequências e implicações para todo o sistema de produção.

## REFERÊNCIAS

- ALBERTS, B.; JOHNSON, A.; LEWIS, J.; RAFF, M.; ROBERTS, K.; WALTER, P. **A automontagem e a estrutura dinâmica dos filamentos do citoesqueleto**. In: *Biologia molecular da célula*. 4. ed. 2002., Garland Science, p. 1616.
- ARRIGHI, N. **Definition and classification of stem cells**. In: *Stem Cells*. Elsevier, 2018. p. 1–45.
- ASTRUC, T. **Connective tissue: structure, function, and influence on meat quality**. In: *Encyclopedia of Meat Sciences*. Elsevier, 2014. v. 1, p. 321–328. Doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384731-7.00186-0>
- CARLSON, B. M. **Integumentary, skeletal, and muscular systems**. In: *Human Embryology and Developmental Biology*. Elsevier, 2009. p. 175–212.
- DAL PAI-SILVA, M.; CARVALHO, R. F. **Mecanismos celulares e moleculares que controlam o desenvolvimento e o crescimento muscular**. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 36, n. suppl. p. 21–31, 2007. Doi: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982007001000003>
- ENGEL, J.J.; SMITH, J.W.; UNRUH, J.A.; GOODBAND, R.D.; O'QUINN, P.R.; TOKACH, M.D.; NELSSON, J.L. **Effects of choice white grease or poultry fat on growth performance, carcass leanness, and meat quality characteristics of growing-finishing pigs**. *Journal of Animal Science*, v. 79, p. 1491–1501, 2001. Doi: <https://doi.org/10.2527/2001.7961491x>
- GRGIC, J.; HOMOLAK, J.; MIKULIC, P.; BOTELLA, J.; SCHOENFELD, B.J. **Inducing hypertrophic effects of type I skeletal muscle fibers: A hypothetical role of time under load in resistance training aimed at muscular hypertrophy**. *Medical Hypotheses*, v. 112, n. January, p. 40–42, 2018. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.mehy.2018.01.012>

GUIMARÃES-FERREIRA, L. **Role of the phosphocreatine system on energetic homeostasis in skeletal and cardiac muscles.** *Einstein* (São Paulo), v. 12, n. 1, p. 126–131, 2014. Doi: <https://doi.org/10.1590/S1679-45082014RB2741>

HARGREAVES, M.; SPRIET, L. L. **Skeletal muscle energy metabolism during exercise.** *Nature Metabolism*, v. 2, n. 9, p. 817–828, 2020. Doi: <https://doi.org/10.1038/s42255-020-0251-4>

HARRIS, R. A. Gluconeogenesis. In: **Reference Module in Life Sciences.** Elsevier, 2020. p. 2–4.

OLIVEIRA, M. **Contração muscular.** In: *Fisiologia, Sistema Muscular.* Infoescola, 2024. Disponível em: <https://www.infoescola.com/fisiologia/contracao-muscular/>

LIU, Y.; LI, J.L.; LI, Y.J.; GAO, T.; ZHANG, L.; GAO, F.; ZHOU, G.H. **Effects of dietary supplementation of guanidinoacetic acid and combination of guanidinoacetic acid and betaine on postmortem glycolysis and meat quality of finishing pigs.** *Animal Feed Science and Technology*, v. 205, p. 82–89, 2015. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2015.03.010>

LONERGAN, S. M.; TOPEL, D. G.; MARPLE, D. N. **Intrinsic cues of fresh meat quality.** In: *The Science of Animal Growth and Meat Technology.* Elsevier, 2019. p. 147–162.

MAYNARD, R. L.; DOWNES, N. **The musculature of the rat.** In: *Anatomy and Histology of the Laboratory Rat in Toxicology and Biomedical Research.* Elsevier, 2019. p. 57–76.

MENEZES, A.M.; SILVA TANURE, C.B.G.; PERIPOLLI, V.; ESTEVES, G.I.F.; KINDLEIN, L.; LOUVANDINI, H.; SOUZA, J.R.; MCMANUS, C. **Carcass characteristics and fatty acid profile of Santa Inês lamb fed banana leftovers.** *Scientia Agricola*, v. 77, n. 1, p. 1–11, 2020. Doi: <https://doi.org/10.1590/1678-992X-2017-0379>

MURPHY, M.; KARDON, G. **Origin of Vertebrate Limb Muscle: The role of progenitor and myoblast populations.** In: *Current Topics in Developmental Biology.* v. 96, p. 1–32, 2011. Doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-385940-2.00001-2>

NELSON, D. L.; COX, M. M. **Princípios de bioquímica de Lehninger.** 6. ed. Artmed, 2014., p. 425.

PETERSON, J. M.; BAKKAR, N.; GUTTRIDGE, D. C. **NF- $\kappa$ B signaling in skeletal muscle health and disease.** In: *Current Topics in Developmental Biology.* 1. ed. Elsevier Inc., 2011. v. 96, p. 85–119. Doi: [10.1016/B978-0-12-385940-2.00004-8](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-385940-2.00004-8)

POLAN, C. E.; MCNEILL, J. J.; TOVE, S. B. **Biohydrogenation of Unsaturated Fatty Acids By Rumen Bacteria.** *Journal of bacteriology*, v. 88, n. 4, p. 1056–1064, 1964. Doi: <https://doi.org/10.1128/jb.88.4.1056-1064.1964>

RANGEL, R. A. **Caracterização da expressão da Miostatina e de seus reguladores ao longo da miogênese esquelética de galinha (*Gallus gallus*).** Dissertação (Mestre em Biologia Celular e Estrutural, na área de Biologia Tecidual) Programa de Pós-Graduação em Biologia Celular e Estrutural da Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Biologia. Doi: <https://doi.org/10.47749/T/UNICAMP.2018.1094534>

RIBEIRO, A.F.; MESSANA, J.D.; JOSÉ NETO, A.; FIORENTINI, G.; BERCHIELLI, T.T. **Fatty acid profile, meat quality, and carcass traits of nellore young bulls fed different sources of forage in high-concentrate diets with crude glycerin.** *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 45, n. 4, p. 165–173, 2016. Doi: <https://doi.org/10.1590/S1806-92902016000400004>

RODRIGUES, T. P.; SILVA, T. J. P. DA. **Caracterização do processo de *rigor mortis* e qualidade da carne de animais abatidos no Brasil.** Arquivos de pesquisa animal, v. 1, n. 1, p. 1, 2016.

RUBINSTEIN-LITWAK, S. **Energy Metabolism.** Encyclopedia of Human Nutrition, v. 2–4, n. 1989, p. 177–185, 2012.

SANTOS, A. L. F. **Efeitos dos hormônios esteróides na regeneração muscular e no fenótipo distrófico em camundongo modelo para distrofia muscular congênita.** Tese (Doutor em Biotecnologia) Programa de Pós- Graduação Interunidades em Biotecnologia da Universidade de São Paulo, Instituto Butantan. Doi: <https://doi.org/10.11606/T.87.2012.tde-05022013-092744>

SANTOS, R.D.; GAGLIARDI, A.C.M.; XAVIER, H.T.; MAGNONI, C.D.; CASSANI, R.; LOTTENBERG, A.M.P.; CASELLA FILHO, A.; ARAÚJO, D.B.; CESENA, F.Y.; ALVES, R.J.; FENELON, G.; NISHIOKA, S.A.D.; FALUDI, A.A. et al. **I Diretriz sobre o consumo de gorduras e saúde cardiovascular.** Arquivos Brasileiros de Cardiologia, v. 100, n. 1, p. 01–40, 2013. Doi: <https://doi.org/10.1590/S0066-782X2013000900001>

SHADRIN, I. Y.; KHODABUKUS, A.; BURSAC, N. **Striated muscle function, regeneration, and repair.** Cellular and Molecular Life Sciences, v. 73, n. 22, p. 4175–4202, 2016. Doi: <https://doi.org/10.1007/s00018-016-2285-z>

SILVA, F. A. M.; BORGES, M. F. M.; FERREIRA, M. A. **Métodos para avaliação do grau de oxidação lipídica e da capacidade antioxidante.** Química Nova, v. 22, n. 1, p. 94–103, 1999. Doi: <https://doi.org/10.1590/S0100-40421999000100016>

SQUIRE, J. **Special issue: The actin-myosin interaction in muscle: Background and overview.** International Journal of Molecular Sciences, v. 20, n. 22, p. 1–39, 2019. Doi: <https://doi.org/10.3390/ijms20225715>

UNICAMP. **Músculo esquelético normal.** 2017. Disponível em: <https://anatpat.unicamp.br/musnormal.html>

ZHANG, L.; LI, J.L.; WANG, X.F.; ZHU, X.D.; GAO, F.; ZHOU, G.H. **Attenuating effects of guanidinoacetic acid on preslaughter transport-induced muscle energy expenditure and rapid glycolysis of broilers.** Poultry Science, v. 98, n. 8, p. 3223–3232, 2019. Doi: <https://doi.org/10.3382/ps/pez052>

ZUK, P. A.; BENHAIM, P.; HEDRICK, M. H. **Stem Cells from Adipose Tissue.** Elsevier Inc., 2004. v. 2.

# LIXIVIAÇÃO DO SOLO COMO AGENTE DE ALTERAÇÃO DOS PARÂMETROS DE ÁGUA EM TANQUE ESCAVADO

*Data de aceite: 03/06/2024*

### **Leonardo Alexander Krause**

Instituto Federal Catarinense  
Campus Araquari  
Araquari  
<http://lattes.cnpq.br/8466349887152463>

### **Letícia Krause**

Instituto Federal Catarinense  
Campus Araquari  
Araquari  
<http://lattes.cnpq.br/2518794892704945>

### **Felipe Gabriel Liermann Britto**

Instituto Federal Catarinense  
Campus Araquari  
Araquari  
<http://lattes.cnpq.br/1277147706625339>

### **Amanda Dartora**

Instituto Federal Catarinense  
Campus Araquari  
Araquari  
<http://lattes.cnpq.br/5907023957444726>

### **Vanessa Bertoldo Martins**

Instituto Federal Catarinense  
Campus Araquari  
Araquari  
<http://lattes.cnpq.br/2241017636463177>

### **Júlia Delmonego Hess**

Instituto Federal Catarinense  
Campus Araquari  
Araquari  
<http://lattes.cnpq.br/9455677109583285>

### **Keren Fagundes Morais**

Instituto Federal Catarinense  
Campus Araquari  
Araquari  
<http://lattes.cnpq.br/9591225424236624>

### **Maísa de Lima Lasala**

Instituto Federal Catarinense  
Campus Araquari  
Araquari  
<http://lattes.cnpq.br/0109169201274624>

### **Jaqueline Inês Alves de Andrade**

Instituto Federal Catarinense  
Campus Araquari  
Araquari  
<http://lattes.cnpq.br/1242652166079195>

### **Adolfo Jatobá**

Instituto Federal Catarinense  
Campus Araquari  
Araquari  
<http://lattes.cnpq.br/0234828547739727>

**RESUMO:** **Introdução:** A atividade de aquicultura tem potencial para gerar alterações nos ecossistemas aquáticos, devido ao aumento das concentrações de nitrogênio e fósforo na coluna d'água e o acúmulo de matéria orgânica nos

sedimentos. Devido às preocupações dos últimos anos em relação ao despejo de efluentes em corpos d'água, já que mesmo que represente cerca de ¼ da superfície terrestre, somente 3% da mesma está apta para consumo, sendo que sua maior parte está congelada em calotas, deixando então uma necessidade de usá-la de forma mais sustentável. **Objetivo:** Acompanhar a qualidade de água fornecida aos peixes, assim como analisar se o ambiente de cultivo pode atuar como um remediador, devolvendo uma água com melhor qualidade do que foi captada, inicialmente contribuindo com a preservação dos organismos aquáticos. **Estudo de caso:** O estudo teve início no 3º mês de um período de análises de experimento que duraria 7 meses, após uma semana de tempestades, que acarretou desde mudanças na turbidez da água, até aumentos de pH, concentrações dos compostos nitrogenados (amônia, nitrito, nitrato) e ortofosfato. Buscando identificar o potencial alterador, e se o mesmo atingiu outros locais do experimento, deu-se prosseguimento com os monitoramentos mensais, da qualidade de água do reservatório, e tanque escavado. Adicionalmente, foi realizado um ensaio simulando lixiviação do solo, buscando identificar se o mesmo poderia ser o motivo pelo qual houve picos nas análises de água. **Resultados:** Os parâmetros avaliados sofreram variações durante o período de análises, posteriormente se estabilizando nos meses finais de análise do trabalho. **Conclusão:** Ao final do experimento concluiu-se que o principal causador das mudanças que ocorreram na turbidez e análises dos parâmetros de água, foi um processo natural de lixiviação do conteúdo de solo ao redor do tanque, acarretado pelas tempestades.

**PALAVRAS-CHAVE:** aquicultura; compostos nitrogenados; qualidade de água; remediação.

## SOIL LEACHING AS AN AGENT FOR CHANGING WATER PARAMETERS IN EXCAVATED TANK

**ABSTRACT: Introduction:** Aquaculture activity has the potential to generate changes in aquatic ecosystems, due to increased concentrations of nitrogen and phosphorus in the water column and the accumulation of organic matter in sediments. Due to concerns in recent years regarding the dumping of effluents into bodies of water, since even though it represents around ¼ of the earth's surface, only 3% of it is suitable for consumption, with the majority of it being frozen in ice caps, leaving then a need to use it in a more sustainable way. **Objective:** Monitor the quality of water supplied to fish, as well as analyze whether the cultivation environment can act as a remediator, returning water with the best quality of what was captured, mainly contributing to the preservation of aquatic organisms. **Case study:** The study began in the 3rd month of an experimental analysis period that would last 7 months, after a week of storms, which resulted from changes in water turbidity to increases in pH, concentrations of nitrogenous compounds (ammonia, nitrite, nitrate) and orthophosphate. Seeking to identify the altering potential, and if it reached in other locations of the experiment, monthly monitoring of water quality in the reservoir (named Lavoisier) and excavated tank continued. Additionally, a simulated leaching test was conducted to identify if it could be the reason for peaks in water analyses. **Results:** The parameters evaluated underwent variations during the analysis period, later stabilizing in the final months of analysis of the work, and it was possible to carry out water analyses from the simulated soil leaching test. **Conclusion:** At the end of the experiment it was concluded that the main cause of the changes that occurred in the turbidity and analysis of the water periods was a natural process of leaching of the soil content around the tank, caused by storms.

**KEYWORDS:** aquaculture; nitrogenous compounds; water quality; remediation.



## INTRODUÇÃO

A água presente no planeta terra representa três quartos de sua superfície, sendo que menos de 3% do seu volume total é representada por água doce, ou seja, própria para consumo humano, dessedentação animal, e outros usos como a agricultura. No entanto a água doce se encontra distribuída de forma que seu acesso se torna limitado, já que 77% de seu volume total podem ser encontrados em geleiras, calotas polares ou congeladas nas montanhas, 29,9% subterrâneos, 0,9% está presente na umidade do solo e na região dos pântanos, e apenas 0,3% em rios e lagos (EMBRAPA, 2021). O Brasil concentra cerca de 12% da água doce disponível no planeta; apresenta abundância de água doce em praticamente todas as suas regiões (OSTRENSKY; BOEGER; CHAMMAS, 2007), sendo este o volume disponível para as atividades antrópicas, que dependem da água como: irrigação de lavouras, indústria, mineração, pecuária, geração de energia, etc (ANA, 2019).

Atividades antrópicas introduzem no ambiente substâncias e materiais não pertencentes a eles ou presentes em quantidades insignificativas. Quando os agentes contaminantes causam mudanças perceptíveis no ambiente, dizemos que o mesmo se encontra poluído. Essas mudanças nas características do meio físico poderão gerar diferentes impactos sobre a biota, podendo ser prejudicial para algumas espécies, consequentemente acarretando desequilíbrios ecológicos (SODRÉ, 2012). Sendo assim, há uma enorme pressão sobre os setores envolvidos na produção de alimentos, devido a procura por métodos que adotem práticas sustentáveis.

Dentre as práticas de produção de alimentos, a aquicultura encontra-se sendo um dos setores cruciais, já que além de conseguir produzi-los em grande escala e de forma sustentável, consegue também os ofertar com alto valor proteico (FAO, 2021). Sendo definida como o cultivo de organismos aquáticos mediante a intervenção humana no processo de criação para aumentar a produção, em operações como reprodução, estocagem, alimentação, proteção contra predadores e quaisquer outras atividades referentes a produção de organismos aquáticos, porém deve estar sempre sob condições controladas.

Como atividade antrópica, a aquicultura tem como principais poluentes: o aumento das concentrações de compostos nitrogenados (amônia, nitrito e nitrato), fósforo e o acúmulo de matéria orgânica depositada ao fundo dos tanques escavados. Estes que quando liberados em ambientes como rios, lagos ou açudes, desequilibra a biota ali existente, causando o favorecimento da comunidade fitoplanctônica, alterando a dinâmica do oxigênio dissolvido. O nitrogênio dos efluentes das atividades de aquicultura provém principalmente da proteína das rações, sendo que parte é excretada pelos organismos na forma de amônia, enquanto o restante é eliminado pelas fezes na forma de nitrogênio orgânico (COCHAVA et al., 1990).

Os impactos da aquicultura podem ser classificados como interno, local ou regional, sendo que os impactos internos são aqueles que interferem no próprio sistema de criação, como por exemplo, a redução de oxigênio dissolvido em um viveiro de piscicultura. Já os impactos locais se estendem a um quilômetro à jusante da descarga dos efluentes. Os efeitos sobre os ambientes aquáticos, com uma escala espacial de vários quilômetros, são considerados impactos regionais (SILVERT, 1992). A aquicultura pode ser implementada em vários níveis de produção, sendo que as características de seus efluentes dependem da qualidade da água de abastecimento, qualidade e quantidade de alimento ofertado, densidade de estocagem, espécies criadas, tempo de residência do efluente e biomassa dos organismos.

Os principais impactos dos efluentes das atividades de aquicultura sobre os ecossistemas aquáticos são: o aumento das concentrações de nitrogênio e fósforo na coluna d'água e o acúmulo de matéria orgânica nos sedimentos. Estes em ambientes límnicos, favorecem a comunidade fitoplanctônica, alterando a dinâmica do oxigênio dissolvido. O nitrogênio dos efluentes das atividades de aquicultura provém principalmente da proteína das rações, sendo que parte é excretada pelos organismos na forma de amônia, enquanto o restante é eliminado pelas fezes na forma de nitrogênio orgânico (HENRY-SILVA, CAMARGO, 2008).

Levando em consideração o estado atual da qualidade de água ofertada aos tanques de cultivo diariamente, esse trabalho teve a finalidade de acompanhar a qualidade de água fornecida aos peixes, assim como analisar se o ambiente de cultivo pode atuar como um remediador, devolvendo uma água com melhor qualidade do que foi captada, contribuindo com a preservação e prevenção de futuras enfermidades e/ou comprometimento do bem-estar e desenvolvimento dos organismos aquáticos presentes nos ambientes adjacentes.

## ESTUDO DE CASO

O estudo de caso ocorreu durante um período de experimento, no qual se buscava verificar os efeitos na qualidade de água de um tanque de cultivo de peixes no estilo semi-intensivo, quando renovado com água eutrofizada, buscando assim verificar se haveria a possível presença de um biorremediador na água do tanque de produção, que ocasionaria na melhora da qualidade de água, na saída do tanque.

No 3º mês do experimento que duraria 7 meses, após uma semana de tempestades, ocorreu, desde mudanças na turbidez da água, até aumentos de pH, concentrações dos compostos nitrogenados (amônia, nitrito, nitrato) e ortofosfato. Adicionalmente, foi realizado um ensaio simulando lixiviação do solo, buscando identificar se o mesmo, possuía potencial de alterar os parâmetros físico-químicos da água, identificando-o como o possível agente causador de picos de concentrações nos parâmetros analisados.

## MATERIAL E MÉTODOS

Buscou-se então verificar as possíveis alterações causadas pela mudança da coloração da água clara, para cor avermelhada e turva. Verificando como este também afetou outros pontos que estavam sendo avaliados durante a realização do trabalho, no mesmo período, e como e por quanto tempo se estendeu as consequências no decorrer do tempo.

## CARACTERÍSTICAS DOS PONTOS DE COLETA

O trabalho foi realizado em três pontos de coleta, sendo o primeiro em um reservatório artificial nomeado Lavoisier, e outros dois dentro de um viveiro escavado, na entrada e saída de água.

A água utilizada para renovação do viveiro era proveniente do “Lavoisier” (Imagem 1), com área de 1,400m<sup>2</sup> com profundidade variando de 0,5 a 1,5m, este sendo localizado no Laboratório de Aquicultura do Instituto Federal Catarinense – Campus Araquari, e que se encontrava no momento da realização do projeto eutrofizado e com aproximadamente 95% de sua área superficial coberta predominantemente com macrófitas aquáticas da espécie Alface d’água (*Pistia stratiotes*).



Imagem 1. Lavoisier

Fonte: Autor

O viveiro do experimento era do modelo escavado, com volume de cerca de 130,61m<sup>3</sup>, sendo utilizada a espécie de peixe a tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*). O tanque possuía uma taxa de renovação diária de 3,2% de seu volume total, e trabalhava com densidades populacionais de 0,7 peixes/m<sup>3</sup> de água, estes que tinham como parte de sua alimentação os alimentos naturais (fitoplâncton e zooplâncton) e ração da marca Nutricol. O volume de ração ofertado para os animais foi calculado de acordo com o Centro de Desenvolvimento em Aquicultura e Pesca/EPAGRI (SILVA,2019). possuindo características próximas de um sistema semi-intensivo, sem aeração mecânica, para reproduzir características de um tanque de caráter comercial.



Imagem 2. Viveiro avaliado no experimento

Fonte: Autor

## COLETA DE ÁGUA

Buscando identificar o potencial alterador, e se ele atingiu outros locais do experimento, deu-se prosseguimento com os monitoramentos mensais, da qualidade de água do reservatório, e tanque escavado. Foram coletadas amostras de água no fundo da coluna d'água para análise em três pontos: o primeiro ponto se encontrava na bomba de captação de água do reservatório, já o segundo ponto se referia ao local de entrada/renovação de água do viveiro, e por último, o terceiro ponto era o de drenagem do tanque.

## PARÂMETROS E EQUIPAMENTOS PARA ANÁLISE DE QUALIDADE DE ÁGUA

As amostras de água foram submetidas a testes de parâmetros de qualidade de água, sendo feitos de pH, ortofosfato ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), e além foi também realizado testes para os compostos nitrogenados, sendo estes, de amônia total, nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) e nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ). Para realizar as análises das coletas de água, foram utilizados os seguintes equipamentos: um pHmetro para a medição do pH das coletas. Além disso, utilizando um Fotocolorímetro da marca Acqua, conforme os protocolos estabelecidos pela Alfakit, foram realizadas as análises da concentração dos compostos nitrogenados. Todas as análises foram realizadas no Laboratório de Aquicultura do Instituto Federal Catarinense – Campus Araquari.



Imagem 3. Laboratório de Aquicultura do IFC – Campus Araquari

Fonte: Autor

## ENSAIO DE INFLUÊNCIA DA DILUIÇÃO DE TERRA NA QUALIDADE DE ÁGUA

Este ensaio foi realizado utilizando dois recipientes contendo água do tanque onde dois pontos de coleta se encontravam. Uma análise foi realizada com a água no estado em que foi coletada, enquanto a outra análise foi realizada após a adição e diluição de terra que estava ao redor do tanque até que a água se aproximasse da coloração que se encontrava após a lixiviação, simulando assim o possível processo ocorrido.





Imagem 4. Viveiro avaliado no experimento com coloração turva

Fonte: Autor

## RESULTADOS

Resultados obtidos a partir de todas as análises realizadas ao longo do período de estudo.

### pH

Durante o período de estudo, as análises de pH revelaram algumas variações leves, embora tenham permanecido predominantemente estáveis ao longo da maior parte do experimento. A água na entrada do tanque demonstrou uma tendência geral de manter-se em estabilidade, em torno de uma faixa de neutralidade. Em contrapartida, a água da saída do tanque exibiu uma faixa mais ampla de variação, especialmente durante o período de novembro a dezembro/2022. No final das análises, os valores dos pontos encontravam-se em concentrações semelhantes (Figura 1).

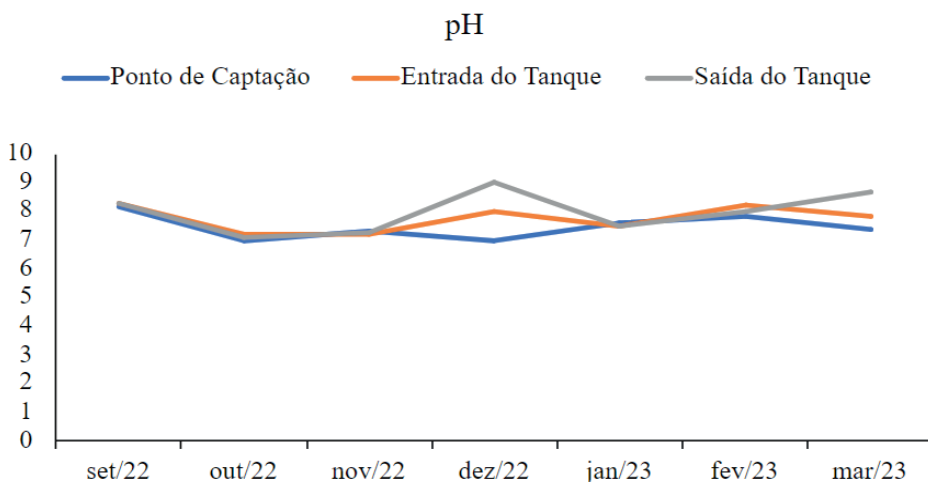


Figura 1. Variação de pH ao longo do tempo

Fonte: Autor

## Amônia Total

De forma similar ao pH, as análises de amônia total também contaram com algumas variações nos níveis de concentração ao longo do período de estudo. Podendo-se notar que a água da entrada no tanque, manteve concentrações homogêneas na maior parte do experimento, porém, sofrendo alterações no período de janeiro à fevereiro. Já a saída do tanque, contou com níveis mais elevados de amônia total, quando comparada com o ponto de coleta da entrada do tanque, tendo picos de elevação em três períodos do trabalho, nos dois primeiros picos, foram aumentos isolados somente da saída do tanque, ocorrendo de setembro à outubro/2022 e novembro à dezembro/2022, entretanto, de janeiro à fevereiro/2023, foi possível verificar o aumento das concentrações de amônia nos três pontos de coleta (Figura 2).

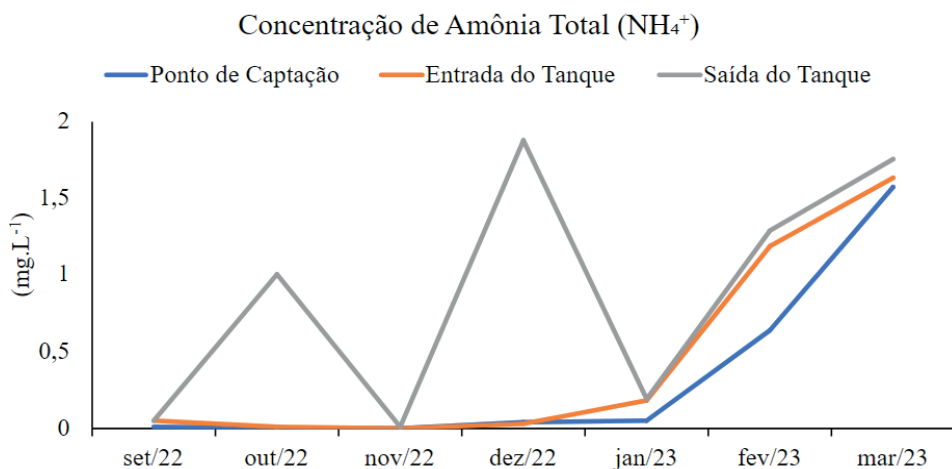


Figura 2. Variação de Amônia Total ao longo do tempo

Fonte: Autor

## Nitrito

Em relação as análises de nitrito, foi verificado a variação de concentrações entre pontos a maior parte do trabalho. Onde na entrada do tanque, apresentou um pico de aumento no período de dezembro à janeiro/2023, se estabilizando posteriormente. Enquanto na saída houve outro pico de aumento, de novembro à dezembro/2022, e somente se estabilizando no período de janeiro à fevereiro, porém, ao final do experimento todos os pontos se mantiveram homogêneos. (Figura 3).

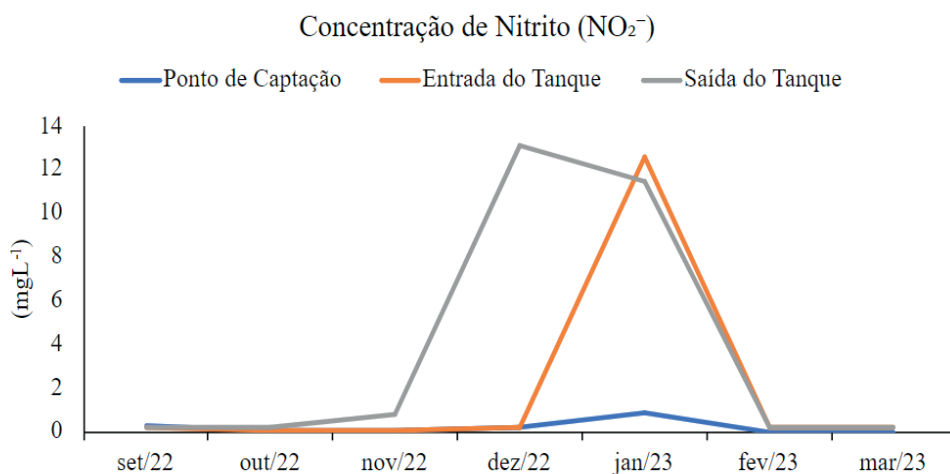


Figura 3. Variação de Nitrito ao longo do tempo

Fonte: Autor



## Nitrato

No período de análise de água, o nitrato nos pontos de entrada e ponto de captação mantiveram-se homogêneos, entretanto, os resultados de medições revelaram que a água da saída do apresentou concentrações mais elevadas de nitrato em comparação com os outros pontos de coleta durante o período de novembro à dezembro/2022 (Figura 4), indicando possível acumulação no sistema. Contudo, ao final todos os pontos se estabilizaram

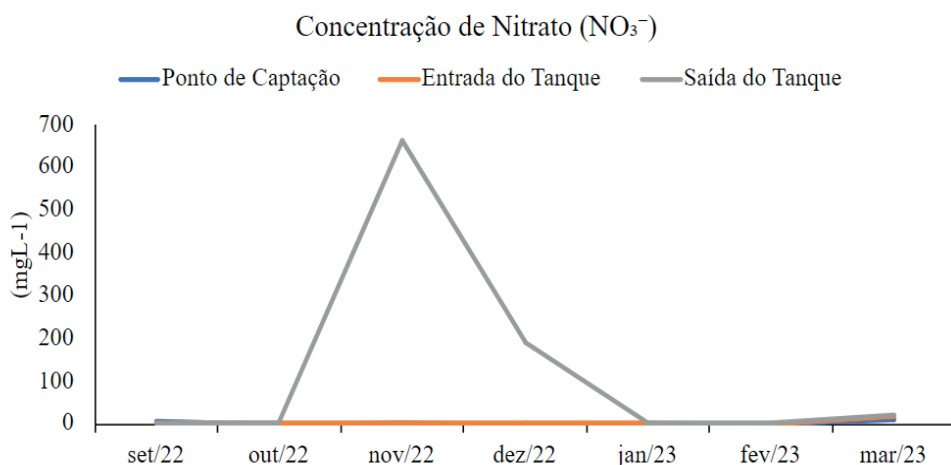


Figura 4. Variação de Nitrato ao longo do tempo

Fonte: Autor

## Ortofosfato

Ao longo das análises, a concentração de ortofosfato na entrada do tanque teve uma faixa de variação relativamente estável. Entretanto, na saída do tanque, observou-se uma ampla variação nas suas concentrações. Com seu pico ocorrendo no mês de dezembro, e posteriormente, as concentrações passariam por outra curva de diminuição e aumento, porém de forma homogênea. (Figura 5).

## Concentração de Ortofosfato ( $\text{PO}_4^{3-}$ )

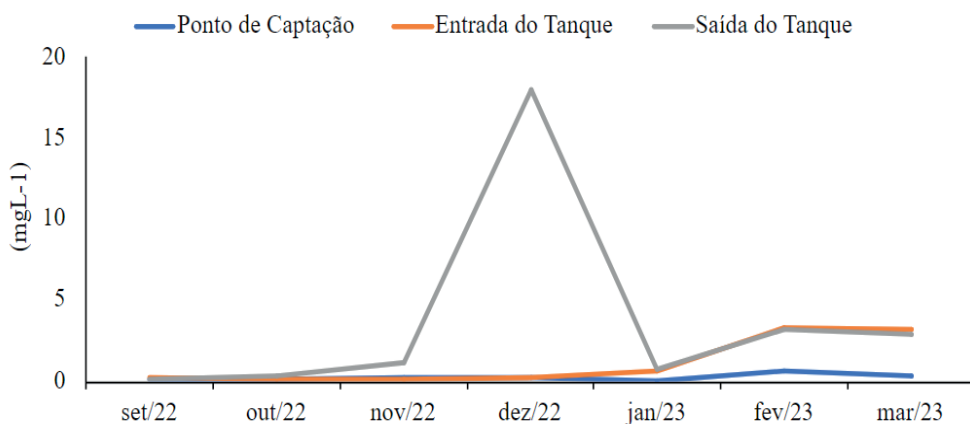


Figura 5. Variação de Ortofosfato ao longo do tempo

Fonte: Autor

## Ensaio

No ensaio realizado com água do tanque de experimento, antes e após a presença da terra ao redor do tanque, foi possível verificar alterações em todos os parâmetros de água avaliados. Onde o pH sofreu uma variação  $>0,50$  após a presença de terra. O nitrito e o ortofosfato tiveram seus valores saindo fora da escala. Enquanto isso o nitrato sem a presença de terra tinha valores de 0,06, com a presença tinha valores de 2,07, um aumento de mais de 30x (Tabela 1).

	Água	Água após diluição
<b>pH</b>	6,85	7,48
<b>Nitrito</b>	0,08	Fora de Escala
<b>Nitrato</b>	0,06	2,07
<b>Ortofosfato</b>	0,50	Fora de Escala

Tabela 1. Qualidade de água antes e após presença de terra

Fonte: Autor

## DISCUSSÃO

### Amônia Total

Os aumentos registrados nos primeiros meses do experimento, abrangendo o período de setembro a dezembro de 2022, podem ser atribuídos à redução na frequência dos procedimentos de manejo realizado pelos alunos, e funcionários do laboratório, motivada por eventos sazonais e períodos de férias, além de falhas na reposição de água, devido a problemas relacionados a bomba de renovação, fatores esses que possivelmente contribuíram para os aumentos de amônia total observados. Já os aumentos observados ao longo do ano de 2023 decorreram do processo de decomposição da matéria orgânica, induzido pela fase de senescência da macrófita aquática (*Pistia stratiotes*). Esse fenômeno resultou no aumento da concentração de amônia em todos os pontos de coleta. Por fim, os resultados eventualmente se estabilizaram devido ao retorno aos manejos regulares e à restauração do sistema de renovação de água após o conserto da bomba d'água.

### pH

No decorrer das análises de água, as avaliações referentes ao pH revelaram flutuações sutis, embora predominantemente mantendo-se em um estado de equilíbrio durante a maior parte da duração do experimento. A composição da água na entrada do viveiro exibiu uma tendência geral de estabilidade, mantendo-se consistentemente em torno de valores neutros. Em contrapartida, a água da saída do tanque evidenciou uma gama mais ampla de variação, especialmente entre os meses de novembro e dezembro de 2022, um período que coincidiu com a temporada de chuvas intensas. Essas precipitações resultaram na lixiviação do solo contido no reservatório experimental, possivelmente influenciando as análises de pH que vieram posteriormente devido à combinação do solo com a água. Não obstante, ao final do experimento, os pontos de coletas demonstraram níveis similares de pH.

### Nitrito

Os níveis de nitrito no ponto de captação do reservatório de água se manteve estável durante o período de análises, entretanto observou-se aumentos nos níveis de concentração de nitrito, tanto no ponto de entrada e saída do viveiro, estes que podem estar correlacionados com falhas nos procedimentos de manejo, dificuldades na renovação adequada da água e a lixiviação do solo que ocorreu durante esse período, potencialmente introduzindo concentrações elevadas de nitrito provenientes do solo, o que impactou nos parâmetros analisados posteriormente. Ao término do experimento, no entanto, os níveis eventualmente se estabilizaram, sendo plausíveis para essa a ocorrência dessa estabilização a renovação contínua da água do tanque e processos de nitrificação, realizados pelas bactérias nitrificantes, Nitrosomonas e Nitrobacter.

## Nitrato

O nitrato entretanto apresentou características bem diferentes quando comparado com as outras três análises, nele o ponto de captação de água do tanque de abastecimento e ponto de entrada de água do viveiro se mantiverem similares em concentrações, entretanto observou-se elevado teor de nitrato no ponto de saída do tanque, este registrado no mês de novembro, no qual é atribuído principalmente ao processo de lixiviação ocorrido, que pode ter acabado por poluir a água de nitrato, ao ter diluído a terra ao redor do tanque com a água do tanque, além de problemas na renovação da água, que ocasionou na demora para diluição das concentrações no tanque. Conforme as análises se aproximaram do fim, os resultados se normalizaram devido à renovação, que ao promover a mistura da água imprópria com a de boa qualidade consegue-se diluir o nitrato a níveis aceitáveis (BHUMBLA, 2001), explicando assim a estabilidade observada ao término das análises.

## Ortofosfato

O ortofosfato teve características em suas análises que podem ser comparadas ao nitrato, no qual por maior parte do experimento o ponto de captação de água do tanque de abastecimento e ponto de entrada de água do viveiro se mantiverem similares em concentrações, fenômeno no qual é provavelmente ligado à lixiviação de nutrientes do solo para a água, onde o solo trouxe consigo maiores concentrações de fosfato para dentro da água do tanque após sua diluição, ocasionando em aumentos que afetariam as análises posteriores. Com a reintrodução de práticas de manejo consistentes e a renovação contínua da água, os resultados gradualmente se estabilizaram ao longo do tempo.

## Ensaio

Após uma etapa subsequente do projeto, foi constatado um notável aumento nas variações dos resultados. Através de relatos envolvendo semanas de tempestades ocorridas uma semana antes das análises da coleta de água realizadas em novembro. Verificou-se nesse período de chuvas, uma mudança significativa na coloração da água, passando de clara para uma cor barrenta e turva. Esse evento desencadeou um processo de investigação, baseado na premissa de que a degradação das águas das nascentes pode ter causas naturais como chuvas (BARROSO & SILVA, 1992). Com base nessa suposição, foi conduzido um ensaio com o intuito de verificar se as variações observadas nos resultados poderiam ser reproduzidas de forma similar. Foram avaliados os parâmetros, como pH, nitrito, nitrato e ortofosfato, com a exclusão da amônia total, pois dificilmente seria possível haver amônia o suficiente que geraria variações nas análises de água, já que, além de não haver nenhum tipo de fonte próxima que pudesse gerar essa substância, próxima ao tanque, como certos tipos de adubos, e sua produção natural, que deriva

principalmente a partir da decomposição de resíduos orgânicos (EMBRAPA, 2017), os quais seriam produzidos em poucas concentrações, por não haver a presença de tantos materiais orgânicos ao redor do tanque do experimento. É importante ressaltar que o solo ao redor do tanque apresentava características de solo argisolo, o que significa que possui uma capacidade maior de reter nutrientes que outros tipos de solo.

Através do ensaio, foi possível constatar que a presença de terra ao redor do tanque, quando diluída dentro do tanque escavado, podia resultar em alterações na qualidade da água semelhantes às observadas ao longo do experimento. Assim, foi estabelecida uma associação entre as características da terra argilosa, capaz de reter mais nutrientes, e a variação nos resultados, possivelmente causada pelo processo de lixiviação da terra ao redor do tanque. Este evento ocorreu durante o mês de novembro, após uma semana de intensas chuvas.

## Pontos Negativos

Ao início do projeto, tudo ocorreu normalmente, sem muitas dificuldades, porém ao decorrer do mesmo, algumas dificuldades foram notadas, tanto devido a condições naturais, ou de equipamentos. Ao longo do trabalho surgiram algumas adversidades envolvendo o clima, porém não interferiram a execução das análises. Entretanto no mês de dezembro ocorreu uma mudança na coloração da água, possível sinal de lixiviação do solo, que concomitantemente, foi o período que ocorreram as grandes variações nos resultados dos parâmetros. Como antes citado, a ocorrência da lixiviação do solo acabou por gerar aumentos visíveis de concentrações em alguns dos parâmetros da qualidade de água, e devido as análises das coletas ocorrerem de forma mensal, o trabalho de interpretação acabou por se tornar mais árduo do que o esperado, já que nos gráficos era visível diversos picos na passagem de um mês para o outro, porém não podendo ser explicado se aconteceu de forma repentina, ou de forma gradual ao longo dos meses.

Além disso, outro contratempo que vale mencionar, foi o mau funcionamento do sistema de renovação de água, que manteve o tanque sem renovação por 23 dias, esse fator, pode ou não ter ocasionado em variações, porém, devido as análises não serem semanais, não é possível dizer afirmar nada a respeito.

## CONCLUSÃO

Concluiu-se, que o principal causador das mudanças que ocorreram tanto nas análises dos parâmetros de água (pH, ortofosfato e os compostos nitrogenados como amônia, nitrito, nitrato), quanto na turbidez, foi um processo natural de lixiviação do conteúdo de solo ao redor do tanque de característica vermelho-argiloso diluído na água do viveiro após uma semana de grandes tempestades, ocorridas nos períodos perto das análises de novembro de 2022.

Além disso, pode-se dizer para o principal objetivo do experimento que a qualidade da água na saída do tanque era semelhante àquela oferecida na entrada do tanque no estágio inicial do experimento. Apesar da ocorrência de picos de aumento que ocorreram ao longo do processo de análises, ao se aproximar do término do experimento, todos os parâmetros demonstraram uma tendência à estabilização, resultando em resultados notavelmente similares.

## AGRADECIMENTOS

Os autores desse projeto agradecem, ao financiamento do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelas bolsas de graduação, ensino médio-técnico e PQ (308661/2023-0) para realização desse trabalho; JoSi bombas e aeradores, pelos equipamentos utilizados na manutenção dos pontos de coleta; e Nutricol, pela ração que foi ofertada aos animais do viveiro ao longo do período de estudo.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: relatório pleno** 2021. Brasília: ANA, 2022. Disponível em: <http://snirh.gov.br/usos-da-agua/> Acesso em: 04 abril 2024.

BARROSO, D. G.; SILVA, M. L. N. Poluição e conservação dos recursos naturais: solo e água. **Informe agropecuário**, v. 176, n. 16, p. 17-24, 1992.

BHUMBLA, Devinder K. Agriculture practices and nitrate pollution of water. **Soil and Water Specialist. West Virginia University Extension Service**. <http://www.caf.wvu.edu/~forage/nitratepollution/nitrate.htm> (Accessed September 10, 2017), 2012.

COCHAVA, M.; DIAB, S.; AVNIMELECH, Y. MIREN, D.; AMIT, Y. 1990 Intensive growth of fish with minimal water exchange. **Fish. Fish-breeding Israel**, v. 23, n. 4, p. 174-181.

DA SILVA, Bruno Corrêa et al. Monocultivo de tilápia em viveiros escavados em Santa Catarina. **Sistemas de Produção**, n. 52, p. 126-126, 2019.

FAO - Food and Agriculture Organization. (2021). A pesca e a aquicultura são críticas para a transformação dos sistemas agroalimentares globais, Disponível em: <https://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/en/c/1371997/>, Acesso em: 04 abril 2024.

HENRY-SILVA, Gustavo Gonzaga; CAMARGO, Antonio Fernando Monteiro. Impacto das atividades de aquicultura e sistemas de tratamento de efluentes com macrófitas aquáticas í relato de caso. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 34, n. 1, p. 163-173, 2008.

OSTRENSKY, Antonio; BOEGER, Walter Antonio; CHAMMAS, Marcelo. Potencial para o desenvolvimento da aqüicultura no Brasil. **Esta é uma obra feita a muitas cabeças e também a alguns pares de mãos. Pessoas que com suas idéias, sugestões e opiniões ajudaram na concepção deste livro. Outras, que arregaçaram as mangas e enfiaram as mãos na massa para nos ajudar a construí-lo. A todas elas manifestamos nossos sinceros agradecimentos. Em primeiro lugar, agradecemos à FAO (Organização das Nações Unidas para Agricultura e**, p. 24, 2007.

SILVERT, William. Assessing environmental impacts of finfish aquaculture in marine waters. **Aquaculture**, v. 107, n. 1, p. 67-79, 1992.

SODRÉ, Fernando Fabriz. Fontes Difusas de Poluição da Água: Características e métodos de controle. **Agricultura**, v. 1, n. 2o, p. 3o, 2012.

VIEIRA, Rosana Faria. Ciclo do nitrogênio em sistemas agrícolas. 2017.

# MANEJO INTEGRADO DE PRAGAS PARA O CONTROLE DA CIGARRINHA DO MILHO (*DALBULUS MAIDIS*) – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

*Data de aceite: 03/06/2024*

### **Breno David Gomes da Silva**

Universidade de Federal Viçosa  
Florestal – Minas Gerais (Brasil)

### **Leonardo França da Silva**

Universidade de Federal Viçosa  
Viçosa – Minas Gerais (Brasil)  
<https://orcid.org/0000-0002-9710-8100>

### **Marcelo Bahuti**

Universidade de Federal de Lavras  
Lavras – Minas Gerais (Brasil)  
<https://orcid.org/0000-0002-1542-5058>

### **Victor Crespo de Oliveira**

Universidade Estadual Paulista  
Botucatu – São Paulo (Brasil)  
<https://orcid.org/0000-0003-2719-9972>

### **Jessica Mansur Siqueira Crusóé**

Universidade de Federal Viçosa  
Florestal – Minas Gerais (Brasil)  
<https://orcid.org/0009-0007-4210-8430>

### **Denis Medina Guedes**

Universidade Federal de Viçosa  
Florestal - Minas Gerais (Brasil)  
<https://orcid.org/0009-0004-9847-8471>

### **Ronaldo Goulart Magno Júnior**

Universidade de Federal Viçosa  
Florestal – Minas Gerais (Brasil)

**RESUMO:** O Brasil possui uma capacidade significativa de produção de milho, sendo um dos maiores produtores e exportadores mundiais desse cereal. No entanto, um desafio enfrentado nesse setor é a presença da cigarrinha do milho (*Dalbulus maidis*), uma praga que causa danos diretos às plantas e também atua como vetor de patógenos e vírus, resultando em perdas de produtividade. O controle efetivo dessa praga tem sido um desafio, especialmente porque o uso exclusivo do controle químico tem se mostrado ineficiente. Portanto, são necessárias abordagens integradas de manejo, como medidas culturais, uso de cultivares resistentes, tratamento de sementes, controle biológico e estratégias comportamentais, para lidar de forma eficaz com a cigarrinha do milho e proteger a produção de milho no Brasil. O objetivo deste trabalho é apresentar estratégias e táticas de manejo para controlar a cigarrinha do milho baseando-se na literatura, no âmbito do manejo integrado de pragas (MIP). Através da revisão bibliográfica realizada em plataformas científicas digitais, utilizando-se preferencialmente dados de publicações desde 2018 a 2023, reunindo resultados promissores de estratégias que quando integradas em um MIP podem minimizar os prejuízos causados pela praga na cultura do milho.



**PALAVRAS-CHAVE:** MIP, Controle, Patógenos, Vírus

**ABSTRACT:** Brazil has a significant capacity for corn production, being one of the largest producers and exporters of this cereal worldwide. However, a challenge faced in this sector is the presence of the corn leafhopper (*Dalbulus maidis*), a pest that causes direct damage to plants and also acts as a vector for pathogens and viruses, resulting in productivity losses. Effective control of this pest has been challenging, particularly because the exclusive use of chemical pesticides has proven to be inefficient. Therefore, integrated management approaches are necessary, such as cultural practices, use of resistant cultivars, seed treatment, biological control, and behavioral strategies, to effectively deal with the corn leafhopper and protect corn production in Brazil. The objective of this work is to present management strategies and tactics for controlling the corn leafhopper based on the literature, within the framework of integrated pest management (MIP). Through a bibliographic review carried out on digital scientific platforms, preferably using data from publications from 2018 to 2023, gathering promising results from strategies that, when integrated into an IPM, can minimize the damage caused by the pest in corn crops.

**KEYWORDS:** MIP, Control, Pathogens, Virus

## INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) se destaca no cenário nacional estando entre os cereais com maior área plantada e maiores produtividades, a produção da atual safra do cereal está estimada em 125,7 milhões de toneladas, é 11,1% ou 12,6 milhões de toneladas acima da produzida em 2021/22 (CONAB, 2023). Podemos destacar que na atual safra 2022/2023 o Brasil assumiu a posição de maior exportador mundial da cultura, superando os Estados Unidos. Na safra encerrada em 31 de agosto, o Brasil representou 32% das exportações globais de milho, sendo que essa porcentagem representa 56 milhões de toneladas (USDA, 2023).

A cultura é essencial para a agricultura e pecuária brasileiras, sendo explorado de várias formas: silagem, grão, etanol e DDGS (*dried distillers grain and solubles*). Essas diferentes utilizações proporcionam oportunidades de receita, redução de custos de produção e novos negócios nas regiões produtoras do país (CONTINI et al., 2019). Devido a suas inúmeras formas de exploração o milho tem sua produção no Brasil impulsionada por três safras: safra de verão, safra de inverno (safrinha) e uma possível terceira safra. Safras que desempenham um papel crucial na economia brasileira, contribuindo para a geração de receita e o desenvolvimento dos setores agrícolas, alimentício, energético e pecuário.

A intensificação na produção de milho no Brasil com a utilização de tecnologias que permitem o plantio em diferentes épocas do ano tem aumentado a dificuldade no controle de pragas e doenças, como a cigarrinha do milho (*Dalbulus maidis*), que é uma das principais pragas que afetam a produção de milho no país. A alta infestação dessa praga pode causar

danos e perdas na produção que estão ligados ao fato da cigarrinha do milho ser um inseto vetor de patógenos que causam doenças prejudiciais à cultura. O manejo integrado de pragas (MIP) é uma estratégia importante para o controle desses insetos pragas como a cigarrinha do milho, que envolve o uso de diferentes métodos, como o controle biológico, o uso de inseticidas e a adoção de práticas culturais adequadas (ÁVILA et al., 2021).

Com a produção de milho sendo intensificada no Brasil tendo até três safras, também se intensificou a presença e pressão de pragas e doenças na cultura. Com essas informações a presente pesquisa é baseada no atual cenário das lavouras de milho do país e na necessidade do controle da cigarrinha do milho (*Dalbulus maidis*), com isso objetivou-se a resolução de uma revisão bibliográfica visando como o manejo integrado de pragas (MIP) pode atuar no controle e prevenção dessa importante praga da cultura do milho.

## A CULTURA DO MILHO: ASPECTOS GERAIS

O milho (*Zea mays* L.) é uma monocotiledônea que pertence à família Poaceae, com seu centro de origem localizado na América Central mais especificamente no México, logo a cultura foi introduzida na Europa, Ásia e África (DORNELES et al., 2023). Hoje a cultura é amplamente cultivada em diversos países do mundo, segundo dados do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos USDA (2023), a produção mundial foi estimada em 1,161.86 milhões de toneladas na safra 2022/23, sendo a maior cultura agrícola do mundo (MIRANDA et al., 2018).

Os cinco maiores produtores do cereal são Estados Unidos, China, Brasil, União Europeia e Argentina. No Brasil o cereal é amplamente difundido sendo cultivado em todos os estados, sendo que os estados que se destacam são: Mato Grosso (37,3%), Paraná (14,8%), Goiás (10,0%), Mato Grosso do Sul (9,1%) e Minas Gerais (6,3%). Na safra 2022/2023 a previsão é de que o Brasil produza em torno de 125,7 milhões de toneladas do cereal (CONAB, 2023).

O milho é considerado um cereal versátil, pois é amplamente utilizado em diversas áreas, como alimentação humana e animal, indústrias farmacêutica e química, produção de biocombustíveis, entre outras utilizações. Além disso segundo Strazzi (2015), os derivados do milho são utilizados na produção de mais de 150 produtos industriais.

O milho é uma planta anual de porte ereto, fotoneutra, apresenta metabolismo C4 e baixo afilamento. Sua reprodução é caracterizada como alógama e monoica. Suas folhas são do tipo lanceoladas, o sistema radicular é do tipo fasciculado e suas sementes são do tipo cariopse (ZANCANARI, 2019).

O ciclo da cultura é dividido em duas grandes fases fenológicas vegetativa e reprodutiva, e as duas grandes fases fenológicas são subdivididas onde, o ciclo vegetativo é subdividido numericamente de VE, V1 etc., até Vn, em que n representa o número de folhas totalmente expandidas da planta que inicia em VE (emergência) e termina em VT

(pendoamento); o ciclo reprodutivo por sua vez é subdividido em seis etapas, correlacionadas com o avanço na maturação do grão, iniciando em R1 (florescimento) e o término em R6 (maturidade fisiológica), onde o grão atinge a sua maior massa seca estando maduros fisiologicamente (GALVÃO et al., 2017).

O Brasil apresenta condições favoráveis para o cultivo de até três safras de milho no mesmo ano devido a uma combinação de fatores agrônômicos, climáticos e de manejo. Esses fatores contribuem para a viabilidade do plantio e colheita em diferentes épocas do ano (FILHO et al., 2021).

Dentre as possíveis três safras, a principal é denominada como safra de verão ou primeira safra, onde o plantio geralmente é realizado entre setembro e outubro, com colheita entre janeiro e março. Safra essa que é favorecida pelas chuvas de verão e temperaturas adequadas, resultando em altas produtividades. Mas com a ascensão do plantio de soja no país durante a safra de verão devido as condições climáticas ideais e por ter um valor agregado maior quando comparado ao milho, vem crescendo o plantio de milho na segunda safra ou safrinha onde o plantio ocorre logo após a colheita da soja ou milho de primeira safra. O plantio do milho safrinha ocorre entre janeiro e março, com colheita entre junho e julho, sendo mais comum nas regiões Centro-Oeste e sudeste, onde as condições climáticas permitem um cultivo viável. Algumas regiões com condições climáticas específicas conseguem realizar uma terceira safra, que ocorre logo após a safrinha sendo cultivada durante o inverno, geralmente entre junho e julho, colheita entre setembro e outubro. Essa prática é comumente utilizada em áreas do Paraná, São Paulo e Mato Grosso do Sul (FILHO et al., 2021; FAGUNDES et al., 2022; CONAB, 2023).

Essa intensificação no cultivo do milho favorece o aparecimento de novas pragas ou o descontrole de pragas antes tidas como secundárias por serem consideradas de baixo potencial destrutivo, como a cigarrinha do milho (*Dalbulus maidis*), que era considerada uma praga secundária e no atual cenário é uma das pragas mais importantes da cultura (SANTANA et al., 2019).

De forma indireta a cigarrinha do milho transmite doenças e vírus, que tem ganhado bastante atenção por estarem diretamente ligadas às altas populações do inseto e causarem danos severos culminando em prejuízos aos produtores, principalmente em regiões mais quentes do país, que são justamente as regiões que cultivam mais de uma safra da cultura no ano (CASTELÕES, 2017).

## **A CIGARRINHA DO MILHO (*DALBULUS MAIDIS*)**

*Dalbulus maidis*, um inseto pertencente à ordem Hemiptera e à família Cicadellidae, é uma cigarrinha que possui um aparelho bucal sugador e se alimenta da seiva das plantas de milho. Esse hábito alimentar resulta em danos diretos à cultura do milho. Além disso, *D. maidis* desempenha o papel de vetor persistente de doenças sistêmicas como, o enfezamento pálido, o enfezamento vermelho e o vírus da risca do milho, ocasionando danos secundários ao milho (LOBATO, 2021).

A cigarrinha adulta tem um tamanho de 3,7 a 4,3 mm e uma coloração palha com manchas negras no abdômen, além de dois pontos negros semelhantes a olhos na cabeça. Tanto os adultos quanto as ninfas vivem em colônias nas folhas jovens e no cartucho do milho. O ciclo de vida completo da cigarrinha, desde o ovo até o estágio adulto, leva cerca de 45 dias, mas em condições favoráveis de temperatura (26 a 32°C), esse ciclo pode ser concluído em 24 dias. Durante a fase adulta, as fêmeas da cigarrinha têm a capacidade de depositar cerca de 14 ovos diariamente e ao longo do seu ciclo de vida pode depositar de 400 a 600 ovos, resultando em múltiplas gerações ao longo do ciclo do milho. Isso contribui para o aumento da população da cigarrinha durante o mesmo período de cultivo.

De acordo com Ribeiro e Canale (2021), além da ocorrência de elevadas temperaturas, a presença de lavouras de milho em diferentes estádios fenológicos favorece a multiplicação e migração das cigarrinhas. Isso ocorre quando as cigarrinhas se deslocam de áreas com milho em estágios mais avançados para lavouras em estágios iniciais, bem como encontram plantas de milho voluntárias. Em situações em que não há disponibilidade dessas “pontes verdes”, as cigarrinhas podem migrar para longas distâncias ou entrar em estado de dormência (diapausa) em restos culturais do milho ou em plantas voluntárias. Em condições em que espécies da família Poaceae são temporariamente utilizadas como plantas voluntárias pela cigarrinha na ausência de plantas de milho, a longevidade dos adultos de cigarrinha é significativamente reduzida (OLIVEIRA et al., 2013; 2020).

## COMPLEXO DE ENFEZAMENTOS

Os enfezamentos têm como agentes causais bactérias da classe Molliculites, caracterizadas pela ausência de parede celular. Essas bactérias colonizam e infectam os tecidos do floema das plantas de forma sistêmica. No milho, dois sintomas de enfezamento são conhecidos: enfezamento pálido, ocasionado pelo procarionte *Spiroplasma kunkelii* Whitcomb e o enfezamento vermelho, ocasionado pelo Fitoplasma *Maize bushy stunt phytoplasma*. Ambos patógenos são transmitidos de forma persistente propagativa pela cigarrinha do milho (OLIVEIRA et al., 2020).

Segundo Alves et al. (2020) e Cota et al. (2021), a presença de *Dalbulus maidis* vem aumentando em vários estados brasileiros o que leva ao aumento dos surtos de enfezamentos mais significativos nas regiões agrícolas da Bahia, Minas Gerais, São Paulo, Mato Grosso do Sul e Paraná. As perdas causadas pelos enfezamentos podem atingir até 100% na produtividade das lavouras, dependendo do momento da infecção e da suscetibilidade do híbrido semeado.

As perdas mais acentuadas na produtividade do milho são observadas quando a plântula é infectada precocemente. O prejuízo acometido em uma lavoura está diretamente relacionado à quantidade de plantas atacadas e a severidade dos sintomas expressados pela planta (ALVES et al., 2020). O controle dos enfezamentos é desafiador devido à falta de métodos para eliminar os molliculites após a infecção das plantas como também a baixa eficácia dos inseticidas no controle da cigarrinha (SILVA et al., 2017).

## ENFEZAMENTO PÁLIDO

O procarionte denominado *Spiroplasma kunkelii* Whitcomb (*Corn Stunt Spiroplasma*) é o agente causal do enfezamento pálido. Este espiroplasma é pertencente a classe Molliculites, ordem Entomoplasmatales e família Spiroplasmataceae. Sintomas característicos são: estrias cloróticas delimitadas nas nervuras das folhas, altura reduzida das plantas, encurtamento de entrenós, brotos nas axilas foliares e cor avermelhada em folhas, como também pode ocorrer o enfraquecimento dos colmos e proliferação de espigas (COTA et al., 2021).

## ENFEZAMENTO VERMELHO

É causado pelo procarionte *Maize bushy stunt phytoplasma*. Este fitoplasma é pertencente à classe dos Molliculites, ordem Acholeplasmatales e família Acholeplasmataceae. Sintomas característicos são: amarecimento e/ou avermelhamento das folhas, geralmente iniciado pelas bordas, perfilhamento e proliferação de espigas por planta (COTA et al., 2021).

## VÍRUS DA RISCA DO MILHO (MRFV)

O agente causal da risca do milho é o *Maize rayado fino vírus* (MRFV), pertencente ao gênero Marafivírus, família Tymoviridae. O MRFV é transmitido de planta para planta por meio da cigarrinha do milho, que atua como vetor da doença. A transmissão ocorre quando a cigarrinha se alimenta de plantas infectadas, adquirindo o vírus em seu trato digestivo, e posteriormente, ao se alimentar de plantas saudáveis transmite o vírus e infectando-as (COTA et al., 2021).

Os sintomas associados à risca do milho incluem a formação de pequenos pontos cloróticos que formam raias estreitas e longitudinais ao longo das nervuras das folhas com o desenvolvimento da doença. Além das estrias clorótica, também pode ocorrer enrugamento e redução do crescimento das plantas afetadas pela doença (SABATO et al., 2013).

## MANEJO INTEGRADO DE PRAGAS (MIP)

O Manejo Integrado de Pragas é uma importante ferramenta de manejo que engloba e integra diversas estratégias para o controle de insetos praga, com base em critérios técnicos, econômicos, ecológicos e sociais (PICANÇO, 2010; STENBERG, 2017; FERREIRA, 2022). No controle da cigarrinha do milho a prática isolada de uma dessas estratégias não tem se mostrado eficiente, necessitando da adoção das estratégias de manejo em conjunto na tentativa de atingir sucesso no controle deste inseto (SABATO, 2018).

Dentro do manejo integrado de pragas, além do controle químico que é amplamente utilizado, outras práticas podem aumentar a eficácia no controle da cigarrinha do milho (MEHRNEJAD, 2018). Isso inclui o controle cultural com a redução de plantas voluntárias, o controle biológico utilizando inimigos naturais, o controle genético com cultivares tolerantes e o controle comportamental que diminui a preferência do inseto por determinadas plantas (MORRISON, 2016; NELSON, 2018).

O controle do inseto requer ações simultâneas devido à sua alta mobilidade, já que a cigarrinha do milho (*Dalbulus maidis*) migra por longas distâncias e utiliza da diapausa como estratégias de sobrevivência, com isso o controle eficaz dessa praga é desafiador devido às complexas interações entre os diversos agentes e fatores envolvidos no MIP (COTA et al., 2021; PINTO, 2021). Devido ser um vetor de fitopatógenos, medidas preventivas são necessárias para o controle da cigarrinha do milho, uma vez que o nível de danos econômicos não está diretamente relacionado ao número de insetos praga (OLIVEIRA et al., 2017).

## CONTROLE CULTURAL

Como medida preventiva, o controle cultural deve ser realizado de forma constante nas lavouras, independente da presença de pragas. O objetivo é reduzir a disponibilidade de alimentos para as pragas e criar condições desfavoráveis para o seu crescimento e reprodução. Algumas táticas utilizadas no controle cultural incluem a rotação de culturas, escolha adequada da época de plantio e colheita, destruição de restos culturais, a eliminação de hospedeiros alternativos (milho tiguera) durante a entressafra, e a adubação equilibrada das plantas (FINKE et al., 2006).

Segundo Oliveira (2013), o monitoramento do milho tiguera é uma prática cultural crucial, pois essas plantas servem como abrigo para os insetos provenientes de lavouras recém colhidas. Ao monitorar e remover essas plantas é possível reduzir a disponibilidade de abrigo e alimento para os insetos, contribuindo no controle populacional da cigarrinha prevenindo e/ou diminuindo infestações futuras.

Conforme apontado por Rao et al. (2017), a erradicação de plantas espontâneas além de controlar a população de cigarrinhas também ajuda a controlar a incidência do complexo de enfezamentos. Isso ocorre porque o fitoplasma, que é o patógeno causador do enfezamento, é um organismo biotrófico que depende de um hospedeiro vivo para sua sobrevivência. Portanto, a remoção das plantas espontâneas elimina possíveis reservatórios e fontes de inóculo, reduzindo a presença do fitoplasma entre as estações de cultivo e ajudando a prevenir a disseminação da doença.

## CONTROLE GENÉTICO

O uso de variedades de milho resistentes e/ou tolerantes aos enfezamentos é uma alternativa amplamente recomendada. Essas variedades possuem características genéticas que as tornam menos suscetíveis aos enfezamentos causados pelos molliculites. A incorporação de cultivares com resistência genética é crucial no controle dos enfezamentos. Além de garantir fontes de resistência, é essencial compreender a herança dessa característica para aprimorar a seleção de cultivares resistentes de maneira mais eficaz no programa de melhoramento genético (HALLAUER et al., 2010).

Porém, existe uma lacuna de conhecimento em relação a imunidade ao enfezamento vermelho e pálido em híbridos comerciais disponíveis no mercado. Atualmente, as opções de híbridos comerciais de milho resistentes aos enfezamentos são limitadas (COTA et al., 2018; ROCHA et al., 2019).

Em avaliações experimentais realizadas em lavouras comerciais de milho Ávila et al., (2021), constatou que onde se semeou cultivares suscetíveis aos enfezamentos, o alto número de pulverizações de defensivos não foi eficaz na redução dos danos causados pela doença. O que ressalta a importância do controle genético como uma estratégia efetiva, onde a escolha de cultivares com tolerância aos patógenos transmissores dos enfezamentos é fundamental.

De acordo com o estudo realizado por Oliveira et al. (2010), que avaliou 77 linhagens de milho inoculadas com espiroplasma ou fitoplasma, verificou-se que a maioria das linhagens manifestou sintomas de espiroplasma, variando em número e intensidade. Por outro lado, a maioria das linhagens inoculadas com fitoplasma não apresentou nenhum sintoma de enfezamento, indicando uma resistência completa desses materiais à infecção por esse patógeno.

Pesquisa realizada por Bessa (2021), visando a tolerância de híbridos de milho quanto aos enfezamentos demonstrou que os híbridos DKB360, DKB335, DKB255 e AG8480 foram os mais produtivos e tiveram menor incidência de enfezamento demonstrando ser mais adequados para regiões ou épocas que apresentam maior risco de epidemia da doença.

## CONTROLE QUÍMICO

O controle químico é realizado por meio da aplicação de inseticidas durante o processo de tratamento das sementes e/ou diretamente nas plantas de milho. O emprego de inseticidas no tratamento de sementes tem se popularizado entre os produtores como uma tecnologia para aumentar a produtividade. Esses produtos atuam de maneira preventiva contra pragas iniciais, como a *D. maidis*, prevenindo danos significativos nos estágios iniciais de crescimento das culturas e garantindo um desenvolvimento saudável e livre de doenças para as plantas (OLIVEIRA; SABATO, 2018).

Estudos têm demonstrado que o tratamento de sementes para o controle da cigarrinha do milho nos estádios iniciais de desenvolvimento da planta tem se demonstrado viável em experimentos conduzidos em ambiente controlado. No entanto, em ensaios a campo, os resultados não têm se mostrado tão satisfatórios, provavelmente devido à característica migratória da praga (GONÇALVES, 2021).

Em um estudo Silveira (2019), avaliou a mortalidade de adultos de *Dalbulus maidis* com a aplicação dos inseticidas tiametoxam, clorantraniliprole, imidacloprido+tiocarbe e clotianidina nos estádios fenológicos V2, V3, V4, V5 e V6 da cultura do milho. A mortalidade dos insetos foi observada 24, 72 e 120 horas após a infestação. O autor observou que os inseticidas aplicados nas sementes são mais eficazes no controle da praga nos estádios iniciais de desenvolvimento da cultura, havendo uma redução na eficácia conforme as plantas se desenvolvem. Além disso, as pulverizações foliares tiveram baixa eficácia no controle de adultos de *D. maidis*, mas reduziram a alimentação desses insetos e consequentemente a taxa de transmissão dos molliculites.

De acordo com Silveira (2019), o controle químico é mais eficaz quando aplicado no tratamento de sementes, permitindo o controle da cigarrinha do milho logo após a emergência das plantas. No entanto, os inseticidas aplicados no tratamento de sementes para o controle da cigarrinha do milho têm um período residual geralmente curto e variável entre os produtos comerciais. Em média, a eficácia desses inseticidas diminui gradualmente ao longo do tempo, sendo que, para alguns deles, não ultrapassa duas semanas. Como concluíram Oliveira et al. (2007) e Silveira (2019), embora alguns inseticidas possam afetar a atividade alimentar da cigarrinha do milho, eles demonstram ser ineficazes na prevenção da transmissão dos molliculites causados pela *Dalbulus maidis*.

É importante utilizar apenas produtos registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para controlar a cigarrinha do milho. O número de pulverizações necessárias depende da presença de cigarrinhas e das instruções do fabricante, respeitando a dose e o intervalo entre as aplicações. Além disso, é recomendado realizar a rotatividade dos grupos químicos para evitar o desenvolvimento de resistência (ALVES et al., 2020). No AGROFIT sistema de consultas do MAPA, em julho de 2023, foram descritos 48 produtos registrados para o controle de *Dalbulus maidis* na cultura do milho, podendo ser utilizados no tratamento de sementes e em pulverizações foliares (MAPA, 2023).

## CONTROLE BIOLÓGICO

O controle biológico é uma estratégia crucial para o manejo de pragas, que se baseia na autorregulação dos agroecossistemas. Essa abordagem visa promover a interação entre os inimigos naturais e as pragas, trazendo benefícios significativos. Existem diferentes formas de controle biológico, incluindo o conservativo, que envolve a preservação dos



predadores naturais das pragas. O controle clássico consiste na introdução de inimigos naturais no ambiente para controlar as populações de pragas. Já o controle biológico aumentativo envolve a criação em laboratórios e a liberação em grande escala de inimigos naturais no campo, a fim de reduzir as pragas. Essas abordagens são fundamentais para promover um equilíbrio ecológico e sustentável no controle de pragas, e sua aplicação tem sido amplamente estudada e utilizada na agricultura (FONSECA et al., 2017; VILLA et al., 2017).

O controle biológico da cigarrinha do milho tem demonstrado eficácia através da utilização de esporos do fungo entomopatogênico *Beauveria bassiana*. Esses esporos são utilizados na formulação de diversos produtos com efeito biológico, sendo destacados pela sua capacidade de controlar de forma efetiva as populações da praga. O fungo *B. bassiana* é um parasita facultativo capaz de penetrar em qualquer parte da cutícula da cigarrinha do milho (LAZZARINI, 2005).

Além disso, o fungo *B. Bassiana* também pode penetrar através dos aparelhos respiratórios e digestórios da cigarrinha do milho (BROOME et al., 1976). Uma vez dentro do inseto, o fungo se desenvolve na hemolinfa, multiplicando-se e esgotando os nutrientes do inseto, levando à sua morte. Em condições ambientais favoráveis, as hifas do fungo se projetam para fora do corpo do inseto, formando uma massa branca visível (LAZZARINI, 2005). A interação entre o fungo *B. bassiana* e a cigarrinha do milho evidencia o potencial desse agente de controle biológico para o manejo eficaz dessa praga.

O fungo *Metarhizium anisopliae* também é uma opção altamente eficaz no controle da cigarrinha do milho. Estudo realizado por Ribeiro (2018), demonstrou que o fungo *Metarhizium anisopliae* apresentou eficácia comparável aos inseticidas Tiametoxam e Lambdaialotrina no controle da cigarrinha do milho. Apesar dos resultados promissores, o uso do fungo *Metarhizium anisopliae* no controle da cigarrinha do milho é ainda limitado devido à falta de informações sobre sua especificidade patogênica para essa praga específica (FRAZZON et al., 2000).

A fermentação líquida do fungo *Metarhizium robertsii* tem a capacidade de gerar um bioinseticida natural específico para a cigarrinha do milho. Após dois dias de cultivo, a fermentação produz leveduras (blastosporos), que podem ser diluídas e pulverizadas para o controle da praga (MARCIANO, 2021). Conforme foi observado por Lazzarini (2005), após dois dias de cultivo, a fermentação produz leveduras que podem ser diluídas e pulverizadas. Quando pulverizadas, essas leveduras germinam e infectam o inseto através da cutícula, resultando na morte do inseto em poucos dias.

Existem várias espécies de inimigos naturais, além dos fungos citados que desempenham um papel importante no controle biológico da cigarrinha do milho. Espécies como *Mymaridae* e *Trichogrammatidae* são capazes de parasitar os ovos e/ou adultos da cigarrinha, enquanto a família *Dryinidae* ataca as ninfas e adultos dessa praga (MENESES et al., 2013).

Como também existem diversos estudos conduzidos em plantas com a finalidade de controlar a cigarrinha do milho, dentre elas a planta *Azadirachta indica*, também conhecida como Nim, da família Meliácea. Dessa planta, são extraídos compostos chamados terpenoides, que, quando preparados com água, mostram potencial como bioativos no controle de pragas, sem apresentar efeitos tóxicos para humanos e o meio ambiente (OLIVEIRA, 2018).

Outra planta promissora é a mamona (*Ricinus communis* L.), onde Besson (2021), relatou que o extrato da folha da mamona apresenta resultados promissores no controle da cigarrinha do milho, sendo a ricina, encontrada na mamona, responsável pelo efeito tóxico sobre essa praga.

## CONTROLE COMPORTAMENTAL

Por fim, o controle comportamental pode ser uma alternativa de resistência (antibiose) que tem um efeito adverso no comportamento de colonização do inseto. Isso pode ocorrer tanto por meio de mecanismos biofísicos quanto bioquímicos, reduzindo a preferência do inseto por alimentação, oviposição ou abrigo (BALDIN et al., 2019).

Diante disso, pode-se analisar que a resistência de plantas através do espessamento e rigidez da epiderme, juntamente com a acumulação de sílica, pode ser uma ferramenta adicional no Manejo Integrado de Pragas (MIP). Essa estratégia pode ajudar a reduzir a ocorrência de indivíduos resistentes nas gerações subsequentes, mantendo a população da praga sob controle (BOER et al., 2019).

A aplicação de silício por meio do uso de pó de rocha é uma alternativa ambientalmente amigável que pode contribuir para melhorar a eficácia das ferramentas de controle do Manejo Integrado de Pragas (MIP), sem deixar resíduos de defensivos químicos. Além disso, essa prática pode resultar em aumentos na produtividade e redução dos custos de produção (ARTYSZAK, 2018).

O silício (Si) é um dos elementos mais abundantes do planeta e as plantas o absorvem na forma de ácido monossilícico ( $H_4SiO_4$ ) solúvel por meio do xilema. Em seguida, o silício se deposita na forma de sílica gel na parede celular das plantas. Essas deposições sugerem a possibilidade de criar barreiras mecânicas que dificultam a alimentação dos insetos, devido à maior dificuldade na mastigação, penetração e digestão. Isso também resulta em um maior tempo de exposição aos inimigos naturais, controles químicos e condições ambientais desfavoráveis (MALHOTRA et al., 2016; NAZARALIAN et al., 2017).

A deposição de silício na epiderme foliar proporciona um aumento na resistência mecânica contra o ataque de pragas, reduzindo o desempenho desses insetos. Isso ocorre devido ao desgaste do aparelho bucal na região incisória, o que resulta em uma redução na alimentação, atraso no desenvolvimento e aumento do canibalismo entre os insetos. Esses efeitos têm um impacto direto na população da praga, contribuindo para o controle e manejo eficaz (MA; YAMAJI, 2015; MASSEY; HARTLEY, 2009).

## CONCLUSÃO

Conclui-se que o aumento do cultivo de milho que ocorre muitas vezes de forma sucessiva, ou seja, sem a utilização da rotação de culturas resultou em uma maior presença da cigarrinha do milho, uma praga de difícil controle. A cigarrinha é vetor de patógenos que causam grandes perdas de produtividade. Para um controle eficaz, é necessário seguir um protocolo de manejo integrado de pragas de maneira eficaz e de forma que atenda a necessidade e realidade do produtor, incluindo medidas culturais contínuas, uso de cultivares resistentes, tratamento de sementes, controle biológico e controle comportamental com silício. Devido à importância da cigarrinha como praga chave na cultura do milho, vários estudos estão sendo realizados para aprimorar seu manejo. Essas pesquisas têm como foco principal a combinação de diferentes métodos de controle, uma vez que o controle químico isolado tem se mostrado ineficiente.

## REFERÊNCIAS

ALVES, A. P. et al. Guia de boas práticas para o manejo dos enfezamentos e da cigarrinha-do-milho. **Folhetos Embrapa Cerrados**. 34 p., 2020.

ARTYSZAK, A. Effect of silicon fertilization on crop yield quantity and quality – A literature review in Europe. **Plants**, v. 7, n. 3, p. 54, 2018.

ÁVILA, C. J. et al. A cigarrinha *Dalbulus maidis* e os enfezamentos do milho no Brasil. **Revista Plantio Direto**, p. 18-25, 2021.

BALDIN, E. L. L.; VENDRAMIM, J. D.; LOURENCAO, A. L. **Resistência de plantas a insetos: Fundamentos e Aplicações**. 1o ed. Piracicaba: FEALQ. 2019. 137p.

BESSA, K. F. L. **Tolerância de híbridos de milho Bt em cultivos comerciais a enfezamento, cigarrinha e lagarta**. 37 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2021.

BESSON, G. A. **Efeito do extrato de folhas de mamona (*ricinus communis*) sobre a cigarrinha do milho *Dalbulus maidis* (DeLong & Wolcott)**. 2021. 34 f. Tese (bacharel em agronomia) - Universidade Federal de São Carlos, Buri-SP, 2021.

BOER, C. A.; SAMPAIO, M. V.; PEREIRA, H. S. Silicon-mediated and constitutive resistance to *Rhopalosiphum maidis* (Hemiptera: Aphididae) in corn hybrids. **Bulletin of Entomological Research**, v.109, p.356-364. 2019.

BROOME, J. R.; SIKOROWSKI, P. P.; NORMENT, B. R. A mechanism of pathogenicity of *B. bassiana* on the larvae of the imported fire ant, *Solenopsis richteri*. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 28, p. 87-91, 1976.

CASTELÕES, L. **Enfezamento do milho aparece como problema nesta safra**. 2017. Disponível em: <[https://www.embrapa.br/cerrados/noticias/-/noticia/21567441/enfezamento-domilho-aparece-como-problema-nesta-safra?p\\_auth=9E18JLXA](https://www.embrapa.br/cerrados/noticias/-/noticia/21567441/enfezamento-domilho-aparece-como-problema-nesta-safra?p_auth=9E18JLXA)>. Acesso em: 10 ago.2023.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**, Brasília, DF, v. 10, safra 2022/23, n. 9, junho 2023.

CONAB. **Série Histórica das Safras, Milho**. Companhia Nacional de Abastecimento. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/seriehistorica-das-safras/itemlist/category/910-Milho>>. Acesso em: 20 jul. 2023.

CONTINI, E. et al. Milho: caracterização e desafios tecnológicos. **Embrapa - Desafios do Agronegócio Brasileiro**, n. 2, 2019.

COSTA, L. M.; CANEVER, M. D.; FAGUNDES, N. S. **Evolução da produção de milho das diferentes safras no Brasil**. 2022.

COTA, L.V. et al. Manejo da cigarrinha e enfezamentos na cultura do milho. **Cartilha Embrapa Milho e Sorgo**. p. 16, 2021.

COTA; L. V. et al. Resistência de Genótipos de Milho aos Enfezamentos. **Circular técnica 247**. Sete Lagoas, MG Dezembro, 2018.

DORNELES, R. M. et al. **Cigarrinha (Dalbulus maidis) na cultura do milho**. 2023.31 p. Monografia em Agronomia – Universidade Federal do Pampa. Itaqui 2023. Disponível em: <<https://repositorio.unipampa.edu.br/handle/rii/8295>>. Acesso em: 23 jul. 2023.

FERREIRA, A. L. et al. **Uso de silício de pó de rocha no controle da população de dalbulus maidis no milho doce**. 2022. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Morrinhos. Morrinhos 2022. Disponível em: <<https://repositorio.ifgoiano.edu.br/handle/prefix/3453>>. Acesso em: 23 jul. 2023.

FILHO, I. A. P. et al. **Sistemas Diferenciais de Cultivo**. Embrapa. 2021. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/milho/producao/sistemas-diferenciais-de-cultivo>>. Acesso em: 10 ago. 2023.

FINKE D.L., DENNO R.F. Spatial refuge from intraguild predation: implications for prey suppression and trophic cascades. **Oecologia**, v. 149, p. 265–275, 2006.

FONSECA, M. M. et al. Non- crop plant to attract and conserve an aphid predator (Coleoptera: Coccinellidae) in tomato. **Biological Control**, v.115, p.129 - 134, 2017.

FRAZZON, A. P. G. et al. In vitro assessment of Metarhizium anisopliae isolates to control the cattletick Boophilus microplus. **Veterin. Parasitol.**, v. 94, p, 117–125, 2000.

GALVÃO, J. C. C.; BOREM, A.; PIMENTEL, M. A. (Ed.). **Milho: do plantio à colheita**. Editora UFV, 2017.

GONCALVES, J. M. **Eficiência do tratamento de sementes para controle de Dalbulus maidis (DeLong & Wolcott) na cultura do milho: uma revisão bibliográfica**. Bacharel em Engenharia Agrônômica. ARARAS - SP 2021.

KOLLER, W. W. Ocorrência de cigarrinha-das-pastagens e de seu predador natural Salpingogaster nigra Schiner sob o efeito de sombreamento. Campo Grande, **EMBRAPA- CNPQC**, p. 15, 1988.

LAZZARINI, G. M. J. **Efeito da umidade sobre a germinação in vitro de Beauveria bassiana e Metarhizium anisopliae e atividade contra Triatoma infestans**. 2005. 46p. Dissertação (Mestrado em Parasitologia) - Instituto de Patologia Tropical e Saúde Pública, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2005.

LOBATO B. Cigarrinha e enfezamentos do milho desafiam produtores, que devem seguir recomendações de manejo. Produção vegetal. **Transferência de Tecnologia Manejo Integrado de Pragas**. EMBRAPA notícias, 2021. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/65316124/cigarrinhaeefeizamentodotomilho-desafiam-produtores-que-devem-seguir-recomendacoesda Manejo#:~:text=Ele%20ressaltou%20que%20o%20manejo,temporariamente%20%20cultivo%20do%20milho>>. Acesso em: 20 jul.2023

MA, J. F.; YAMAJI, N. A cooperative system of silicon transport in plants. **Trends Plant Science**. v. 20, n. 7, p. 435-442, 2015.

MALHOTRA, C. C.; KAPOOR, R.; GANJEWALA, D. Alleviation of abiotic and biotic stresses in plants by silicon supplementation. **Scientia**, v. 13, n. 2, p. 59-73. 2016.

MARCIANO, A. F. et al. Innovative granular formulation of *Metarhizium robertsii* microsclerotia and blastospores for cattle tick control. **Scientific Reports**, v. 11, n. 1, p. 4972, 2021.

MASSEY, F. P.; HARTLEY, S. E. Physical defences wear you down: progressive and irreversible impacts of silica on insect herbivores. **Journal of Animal Ecology**, v. 78, n. 1, p. 281-291, 2009.

MASSOLA JUNIOR, N.S. et al. Quantificação de danos causados pelo enfezamento vermelho e enfezamento pálido do milho em condições de campo. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 2, p. 136- 142, 1999.

MEHRNEJAD, M. R. Investigation into the overwintering and winter-management of the common pistachio psyllid, *Agonoscena pistaciae* (Hemiptera: aphalaridae), a major pest in pistachio plantations. **Zoology and Ecology**, v. 28, n. 4, p. 384-388, 2018.

MENESES, A. R. et al. **Descoberta de Gonatopus flavipes (Olmi) como um novo parasitóide de Dalbulus maidis (DeLong & Wolcott)**. In: SIMPOSIO DE CONTROLE BIOLÓGICO, 13. 2013, Bonito, MS. 2013.

MINISTERIO DA AGRICULTURA, PECUARIA E ABASTECIMENTO (MAPA). AGROFIT. **Sistema de inseticidas fitossanitários**. Disponível em: <[https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons)>. Acesso em: 23 jul. 2023.

MIRANDA, R.A. Uma história de sucesso da civilização. **A Granja**, v. 74, n. 829, p. 24-27, 2018.

MORRISON, W. R. et al. Establishing the behavioral basis for an attract-and-kill strategy to manage the invasive *Halyomorpha halys* in apple orchards. **Journal of Pest Science**, v. 89, n. 1, p. 81-96, 2016.

NAZARALIAN, S. et al. Comparison of silicon nanoparticles and silicate treatments in fenugreek. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 115, p. 25-33, 2017.

NELSON, R. et al. Navigating complexity to breed disease-resistant crops. **Nature Reviews Genetics**, v. 19, n. 1, p. 21, 2018.

OLIVEIRA, A. **Cigarrinha do milho**. 2018. Informativo técnico. Disponível em: <<http://www.nortox.com.br/wp-content/uploads/2018/03/informativoartigo06Alessandro.pdf>>. Acesso em: 15 jul. 2023.

OLIVEIRA, C. M. et al. Controle químico da cigarrinha-do-milho e incidência dos enfezamentos causados por mollicutes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 3, p. 297-303, 2007.

OLIVEIRA, C. M.; SABATO, E. O. **Doenças em milho: insetos-vetores, mollicutes e vírus**. Brasília, DF: Embrapa, p. 278. 2017.

OLIVEIRA, C. M.; FRIZZAS, M. R.; OLIVEIRA, E. Plantas hibernantes para adultos de *Dalbulus maidis* (DeLong e Wolcott) (Hemiptera: Cicadellidae) durante a entressafra do milho no Brasil Central. **Revista Internacional de Ciência de Insetos Tropicais**, v. 40, p. 1105-1111, 2020.

OLIVEIRA, C. M. et al. Survival strategies of *Dalbulus maidis* during maize off-season in Brazil. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 147, n. 2, p. 141-153, 2013.

OLIVEIRA, E. et al. **Resistência do milho ao enfezamento causado por espiroplasma e ao enfezamento causado por fitoplasma**. XXVIII Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 2010, Goiânia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, p. 9.

PICANCO, M. C.; GONRING, A. H. R.; OLIVEIRA, IR de. **Manejo integrado de pragas**. Viçosa, MG: UFV, 146p. 2010.

PINTO, M. R. **Cigarrinha-do-milho (*Dalbulus maidis*) e o complexo dos enfezamentos: características de transmissão, disseminação e controle**. Araras, 2021. Disponível em: <<https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/13756>>. Acesso em: 23 jul. 2023.

RAO, G. P.; MADHUPRIYA, T. A. K.; DUBEY, D. K. Identification of *Ocimum canum* as possible alternative host of sesame phyllody phytoplasma strain 16Srl-B in India. **Phytopathogenic Mollicutes**, v. 7, n. 1, p. 62-65, 2017.

RIBEIRO, J. M. **Eficiência de controle da cigarrinha-do-milho por dois fungos entomopatógenos, associados com o indutor de resistência K2SiO3, em plantas de Zea mays (var. saccharata) sob condições de campo**. 2018. 34 p. Dissertação (mestrado em Proteção de Plantas). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Urutai, 2018.

RIBEIRO, L.; CANALE, M. C. Cigarrinha-do-milho e o complexo de enfezamentos em Santa Catarina: panorama, patossistema e estratégias de manejo. **Agropecuária Catarinense**, v. 34, n. 2, p. 22-25, 2021.

ROCHA, L. F. S. et al. **Controle químico da cigarrinha no milho**. Anais do 1º Simpósio de TCC, das Faculdades FINOM e Tecsoma. 2019.

SABATO, E. O. **Manejo do risco de enfezamentos e da cigarrinha no milho**. 2018. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 18p. 2018.

SABATO, E. O.; PINTO, N. F. J. A.; FERNANDES, F. T. **Identificação e controle de doenças do milho**. 2 ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica. p. 146. 2013.

SANTANA JUNIOR, P. A. et al. Assessing the impact of climate change on the worldwide distribution of *Dalbulus maidis* (DeLong) using MaxEnt. **Pest management science**, v. 75, n. 10, p. 2706-2715, 2019.

SILVA, L. B. et al. **OCORRÊNCIA DA CIGARRINHA DO MILHO E INCIDÊNCIA DO ENFEZAMENTO NO OESTE BAIANO**. 2017. Universidade Estadual de Goiás, Campus Posse, Curso Superior de Tecnologia em Produção de Grãos, Posse, Goiás, p 32, 2017.

SILVA, R. G.; GALVAO, J. C. C.; MIRANDA, G. V.; OLIVEIRA, E. de. Controle genético da resistência aos enfezamentos do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, p. 921- 928, 2003.

SILVA, R.G. et al. Identificação dos níveis e fontes de resistência aos enfezamentos do milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 1, n. 3, p. 18-29, 2002.

SILVA, D. D. et al. **Mollicutes em milho: a diversificação de sistemas de produção pode ser a solução?**. COORDENACAO NEFIT/GESTAO 2017, p. 32, 2017.

SILVEIRA, C. H. **Eficácia de inseticidas no controle de Dalbulus maidis (DeLong & Wolcott) (Hemiptera: Cicadellidae) e da transmissão de espiroplasma do milho**. Dissertação. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz. Piracicaba 2019.

STENBERG, J. A. A conceptual framework for integrated pest management. **Trends in plantscience**, v. 22, n. 9, p. 759-769, 2017.

STRAZZI, S. Derivados do milho são usados em mais de 150 diferentes produtos industriais. **Visão Agrícola**, v. 1, n. 13, p. 146-150, 2015.

VILLA, M., SANTOS, S. A. P., MEXIA, A., BENTO, A. & PEREIRA, J. A. **Wild flower resources and insect honeydew are potential food items for Elasmus flabellatus**. 37, 15, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s13593-017-0423-0>>. Acesso em: 23 jul. 2023.

ZANCANARI, N.S. **Anatomia e morfologia de plantas de milho com diferentes números de alelos transgênicos**. 2019. 74f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) -Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"/ Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Jaboticabal. 2019. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/items/c72aca1d-2856-4f4a-8e2c-4f0fc6b74613>>. Acesso em: 10 ago. 2023.

# CRYPTOPHLEBIA OMBRODELTA: PROSPECÇÃO DE CONTROLE E DESENVOLVIMENTO EM CONDIÇÕES TÉRMICAS DE MUNICÍPIOS DO ESTADO DE SÃO PAULO, BRASIL

Data de aceite: 03/06/2024

### **Maria Conceição Peres Young Pessoa**

Embrapa Meio Ambiente  
Jaguariúna - São Paulo  
<http://lattes.cnpq.br/7609273004875279>

### **Rafael Mingoti**

Embrapa Territorial  
Campinas- São Paulo  
<http://lattes.cnpq.br/3479283038505977>

### **Leonardo Massaharu Moriya**

QueenNut Indústria e Comércio Ltda  
Dois Córregos – São Paulo  
<http://lattes.cnpq.br/1926872205054500>

### **Pedro Luís Blasi de Toledo Piza**

QueenNut Indústria e Comércio Ltda  
Dois Córregos – São Paulo  
<http://lattes.cnpq.br/0479949355393817>

**RESUMO:** A cultura da noz macadâmia no Brasil é considerado uma das Culturas com Suporte Fitossanitário Insuficientes (CSFI), do Grupo 1 e subgrupo 1B, conforme Instrução Normativa Conjunta nº 01 (de 16/06/2014) atualizada pelo Ato nº 69 (de 01/10/2019). Desse modo, grande atenção vem sendo direcionada para apresentar alternativas para o controle (químico e biológico) efetivo e registrado de pragas

de macadâmia. Além da entomofauna presente nas áreas produtoras nacionais, grande preocupação é também direcionada às pragas exóticas, que acometem o cultivo no exterior e apresentam grande potencial de entrada iminente no país. O projeto InsetoNut da Embrapa identificou a *macadâmia nut borer* (MNB) *Cryptophlebia ombrodelta* Lower, 1898 (Lepidoptera: Tortricidae) como uma das principais pragas de macadâmia no exterior e como praga quarentenária ausente (PQA) no Brasil. Zoneamento territorial de áreas brasileiras aptas à PQA, disponibilizado pelo mesmo projeto considerando macadâmia entre oito cultivos hospedeiros, incluiu o estado de São Paulo como área favorável. Este estudo prospectou, em literatura internacional, informações sobre a PQA *C. ombrodelta*, identificando alternativas para o controle e também demandas térmicas da praga. A última permitiu estimativas numéricas do desenvolvimento da PQA em condições térmicas de três municípios do estado de São Paulo, considerando suas respectivas temperaturas máxima e mínima mensais, do período de 2000 a 2021, obtidas a partir de dados do Banco de Dados Meteorológicos do INMET. Os resultados obtidos contribuem para as CSFI, com foco



no cultivo de macadâmia nacional, e com as políticas públicas de defesa fitossanitária, com foco na prevenção de entrada da PQA no país.

**PALAVRAS-CHAVE:** *macadâmia nut borer*, praga quarentenária, graus-dias, CSFI, Brasil.

## **CRYPTOPHLEBIA OMBRODELTA: PROSPECTION OF CONTROL AND DEVELOPMENT UNDER THERMAL CONDITIONS OF MUNICIPALITIES OF SÃO PAULO STATE, BRAZIL**

**ABSTRACT:** The Macadamia nut crop in Brazil is considered as one of the Minorcrops, belonging to Group 1 and subgroup 1B, according to the Conjoint Normative Instruction 01 (June, 16th 2014) updated by Act 69 (October, 1st 2019). Therefore, significant attention has been devoted to presenting alternatives for effective and registered control (chemical and biological) of macadamia pests. In addition to the entomofauna present in the national producing areas, great concern is also directed towards the exotic pests which affect this nut crop abroad and have great potential to imminently enter the country. The InsetoNut Project of Embrapa identified the macadamia nut borer (MNB) *Cryptophlebia ombrodelta* Lower, 1898 (Lepidoptera: Tortricidae) as one of the main pests of macadamia abroad and as an absent quarantine pest (AQP) in Brazil. The territorial zoning map of Brazilian areas suitable for this AQP, made available by the same project considering macadamia among eight host crops, included São Paulo State as a favorable area. The present study has prospected, in international literature, information about the AQP *C. ombrodelta*, identifying alternatives for the control and also thermal requirements of the pest. The latter enabled numerical estimates of the development of the AQP under thermal conditions of three municipalities of Sao Paulo state, considering their respectively maximum and minimum monthly temperatures, from the period of 2000 to 2021, retrieved from data of Meteorological Data Bank of INMET. The obtained results contribute to the minorcrops, focusing on the national macadamia nut crop, and to public policies of phytosanitary defense, focusing on the prevention of the introduction of the AQP in the country.

**KEYWORDS:** macadamia nut borer, quarantine pest, degree-days, minorcrops, Brazil.

## **INTRODUÇÃO**

A noqueira macadâmia (família *Proteaceae*) é uma árvore perene Australiana cultivada em vários continentes, cujos maiores produtores mundiais da noz são África do Sul, Austrália, Quênia, China, Estados Unidos (Haváí), Guatemala, Malauí, Brasil, Vietnam e Colômbia. Particularmente no Brasil, o cultivo de macadâmia, introduzido em 1931, vem sendo comercialmente intensificado desde a década de 70 (Piza et al., 2018; Piza; Moriya, 2014). A Associação Brasileira da Noz Macadâmia (ABM) indica que atualmente as principais áreas de plantio dessa noqueira estão localizadas nos estados da Bahia, Espírito Santo, Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso, Paraná, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul e São Paulo.

Diversos insetos-pragas acometem os cultivos de macadâmia no exterior, entre eles aqueles pertencentes ao grupo dos *Macadamia Nut Borer* (MNB) (Ironsides, 1995; Jones,

1995; Bright, 2021). *Cryptophlebia ombrodelta* Lower, 1898 (Lepidoptera: Tortricidae) é um inseto-praga polífago pertencente ao grupo dos MNB e conhecido como uma das principais pragas de noz macadâmia do exterior (Bittenbender; Hiraе, 1990; Ironside, 1995; Jones, 1995; Shon et al., 2016; QUEENSLAND GOVERNMENT.DAF, 2017; Bright, 2021). Seus cultivos hospedeiros se estendem a várias famílias de plantas (Bittenbender; Hiraе, 1990; Ironside, 1995; Jones, 1995; Waterhouse; Sands, 2001; Kawate; Tarutani, 2006; França, 2007; Gilligan; Epstein, 2014; Shon et al., 2016; Bright, 2021; GBIF, 2022), com ataques mais acentuados acontecendo, predominantemente, em áreas localizadas em clima quente (Waterhouse; Sands, 2001; Zhao et al., 2021).

No Brasil, o Ministério da Agricultura e Pecuária apresenta *Cryptophlebia ombrodelta* entre as pragas quarentenárias ausentes (PQA), conforme Portaria SDA nº 617 de 11 de julho de 2022 (Diário Oficial da União (D.O.U.) n.130. Seção 1, pg. 9-13 de 12/7/2022) (BRASIL.MAPA, 2022) e, assim, ausente do território nacional, mas com risco iminente de entrada no país e tendo importância econômica potencial para cultivos aqui presentes. Ainda nesse contexto, reforça-se que *C. ombrodelta* é apresentada como PQA desde a Instrução Normativa Mapa nº 52 de 20 de novembro de 2007 (D.O.U n. 223. Seção 1, pg.31 de 21/11/2007). Tratando-se de PQA com potencial para afetar o cultivo de macadâmia, acrescenta-se que esta é uma das Culturas com Suporte Fitossanitário Insuficientes (CSFI) (ou *Minorcrops*), pertencente ao Grupo 1 (Frutas com casca não-comestível; culturas representativas: citros, coco e melão) e subgrupo 1B (culturas representativas: mamão ou manga), conforme Instrução Normativa Conjunta nº 01 (de 16/06/2014) atualizada pelo Ato nº 69 (de 01/10/2019). Desse modo, o cultivo de macadâmia do país carece de informações técnico-científicas organizadas para subsidiar o enfrentamento adequado de problemas fitossanitários com maior potencial para afetar sua produção.

A literatura internacional já disponibilizou informações técnico-científicas sobre *C. ombrodelta*, incluindo alternativas de controle do inseto em áreas de macadâmia do exterior. Resgatar e organizar esse conhecimento favorece maior agilidade à proposição de estratégias de contenção/erradicação mais eficazes no contexto de defesa agropecuária nacional com foco no manejo desse inseto exótico, caso venha a ter sua futura presença confirmada em território nacional. Do mesmo modo, essas informações apoiariam as demandas da cultura de macadâmia como uma CSFI.

O conhecimento biológico das faixas de maior desenvolvimento ou de demandas térmicas do ciclo de vida de insetos-pragas exóticos vem subsidiando a prospecção de tendências de seus potenciais comportamentos em um novo ambiente (Silveira Neto et al., 1976). Por meio dessas informações vêm sendo possível inferir tanto os locais mais propícios às suas adaptações climáticas, quanto estimar os tempos de durações de estágios e/ou instares dos ciclos de vida dessas pragas exóticas, como também de períodos mais prováveis de suas ocorrências em diferentes cultivos e regiões produtoras (Pessoa et al., 2023a, 2023b, 2022a, 2022b, 2019, 2016, 2014; Salvador; Parra, 1990). Demandas

térmicas da fase de ovo-a-ovo do ciclo de vida de *C. ombrodelta* foram apresentadas por Zhao et al. (2019), viabilizando a utilização desse conhecimento para prospectar o desenvolvimento do inseto em condições térmicas de áreas nacionais. Essa informação facilitaria a indicação, a priori, de épocas mais sujeitas ao desenvolvimento da PQA em áreas produtoras de macadâmia do Brasil e, portanto, propensas ao seu maior potencial de ataque às estruturas preferenciais presentes nas plantas hospedeiras. Do mesmo modo, viabilizaria informações de estimativas da quantidade de gerações da PQA, passíveis de ocorrência em função das condições térmicas de municípios produtores da noz no país. Essas estimativas também viabilizariam conhecimento preventivo para as estratégias de manejo oficiais em caso de detecção da PQA no Brasil.

Este trabalho apresenta a prospecção de informações sobre *Cryptophlebia ombrodelta* Lower, 1898 (Lepidoptera: Tortricidae) com base em literatura técnico-científica internacional, incluindo sobre alternativas de controle, bem como apresenta estimativas numéricas do potencial desenvolvimento do ciclo de vida dessa PQA, prospectadas por demandas térmicas da fase de ovo-a-ovo, de literatura internacional, em condições térmicas de três municípios do estado de São Paulo (Dois Córregos, Pradópolis e São Carlos), localizados em microrregiões produtoras de macadâmia do Brasil.

## **CRYPTOPHLEBIA OMBRODELTA E ALTERNATIVAS DE CONTROLE NO EXTERIOR**

*Cryptophlebia ombrodelta* Lower, 1898 (Lepidoptera: Tortricidae) é uma MNB conhecida pelo nome comum de *Litchi Fruit Moth*. O inseto também é relatado em literatura internacional por suas sinônimas, a saber, *Arotrophora ombrodelta* Lower, 1898, *Cryptophlebia carpophaga* Walsingham, 1899 e *Argyroproce lasiandra* Meyrick, 1909 (Shon et al., 2016; GBIF, 2022; Patel et al., 2023).

Seus principais cultivos hospedeiros são citros (*Citrus sp.*), coco (*Cocos nucifera*), *Bauhinia* (gênero de *Fabaceae*), *Cassia* (gênero de *Fabaceae*), legumes, lichia (*Litchi chinensis*), longana (*Dimocarpus longan*), macadâmia (*Macadamia sp.*), marmelo (*Cydonia oblonga*), tamarindo (*Tamarindus indica*) e *Poinciana* (gênero de *Fabaceae*) (QUEENSLAND GOVERNMENT.DAF, 2017; Shon et al., 2016; Gilligan; Epstein, 2014; Waterhouse; Sands, 2001; Bittenbender; Hirae, 1990). Porém, Gilligan e Epstein (2014) também especificaram como cultivos hospedeiros de *C. ombrodelta*: laranja (*Citrus sinensis*), limonia (*Limonia* L., incluindo *L. acidissima*), soja (*Glycine max*), feijão (*Phaseolus* L., incluindo *P. lunatus* e *P. vulgaris*), algaroba ou algarobeira (*Prosopis juliflora*), carambola (*Averrhoa carambola*), lichia peluda (ou rambutã) (*Nephelium lappaceum*), Acácia amarela (*Vachellia farnesiana* (syn. *Acacia farnesiana*)), acácia (*Acacia* Mill.), *Indian Gum-arabic Tree* (*Acacia nilótica*), olho-de-pavão (*Adenantha pavonina*), *Bauhinia sp.* (*Bauhinia* L., incluindo *B. hirsuta*, *B. malabarica* e *B. purpurea*), alburno (*Caesalpinia sappan*), orgulho-

de-barbados (*Caesalpinia pulcherrima*), cássia-imperial (*Cassia fistula*), Cassia (*Cassia* L.), flamboyant (*Delonix regia*), anil de pasto (*Indigofera suffruticosa*), alfarroba americana ou algarrobo pálido (*Prosopis pallida*), mata-pasto (*Senna alata*), canudo-de-pito (*Senna bicapsularis*), mamangá ou fedegoso (*Senna occidentalis* syn. *Cassia occidentalis*), *Pepper-Leaved Senna* (*Senna septemtrionalis*), *Prickly sesban* (*Sesbania bispinosa*), agati (*Sesbania grandiglora*), *Sesbania* Scop., uva-da-praia (*Coccoloba uvifera*), cacho-de-marfim (*Buckinghamia celsissima*), maçã dourada ou bael (*Aegle marmelos*), tuckeroo ou carrotwood (*Cupaniopsis anacardioides*) e árvore-samambaia (*Filicium decipiens*). Nguyen et al. (2023) também indicaram *Erythrophleum fordii*, árvore da família *Fabaceae*, como hospedeiro do inseto.

O ciclo de vida de *C. ombrodelta* apresenta as fases de ovo, larva, pré-pupa, pupa e adulta (macho e fêmea) (Waterhouse; Sands, 2001; QUEENSLAND GOVERNMENT.DAF, 2017; Zhao et al., 2019; BioResources, 2024). De acordo com registros do inseto no exterior, os ovos do inseto são depositados individualmente pelas fêmeas, geralmente nas superfícies das cascas verdes, como também em frutos em desenvolvimento ou na vizinhança destes (Waterhouse; Sands, 2001; QUEENSLAND GOVERNMENT.DAF, 2017; Bright, 2020). Em clima quente a duração da fase de ovo varia em 4 a 6 dias, sendo que, após a eclosão do ovo, as larvas jovens entram na casca, quando ainda mole, construindo túneis em direção a amêndoa (Waterhouse; Sands, 2001; QUEENSLAND GOVERNMENT.DAF, 2017). O tempo de desenvolvimento da fase de ovo indicado acima está compatível com o reportado por Jones (2002), que a 25 °C sinalizou duração de 4 dias, como também com BioResources (2024), que informaram demandar 5 dias, com o IRELAND.DAFM (2024), que indicaram a faixa de 4 a 9 dias, e por Nguyen et al. (2023), que em *E. fordii* citaram de 4 a 5 dias. A medida que a casca endurece, a alimentação fica geralmente confinada internamente no carpelo (Waterhouse; Sands, 2001). O estágio larval do inseto foi reportado com duração de 21 a 28 dias (QUEENSLAND GOVERNMENT.DAF, 2017), portanto próximo aos 21 a 29 dias reportados por IRELAND.DAFM (2024) para a mesma fase, e próximo a faixa superior aos 26 a 33 dias relatados por Nguyen et al. (2023) em *E. fordii*. Porém, Jones (2002) indicou que em macadâmia do Havaí em temperatura de 25 °C a duração da fase larval demandou 19,4 dias. A fase larval apresenta de 5 a 6 instares (IRLANDA.DAFM, 2024; Sinclair, 1974). O estágio pupal foi descrito com duração de 8-10 dias (QUEENSLAND GOVERNMENT.DAF, 2017), compatível, no limite superior da faixa, com a duração reportada por Jones (2002) em macadâmia do Havaí a 25 °C, a saber de 10 dias. O IRLANDA.DAFM (2024) também apresentou para a fase pupal com duração variando de 8 a 16 dias. Porém, Nguyen et al. (2023) a apresentou demandando 11 a 13 dias, quando avaliada em *E. fordii*. Ainda nesse mesmo hospedeiro, Nguyen et al. (2023) também reportaram que a duração da fase adulta foi de 5 a 7 dias, com posturas de ovos iniciadas pelas fêmeas acasaladas após 18 a 24 horas (ou seja, no máximo um dia) da emergência da pupa. O período desde a oviposição até a emergência

do adulto foi referenciado com duração de 35 dias (Sinclair, 1974; Waterhouse; Sands, 2001; QUEENSLAND GOVERNMENT.DAF, 2017). Alguns autores também relataram que as populações adultas (mariposas) do inseto se apresentam sedentárias, visto que novas plantações de macadâmia permaneceram livres da praga por alguns anos (Waterhouse; Sands, 2001). Zhao et al. (2019) indicaram que a duração do tempo de uma geração do inseto pode variar em função da temperatura, informando que a 18°C demandou 66,87 dias e a 30°C de 35,77 dias. Os mesmos autores também citaram que a temperatura tem influência nas taxas de sobrevivência e fecundidade de *C. ombrodelta*, onde de 18 a 30°C as maiores taxas deram-se a 27°C apresentando 83,80% e 45,40 ovos, respectivamente. Imagens das fases de desenvolvimento e de aspectos morfológicos, que contribuem para a identificação de *C. ombrodelta*, foram apresentados por IRELAND.DAFM (2024), Rocquigny (2023), Patel et al. (2023), Bright (2020), Shon et al. (2016), QUEENSLAND GOVERNMENT (2003), Jones (2002) e Sinclair (1974).

Em macadâmia, os principais danos da praga foram citados em frutos e nas nozes em desenvolvimento, com notado impacto em áreas quentes (Ironsides, 1978; Jones, 1995, 2002; Kawate; Tarutani, 2006; Waterhouse; Sands, 2001; França, 2007; Matos, 2017; Shon et al., 2016). O inseto foi também encontrado nas hastes das nozes, flores e folhas, nestas últimas mais raramente (QUEENSLAND GOVERNMENT, 2003). Os danos podem ocorrer durante o ano todo, embora os ataques mais severos foram reportados em meses mais quentes (Ironsides, 1978). Os tuneis escavados pelas larvas nas nozes de macadâmia reduzem tanto seu rendimento quanto a sua qualidade, onde em situações de manejo incorreto da área de cultivo a presença do inseto pode gerar perdas de safra elevadas (mais de 60%) (Ironsides, 1978). A presença da praga no período que vai desde a ocorrência de noz pequena (tamanho de uma ervilha) em descargas de primavera até o período da fase de endurecimento da casca para a colheita foi reportada por Bright (2020) como o de maior risco para a cultura de macadâmia. Imagens dos danos do inseto em macadâmia encontram-se disponíveis (Jones, 2002; Bright, 2020).

Uma via potencial de dispersão de *C. ombrodelta* dá-se pelo transporte internacional de produtos frescos, frente aos relatos de intercepções reincidentes da praga ocorridos nesses produtos, particularmente da família *Fabaceae* (*Phaseolus* e *Vigna*), importados para a Irlanda (IRLANDA.DAFM, 2024). A capacidade de voo das mariposas (adultos) da espécie também foi relatada, com ocorrências destes registradas em certas árvores hospedeiras em alturas entre 5 e 9 m, todavia não há relatos em literatura caracterizando potenciais distâncias percorridas por migrações (IRLANDA.DAFM, 2024).

O uso de feromônio foi citado em literatura (Rocquigny, 2023). Dois feromônios sexuais atrativos de machos adultos (mariposas) de *C. ombrodelta* foram mencionados, a saber *oriental fruit moth* (OFM) e *macadamia nut borer* (MNB) (Vickers et al. 1998, citado por Rocquigny, 2023). Estes, integrados separadamente a iscas, apresentaram potencial para rastreamento da atividade de voos dos machos (Rocquigny, 2023).

Para o manejo de *C. ombrodelta* por controle biológico, o relatado como mais utilizado como parasitoide de ovos foi *Trichogrammatoidea cryptophlebiae* Nagaraja (Hymenoptera: Trichogrammatidae), que na Austrália já está disponível no produto biológico comercial MacTrix (BioResources Pty. Ltd., Brisbane) (Govender (2015) citando Huwer et al. (2006); informações disponíveis também em <https://bioresources.com.au/MacTrix/inbrief.html> acessado em 28 jun 2022). Todavia, Bright (2020) cita que em temperaturas acima de 35 °C a eficácia do MacTrix pode ser comprometida. O uso de *Bacillus thuringiensis*, bactéria da família Bacillaceae, em produtos biológicos comerciais (Agree, XenTari, Dipel) também foram mencionados, porém pouco eficazes no controle. Outros potenciais agentes de controle biológico das fases larval e pupal do inseto identificados em literatura foram *Apanteles briareus* Nixon, 1965 (Hymenoptera: Braconidae), *Brachymeria pomonae* (Cameron, 1912) (Hymenoptera: Chalcididae), *Bracon* sp. (Hymenoptera: Braconidae), *Cremastus flavoorbitalis* Cam. (Thompson 1943) (Hymenoptera: Ichneumonidae), *Echthromorpha agrestoria insidiator* (Smith, 1863), *Euagathis cryptophlebiae* Vier. (Thompson 1943) (Hymenoptera: Braconidae), *Euderus* sp. (Hymenoptera: Eulophidae), *Goniozus trissomalus fulvicornis* Rohwer (Muesebeck 1940) (Hymenoptera: Bethyliidae), *Gotra bimaculata* Cheesman, 1936 (Hymenoptera: Ichneumonidae), *Pristhesancus papuensis* Stål, 1861 (Hemiptera: Reduviidae) e *Thelairosoma* sp. (Diptera: Tachinidae) (Waterhouse; Sands, 2001; Ironside, 1974, 1978; Sinclair, 1974, 1979).

Para o controle químico de *C. ombrodelta* utilizado no exterior, Ellis et al. (2023) informaram como registrados para uso na Austrália os seguintes princípios ativos: *acephate*, *beta-cyfluthrin*, *carbaryl*, *methoxyfenozide*, *spinetoram* e *tebufenozide*. Ressalta-se que acefato, beta-ciflutrina, carbaril, espinetoram, metoxifenozida e tebufenozida já tem usos agrícolas autorizados no Brasil para outras culturas (BRASIL.ANVISA, 2022). A literatura internacional mencionou o uso de *azadirachtin* no controle de *C. ombrodelta* no exterior, porém como sendo pouco eficaz (Kawate; Tarutani, 2006); azadiractina também tem uso agrícola autorizado no Brasil para outras culturas (BRASIL.ANVISA, 2022). Em macadâmia do Havaí, o controle químico do inseto foi também apresentado por Jones (2002), que relatou como registrados usos de *malathion* e de várias formulações de *Bacillus thuringiensis*, porém ambos demandando grande número de aplicações para garantir o controle; malathion e *B. thuringiensis* apresentam uso agrícola autorizado no Brasil para outras culturas (BRASIL.ANVISA, 2022). Jones (2002) também sinalizou o primeiro instar larval de *C. ombrodelta* como o melhor período para uso de controle químico, como também relatou a necessidade de cuidado no uso de princípio ativo de agrotóxicos que comprometam a presença de inimigos naturais da praga.

## **PROSPECÇÃO DE DESENVOLVIMENTO DA PQA *CRYPTOPHLEBIA OMBRODELTA* POR DEMANDAS TÉRMICAS E EM CONDIÇÕES CLIMÁTICAS DE TRÊS MUNICÍPIOS PRODUTORES DE MACADÂMIA DO ESTADO DE SÃO PAULO**

Na prospecção do tempo de desenvolvimento da PQA em três municípios produtores de macadâmia do estado de São Paulo, a saber, Dois Córregos (microrregião de Jaú e macrorregião de Bauru), Pradópolis (microrregião de Ribeirão Preto e macrorregião de Ribeirão Preto) e São Carlos (microrregião de São Carlos e macrorregião de Araraquara), foram consideradas as demandas térmicas de *C. ombrodelta* para seu desenvolvimento de ovo-a-ovo, a saber soma térmica de 876,76 GD e temperatura base inferior de  $T_b = 5,77$  °C (Zhao et al. ,2019). Dados de temperaturas máxima e mínima mensais desses municípios, para anos compreendidos no período de 2000 a 2021, foram recuperadas da Base de Dados Meteorológicos (BDMEP) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) (INMET, 2022) e organizados, separadamente por município avaliado, em planilhas Microsoft Excel para viabilizar o posterior cálculo das médias mensais dessas variáveis. Na ausência de estações BDMEP/INMET para o município de Dois Córregos foram utilizados dados da estação climática do município de Barra Bonita (microrregião de Jaú e macrorregião de Bauru), conforme sugerido pelos produtores pelas características climáticas semelhantes àquelas da área produtora de Dois Córregos. Gráficos apresentando as temperaturas máxima e mínimas municipais resultantes foram também elaborados em Microsoft Excel e apresentados. O cálculo de graus dias diários foi realizado com base no método de Dufault (1997). Dois períodos distintos foram avaliados, a saber: a) período anual (janeiro a dezembro); e b) período de flores e frutos verdes na cultura de macadâmia nacional (junho a outubro). Os cenários foram avaliados, separadamente por município e considerando as demandas térmicas da PQA, viabilizando estimativas de ocorrências de gerações da praga em cada cenário, bem como suas respectivas durações (em dias) e épocas de ocorrências. O início da primeira geração em cada cenário foi considerado pela oviposição no 1º dia do período avaliado, com desenvolvimentos de gerações decorrentes acompanhadas até seu último dia. Os resultados obtidos são apresentados a seguir.

### **Estimativa do desenvolvimento da PQA *Cryptophlebia ombrodelta* em condição climática de Dois Córregos**

As médias mensais de temperaturas máxima ( $T_{max}$ ) e mínima ( $T_{min}$ ) calculadas e consideradas para Dois Córregos, a partir dos dados de Barra Bonita, são apresentadas a seguir (**Figura 1**).



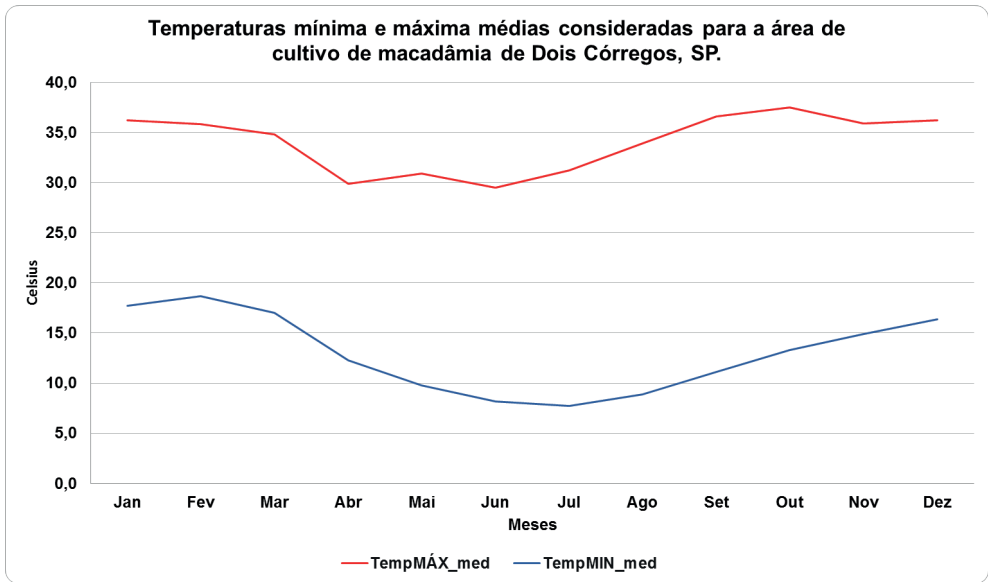


FIGURA 1. Condições térmicas consideradas para o município de Dois Córregos, SP

Fonte dos dados base: estação climática de Barra Bonita (BDMEP/INMET)

Para o **período anual**, as estimativas realizadas indicaram potencial para ocorrência de 7 gerações completas da PQA *C. ombrodelta* em condição térmica de Dois Córregos, com a sua 8ª geração ainda em desenvolvimento na fase ovo-a-ovo, com 333,88 GD acumulados (ou 16 dias completos) ao término da avaliação (**Tabela 1**). A duração média da fase ovo-a-ovo, com base nas gerações completas estimadas, foi de  $49,9 \pm 8,7$  dias, variando de 42 a 65 dias.

Quando considerado o **período de flores e frutos verdes de macadâmia (junho a outubro)** foi observado potencial para ocorrência de 2 gerações completas, com a 3ª geração em desenvolvimento na fase ovo-a-ovo ao final da avaliação (apresentando 698,42GD acumulados ou 35 dias) (**Tabela 2**). A duração média da fase ovo-a-ovo, considerando as gerações completas, foi de  $59,0 \pm 8,5$  dias, variando de 53 a 65 dias. Esse maior tempo de duração, quando comparado àquele observado para a avaliação anual supracitada, deu-se pela ocorrência de menores médias de  $T_{\text{máx}}$  e  $T_{\text{min}}$  de junho a outubro ( $33,7 \pm 3,4$  °C e  $9,8 \pm 2,3$  °C, respectivamente), comparadas às mesmas temperaturas no período de janeiro a dezembro ( $34,0 \pm 2,9$  °C e  $13,0 \pm 3,9$  °C, respectivamente); principalmente quando observados os valores médios de  $T_{\text{min}}$ .



Gerações	Durações (em dias)	Potenciais épocas de ocorrências
1ª geração	42	01 janeiro a 11 fevereiro
2ª geração	42	12 fevereiro a 25 março
3ª geração	56	26 março a 20 maio
4ª geração	65	21 maio a 24 julho
5ª geração	54	25 julho a 16 setembro
6ª geração	46	17 setembro a 01 novembro
7ª geração	44	02 novembro a 15 dezembro
8ª geração	em desenvolvimento	16 dezembro a (incompleta)

TABELA 1. Gerações da PQA *Cryptophlebia ombrodelta*, estimadas por demandas térmicas, para o período de janeiro a dezembro em condição climática considerada para o município de Dois Córregos.

Gerações	Durações (em dias)	Potenciais épocas de ocorrências
1ª geração	65	01 junho a 04 agosto
2ª geração	53	05 agosto a 26 setembro
3ª geração	em desenvolvimento	27 setembro a (incompleta)

TABELA 2. Gerações da PQA *Cryptophlebia ombrodelta*, estimadas por demandas térmicas, para o período de flores e frutos verdes de macadâmia (junho a outubro) em condição climática considerada para o município de Dois Córregos.

### Estimativa do desenvolvimento da PQA *Cryptophlebia ombrodelta* em condição climática de Pradópolis

Para Pradópolis, as médias mensais de temperaturas máxima (Tmax) e mínima (Tmin) consideradas são apresentadas a seguir (**Figura 2**).

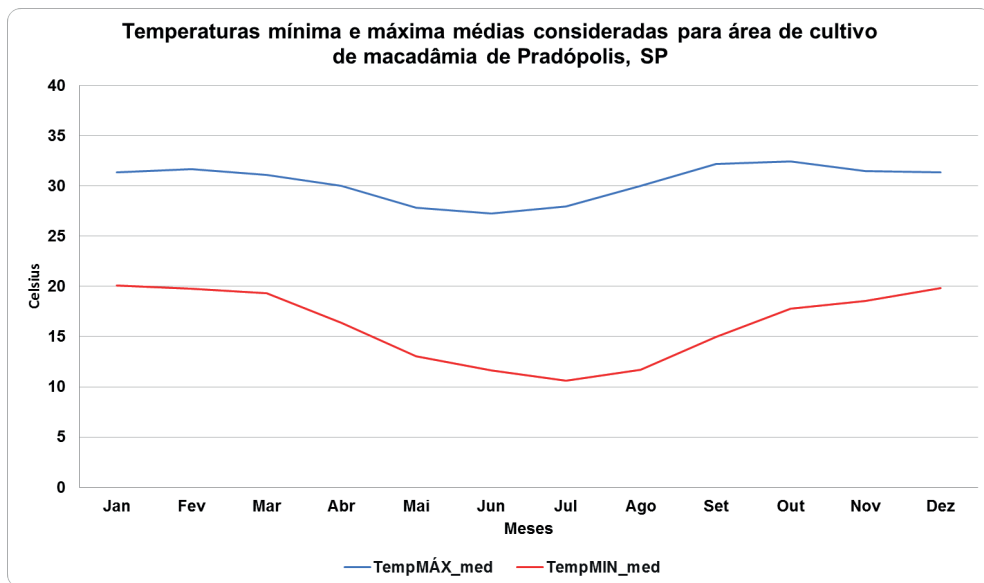


FIGURA 2. Condições térmicas consideradas para o município de Pradópolis, SP

Fonte dos dados base: BDMEP/INMET

Com base nas condições térmicas médias consideradas para Pradópolis, a avaliação **do período anual** indicou o potencial para ocorrência de até 7 gerações completas, onde ao término de dezembro a 8ª geração estaria em desenvolvimento na fase ovo-a-ovo com 12 dias completos (ou com 239,73 GD dos 876,76 GD necessários para a fase) (**Tabela 3**). A duração média da fase ovo-a-ovo nas condições térmicas de Pradópolis, considerando as gerações completas, foi de  $50,4 \pm 7,5$  dias, variando de 44 a 64 dias.

Para o **período de ocorrência de flor e fruto verde (junho a outubro)**, constatou-se potencial para a ocorrência de até 2 gerações completas, com a 3ª geração em desenvolvimento na fase ovo-a-ovo com 35 dias completos (ou 675,78GD acumulados dos 876,76GD necessários para a fase) ao final de outubro (**Tabela 4**). A duração média da fase ovo-a-ovo nas condições térmicas de Pradópolis, com base nas gerações completas, foi de  $59,0 \pm 8,5$  dias, variando de 53 a 65 dias.

Gerações	Durações (em dias)	Potenciais épocas de ocorrências
1ª geração	44	01 janeiro a 13 fevereiro
2ª geração	45	14 fevereiro a 30 março
3ª geração	54	31 março a 23 maio
4ª geração	64	24 maio a 26 julho
5ª geração	55	27 julho a 19 setembro
6ª geração	46	20 setembro a 04 novembro
7ª geração	45	05 novembro a 19 dezembro
8ª geração	em desenvolvimento	20 dezembro a (incompleta)

TABELA 3. Gerações da PQA *Cryptophlebia ombrodelta*, estimadas por demandas térmicas, para o período de janeiro a dezembro em condição climática considerada para o município de Pradópolis.

Gerações	Durações (em dias)	Potenciais épocas de ocorrências
1ª geração	65	01 junho a 04 agosto
2ª geração	53	05 agosto a 26 setembro
3ª geração	em desenvolvimento	27 setembro a (incompleta)

TABELA 4. Gerações da PQA *Cryptophlebia ombrodelta*, estimadas por demandas térmicas, para o período de flores e frutos verdes de macadâmia (junho a outubro) em condição climática considerada para o município de Pradópolis.

### Estimativa do desenvolvimento da PQA *Cryptophlebia ombrodelta* em condição climática de São Carlos

As médias mensais de temperaturas máxima (T<sub>max</sub>) e mínima (T<sub>min</sub>) consideradas para o município de São Carlos (microrregião: São Carlos; macrorregião: Araraquara) são apresentadas a seguir (**Figura 3**).

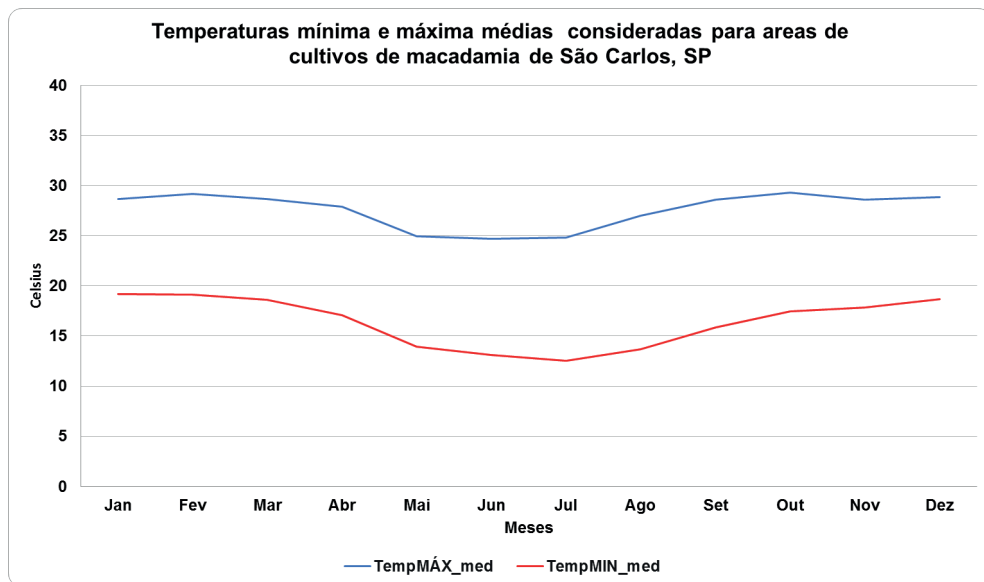


FIGURA 3. Condições térmicas consideradas o município de São Carlos, SP

Fonte dados base: BDMEP/INMET

Com base nas condições térmicas médias do município de São Carlos a avaliação do **período anual** indicou o potencial para ocorrência de até 6 gerações completas, estando a 7ª geração em desenvolvimento na fase ovo-a-ovo com 37 dias (ou com 662,45 GD dos 876,76 GD necessários para a fase) (**Tabela 5**). A duração média da fase ovo-a-ovo, considerando as gerações completas estimadas, foi de  $54,7 \pm 6,8$  dias, variando de 49 a 66 dias.

Gerações	Durações (em dias)	Potenciais épocas de ocorrências
1ª geração	49	01 janeiro a 18 fevereiro
2ª geração	49	19 fevereiro a 08 abril
3ª geração	59	09 abril a 06 junho
4ª geração	66	07 junho a 11 agosto
5ª geração	55	12 agosto a 05 outubro
6ª geração	50	06 outubro a 24 novembro
7ª geração	em desenvolvimento	25 novembro a (incompleta)

TABELA 5. Gerações da PQA *Cryptophlebia ombrodelta*, estimadas por demandas térmicas, para o período de janeiro a dezembro em condição climática considerada para o município de São Carlos.

Quando considerado o **período de ocorrência de flor e fruto verde (junho a outubro)**, observou-se potencial para a ocorrência de até 2 gerações completas, estando a 3ª geração em desenvolvimento na fase ovo-a-ovo com 30 dias (ou com 532,91GD acumulados dos 876,76GD necessários para a fase) (**Tabela 6**). A duração média da fase ovo-a-ovo nas condições térmicas de São Carlos, considerando as gerações completas, foi de  $61,5 \pm 7,8$  dias, variando de 56 a 67 dias.

Gerações	Durações (em dias)	Potenciais épocas de ocorrências
1ª geração	67	01 junho a 06 agosto
2ª geração	56	07 agosto a 01 outubro
3ª geração	em desenvolvimento	02 outubro a (incompleta)

TABELA 6. Gerações da PQA *Cryptophlebia ombrodelta*, estimadas por demandas térmicas, para o período de flores e frutos verdes de macadâmia (junho a outubro) em condição climática considerada para o município de São Carlos.

## COMENTÁRIOS FINAIS

Estimativas numéricas dos tempos de desenvolvimentos da fase ovo-a-ovo da PQA *Cryptophlebia ombrodelta* em condições térmicas dos municípios paulistas de Dois Córregos, Pradópolis e São Carlos foram apresentadas, considerando demandas térmicas do inseto de literatura internacional. A partir das gerações completas estimadas foram observadas durações da fase ovo-a-ovo variando de 42 a 67 dias, conforme município e período de ocorrência da geração. Os tempos de desenvolvimentos médios da fase ovo-a-ovo considerando o período anual encontraram-se próximos a maioria dos indicados pela soma dos limites superiores das fases do ciclo de vida do inseto relatados no exterior, porém superiores aos informados por Jones (2002) em macadâmia do Havaí a 25 °C. Neste último caso, Jones (2002) ainda citou a ocorrência média de 8 a 11 gerações no período anual, o que difere das quantidades de gerações completas estimadas para as condições térmicas dos três municípios paulistas avaliados para o mesmo período, os quais registraram de 6 a 7 gerações; embora em condições de Dois Córregos e Pradópolis a 8ª geração encontrava-se em desenvolvimento na fase ovo-a-ovo no término do período. As estimativas de durações médias da fase ovo-a-ovo no período de flor e frutos verdes em condições térmicas dos municípios paulistas avaliados foram também apresentadas.

Os resultados supracitados, assim como a organização de informações prospectadas em literatura internacional sobre o inseto e suas estratégias de controle em uso no exterior e aqui também disponibilizadas, apoiam políticas públicas de defesa fitossanitária nacional com foco na PQA *Cryptophlebia ombrodelta*, em caráter preventivo a entrada desse inseto no país.

## NOTA

Trabalho realizado no âmbito do Acordo de Cooperação Técnica entre a Embrapa e a Queen Nut Indústria e Comércio LTDA. (Contrato SAIC 21300.19/0072-1).

## REFERÊNCIAS

BioResources. **MacTriX Wasps**. 2024. 3p. Disponível em: <https://bioresources.com.au/good-bugs/matrix-wasps/> Acesso em: 19 mar. 2024.

BITTENBENDER, H. C.; HIRAE, H. H. **Common problems of macadamia nut in Hawaii**. Research Extension Series 112 05/90, University of Hawaii/College of Tropical Agriculture & Human Resources, 1990. 39p.

BRASIL. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA), **Monografias agrotóxicos – monografias autorizadas**, atualizado em 22 ago. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/setorregulado/regularizacao/agrotoxicos/monografias/monografias-autorizadas-por-letra> Acesso em: 22 nov. 2023.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). SECRETARIA DE DEFESA AGROPECUÁRIA (SDA). **Portaria SDA nº 617 de 11 de julho de 2022**. Diário Oficial da União (DOU), n. 130, Seção 1, pg.09-13, de 12/07/2022. Disponível em: <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?jornal=515&pagina=9&data=12/07/2022>

BRIGHT, J. **Macadamia plant protection guide 2021-22**. NSW Department of Primary Industries, Orange, 2021. 146 p.

BRIGHT, J. **Macadamia nut borer**. Department of Primary Industries, NSW Government, Australia, September, 2020. 3 p. Disponível em: [https://www.dpi.nsw.gov.au/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0003/1258824/Macadamia-nut-borer.pdf](https://www.dpi.nsw.gov.au/__data/assets/pdf_file/0003/1258824/Macadamia-nut-borer.pdf)

DUFAULT, R. J. Determining heat unit requirements for broccoli in coastal South Carolina. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 122, n. 2, p. 169-174, Mar. 1997.

ELLIS, K. L.; ANDERSON, J. M.; YONOW, T.; KRITICOS, D. J.; ANDREW, N. R. Biology and ecology of insect pests in macadamia: a review of the current status of IPM strategies in Australia, **Journal of Integrated Pest Management**, v.14, Issue 1, 2023, 26p.

FRANÇA, B. H. C. **Macadâmia: cultivo e produtos derivados**. Rio de Janeiro: Redetec, 2007. 21 p. Disponível em: <http://respostatecnica.org.br/dossie-tecnico/downloadsDT/MjAy> . Acesso em: 19 mar. 2021.

GILLIGAN, T. M.; EPSTEIN, M. E. **Factsheet *Cryptophlebia ombrodelta***, Tortricids of Agricultural Importance (TorAI), Colorado State University, august, 2014. Disponível em: [http://idtools.org/id/leps/tortai/Cryptophlebia\\_ombrodelta.htm](http://idtools.org/id/leps/tortai/Cryptophlebia_ombrodelta.htm) Acesso em: 19 mar. 2021.

GLOBAL BIODIVERSITY INFORMATION FACILITY. GBIF. Disponível em: <https://www.gbif.org> Acesso: 2022.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Áreas Territoriais. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/15761-areas-dos-municipios.html?=&t=sobre>. Acesso em: 23 out. 2020.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Banco de Dados Meteorológicos do INMET**. Disponível em: <https://bdmep.inmet.gov.br/>. Acesso em: 17 ago. 2022.

IRELAND. DEPARTMENT OF AGRICULTURE, FOOD AND THE MARINE DIVISIONS (DAFM). ***Cryptophlebia ombrodelta* – Macadamia nut borer**, DAFM Plant Pest Factsheet, online. 2024. Disponível em: <https://assets.gov.ie/255163/880338f2-115e-4d21-83a1-03a2851e0461.pdf> Acesso em: 10 jan. 2024.

IRONSIDE, D. A. Biology of macadamia nut borer (*Cryptophlebia ombrodelta* (Lower)). **Qld. J. Agric. An. Sci.**, 1974 v.31, p.201–212.

IRONSIDE, D. A. The macadamia nut borer. **Qld. Agric.** 1978, v.104, p.19-22.

IRONSIDE, D. A. Insect pests of macadamia in Queensland. **Information Series**, QI95027, 1995 (1st publication 1981; reprint 1995). 35p. (Department of Primary Industry Queensland).

JONES, V. P. Review of macadamia IPM in Hawaii. **Proceedings of the Hawaii Macadamia Nut Association**, 1995. n.35, pp.24-32.

JONES, V. P. **Macadamia integrated pest management: IPM of insects and mites attacking macadamia nuts in Hawaii**. Honolulu (HI): University of Hawaii. 2002. 99 p. Disponível em: [https://www.ctahr.hawaii.edu/oc/freepubs/pdf/mac\\_ipm.pdf](https://www.ctahr.hawaii.edu/oc/freepubs/pdf/mac_ipm.pdf) Acesso em: 20 mar. 2024.

KAWATE, M.; TARUTANI, C. Pest management strategic plan for macadamia nut production in Hawai'i. In. **Macadamia Nut Workshop Summary**. Pearl City Urban Garden Center, University of Hawai'i at Manoa, Honolulu, Hawai'i. May 2006. 46p. Disponível em: [https://ipmdata.ipmcenters.org/documents/pmmps/HIMacadamia\\_Nut%202006.pdf](https://ipmdata.ipmcenters.org/documents/pmmps/HIMacadamia_Nut%202006.pdf) . Acesso em: 19 mar. 2021.

MATOS, S. T. S. de **Aspectos ecológicos de insetos predadores e fitófagos associados à noqueira-macadâmia em Jaboticabal, São Paulo**. Jaboticabal : Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária UNESP campus Jaboticabal, 2017. 64p. (Dissertação Mestrado). Disponível em: [https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/150258/matos\\_sts\\_me\\_jabo.pdf?jsessionid=E374E663C2D9575CB9C7177C155EA2A0?sequence=3](https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/150258/matos_sts_me_jabo.pdf?jsessionid=E374E663C2D9575CB9C7177C155EA2A0?sequence=3) Acesso em 20 mai. 2020.

MOTH OF INDIA WEBSITE, 2024. *Cryptophlebia ombrodelta* (Lower, 1898) – Macadamia Nut Borer, Litchi Fruit Moth. In Sondhi, S., Y. Sondhi, R.P. Singh, P. Roy and K. Kunte (Chief Editors). **Butterflies of India**, v. 3.71. Published by the Indian Foundation for Butterflies. Disponível em: <https://www.mothsofindia.org/cryptophlebia-ombrodelta>, Acessado em: 2024/03/06 .

MUÑOZ, M.E.S.; GIOVANNI, R.; SIQUEIRA, M.F.; SUTTON, T.; BREWER, P.; PEREIRA, R.S.; CANHOS, D.A.L.; CANHOS, V.P. **OpenModeller: a generic approach to species' potential distribution modelling**. **Geoinformatica**. 2009. 25p. DOI: 10.1007/s10707-009-0090-7

NGUYEN, M. C.; VU, D.V.; DO, V.N.; HEPNER, J. B. Bionomics of the shoot borer, *Cryptophlebia ombrodelta*, damaging *Erithrophleum* trees in Vietnam (Lepidoptera: Tortricidae: Olethreutinae). **Lepidoptera Novae**, 2023, v.16, n.1, pp. 61-66.

O'HARE, P.; STEPHENSON, R.; QUINLAN, K.; VOCK, N. **Growing Guide: Macadamia grower's handbook**, Nambour: Australia/The State of Queensland /Department of Primary Industry & Fisheries, 2004. 149p. (Grower Guide Series, QI03052).

PATEL, R. K.; CHADAR, V.; MANDAWUI, N. C.; NIRALA, Y. P. S. Bionomics of *Cryptophlebia ombrodelta* Lower a major pest of tamarind. **India Journal of Entomology**, v. 85, n.2. pp.439-440. 2023. Disponível em: <https://indianentomology.org/index.php/ije/article/view/436/905>

PESSOA, M. C. P. Y.; ADAIME, R.; JESUS-BARROS, C. R. de; MINGOTI, R.; PARANHOS, B. A. G.; COSTA, J. V. T. A. Estimativas numéricas do desenvolvimento de *Bactrocera carambolae* em taperebá e acerola em municípios do Estado do Amapá. In: SILVIA-MATOS, R. S. da; LOPES, J. A.; SILVA, A. L. V. e (org.). **Meio ambiente: agricultura, desenvolvimento e sustentabilidade**. Ponta Grossa, PR: Atena, 2023a. cap. 7. p. 98-115.

PESSOA, M. C. P. Y.; ADAIME, R.; MINGOTI, R.; PARANHOS, B. A. G.; HUTTEMBERGUE, M. C.; JESUS-BARROS, C. R. de; COSTA, J. V. T. A. Desenvolvimento de *Bactrocera carambolae* por demandas térmicas em diferentes alimentos em condições térmicas do Pará e Roraima. IN: SILVA, L. F. da; OLIVEIRA, V. C. de. (org.). **Ciências agrárias: estudos sistemáticos e investigação avançada 3**. Ponta Grossa, PR: Atena, 2023b. cap. 10. p. 141-178.

PESSOA, M. C. P. Y.; MINGOTI, R.; MORIYA, L. M.; PIVA, P. L. B. de T.; DIOGO, M. de S. Estimativas do desenvolvimento de *Amblyopelta nitida* por demandas térmicas em área de macadâmia de São Paulo. In: OLIVEIRA-JUNIOR, J. M. B.; CALVÃO, L. B. (org.). **Entomologia: estudos sobre a biodiversidade, fisiologia, controle e importância médica dos insetos 2**. Ponta Grossa, PR: Atena, 2022a. cap. 1. p. 1-13.

PESSOA, M. C. P. Y.; MORIYA, L. M.; MINGOTI, R.; MARINHO-PRADO, J. S.; PIVA, P. L. B. de T. *Scirtothrips dorsalis* e prospecção de seu desenvolvimento em condição térmica de Dois Córregos, SP. In: OLIVEIRA-JUNIOR, J. M. B.; CALVÃO, L. B. (org.). **Entomologia: estudos sobre a biodiversidade, fisiologia, controle e importância médica dos insetos 2**. Ponta Grossa, PR: Atena, 2022b. cap. 5. p. 71-89.

PESSOA, M. C. P. Y.; AVILA, C. J.; FLUMIGNAN, D. L.; LUCHINI, G. A.; BORGHESI, R. Estimativas de fases imaturas de *Helicoverpa armigera* em Dourados e Ponta Porã em apoio ao biocontrole. In: SIMPÓSIO DE CONTROLE BIOLÓGICO (SICONBIOL), 16., 2019, Londrina. **Anais...** Londrina: SEB; UEL; Embrapa, 2019. p. 454. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/206721/1/RA-PessoaMCPY-16SICONBIOL-2019-p454.pdf> Acesso em: 09 set. 2022.

PESSOA, M. C. P. Y.; PRADO, J. S. M.; MINGOTI, R.; LOVISI FILHO, E.; SILVA, A. de S.; MOURA, M. S. B. de; SILVA FILHO, P. P. da; SA, L. A. N. de; PRADO, S. de S.; SPADOTTO, C. A.; FARIAS, A. R. **Estimativas de potencial adaptação de *Bactrocera carambolae* Drew & Hancock (Praga Quarentenária A2) - Estudo de caso para dois perímetros irrigados do Vale do Rio São Francisco**, Campinas, SP: Embrapa Gestão territorial 2016 2 p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/161389/1/20161202-NotaTecnica-9.pdf> Acesso em: 08 set. 2022.

PESSOA, M. C. P. Y.; MARINHO-PRADO, J. S.; SÁ, L. A. N. de. **Avaliação do potencial desenvolvimento de *Helicoverpa armigera* (Hübner, 1808) (Lepidoptera: Noctuidae) em cultivo de soja na região de Barretos - norte do estado de São Paulo**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2014. 28 p. (Embrapa Meio Ambiente. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 63). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/120685/1/2014BP01.pdf> Acesso em: 09 set. 2022.

PIZA, P. L. B. de T.; MORIYA, L. M. Cultivo de macadâmia no Brasil, **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, n.1, Mar. 2014. Disponível online em: <https://www.scielo.br/j/rbf/a/rnMZbRcQ4KsHntwSZtwXSpD/?lang=pt#> Acessado em: 12 junho 2022.

PIZA, P. L. B. de T.; MORYIA, L. M.; MENDES NETO, N. de S. A cultura da noz macadâmia. **Toda Fruta**, 2018. 15p. Disponível em: <https://www.todafruta.com.br/wp-content/uploads/2018/06/NOZ-MACADAMIA.pdf> Acessado em: 12 junho 2022.



SALVADORI, J.R.; PARRA, J.R.P. Efeito da temperatura na biologia e exigências térmicas de *Pseudaletia sequax* (Lepidoptera: Noctuidae), em dieta artificial. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 25, n. 12, 1990. p.1693-1700.

SINCLAIR, E. R. **A life system study of *Cryptophlebia ombrodelta* (Lower) (Lepidoptera: Tortricidae) in southeast Queensland**. PhD thesis, University of Queensland, 1975. 765p.

QUEENSLAND GOVERNMENT. DEPARTMENT OF AGRICULTURE AND FISHERIES (DAF). **Macadamia nutborer**. 2017. Disponível em: <https://www.daf.qld.gov.au/business-priorities/agriculture/plants/fruit-vegetable/insect-pests/macadamia-nutborer> Acesso em: 10 abr. 2022.

QUEENSLAND GOVERNMENT. **Macadamia problem solver & bug identifier Reprint – information current in 2003**. 2003. 17p. Disponível em: [https://era.daf.qld.gov.au/id/eprint/1964/13/mac-problemsolver\\_Part5.pdf](https://era.daf.qld.gov.au/id/eprint/1964/13/mac-problemsolver_Part5.pdf)

ROCQUIGNY, N. B. M. DE. **Behavior, infestation, and molecular characterization of *Cryptophlebia* spp. (Lepidoptera: Tortricidae) associated with macadamia nut in Hawai'i**. Hilo, Hawaii: Graduate Division of the University of Hawai'i at Hilo, December, 2023. 107p. (Master Science in Tropical Conservation Biology and Environmental Science) Disponível em: <https://dspace.lib.hawaii.edu/server/api/core/bitstreams/2a38eed6-dfee-4eeb-afbe-90528e643f95/content> Acesso em: 12 mar. 2024.

SHON, J.; KIM, S.; CHOO, S. Review of *Cryptophlebia* Walsingham, 1900 (Lepidoptera: Tortricidae) from Korea, **Animal Systematics, Evolutions and Diversity**, v.32, n.4, 293-296, October 2016.

SILVEIRA NETO, S.; NAKANO, O.; BARBIN, D.; VILLA-NOVA, N. A. **Manual de ecologia dos insetos**. São Paulo: Ceres, 1976. 419 p.

SINCLAIR, E. R. **A life system study of *Cryptophlebia ombrodelta* (Lower) (Lepidoptera: Tortricidae) in Southeast Queensland**. Queensland, Australia: Department of Entomology/University of Queensland, Brisbane, Australian, September, 1974, **volume 1**, 765p. (PhD Thesis). Disponível em: <https://espace.library.uq.edu.au/view/UQ:348384>

SINCLAIR, E. R. Parasites of *Cryptophlebia ombrodelta* (Lower) (Lepidoptera: Tortricidae) in Southeast Queensland. **Australian Journal of Entomology**, 1979, n. 18, pp. 329-355. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1440-6055.1979.tb00860.x> ou <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1440-6055.1979.tb00860.x>

SINCLAIR, E. R.; SINCLAIR, P. Trapping adult macadamia nut borer, *Cryptophlebia ombrodelta* (Lower) (Lepidoptera: Tortricidae). **Australian Journal of Entomology**, [S.L.], v. 19, n. 3, p. 211-216, set. 1980. Wiley. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1440-6055.1980.tb02090.x> ou <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1440-6055.1980.tb02090.x> Acesso em: 19 mar. 2021.

VICKERS, R. A.; IRONSIDE, D. A.; MCLEAN, S.; COATES, A.; CAMPBELL, G. Development of a pheromone-based monitoring system for the macadamia nut borer, *Cryptophlebia ombrodelta* (Lower) (Tortricidae: Olethreutinae), in Australia. **J. Asia Pac. Entomol.** 1998. v.1, pp.85-89.

WATERHOUSE, D.F.; SANDS, D.P.A. **Classical Biological Control of Arthropods in Australia**. 77. ed. Australia: Aciar, 2001. 560 p. Disponível em: <https://aciarc.gov.au/publication/books-and-manuals/classical-biological-control-arthropods-australia> Acesso em: 19 mar. 2021.

ZHAO, Z.; WANG, C.; WANG, H.; GUO, J.; WANG, S. Effect of temperature on the development and reproduction of *Cryptophlebia ombrodelta* (Lower) (Lepidoptera: Tortricidae), **Acta Ecologica Sinica**, v. 39, 2019. pp. 2626-2633. Disponível em: <http://www.ecologica.cn/stxb/article/abstract/stxb201802080343> DO - 10.5846/stxb201802080343 Acessado em 30 jun 2022.

## CAPÍTULO 8

# ESTUDO INDICA POSSIBILIDADE DE REDUÇÃO DE DOSES DE NITROGÊNIO E DE POTÁSSIO SE APLICADAS VIA FERTIRRIGAÇÃO EM COMPARAÇÃO COM AS MESMAS DOSES RECOMENDADAS PARA ADUBAÇÃO CONVENCIONAL NO CULTIVO DE BANANA

*Data de aceite: 03/06/2024*

### **José Crispiniano Feitosa Filho**

Prof. Dr. DSER/CCAQ/UFPB. Advogado  
OAB-PB 20.195  
Areia-Paraíba

### **Gutenberg Pinto Leite Júnior**

Engenheiro Agrônomo. Ms em Manejo e  
Conservação de Solo e Água. DSER/CCA/  
UFPB

### **José Maria Pinto**

Pesquisador Dr. da Embrapa Semi-Árido.  
Petrolina-PE

Parte da Dissertação de  
Mestrado em Manejo e  
Conservação do Solo  
e Água do DSER/CCA/  
UFPB do Segundo Autor

**RESUMO:** Esse trabalho *teve* como objetivos avaliar o efeito da redução de 25% e de 50% das doses de N e K quando aplicadas *via* fertirrigação em relação às mesmas doses recomendadas para adubação convencional na cultura de banana e quantificar também a relação custo/benefício com a redução desses

adubos. Analisou-se seis tratamentos: T1 (100% de N + 100% de K<sub>2</sub>O) com doses completas e aplicadas à lanço manualmente e aplicada através da água de irrigação (Fertirrigação): T2(100% de N + 100% de K<sub>2</sub>O); T3(100% de N + 75% de K<sub>2</sub>O); T4(100% de N + 50% de K<sub>2</sub>O); T5(75% de N + 100% de K<sub>2</sub>O) e T6(50% de N + 100% de K<sub>2</sub>O). Como resultados verificou-se que a redução nas doses de N e K não influenciaram a altura média das plantas; no perímetro do pseudocaule, no número de folhas/planta e na área foliar. Entretanto houve diferença significativa no comprimento e no diâmetro dos frutos quando a dose de K foi reduzida em 25% e as doses de N em 25%. A redução nas doses de N e K não influenciaram nos dados da altura média das plantas; perímetro do pseudocaule, número de folhas/planta e área foliar; houve diferença significativa no comprimento e o diâmetro médio dos frutos quando a dose de potássio foi reduzida em 25% e as de nitrogênio de 25%, respectivamente; a redução nas doses de nitrogênio e de potássio em até 50% não influenciou os níveis de N, P e K e da relação N/K nas folhas, número de frutos/cacho e número de frutos/penca, peso do cacho, peso total das pencas, peso

médio das pencas, peso médio dos frutos, peso do fruto médio e na produtividade dos frutos comercial e total; a recomendação da necessidade de aumento nas doses de N e K quando aplicadas através da fertirrigação não deve ser generalizada; as relações custo/benefício em Real/ha foram: T1=1:7,25; T2=1:7,59; T3=1:8,44; T4= 1:13,97; T5= 1:7,91 e T6=1:8,02.

**PALAVRAS-CHAVE:** Quimigação, Fertirrigação, Nutrição Mineral; Custo de Produção, Banana, Relação Custo Benefício.

## STUDY INDICATES THE POSSIBILITY OF REDUCING DOSES OF NITROGEN AND POTASSIUM IF APPLIED VIA FERTIRRIGATION COMPARED TO THE SAME DOSES RECOMMENDED FOR CONVENTIONAL FERTILIZATION IN BANANA CULTIVATION

**ABSTRACT:** This work aimed to evaluate the effect of reducing N and K doses by 25% and 50% when applied via fertigation in relation to the same doses recommended for conventional fertilization in banana crops and also quantify the cost/ benefit from reducing these fertilizers. Six treatments were analyzed: T1 (100% N + 100% K<sub>2</sub>O) with full doses applied manually and applied through irrigation water (Fertigation): T2 (100% N + 100% K<sub>2</sub>O); T3 (100% N + 75% K<sub>2</sub>O); T4 (100% N + 50% K<sub>2</sub>O); T5(75% N + 100% K<sub>2</sub>O) and T6(50% N + 100% K<sub>2</sub>O). As a result, it was found that the reduction in N and K doses did not influence the average height of the plants; in the perimeter of the pseudostem, in the number of leaves/plant and in the leaf area. However, there was a significant difference in the length and diameter of the fruits when the K dose was reduced by 25% and the N doses by 25%. The reduction in N and K doses did not influence the average plant height data; pseudostem perimeter, number of leaves/ plant and leaf area; there was a significant difference in the length and average diameter of the fruits when the dose of potassium was reduced by 25% and nitrogen by 25%, respectively; the reduction in nitrogen and potassium doses by up to 50% did not influence the levels of N, P and K and the N/K ratio in the leaves, number of fruits/bunch and number of fruits/handle, bunch weight, total weight of bunches, average bunch weight, average fruit weight, average fruit weight and commercial and total fruit productivity; the recommendation of the need to increase N and K doses when applied through fertigation should not be generalized; the cost/ benefit ratios in Real/ha were: T1=1:7.25; T2=1:7.59; T3=1:8.44; T4= 1:13.97; T5= 1:7.91 and T6=1:8.02.

**KEYWORDS:** Chemigation, Fertigation, Mineral Nutrition; Production Cost, Banana, Cost-Benefit Ratio.

## INTRODUÇÃO

A bananicultura encontra-se cultivadas as diferentes regiões do Brasil, sendo encontrada desde regiões mais quentes do Norte e Nordeste brasileiro até nas regiões mais frias do Sudeste e Sul do país. As regiões produtoras de banana no Brasil apresentam temperaturas normalmente baixas e precipitações menores no período de inverno com tendência de formação dos cachos entre fevereiro e julho e produção menor nos meses de agosto a dezembro (Manica,1976). A bananeira é uma cultura exigente em nutrientes em razão da elevada potencial idade de produção que pode alcançar de 50 a 70t/ha/ano.

Os nutrientes retirados do solo pela cultura e exportados durante as colheitas necessitam de reposição freqüente para evitar o declínio na produção, produtividade e qualidade dos frutos.

A utilização de solos de baixa fertilidade e a carência de níveis adequados de nutrientes são os fatores responsáveis pela baixa produtividade dessa cultura (Borges & Oliveira, 1997); (Silva et al. 1999). Xiu-Chong et al. (1992) avaliaram níveis nutricionais em três variedades de banana obtendo taxas média de consumo pelas plantas de 1: 0,20: 3,73 de N, PP5 e KP, respectivamente. Em cada estágio de crescimento os níveis de onsumo foram  $K > N > P$ , concluindo que para cada kg de KP aplicado houve produção de 10 a 12 kg de frutos. Na adubação convencional, com aplicação dos adubos à lanço, pesquisas têm demonstrado que apenas em torno de 1/3 dos adubos.

*Estudos de doses de nitrogênio e de potássio* aos solos no cultivo de banana indica que parte são aproveitados pelas plantas e parte é perdida por lixiviação, por escoamento superficial e por volatilização (Alfaia, 1997).

Para alcançar retorno econômico, às recomendações de adubações preconizam essas perdas pois se assim não fosse, à redução nas produtividades seria iminente.

No Planejamento da adubação se divide os adubos em duas etapas: uma feita no início do plantio e outra feita posteriormente em cobertura.

Em torno de 1/3 dos adubos são aplicados durante o plantio e os 2/3 restantes divididos em parcelas iguais. Na adubação de cobertura, o parcelamento além de três vezes nem sempre é possível pois requer aumento de mão-de-obra, podendo onerar o custo de produção. A fertirrigação, que consiste na aplicação dos adubos através da água de irrigação, tem como vantagem a possibilidade de redução nas doses dos adubos aplicados por vez, porém nem sempre os resultados superam aqueles obtidos na adubação convencional.

Algumas pesquisas indicaram superioridade, principalmente conduzidas em solos arenosos Riasco et al. (1996). Outros apresentaram resultados semelhantes ou até inferiores com fertirrigação (Guerra et al., 2000; Andriolo et al., 1997).

Riascos et al. (1996) estudaram o efeito de diferentes fontes e mistura de potássio ( $K_2SO_4$ ,  $KN_3$  e 50% de  $K_2SO_4$  + 50% de  $KNO_3$ ) aplicadas através da fertirrigação em banana e concluíram que a fertirrigação com  $KN_3$  aumentou de 4,6 kg o peso médio por cacho, produção de mais uma penca por cacho e dois frutos adicionais em média por pencas.

Duenhas et al. (2000) avaliaram seis tratamentos (sem irrigação e adubação convencional na dose recomendada com irrigação e adubação convencional na dose recomendada; com fertirrigação e dose recomendada; com fertirrigação com 50% da dose recomendada e fertirrigação com 35% da dose recomendada) em laranja durante dois anos. Eles não encontraram diferença na produtividade, na produção/planta, no brix, na acidez, rendimento e espessura da casca, concluindo que doses reduzidas de

fertilizantes aplicadas via fertirrigação não comprometeram a produção e a qualidade dos frutos. Questionamento pouco analisado diz respeito aos laboratórios de análise de solo para adubação recomendarem às mesmas doses dos adubos; tanto para uso na adubação convencional quanto na fertirrigação.

Além disso, autores como Montag & Shnek (1998) alegando produtividade maiores na fertirrigação recomendam fazer acréscimo nas doses dos adubos nitrogenados e potássicos em relação às doses recomendadas para adubação convencional. Essa recomendação possivelmente não deva ser generalizada pois sendo os adubos aplicados em quantidades reduzidas é de se esperar eficiência maior dos mesmos.

Diante do exposto este trabalho teve como objetivos avaliar o efeito da redução de 25% e 50% das doses de N e K aplicadas via fertirrigação em relação às recomendadas para adubação convencional na cultura da banana e quantificar também a relação custo/benefício com a redução nas doses dos adubos. - .-- --,--

## MATERIAL E MÉTODOS

O Experimento foi conduzido no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba em Areia-PB. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso com seis tratamentos e seis repetições, estudando doses de nitrogênio e de potássio, tendo como fontes a uréia e o nitrato de potássio, respectivamente. Cada tratamento foi constituído por quatro plantas (covas) de banana da cultivar Pacovan (Grupo AAB) plantadas no espaçamento 2,5 x 3,0 m totalizando 144 plantas.

As doses de nitrogênio e de potássio foram divididas em três e seis vezes na adubação convencional e quando aplicadas via fertirrigação respectivamente, conforme esquema apresentado na Tabela 1.

Tratamentos	Cobertura (kg.ha <sup>-1</sup> )	Forma de Adubação
T1(Testemunha)	100% de N + 100% de K <sub>2</sub> O	Convencional à Lanço
T2	100% de N + 100% de K <sub>2</sub> O	Fertirrigação
T3	100% de N + 75% de K <sub>2</sub> O	Fertirrigação
T4	100% de N + 50% de K <sub>2</sub> O	Fertirrigação
T5	75% de N + 100% de K <sub>2</sub> O	Fertirrigação
T6	50% de N + 100% de K <sub>2</sub> O	Fertirrigação

Tabela 1. Tratamentos avaliados no Experimento.

A adubação de plantio (Fundação) foi feita com base na Análise de Solo. O Supertossfato Simples foi utilizado com fonte de fósforo utilizando como dose de 96 kg.ha<sup>-1</sup> aplicado de uma única em todos os tratamentos. Como fonte nitrogenada aplicou-se 202 kg.ha<sup>-1</sup> de Uréia contendo 45% de N.O Nitrato de Potássio contendo 13% de N e 44% de

KP foi utilizado como fonte de Potássio e também nitrogenada na dose de 454kg.ha.<sup>-1</sup>. Todo fósforo para ambas formas de adubação foi aplicado no plantio e o nitrogênio e potássio na adubação convencional foram divididos em três vezes e em seis vezes na fertirrigação.

As variáveis analisadas foram altura média das plantas, perímetro do pseudocaule, número de folhas/planta, área foliar, teores de N, P e K nas folhas, ciclo *vegetativo*, número de frutos/cacho, número de pencas/cacho, número de frutos/penca, peso do cacho, peso total das pencas, peso médio dos frutos, comprimento médio dos frutos, peso e diâmetro do fruto médio, teores de sólidos *solúveis*, pH e acidez dos frutos.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 estão os dados médios do perímetro do pseudocaule, altura das plantas, número de folhas/planta e área foliar obtidos aos 360 dias pós plantio. Comparando-se a altura média das plantas, perímetro do pseudocaule, número de folhas/planta e área foliar do tratamento T1, com doses completas de nitrogênio e potássio aplicada à lanço em relação aos dados do tratamento T2, sob fertirrigação, também com doses completas, verifica-se que não houve diferença significativa entre os tratamentos, resultados de acordo com dados obtidos por Costa et al. (1996) trabalhando com a Cultivar Prata Anã.

Tratamentos	Ap (cm)	Pp (cm)	Nfop (unid)	Af(m2)
T1 (100% de N + 100% de K2O)	143,33 a	64,75 a	12,58 a	1,28 a
T2 (100% de N + 100% de K2O)	135,00 a	62,75 a	13,58 a	1,22 a
T3 (100% de N + 75% de K2O)	134,75 a	62,08 a	13,67 a	1,27 a
T4 (100% de N + 50% de K2O)	129,75 a	63,00 a	13,75 a	1,27 a
T5 (75% de N + 100 % de K2O)	145,33 a	64,67 a	12,92 a	1,28 a
T6 (50% de N + 100 % de K2O)	136,17 a	62,58 a	12,58 a	1,27 a
<b>DMS( 5%)</b>	<b>24,43</b>	<b>7,37</b>	<b>2,95</b>	<b>0,20</b>

Obs: Média seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si a nível de 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey.

Tabela 2. Altura média das plantas(Ap); Perímetro do Pseudocaule(Pp); número de folhas/planta(Nfop); e área foliar(Af) aos 360 dias após plantio.

Os dados do perímetro do pseudocaule dos tratamentos T3 e T4 não diferenciaram estatisticamente, indicativo de que a redução nas doses de potássio em até 50% não influenciaram nessa variável. O perímetro médio do pseudocaule dos tratamentos T5 e T6, mesmo com *valores* absolutos inferiores, foram semelhantes aos dados do tratamento T1, indicativo de que a redução em até 50% na dose de nitrogênio também não influenciou o diâmetro do pseudocaule aos 360 dias, resultados de acordo com dados obtidos por Duenhas et al. (2000) que não verificaram diferença significativa na produção e na qualidade dos frutos de laranja quando as doses dos fertilizantes foram reduzidas em até 35% na

fertirrigação. Os resultados discordam dos dados apresentados por Guerra et al. (2000) que obtiveram diâmetro do pseudocaule, peso das pencas, peso de frutos e comprimento dos frutos maiores na fertirrigação.

Na Tabela 3 estão os dados médios dos níveis de nitrogênio, de fósforo, potássio e a relação N/K na matéria seca da 3ª folha na fase de florescimento no 1º ciclo da bananeira.

Tratamentos	N (%)	P (%)	K (%)	N/K
T1 (100% de N + 100% de K2O)	1,92 a	0,13 a	0,88 a	2,84 a
T2 (100% de N + 100% de K2O)	2,00 a	0,13 a	1,30 a	1,84 a
T3 (100% de N + 75% de K2O)	1,95 a	0,14 a	1,37 a	2,89 a
T4 (100% de N + 50% de K2O)	1,97 a	0,13 a	1,12 a	1,88 a
T5 (75% de N + 100 % de K2O)	1,91 a	0,14 a	0,99 a	2,30 a
T6 (50% de N + 100 % de K2O)	1,65 a	0,13 a	1,01 a	2,49 a
CV ( % )	16,84	10,57	57,86	67,62
DMS ( 5%)	5,69	0,25	10,29	0,79

Obs: Média seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si a nível de 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey.

Tabela 3. Níveis de nitrogênio (N), de Fósforo(F), de Potássio (K) e a relação/K na matéria seca da 3ª folha na fase de f

Analisando-se os níveis de N, P e K e da relação N/K verifica-se que não houve diferença significativa entre os tratamentos, mostrando que a redução nas doses; tanto de nitrogênio quanto de potássio em até 50% não influenciaram os níveis desses elementos nas folhas. Pelos dados dessa Tabela 03 verifica-se que mesmo sem diferença significativa, os valores absolutos dos teores de N no tratamento T6(50% de N + 100% de K20) foram inferiores aos dados dos demais tratamentos certamente devido à redução na dose de nitrogênio. Não houve diferença nos níveis de fósforo nas folhas certamente em razão de todos os tratamentos terem tido as mesmas doses e 56 11Workshop de Fertirrigação. *Estudos de doses de nitrogênio e de potássio aplicadas em banana* forma de adubação desse elemento. Os níveis de potássio nas folhas não diferenciaram entre os tratamentos e valor médio da relação N/K de 2,39 foi de acordo com níveis informados por Silva et al. (1999) quando relatam que em condições normais de nutrição o valor dessa variável deve ser em torno de 1,4 a 3,3.

Na Tabela 4 estão os dados do ciclo vegetativo, número de pencas/cacho, número de frutos/cacho, número de frutos/penca, comprimento dos frutos médio e diâmetro dos frutos médio que serviram como dados produção e produtividade dos frutos. Verifica-se que mesmo sem diferença significativa, o ciclo vegetativo de 494 dias no tratamento T5 foi inferior aos dos demais tratamentos, possivelmente devido à redução nas doses de nitrogênio ou erros nas tomadas dos dados.

Tratamento	CV (dias)	NPC (unid)	Nfuc (unid)	Nfup (unid)	Cfm (cm)	Dfm (cm)
T1 (100% de N + 100% de K <sub>2</sub> O)	503 a	6,67 a	81,58 a	12,20 a	18,82 ab	37,50 ab
T2 (100% de N + 100% de K <sub>2</sub> O)	515 a	6,50 a	81,50 a	12,51 a	18,52 ab	38,14 ab
T3 (100% de N + 75% de K <sub>2</sub> O)	510 a	6,50 a	75,42 a	11,59 a	17,46 b	37,44 ab
T4 (100% de N + 50% de K <sub>2</sub> O)	511 a	6,25 a	72,00 a	12,21 a	18,62 ab	38,43 ab
T5 (75% de N + 100 % de K <sub>2</sub> O)	494 a	6,50 a	80,17 a	12,33 a	19,58 a	39,28 a
T6 (50% de N + 100 % de K <sub>2</sub> O)	507 a	6,50 a	79,25 a	12,12 a	18,79 ab	38,44 ab
CV(%)(	3,81	6,96	1-0,35	4,94	5,31	2,70
DMS ( 5%)	34,36	0,80	14,67	0,97	1,83	1,83

Obs: Média seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si a nível de 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey.

Tabela 4. Ciclo vegetativo (Cv); Número de Pencas/cacho(Npc); Número de frutos/cacho(Nfuc); Comprimento do Fruto( Cf) e diâmetro do fruto médio(Dfm).

Analisando-se os números da Tabela 04 constatam-se que o número médio de frutos/cacho e de frutos/penca não diferenciaram entre os tratamentos, indicativo de que a redução nas doses de potássio em até 50% não contribuiu nessas variáveis, resultados concordantes com dados apresentados por Costa et al. (1999). Já pelas comparações das médias dos tratamentos T3, e T4, verifica-se que mesmo com resultados inferiores não diferenciaram de T2, com doses completas, indicativo de que a redução nas doses de potássio em 25% e 50% não influenciou essas variáveis. Sendo o comprimento e o diâmetro dos frutos características importantes na classificação do produto no mercado, a redução nas doses desses elementos não afetaria a qualidade comercial dos frutos.

Na Tabela 5 estão os dados médios do peso e produtividade dos frutos aos 16 meses após o plantio.

Tratamento	Pc (kg)	Ptp (kg)	Pmp (kg)	Pmf (kg)	Pfm (kg)	Prod (t/ha)
T1 (100% de N + 100% de K <sub>2</sub> O)	15,40 a	14,53 a	2,15 a	178,22 a	206,72 a	19,37 a
T2 (100% de N + 100% de K <sub>2</sub> O)	16,25 a	15,23 a	2,23 a	185,86 a	216,87 a	20,30 a
T3 (100% de N + 75% de K <sub>2</sub> O)	13,90 a	13,18 a	2,02 a	173,21 a	194,47 a	17,57 a
T4 (100% de N + 50% de K <sub>2</sub> O)	16,73 a	15,65 a	2,46 a	200,75 a	231,22 a	20,86 a
T5 (75% de N + 100 % de K <sub>2</sub> O)	16,53 a	15,41 a	2,37 a	193,18 a	223,34 a	20,54 a
T6 (50% de N + 100 % de K <sub>2</sub> O)	16,29 a	15,15 a	2,29 a	189,74 a	216,59 a	20,20 a
CV(%)(	14,88	15,14	12,35	12,34	12,28	15,14
DMS ( 5%)	4,20	4,00	0,49	40,98	46,91	5,33

Obs: Média seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si a nível de 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey.

Tabela 5. Valores médios de peso do cacho (Pc), peso total das pencas (Ptp), peso médio das pencas (Pmp), peso médio dos frutos (Pmf), peso do fruto médio( Pfm) e produtividade total dos frutos ( Prod).



Pelos dados da Tabela 05 constata-se que não houve diferença significativa entre o peso médio dos cachos, peso total das pencas, peso médio das pencas, peso médio dos frutos, peso do fruto e produtividade dos frutos comercial, resultados concordantes com dados obtidos por Borges et al. (1997) e Costa et al. (1999). O peso médio dos cachos foram semelhantes aos 16kg obtidos por Silva & Alves (1999). Analisando-se os valores do peso e da produtividade dos frutos verifica-se os menores valores no tratamento T3, resultados de acordo com dados apresentados por Guerra et al. (2000). Analisando-se os valores do peso e da produtividade dos frutos verifica-se os menores valores no tratamento T3, resultados de acordo com dados apresentados por Guerra et al. (2000).

Na Tabela 6 estão os resultados dos teores de sólidos solúveis, pH e Acidez Titulável.

Analisando-se os dados apresentados na Tabela 06 verificam-se valores médios dos teores de sólidos solúveis variaram de 13,38 a 14,50 °Brix foram semelhantes aos níveis obtidos por Santos (1998) e por Carvalho & Cardoso (1980) que obtiveram valores variando de 13,30 a 3,74.

Tratamentos	Teores de Sólidos solúveis (°Brix)	pH	At (% ácido málico/100-g)
T1 (100% de N + 100% de K <sub>2</sub> O)	14,30 a	4,62 a	0,46 a
T2 (100% de N + 100% de K <sub>2</sub> O)	14,15 a	4,58 a	0,47 a
T3 (100% de N + 75% de K <sub>2</sub> O)	13,45 a	4,68 a	0,48 a
T4 (100% de N + 50% de K <sub>2</sub> O)	14,50 a	4,60 a	0,46 a
T5 (75% de N + 100 % de K <sub>2</sub> O)	13,38 a	4,68 a	0,48 a
T6 (50% de N + 100 % de K <sub>2</sub> O)	14,13 a	4,68 a	0,47 a
<b>CV(%)</b>	<b>11,01</b>	<b>2,88</b>	<b>9,75</b>
<b>DMS (5%)</b>	<b>2,74</b>	<b>0,24</b>	<b>0,108</b>

Obs: Média seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si a nível de 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey.

Tabela 6. Teores de Sólidos solúveis(°Brix), pH; Acidez titulável (At) nos frutos.

Como relação ao °Brix os valores diferem dos dados obtidos por Santos (1997) com a cultivar da banana Prata que obteve valores variando de 15,67 a 17,44 °Brix. Verifica-se menores valores de pH no tratamento T4, provavelmente devido a redução em 50% do potássio em relação a dose recomendada pela análise do solo. Já os valores da acidez total variaram de 0,46 a 0,48% de ácido málico, resultados concordantes com dados obtidos por Sgarbieri & Figueiredo (1966) de 0,32 a 0,68%.

Considerando que a redução de doses de nitrogênio e de potássio em até 50% não proporcionaram diferenças significativas nas variáveis de desenvolvimento, produtividade e qualidade dos frutos, há coerência em sugerir redução de até 50% do nitrogênio e potássio sem riscos iminentes na exploração da bananeira nas condições deste trabalho. Para quantificação da relação custo/benefício nos diferentes tratamentos considerou-se a quantidade de adubos nitrogenados e Potássicos.

Na Tabela 07 estão dos dados do Resumo dos Parâmetros referenciais e da relação custo/benefício de cada tratamento.

Quando o Experimento foi conduzido o custo da uréia contendo 45% de N foi de R\$ 0,60/kg (US\$ 0.27) e o Custo de Nitrato de Potássio contendo 13% de N e 44% de KP de R\$ 2,00/kg (US\$ 0.91). Nos tratamentos T1 e T2 com doses completas de nitrogênio e potássio as quantidades utilizadas de cada produto de acordo com a recomendação de adubação *convencional*, foram de 202 kq.ha' de uréia e 454 kq.ha' de nitrato de potássio. Assim o custo com uréia nesses tratamentos foi de R\$ 121,00/ha *que naquela época correspondia a US\$ 55.0* com uréia e de R\$ 908,00/ha (US\$ 412.7) para o Nitrato de Potássio e total com a adubação de R\$1.029,00/ha(US\$ 467.7).

Tratamentos	Produtividade média dos frutos comercial (t.ha <sup>-1</sup> )	Custo Total com adubos/R\$.ha <sup>-1</sup>	Renda de cada tratamento (R\$/ha)	Relação Custo benefício
T1 (100% de N + 100% de K <sub>2</sub> O)	19,37	1029,00	7.457,45	1:7,25
T2 (100% de N + 100% de K <sub>2</sub> O)	20,30	1.029,00	7.815,50	1:7,59
T3 (100% de N + 75% de K <sub>2</sub> O)	17,57	801,00	6.764,45	1:8,44
T4 (100% de N + 50% de K <sub>2</sub> O)	20,86	575,00	8.031,11	1:13,97
T5 (75% de N + 100 % de K <sub>2</sub> O)	20,54	999,00	7.907,90	1:7,91
T6 (50% de N + 100 % de K <sub>2</sub> O)	20,20	969,00	7.777,00	1:8,02

Tabela 07. Resumo dos parâmetros referenciais e da relação custo/benefício de cada tratamento.

No tratamento T3 com redução de 25% na doses de KP a quantidade de uréia foi de 202 kq.ha' e de 340 kq.ha' de nitrato de potássio. O custo de cada produto foi de R\$121,00 (US\$ 55.0) e R\$ 680,00 (US\$ 309.0) respectivamente, e total com adubação de R\$ 801,00/ha (US\$ 364.1). Para o tratamento T4 com redução de 50% na doses de KP a quantidade de uréia foi de 202 kq.ha' e de 227 kq.ha' de nitrato de potássio. O custo de cada produto foi de R\$121,00 (US\$ 55.0) e R\$ 454,00 (US\$ 206.4), respectivamente e total com adubação de R\$ 575,00/ha (US\$ 261.4). No tratamento T5, com redução de 25% na dose de nitrogênio, a quantidade utilizada de uréia foi de 151 kq.ha' e 454 kq.ha' de nitrato de potássio.

O custo de cada elemento foi de R\$ 91,00 (US\$ 41.4) e R\$908,00 (US\$ 412.7) e total com a adubação foi de R\$ 999,00/ha (US\$ 454.1). No tratamento T6, com redução de 50% na dose de nitrogênio a quantidade de uréia foi de 101 kq.ha' e 454 kq.ha' de nitrato de potássio. O custo de cada elemento foi de R\$ 61,00 (US\$ 27.7) e R\$908,00. (US\$ 412.7) e total com a adubação foi de R\$969,00/ha(US\$ 440.4). Considerando as produtividades médias dos frutos de cada tratamento (Tabela 5) de: **T1** (19,3786t.ha<sup>-1</sup>); T2(20,3086t.ha<sup>-1</sup>); T3(17,5786t.ha<sup>-1</sup>); T4(20,86t.ha<sup>-1</sup>); T5(20,5486t.ha<sup>-1</sup>) e T6 (20,2086t.ha<sup>-1</sup>) comercializadas ao preço atual de R\$ 385,00/t (US\$ 175/t) tem-se as seguintes rendas em Real/ha: **T1** =R\$

7.457,45 (US\$ 3389.7); T2= R\$ 7.815,50(US\$ 3552.5); T3= R\$ 6.764,45(US\$ 3074.75); T4= R\$ 8.031,11(US\$ 3650.5); T5= R\$ 7.907,90(US\$ 3594,5)e T6= R\$ 7.777,00 (US\$ 3535). Com esses dados determinou-se as relações custo/benefício em Real/ha de: T1= 1:7,25; T2= 1:7,59; T3= 1:8,44; T4= 1:13,97; T5= 1:7,91e T6= 1:8,02.

Pelos dados da Relação Custo Benefício (Tabela 7) verifica-se que o melhor tratamento foi o tratamento T4, pois para cada R\$ 1,00, investido em adubo houve retorno de R\$ 13,97. A relação mais desfavorável foi para o tratamento testemunha com adubação convencional, pois para cada R\$ 1,00 investido, houve retorno de apenas R\$ 7,25.

Considerando que a redução nas doses de N e K não influenciaram estatisticamente nos parâmetros quantitativos, ponderais e qualitativos dos frutos da banana, avaliados nesse trabalho como produtividade dos frutos comercial, produtividade dos frutos total, -Brix, pH, teores de N, P e K nos frutos e principalmente, valores favoráveis da relação custo/benefício nos tratamentos sob fertirrigação e naqueles com redução de dose de nitrogênio, há coerência em se concluir que a recomendação da necessidade de aumento, nas doses dos adubos nitrogenados e potássicos na fertirrigação feita por Montag & Shnek (1998) não pode e nem deve ser generalizada.

## CONCLUSÕES

A redução nas doses de N e K não influenciaram nos dados da altura média das plantas; perímetro do pseudocaule, número de folhas/planta e área foliar; houve diferença significativa no comprimento e o diâmetro médio dos frutos quando a dose de potássio foi reduzida em 25% e as de nitrogênio de 25%, respectivamente; a redução nas doses de nitrogênio e de potássio em até 50% não influenciou os níveis de N, P e K e da relação N/K nas folhas, número de frutos/cacho e número de frutos/penca, peso do cacho, peso total das pencas, peso médio das pencas, peso médio dos frutos, peso do fruto médio e na produtividade dos frutos comercial e total; a recomendação da necessidade de aumento nas doses de N e K quando aplicadas através da fertirrigação não deve ser generalizada; as relações custo/benefício em Real/ha foram: T1=1:7,25; T2=1:7,59; T3=1:8,44; T4= 1:13,97; T5= 1:7,91 e T6=1:8,02.

## REFERÊNCIAS

ALFAIA, S. S. *Destino de fertilizantes nitrogenados (15N) em um Latossolo Amarelo cultivado com feijão caupi (Vigna unguiculata L.)*. Acta Amazonica. Manaus. v.27, n.2. p. 65-72. 1997.

ANDRIOLO, J.L.; DUARTE, T.S.; LUDKE, L.; SKREBSKY, E. C. *Crescimento e desenvolvimento do tomateiro cultivado em substrato com fertirrigação*. Horticultura Brasileira. Brasília. SOB. v.15, n.1,p. 28-34. 1997.

BORGES, A.L.; SILVA, J.T.A. da; OLIVEIRA, S.L. de. Adubação nitrogenada e potássica para bananeira cv. Prata anã: produção e qualidade dos frutos no primeiro ciclo. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Cruz das Almas, v.19, n.2, p.179-184, 1997.

CARVALHO, V.D.; CARDOSO, D.A.M. Industrialização da banana. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v.6, n.63, p.54-60, 1980.

COSTA, E. L., MAENO, P., ALBUQUERQUE, P. E. P. *Irrigação da bananeira. Banana: Produção, colheita e pós-colheita*. Informe Agropecuário. Minas Gerais: EPAMIG. v. 20, n.196. 1999, p. 67-72.

DUENHAS, L. H.; VILLAS BÔAS, R. L.; SOUZA, C.M.P.; RAGOZO, C. R. A. Efeito da irrigação e do modo de aplicação de fertilizantes na produção e qualidade de frutos de laranja (*Citrus sinensis*) variedade Valença. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 29. Fortaleza, 2000. Anais ...Fortaleza: CONBEA/SBEA, EAS N° 150 2000. 1CD.

GUERRA, A. G.; ZANINI, J.R, NATALE, W, PAVANI, L.C. Fertirrigação com nitrogênio e potássio em relação à adubação convencional, na cultura da banana Prata- Anão (*Musa AAB*) irrigada sob microaspersão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 29., Fortaleza. 2000. Anais ... Fortaleza: CONBEA/ SBEA, EAS N° 238, 2000. 1CD.

MONTAG , U.J.; SHNEK, M. Principles of fertigation and their potential for global application. Disponível em: <<http://www.fertilizer.org/PUBLISH/PUBENV/fertigb8.htm>> Acesso em: 16 Jun. 1998.

RIASCOS, R.G., REYES, J. G., AGUIRE, J. O. Respuesta dei banana (Clon Gran Enano) a la fertirrigación con diferentes fuentes potásicas en Ciénaga. *Agronomia Colombiana*, Magdalena, v 23, nn.1, 1996, p. 43-9.

SANTOS, J. G. R. dos, *Desenvolvimento e produção da bananeira nanica sob diferentes níveis de salinidade e lâminas de água*. Campina Grande-P8, 1997, 173 p. Tese (Doutorado). Universidade Federal da Paraíba.

# ZONEAMENTO DE ÁREAS BRASILEIRAS FAVORÁVEIS À *CRYPTOPHLEBIA OMBRODELTA*

Data de aceite: 03/06/2024

### Rafael Mingoti

Embrapa Territorial  
Campinas- São Paulo  
<http://lattes.cnpq.br/3479283038505977>

### Maria Conceição Peres Young Pessoa

Embrapa Meio Ambiente  
Jaguariúna - São Paulo  
<http://lattes.cnpq.br/7609273004875279>

### Leonardo Massaharu Moriya

QueenNut Indústria e Comércio Ltda  
Dois Córregos – São Paulo  
<http://lattes.cnpq.br/1926872205054500>

### Pedro Luís Blasi de Toledo Piza

QueenNut Indústria e Comércio Ltda  
Dois Córregos – São Paulo  
<http://lattes.cnpq.br/0479949355393817>

inseto é praga quarentenária ausente (PQA) no Brasil, desde 2007, e sua presença em plantios de macadâmia do Havaí, EUA, intensifica a necessidade de estratégias preventivas à sua entrada no Brasil. Este trabalho apresenta o zoneamento territorial de áreas brasileiras favoráveis à PQA *C. ombrodelta*, considerando áreas nacionais com presença de oito cultivos hospedeiros. Áreas de plantios desses cultivos foram recuperados em bases de dados do IBGE e/ou da Associação Brasileira de Noz Macadâmia. Áreas no exterior com registros de ocorrências de *C. ombrodelta* foram identificadas em literatura internacional para o uso de modelagem de nicho ecológico GARP/Openmodeller, o que possibilitou a identificação de áreas brasileiras favoráveis ao inseto. Posteriormente, as informações foram disponibilizadas em ArcGIS, para viabilizar o cruzamento de dados com as áreas de plantios de cultivos hospedeiros considerados. O zoneamento territorial identificou 650 municípios brasileiros, distribuídos em 113 microrregiões de 16 unidades da federação, favoráveis à PQA. O resultado contribui para políticas públicas de defesa fitossanitária nacional com foco em alertas e monitoramentos preventivos.

**PALAVRAS-CHAVE:** praga quarentenária ausente; proteção de cultivo; modelagem; SIG; Brasil.

**RESUMO:** *Cryptophlebia ombrodelta* Lower, 1898 (Lepidoptera: Tortricidae) é um inseto australiano considerado uma das principais pragas do cultivo da noz macadâmia no exterior, onde é conhecido por macadâmia nut borer (MNB). Seus principais danos nessa noqueira ocorrem nos frutos e nas nozes em desenvolvimento, com perdas de safra superiores a 60% já relatadas. *Cryptophlebia ombrodelta* também ataca legumes e frutíferas, inclusive *Citrus* sp.. O

## ZONING OF BRAZILIAN FAVORABLE AREAS FOR *CRYPTOPHLEBIA OMBRODELTA*

**ABSTRACT:** *Cryptophlebia ombrodelta* Lower, 1898 (Lepidoptera: Tortricidae) is an Australian insect considered one of the main pests of macadamia nut crops abroad, where it is known as macadamia nut borer (MNB). Its main damages to this nut crop occur on fruits and nuts under development, with harvest losses of up to 60% already reported. *Cryptophlebia ombrodelta* also attacks legumes and fruit crops, including Citrus sp. This insect has been an Absent Quarantine Pest (AQP) in Brazil since 2007, and its presence in planted areas of macadamia in Hawaii, USA, intensifies the need for preventive strategies against its introduction in Brazil. The present study presents the territorial zoning map of Brazilian areas favorable to the AQP *C. ombrodelta*, considering national areas with the presence of eight host crops. Data on planted areas with these crops were retrieved from IBGE databases and from the Brazilian Macadamia Nut Association. Areas abroad with records of the occurrence of *C. ombrodelta* were identified on international literature for the use of the Ecological Niche Modelling GARP/OpenModeller, which enabled the identification of Brazilian areas favorable to this insect. Subsequently, the information was made available on ArcGis in order to present the data crossing with the planted areas of the host crops considered. The resulting territorial zoning map identified 650 Brazilian municipalities, distributed in 113 microregions of 16 federation units, suitable for the AQP. This outcome contributes to public policies of phytosanitary defense focusing on preventive alerts and monitoring.

**KEYWORDS:** absent quarantine pest; crop protection; modeling; GIS; Brazil.

### INTRODUÇÃO

*Cryptophlebia ombrodelta* Lower, 1898 (Lepidoptera: Tortricidae) (syn. *Argyroploce lasiandra* Meyrick, 1909 e *Cryptophlebia carpophaga* Walsingham, 1899) é um inseto-praga polífago, nativo da Austrália (Sinclair, 1975). É considerado uma das principais pragas de noz macadâmia no exterior, onde é conhecido por *Macadamia Nut Borer* (MNB) e *Litchi Fruit Moth* (GBIF, 2022; Bittenbender; Hirae, 1990). Nessa noqueira, os principais danos são observados nos frutos (incluindo na casca) e em nozes em desenvolvimento (França, 2007; Waterhouse; Sands, 2001; Sinclair, 1975). Além de macadâmia (*Macadamia sp.*), *C. ombrodelta* ataca vários outros cultivos, principalmente os pertencentes às famílias das Arecaceae, Euphorbiaceae, Fabaceae, Oxilidaceae, Polygonaceae, Proteaceae, Rutaceae e Sapindaceae, entre os quais frutíferas e leguminosas de importância econômica, tais como carambola (*Averrhoa carambola*), citros (*Citrus sp.*, incluindo *laranja (C. sinensis)*), coco (*Cocos nucifera*), soja (*Glycine max*), feijão (*Phaseolus L.*, incluindo *P. lunatus* e *P. vulgaris*), lichia (*Litchi chinensis*), marmelo (*Cydonia oblonga*) e tamarindo (*Tamarindus indica*) (Ellis et al., 2023; Gilligan; Epstein, 2014; Waterhouse; Sands, 2001; Ironside, 1995; Bittenbender; Hirae, 1990; Sinclair, 1975).

A presença do inseto concentra-se principalmente na Austrália, localizadas no litoral Leste e do Norte do país (Queensland, Northern Territory e New South Wales) e em áreas

de clima quente (Ellis et al., 2023; Waterhouse; Sands, 2001), embora também tenha sido registrado na América do Norte, em áreas de macadâmia do Havaí, EUA, onde é uma das principais pragas da noqueira (Matos, 2017; Kawate; Tarutani, 2006; Jones, 2002). A presença do inseto no continente americano reforça a necessidade de intensificação de ações de vigilância fitossanitária para outras áreas desse continente.

*Cryptophlebia ombrodelta* é considerado pelo Ministério da Agricultura e Pecuária do Brasil (MAPA) como praga quarentenária ausente (PQA) no país, conforme Portaria SDA nº 617 de 11 de julho de 2022 (Diário Oficial da União (D.O.U.) n.130. Seção 1, pg. 9-13 de 12/7/2022) (BRASIL, 2022). Porém, o risco iminente de ingresso no país, com potencial para dano a cultivos de interesse econômico nacional, é alertado pelo Mapa há anos, dado que esse inseto vem sendo listado como PQA desde 2007 (IN Mapa nº 52 de 20 de novembro de 2007; D.O.U. n. 223. Seção 1, pg.31 de 21/11/2007). Desse modo, ações que favoreçam a identificação de áreas brasileiras com maior favorabilidade à ocorrência de *C. ombrodelta* contribuiriam para estratégias de defesa fitossanitária nacional com foco em alertas e monitoramentos preventivos à entrada da PQA em território nacional.

O uso conjunto de técnicas de modelagem de nicho ecológico (também conhecida por *Ecological Niche Models* (ENM)) e de geoprocessamento vêm sendo empregado na elaboração de zoneamentos territoriais de áreas aptas às pragas quarentenárias de interesse nacional, tanto ausentes (PQA) quanto presentes (PQP), como também para seus potenciais agentes de controle biológico ou para avaliações metodológicas de ENMs (Barbosa et al., 2023; Mingoti et al., 2023a, 2023b, 2023c, 2022; Garcia et al., 2022; Jácomo et al., 2020; Warren; Seifert, 2011). Parte dessas aplicações fizeram uso do algoritmo *Genetic Algorithm for Rule-set Production* (GARP) em plataforma OpenModeller (Mingoti et al., 2023a, 2023b, 2023c, 2022; Garcia et al., 2022; Centro de Referência de Informação Ambiental (CRIA), 2021; Munhoz et al., 2009).

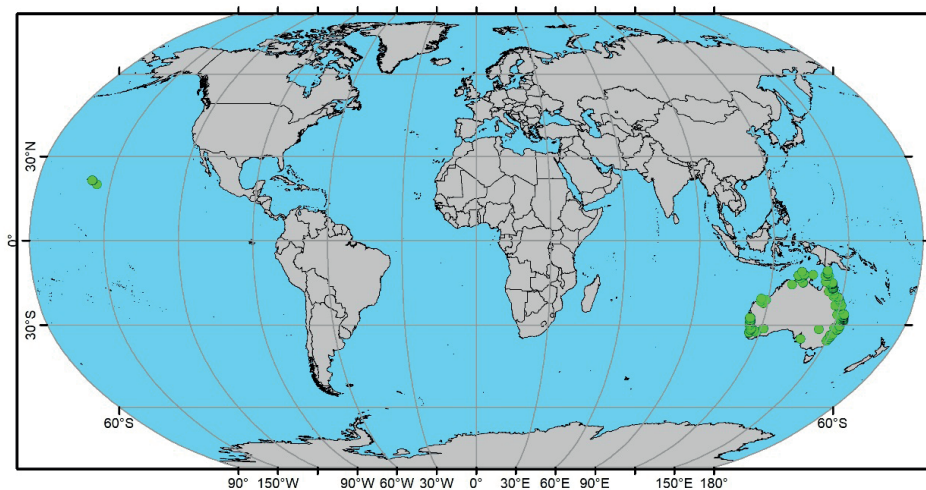
Este trabalho apresenta zoneamentos territoriais de áreas brasileiras favoráveis à PQA *Cryptophlebia ombrodelta* (Lepidoptera: Tortricidae), considerando áreas nacionais com oito cultivos hospedeiros (carambola, coco-da-baía, feijão, laranja, lichia, limão, macadâmia e soja), utilizando dados nacionais e internacionais, de áreas plantadas ou com ocorrência da praga, integradas às técnicas de geoprocessamento e de modelagem de nicho ecológico por algoritmo GARP/Openmodeller.

## IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS BRASILEIRAS APTAS À *CRYPTOPHLEBIA OMBRODELTA* POR ALGORITMO GARP/OPENMODELLER

A ocorrência de *C. ombrodelta* e de seus cultivos hospedeiros foram recuperados de literatura internacional (Ironside, 1995; Bittenbender; Hirae, 1990; Waterhouse; Sands, 2001; Kawate; Tarutani, 2006; França, 2007; Gilligan; Epstein, 2014; Bright, 2021; GBIF, 2022). Posteriormente, os pontos de ocorrência identificados foram tabulados no padrão exigido para uso do algoritmo GARP/Openmodeller (**Figuras 1**). A partir dessas informações o algoritmo GARP/Openmodeller foi utilizado, conforme método apresentado por Mingoti et al. (2023c). Nele, os fatores abióticos considerados foram dados de pressão do vapor de água, radiação solar, velocidade do vento, precipitação, temperatura máxima, temperatura média e temperatura mínima, inicialmente recuperados do WorldClim2 com a posterior substituição de dados do território brasileiro por dados médios (período de 1961 a 2018) obtidos a partir dos disponibilizados pelo Banco de Dados Meteorológicos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Interpolações utilizando método de cokrigagem simples também foram realizadas, com base em dados de temperatura média mensal (período de 1950 a 1990) de Alvares et al. (2013) como variável auxiliar e fazendo uso de grade de pontos com 100 km de equidistância. O processamento foi feito em software ArcGIS v.10.8.1, em sistema de referência WGS 84, em coordenadas geográficas com pixel igual a 10 min. Como resultado, as áreas mundiais favoráveis à ocorrência de *C. ombrodelta* por GARP foram disponibilizadas (**Figuras 2**).

A partir desse resultado foi realizado o recorte territorial das áreas brasileiras favoráveis à *C. ombrodelta* (**Figura 3**), considerado no zoneamento realizado. Este zoneamento foi realizado no mesmo ArcGIS utilizando os limites de todos os municípios brasileiros em sua área continental, em malha municipal de 2019 (IBGE, 2019) convertida para sistema de projeção equidistante de Albers no sistema de referência SIRGAS 2000 (IBGE, 2020), com posterior eliminação de áreas em ilhas marítimas.



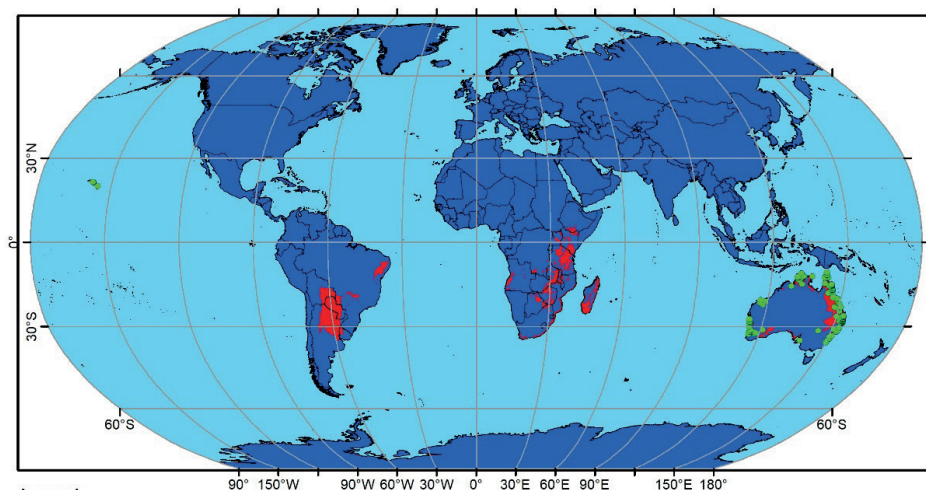


**Legenda**

- Incidência de *Cryptophlebia ombrodelta*
- Limites Nacionais

Sistema de projeção: Robinson  
 Sistema de referência: WGS84  
 0 1,500 3,000 6,000 Km

FIGURA 1. Áreas com presença já registradas no exterior de *Cryptophlebia ombrodelta*



**Legenda**

- Incidência de *Cryptophlebia ombrodelta*
- Limites Nacionais
- Nicho ecológico segundo GARP**
- Desfavorável
- Favorável

Sistema de projeção: Robinson  
 Sistema de referência: WGS84  
 0 1,500 3,000 6,000 Km

FIGURA 2. Áreas mundiais favoráveis à ocorrência de *Cryptophlebia ombrodelta*, com base em ocorrências da praga no exterior em modelo de nicho ecológico GARP/Openmodeller

### Áreas favoráveis a *Cryptophlebia ombrodelta* segundo modelo de nicho ecológico GARP/Openmodeller

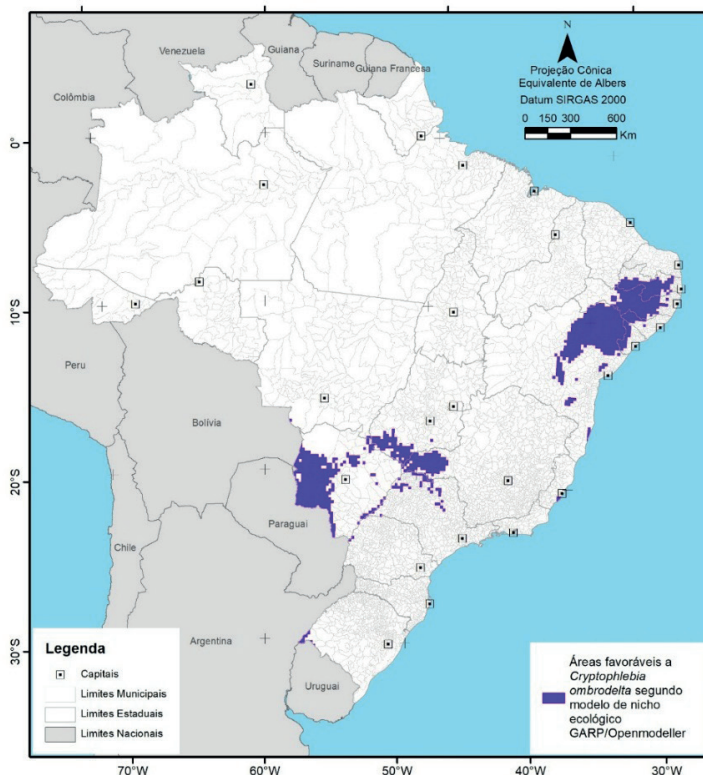


FIGURA 3. Áreas brasileiras favoráveis à ocorrência da PQA *Cryptophlebia ombrodelta*, com base em ocorrências da praga no exterior em modelo de nicho ecológico GARP/Openmodeller

## **ZONEAMENTO TERRITORIAL BRASILEIRO DE ÁREAS FAVORÁVEIS À PQA *CRYPTOPHLEBIA OMBRODELTA* CONSIDERANDO CULTIVOS HOSPEDEIROS DE CARAMBOLA, COCO-DA-BAÍÁ, FEIJÃO, LARANJA, LICHIA, LIMÃO, MACADÂMIA E SOJA**

Os municípios brasileiros com ocorrência de plantios dos cultivos hospedeiros de carambola, coco-da-baía, feijão, laranja, lichia, limão, macadâmia e soja foram identificados geograficamente, a partir de dados recuperados dos disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (IBGE, 2017), como também os 81 municípios brasileiros com plantios de noqueira macadâmia em 2022, indicados pela Associação Brasileira de Noz Macadâmia (dada a indisponibilidade de informações atuais dessas áreas no IBGE) (Figura 4) .

### Municípios com plantio de ao menos dos hospedeiros de *Cryptophlebia ombrodelta*



FIGURA 4. Municípios brasileiros com presença de pelo menos um cultivo de carambola, coco-da-baía, feijão, laranja, lichia, limão, macadâmia e soja

Fonte dados base: IBGE, 2017 e Associação Brasileira de Noz Macadâmia

Em seguida, o cruzamento dessa informação (**Figura 4**) com aquelas das áreas nacionais favoráveis a *C. ombrodelta* (**Figura 3**) foi realizado, viabilizando o zoneamento territorial de áreas brasileiras com presença de pelo menos uma área plantada com os cultivos hospedeiros avaliados favoráveis à *C. ombrodelta* conforme GARP (**Figura 5**).

Áreas com plantio de ao menos um hospedeiro e com condições climáticas favoráveis à *Cryptophlebia ombrodelta*

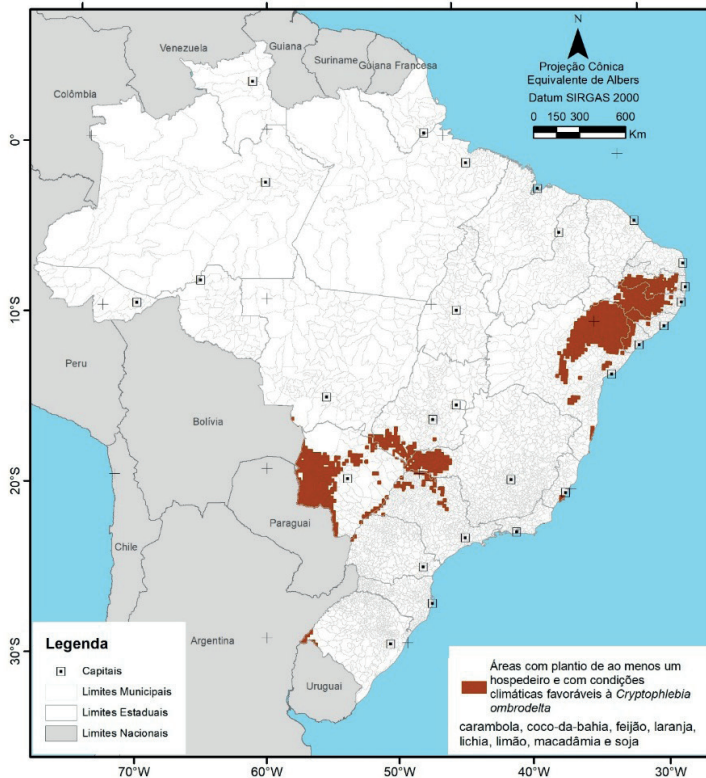


FIGURA 5. Zoneamento territorial de áreas brasileiras favoráveis à *PQA C. ombrodelta* considerando a presença de pelo menos um cultivo hospedeiro avaliado (carambola, coco-da-baía, feijão, laranja, lichia, limão, macadâmia e soja) e GARP/Openmodeller

A partir da análise dos resultados do zoneamento (**Figura 5**) foram identificados 650 municípios distribuídos em 113 microrregiões de 16 unidades da federação do país aptos à *PQA C. ombrodelta* (**Tabela 1**).

Unidades da Federação	Qtd. Microrregiões	Qtd. Municípios
Alagoas	6	30
Bahia	21	148
Ceará	2	2
Espírito Santo	3	5
Goiás	3	16
Minas Gerais	4	29
Mato Grosso do Sul	11	52
Mato Grossa	2	3
Paraíba	18	139
Pernambuco	13	97
Paraná	3	13
Rio de Janeiro	1	1
Rio Grande do Norte	2	2
Rio Grande do Sul	1	4
Sergipe	6	22
São Paulo	17	87
<b>Total</b>	<b>113</b>	<b>650</b>

TABELA 1. Quantidades de municípios e de microrregiões favoráveis à ocorrência da PQA C. *ombrodelta* na presença de pelo menos um cultivo de carambola, coco-da-baía, feijão, laranja, lichia, limão, macadâmia ou soja.

As microrregiões sinalizadas como favoráveis à PQA C. *ombrodelta* foram identificadas e são apresentadas, por Unidade da Federação, com as suas respectivas quantidades de municípios aptos, a seguir: **Alagoas** (Alagoana do Sertão do São Francisco (3 municípios), Arapiraca (4 municípios), Batalha (4 municípios), Palmeira dos Índios (5 municípios), Santana do Ipanema (9 municípios) e Serrana do Sertão Alagoano (5 municípios)), **Bahia** (Alagoinhas (6 municípios), Brumado (1 município), Catu (2 municípios), Entre Rios (1 município), Euclides da Cunha (9 municípios), Feira de Santana (8 municípios), Irecê (7 municípios), Itaberaba (7 municípios), Jacobina (15 municípios), Jequié (4 municípios), Jeremoabo (5 municípios), Juazeiro (4 municípios), Livramento do Brumado (1 município), Paulo Afonso (6 municípios), Ribeira do Pombal (14 municípios), Santo Antônio de Jesus (9 municípios), Seabra (17 municípios), Senhor do Bonfim (9 municípios), Serrinha (11 municípios) e Vitória da Conquista (7 municípios)), **Ceará** (Barro (1 município) e Brejo Santo (1 município)), **Espírito Santo** (Afonso Cláudio (1 município), Guarapari (2 municípios) e Vitória (2 municípios)), **Goiás** (Meia Ponte (3 municípios), Quirinópolis (4 municípios) e Sudoeste de Goiás (9 municípios)), **Minas Gerais** (Frutal (11 municípios), Ituiutaba (6 municípios), Uberaba (4 municípios) e Uberlândia (8 municípios)), **Mato Grosso do Sul** (Alto Taquari (5 municípios), Aquidauana (4 municípios), Baixo Pantanal (3 municípios), Bodoquena (7 municípios), Campo Grande (4 municípios), Cassilândia (4 municípios),

Dourados (6 municípios), Iguatemi (9 municípios), Nova Andradina (4 municípios), Paranaíba (2 municípios) e Três Lagoas (4 municípios)), **Mato Grosso** (Alto Araguaia (2 municípios) e Alto Pantanal (1 município)), **Paraíba** (Brejo Paraibano (8 municípios), Cajazeiras (4 municípios), Campina Grande (8 municípios), Cariri Ocidental (15 municípios), Cariri Oriental (11 municípios), Curimataú Ocidental (6 municípios), Curimataú Oriental (6 municípios), Esperança (4 municípios), Guarabira (12 municípios), Itabaiana (7 municípios), Itaporanga (11 municípios), Patos (8 municípios), Piancó (9 municípios), Seridó Ocidental Paraibano (4 municípios), Seridó Oriental Paraibano (5 municípios), Serra do Teixeira (11 municípios), Sousa (6 municípios) e Umbuzeiro (4 municípios)), **Pernambuco** (Alto Capibaribe (5 municípios), Brejo Pernambucano (6 municípios), Garanhuns (19 municípios), Itaparica (7 municípios), Mata Meridional Pernambucana (2 municípios), Mata Setentrional Pernambucana (2 municípios), Médio Capibaribe (6 municípios), Pajeú (17 municípios), Petrolina (3 municípios), Salgueiro (2 municípios), Sertão do Moxotó (7 municípios), Vale do Ipanema (6 municípios) e Vale do Ipojuca (15 municípios)), **Paraná** (Paranavaí (9 municípios), Toledo (2 municípios) e Umuarama (2 municípios)), **Rio de Janeiro** (Macaé (1 município)), **Rio Grande do Norte** (Agreste Potiguar (1 município) e Seridó Oriental (1 município)), **Rio Grande do Sul** (Campanha Ocidental (4 municípios)), **Sergipe** (Agreste de Itabaiana (2 municípios), Agreste de Lagarto (2 municípios), Boquim (4 municípios), Carira (6 municípios), Sergipana do Sertão do São Francisco (5 municípios) e Tobias Barreto (3 municípios)), **São Paulo** (Andradina (8 municípios), Araçatuba (3 municípios), Araraquara (11 municípios), Auriflama (4 municípios), Barretos (3 municípios), Catanduva (7 municípios), Dracena (1 município), Fernandópolis (5 municípios), Jaboticabal (12 municípios), Jales (3 municípios), Nhandeara (1 município), Presidente Prudente (6 municípios), Ribeirão Preto (2 municípios), São Carlos (3 municípios), São Joaquim da Barra (2 municípios), São José do Rio Preto (13 municípios) e Votuporanga (3 municípios)).

Quando avaliadas as favorabilidades à *C. ombrodelta* por região geográfica nacional, observou-se pelo zoneamento obtido (**Figura 5**) a **ausência desta na Região Norte**, enquanto nas demais regiões deram-se conforme apresentado a seguir: a) Região Nordeste: 440 municípios de 68 microrregiões; b) Região Sul: 17 municípios de 4 microrregiões; c) Região Sudeste: 122 municípios de 25 microrregiões; e d) Região Centro-Oeste: 71 municípios de 16 microrregiões (**Figura 6**).



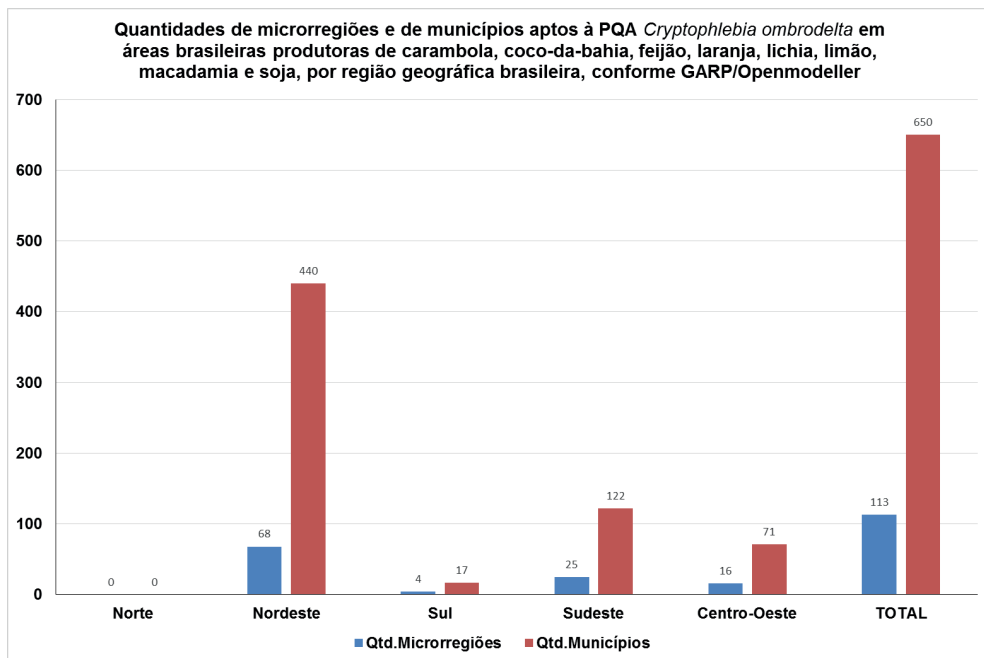


FIGURA 6. Quantidades de microrregiões e de municípios, por unidades da federação, favoráveis à PQA *Cryptophlebia ombrodelta* na presença de pelo menos um cultivo hospedeiro (carambola, coco-da-bahia, feijão, laranja, lichia, limão, macadâmia e soja).

As maiores favorabilidades municipais à PQA *C. ombrodelta* foram observadas para as regiões Nordeste e Sudeste. Acrescenta-se ainda que essa aptidão à ocorrência da PQA *C. ombrodelta* em áreas nacionais foi observada em importantes municípios produtores de *commodities* nacionais, reforçando a necessidade de ações preventivas em suas respectivas microrregiões estaduais identificadas. Essas ações devem considerar a realização de monitoramentos preventivos, com base em atividades locais que promovam a correta identificação do inseto-praga em suas diferentes fases do ciclo de vida, bem como formas de ataque; os quais também foram viabilizados pelo projeto InsetoNut (Embrapa SEG 30.19.90.011.00.00).

## COMENTÁRIOS FINAIS

O zoneamento territorial de áreas nacionais favoráveis à PQA *C. ombrodelta* considerando áreas de plantios de oito cultivos hospedeiros (carambola, coco-da-bahia, feijão, laranja, lichia, limão, macadâmia e soja) foi disponibilizado. A inaptidão ao inseto foi observada, com base em GARP/OpenModeller, para áreas localizadas na região Norte do país. A aptidão à PQA *C. ombrodelta* mostrou-se predominante em municípios localizados em unidades da federação presentes nas regiões Nordeste e Sudeste. Somente dois municípios produtores de macadâmia, localizados em duas microrregiões do estado de

São Paulo, apresentaram aptidão à PQA *C. ombrodelta*. Nas áreas assinaladas, a PQA *C. ombrodelta* apresenta potencial para mais bem se desenvolver na presença dos cultivos hospedeiros avaliados e, portanto, se estabelecer e/ou dispersar, em caso de relato oficial de seu ingresso no país. Os resultados apresentados apoiam políticas públicas de defesa fitossanitária nacional, com foco no monitoramento preventivo da PQA *Cryptophlebia ombrodelta*. Sugere-se que os pontos nacionais sinalizados devam ter ações preventivas voltadas para a correta identificação da PQA, visando uma maior agilidade na comunicação de potencial ocorrência ao Mapa e, assim, minimizando riscos de danos maiores esperados para os produtores nacionais com os cultivos avaliados, em caso de detecção futura da presença da praga no país.

## NOTA

Trabalho realizado no âmbito do Acordo de Cooperação Técnica entre a Embrapa e a Queen Nut Indústria e Comércio LTDA. (Contrato SAIC 21300.19/0072-1).

## REFERÊNCIAS

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; DE MORAES, G.; LEONARDO, J.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v.22, p.711-728, 2013.

BARBOSA, L.; MINGOTI, R.; SILVA, B. H. S. A. DA; PESSOA, M. C. P. Y.; MARINHO-PRADO, J. S. Métodos para prover zoneamentos de áreas favoráveis ao melhor desenvolvimento de *Bactrocera dorsalis*. In: CONGRESSO INTERINSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 17., 2023, Campinas. **Anais [...]**. Campinas: Embrapa Territorial, 2023. 10 p. CIIC 2023. N° 23507. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/1156842/1/6159.pdf> Acesso em: 06 mar. 2024.

BITTENBENDER, H. C.; HIRAE, H. H. **Common problems of macadamia nut in Hawaii**. Research Extension Series 112 05/90, University of Hawaii/College of Tropical Agriculture & Human Resources, 1990. 39p.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). SECRETARIA DE DEFESA AGROPECUÁRIA (SDA). **Portaria SDA nº 617 de 11 de julho de 2022**. Diário Oficial da União (DOU), n. 130, Seção 1, pg.09-13, de 12/07/2022. Disponível em: <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?jornal=515&pagina=9&data=12/07/2022>

BRIGHT, J. **Macadamia plant protection guide 2021-22**. NSW Department of Primary Industries, Orange, 2021. 146 p.

ELLIS, K. L.; ANDERSON, J. M.; YONOW, T.; KRITICOS, D. J.; ANDREW, N. R. Biology and ecology of insect pests in macadamia: a review of the current status of IPM strategies in Australia, **Journal of Integrated Pest Management**, v.14, Issue 1, 2023, 26p.

FRANÇA, B. H. C. **Macadâmia: cultivo e produtos derivados**. Rio de Janeiro: Redetec, 2007. 21 p.



GARCIA, J. B.; MINGOTI, R.; MARINHO-PRADO, J. S.; PARANHOS, B. de A. G.; PESSOA, M. C. P. Y. Zoneamento de áreas brasileiras favoráveis ao parasitoide *Tetrastichus giffardianus* e a *Bactrocera dorsalis*. In: CONGRESSO INTERINSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA (CIIC), 16, Campinas, SP: Instituto Agrônomo de Campinas (IAC)/APTA, 30 e 31 de agosto de 2022 (evento online), **Anais...** 2022. 12p. (Resumo expandido, Trabalho 22506). Disponível em: <https://ciic.iac.sp.gov.br/arquivos/anais/RE22504.pdf> Acesso: 06 set. 2022.

GILLIGAN, T. M.; EPSTEIN, M. E. **Factsheet *Cryptophlebia ombrodelta***, Tortricids of Agricultural Importance (TorAI), Colorado State University, August, 2014. Disponível em: [http://idtools.org/id/leps/tortai/Cryptophlebia\\_ombrodelta.htm](http://idtools.org/id/leps/tortai/Cryptophlebia_ombrodelta.htm) Acesso em: 25 Ago. 2022

GLOBAL BIODIVERSITY INFORMATION FACILITY. GBIF. Disponível em: <https://www.gbif.org> Acesso: 2022.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Áreas Territoriais. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/15761-areas-dos-municipios.html?=&t=sobre>. Acesso em: 23 out. 2020.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Municipais – Ano-base 2019. Disponível em: [ftp://geofp.ibge.gov.br/organizacao\\_do\\_territorio/malhas\\_territoriais/malhas\\_municipais/municipio\\_2019/Brasil/BR/](ftp://geofp.ibge.gov.br/organizacao_do_territorio/malhas_territoriais/malhas_municipais/municipio_2019/Brasil/BR/). Acesso em: 01 set. 2021.

IBGE. Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA: Censo Agropecuário 2017. Rio de Janeiro: IBGE, 2017. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 01 set. 2021.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Banco de Dados Meteorológicos do INMET**. Disponível em: <https://bdmep.inmet.gov.br/>. Acesso em: 17 ago. 2020.

IRONSIDEI, D. A. Insect pests of macadamia in Queensland. **Information Series**, QI95027, 1995 (1st publication 1981; reprint 1995). 35p. (Department of Primary Industry Queensland).

JACOMO, B. de O.; MINGOTI, R.; PESSOA, M. C. P. Y.; MARINHO-PRADO, J. S. Avaliação do efeito do threshold do MaxEnt em estimativas de áreas climáticas aptas a dois insetos-pragas exóticos. In: CONGRESSO INTERINSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 14., 2020, Campinas. Anais... Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2020. 2 p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/217401/1/5335.pdf> Acesso: 06 set. 2022.

JONES, V. P. **Macadamia integrated pest management: IPM of insects and mites attacking macadamia nuts in Hawaii**. Honolulu (HI): University of Hawaii. 2002. 98 p.

KAWATE, M.; TARUTANI, C. Pest management strategic plan for macadamia nut production in Hawai'i. In. **Macadamia Nut Workshop Summary**. Pearl City Urban Garden Center, University of Hawai'i at Manoa, Honolulu, Hawai'i. May 2006. 46p.

MATOS, S. T. S. de **Aspectos ecológicos de insetos predadores e fitófagos associados à nogueira-macadâmia em Jaboticabal, São Paulo**, Jaboticabal : Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária UNESP campus Jaboticabal, 2017. 64p. (Dissertação Mestrado).

MINGOTI, R.; PESSOA, M. C. P. Y.; MORIYA, L. M.; PIZA, P. L. B. DE T. Zoneamentos de áreas brasileiras favoráveis a *Scirtothrips dorsalis* (Thysanoptera: Thripidae). In: SILVA-MATOS, R. R. S. DA; LINHARES, S. C.; LOPES, J. M. (org.). **Ciências agrárias: Debates emblemáticos e situação perene**. Ponta Grossa: Atena, 2023a. cap. 3. p. 24-43. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/1154519/1/6137.pdf> Acesso em 06 mar. 2024.

MINGOTI, R.; PESSOA, M. C. P. Y.; PEREIRA, C. C.; MARINHO-PRADO, J. S.; GOMES, M. A. F.; JACOMO, B. DE O.; PARANHOS, B. A. G. Zoneamentos territoriais de áreas favoráveis a *Diachasmimorpha longicaudata* visando biocontrole da praga quarentenária ausente *Anastrepha curvicauda*. In: SILVA, C. D. D. DA; SANTOS, D. B. DOS. (org.). **As ciências biológicas e os progressos que beneficiam a sociedade**. Ponta Grossa: Atena, 2023b. Cap. 4. p. 35-51. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/1156899/1/6162.pdf> Acesso em 06 mar. 2024.

MINGOTI, R.; PESSOA, M. C. P. Y.; MORIYA, L. M.; PIVA, P. L. B. DE T. Zoneamento de áreas brasileiras favoráveis à *Cryptophlebia ombrodelta*. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 20., 2023, Florianópolis. **Anais [...]**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2023c. p. 97-100. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/249105/1/6118.pdf> Acesso em 06 mar. 2024.

MINGOTI, R.; PESSOA, M. C. P. Y.; JACOMO, B. DE O.; MARINHO-PRADO, J. S.; PARANHOS, B. A. J. Territorial zoning of Brazilian areas favorable to *Anastrepha curvicauda* (Diptera: Tephritidae) in papaya crop. **Journal of Agricultural Sciences Research**, v. 2, n. 3, p.10, 2022. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/1143045/1/6037.pdf> Acesso em: 06 mar. 2024.

MUÑOZ, M.E.S.; GIOVANNI, R.; SIQUEIRA, M.F.; SUTTON, T.; BREWER, P.; PEREIRA, R.S.; CANHOS, D.A.L.; CANHOS, V.P. **OpenModeller**: a generic approach to species' potential distribution modelling. **Geoinformatica**. 2009. 25p.

SINCLAIR, E. R. **A life system study of *Cryptophlebia ombrodelta* (Lower) (Lepidoptera: Tortricidae) in southeast Queensland**. PhD thesis, University of Queensland, 1975. 765p.

WARREN, D. L.; SEIFERT, S. N. Ecological niche modeling in Maxent: the importance of model complexity and the performance of model selection criteria. **Ecological Applications**, v.21, n. 2, 2011, p. 335–342.

WATERHOUSE, D.F.; SANDS, D.P.A. **Classical Biological Control of Arthropods in Australia**. 77. ed. Australia: Aciar, 2001. 560 p.

# ADAPTAÇÕES METABÓLICAS, MOLECULARES E GENÉTICAS DAS CULTURAS AGRÍCOLAS ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

*Data de aceite: 03/06/2024*

**Juliana Lopes Souza**

**RESUMO:** A água é um dos elementos mais limitantes para o desenvolvimento das culturas agrícolas. Entretanto, as plantas possuem mecanismos desenvolvidos evolutivamente para tolerar períodos de déficit hídrico ou até mesmo o crescimento em zonas áridas. Esses mecanismos de sobrevivência buscam a manutenção do turgor celular, ajuste osmótico, menor perda de água e aumento na eficiência no uso. E podem ocorrer devido à síntese diferencial de compostos do metabolismo secundário, seja pela ativação de genes ou pela expressão de poliploidia. Entre os compostos secundários, os fenóis apresentam importante papel na defesa contra o estresse hídrico. Neste capítulo serão abordados os principais mecanismos de adaptabilidade e tolerância ao estresse hídrico relacionados ao metabolismo secundário e a ação de compostos fenólicos. **PALAVRAS-CHAVE:** estresses abióticos, metabolismo secundário, tolerância.

As previsões de mudanças climáticas indicam a intensificação e expansão de áreas acometidas pela seca, afetando a produtividade e capacidade de sobrevivência de diversas culturas vegetais (Dai, 2013; Huang et al., 2016). As limitações para a produção agrícola nessas condições climática adversas são ocasionadas devido aos estresses abióticos impostos às plantas. Os estresses são caracterizados como condições climáticas adversas ao desenvolvimento normal das plantas, como a indisponibilidade de água, temperaturas extremas ou altas concentrações de sais. No entanto, esses organismos desenvolveram evolutivamente mecanismos para tolerar tais condições. A compreensão sobre a base molecular da resposta vegetal a condições ambientais adversas é aplicada para a sustentabilidade e melhorias das culturas agrícolas. Diversos genes, rotas metabólicas e adaptações fisiológicas estão relacionados a tolerância das plantas à seca.

## EFEITOS DO ESTRESSE HÍDRICO NAS PLANTAS

O estresse hídrico, em nível celular nas plantas, força a redução do potencial hídrico intercelular e, para isso, as plantas estimulam a produção de solutos no citosol e matrizes extracelulares. Portanto, em toda a planta, a seca afeta o metabolismo, crescimento e desenvolvimento (Su *et al.*, 2013). Além disso, a seca afeta a homeostase iônica nas células, ocasionando o conseqüente fechamento de estômatos que causa a redução das taxas de transpiração e fotossíntese. Logo, as plantas apresentam um decréscimo na expansão foliar e senescência foliar prematura (Pessarakli, 2005).

Nos tecidos, o desequilíbrio entre produção e gasto de elétrons gera inibição da atividade fotossintética e proporciona a produção de espécies reativas de oxigênio (ERO), como o peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) e o radical hidroxila ( $OH^-$ ) (Peltzer, Dreyer e Polle, 2002). Respostas fotossintéticas à seca afetam muitos eventos metabólicos como síntese de açúcares, eliminação de EROs por atividade antioxidante e produção hormônios (Pinheiro e Chaves, 2011). As plantas lidam com a seca ao iniciar atividades nos tecidos como a indução da expressão de genes de tolerância, produção de osmólitos antioxidantes e ativação de algumas enzimas.

Com o déficit hídrico, à medida que o solo seca, seu potencial matricial se torna mais negativo. As plantas conseguem continuar a absorver água se o seu potencial hídrico for menor (mais negativo) que o potencial do solo. Para isso, as plantas possuem o mecanismo de ajuste osmótico com o acúmulo de solutos nas células. No citosol são acumulados os solutos compatíveis, ou osmólitos, como a prolina e nos vacúolos há aumento de concentração de íons. Isso ocorre devido à sensibilidade de enzimas no citosol à concentração de íons. Assim, permite-se a redução do potencial hídrico celular sem perda em turgor ou volume celular. O ajuste osmótico é uma característica importante para o retardo de danos por desidratação em ambientes com disponibilidade de água limitada através da manutenção do turgor e condutância estomática, o que leva a manutenção da taxa fotossintética crescimento (Taiz *et al.*, 2017).

A inibição no crescimento vegetativo pela seca é atribuída primordialmente ao status hídrico reduzido, que é medido pelo conteúdo relativo de água ou pelo potencial hídrico. Ambos são bons indicadores do status hídrico em plantas em relação à tolerância à seca. O conteúdo relativo de água mede o conteúdo volumétrico de água nas folhas relativo à concentração de água em pressão de turgor máxima. Quando o conteúdo relativo de água atinge 70% depois do estresse hídrico, o processo de fotossíntese é reduzido. O potencial hídrico foliar no ponto de perda de turgor é definido como o potencial hídrico do solo tão baixo que a planta não consegue absorver água suficiente para se recuperar da murcha, atingindo o ponto de murcha permanente. Várias espécies fecham os estômatos antes de o potencial hídrico foliar tornar-se menos negativo que o ponto de perda de turgor, permitindo a sobrevivência com a água armazenada, que é lentamente transpirada com a baixa condutância após o fechamento dos estômatos (Bartlett, Scoffoni e Sack, 2012).

Além desse mecanismo, os fitormônios possuem função vital na tolerância à seca. Geralmente, quando o conteúdo de ABA e etileno aumentam, o estresse hídrico limita a produção de auxinas. As auxinas possuem uma função importante na tolerância à seca pela indução da proliferação do crescimento do sistema radicular. ABA está ligado a regulação de vários genes relacionados ao estresse hídrico, além de controlar a abertura de estômatos pela relação entre o seu conteúdo e no xilema e a condutância estomática (Ashraf e Harris, 2013; Taiz *et al.*, 2017).

## IMPACTO DO ESTRESSE HÍDRICO NA NUTRIÇÃO E FOTOSÍNTESE

A redução no crescimento devido ao estresse hídrico também é atribuída à redução na absorção de nutrientes e redistribuição (Aranda *et al.*, 2012). Nutrientes como nitrogênio, fósforo, potássio e cálcio são essenciais para o crescimento das plantas, atividades metabólicas e manutenção da integridade de membranas. A redução da absorção de nutrientes em plantas sob estresse hídrico pode estar relacionada à redução da taxa de transpiração e menor solubilidade de nutrientes em pouca quantidade de água disponível no solo. O déficit nutricional causa várias alterações fisiológicas, como distúrbios metabólicos, resultando em redução do crescimento ou morte de órgãos vegetais, como folhas (Ashraf, 2010). O crescimento das plantas sob déficit hídrico também é reduzido devido ao balanço de carbono, que é amplamente baseado na performance fotossintética. No entanto, a primeira reação induzida pelo estresse hídrico é o fechamento estomático para preservar água. A regulação estomática possui função vital na regulação do status hídrico das plantas (Aranda *et al.*, 2012). O fechamento parcial ou completo dos estômatos é a causa principal na assimilação de CO<sub>2</sub> devido a redução de entrada de CO<sub>2</sub> nos locais de carboxilação nas folhas (Flexas *et al.*, 2014).

A redução da entrada de CO<sub>2</sub> devido ao fechamento dos estômatos leva à elevada excitação dos centros de reação do fotossistema II e a formação de espécies reativas de oxigênio (Ashraf e Harris, 2013). Produção em excesso de EROs é prejudicial à lipídeos, proteínas e ácidos nucleicos, cuja oxidação pode levar a efeitos danosos como inibição enzimas, degradação de clorofila, danos à integridade de membranas, danos à funções de organelas e redução da fixação e carbono e metabolismo (Ashraf, 2010). Os fotossistemas I e II do cloroplasto são os principais alvos de EROs (Foyer e Shigeoka, 2011). As plantas respondem com sistemas de defesa antioxidantes enzimáticos e não-enzimáticos contra a produção e os efeitos danosos de EROs como resposta ao estresse hídrico (Sairam *et al.*, 2011). Durante a seca, EROs possuem dupla função, como um produto tóxico, mas também como molécula sinalizadora para mecanismos de defesa e tolerância.

## MECANISMOS DE DEFESA DAS PLANTAS CONTRA O ESTRESSE HÍDRICO

Durante a seca, EROs possuem dupla função, como um produto tóxico, mas também como molécula sinalizadora para mecanismos de defesa e tolerância. Como defesa contra esses oxigênios tóxicos, as plantas possuem enzimas antioxidantes como superóxido dismutase, catalase, ascorbato peroxidase, glutatona redutase, glutatona peroxidase, monodeidroascorbato redutase, deidroascorbato redutase e glutatona-S-transferase, e sistemas de defesa antioxidante não enzimáticos, como ácido ascórbico, glutatona, compostos fenólicos e aminoácidos não proteicos (Tuteja e Gill, 2014; Verslues *et al.*, 2006).

Os polifenóis, compostos fenólicos originados a partir da via biossintética do fenilpropanóide, estão relacionados às adaptações das plantas a estresses abióticos e bióticos. Os polifenóis participam na defesa contra ERO, possuindo forte atividade antioxidante e, portanto, são produzidos em quase todas as situações de estresse ambiental quando as reações fotossintéticas são afetadas, por meio do estímulo da fenilalanina amônia liase e outras enzimas importantes (Frei *et al.*, 2010; Oh, Trick e Rajashekar, 2009).

Plantas de alface expostas a estresse hídrico moderado apresentaram resposta significativa na concentração total de compostos fenólicos e capacidade antioxidante (Eichholz *et al.*, 2014; Oh, Carey e Rajashekar, 2010). Em termos de compostos fenólicos específicos, o ácido chicórico (dominante entre os ácidos fenólicos) tende a acumular enquanto os níveis de ácido clorogênico e ácido cafeico permanecem inalterados (Oh, Carey e Rajashekar, 2010). Outro estudo indica aumento significativo nos limites de ácido cafeico, caftarico, chicórico e rutina (Galieni *et al.*, 2015) i.e. no phosphorus fertilization (0\_P. Isso pode estar relacionado ao aumento na lignificação da parede celular, que ocorre sob diversos estresses bióticos e abióticos, e o acúmulo de polifenóis na parede celular é um importante aspecto das respostas de tolerância/defesa relacionadas à lignificação (Terzi *et al.*, 2013).

Em oliveiras, *Cuminum cyminum* L. e *Withania somnifera* Dun. um aumento no conteúdo de polifenol pode ser estimulado ao se aplicar déficit hídrico durante toda a estação (Bettaieb *et al.*, 2011; Bettaieb Rebey *et al.*, 2012; Gómez-Rico, Salvador e Fregapane, 2009; Kannan e Kulandaivelu, 2011) based on the measurement of the stem water potential (SWP. Em *Trachyspermum ammi* L. observou-se o maior conteúdo de fenóis totais com 60% da capacidade de campo do que em 100% (Azhar *et al.*, 2011). Resultados similares foram observados em *Prunella vulgaris* L., folhas de plântulas de tritcale, e brotos e raízes de *Hypericum brasiliense* Choisy (Abreu e Mazzafera, 2005; Chen *et al.*, 2011; Hura, Hura e Grzesiak, 2009).

A via biossintética de flavonoides, outro grupo de compostos fenólicos, é favorecida pela restrição hídrica, principalmente em videiras (Stefanelli, Goodwin e Jones, 2010). Em geral, um aumento em antocianinas nos frutos e vinho foi observado para videiras de

vinho tinto sujeitas a restrição hídrica independentemente do tempo e nível de estresse (Castellarin *et al.*, 2007; Esteban, Villanueva e Lissarrague, 2001). Isso está provavelmente relacionado a regulação positiva da atividade de chalcona sintase e flavonona-3-hidroxilase (enzimas importantes da via de flavonoides) em plantas sob estresse hídrico, resultando em maiores concentrações do conteúdo total de antocianina.

Em extratos de *Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze, fortes propriedades antioxidantes são atribuídas a flavanóis monoméricos (catequinas), epicatequina (EC), epigalocatequina (EGC) e outros ésteres galato, como epigalocatequina galato (EGCG) (Hernández, Alegre e Munné-Bosch, 2006). Esses resultados são consistentes com a identificação de flavan-3-ols, principalmente EGCG, como integrantes da bicamada lipídica, agindo como antioxidantes em membranas (Saffari e Sadrzadeh, 2004).

Plantas de *Cucumis sativus* L. expostas a diferentes regimes hídricos apresentaram aumento significativo em antocianina devido ao estímulo da hidroxilação, ao regular o gene que codifica sua enzima ou como resultado do aumento do acúmulo de açúcares (Castellarin *et al.*, 2007; Sonnenberg, Ndakidemi e Laubscher, 2013).

Além disso, variações genômicas, como a poliploidia podem apresentar importante função na sobrevivência das plantas às modificações climáticas, agindo na especiação e divergência evolutiva de angiospermas durante o tempo (Weiss-Schneeweiss *et al.*, 2013). Espécies poliploides podem apresentar maior atividade gênica, diversidade enzimática, acúmulo de biomassa e resistência melhorada a estresses bióticos e abióticos (Hegarty *et al.*, 2013; Schoenfelder e Fox, 2015).

As espécies poliploides podem apresentar alterações na concentração de hormônios, no conteúdo de metabólitos secundários, nas relações hídricas, na taxa de transpiração e na função estomática, na atividade fotossintética e na tolerância à estresses (Beest *et al.*, 2012). Há também a alteração na quantidade e qualidade de metabólitos secundários, como o aumento em alcaloides e terpenos. Essas plantas podem ainda apresentar menos estômatos, resultando em menor taxa respiratória e redução de perda de água pelas folhas, além de maior eficiência do uso de água.

A alopoliploidia, caracterizada pela combinação de dois ou mais genomas completos diferentes, proporcionou evolutivamente o surgimento de plantas mais adaptadas e com maior desenvolvimento quando comparadas aos genomas parentais (Chen, 2013; Sattler, Carvalho e Clarindo, 2016). Algumas plantas alopoliploides são mais ricas em compostos fenólicos e apresentam maior diversidade enzimática quando comparadas com aos parentais (Khlestkina, Röder e Salina, 2008). A produção de compostos híbridos em alopoliploides é explicada pelas modificações nos produtos pela interação dos dois genomas parentais. Ocorre uma complementação entre os genomas e a ação de fatores de limitação ou bloqueio de expressão em vias biossintéticas. Essa interação dos genomas leva ao aumento em produção de compostos importantes pela suplementação de passos da biossíntese ou a produção de novos compostos pela complementação da via biossintética (Dhawan e Lavania, 1996).

Em trigo, espécie conhecida pela alopoliploidia, foram estudadas as reações ao estresse hídrico em plantas tetra e hexaploides. As plantas hexaploides apresentaram o aumento mais expressivo em prolina, aminoácido associado à tolerância ao estresse. Entretanto, as plantas tetraploides apresentaram maior acúmulo de ABA, hormônio relacionado à tolerância a estresse e síntese de compostos fenólicos, menor redução do conteúdo relativo de água, maior acúmulo de carotenoides e maior estabilidade de membranas. Essas características conferiram uma melhor tolerância ao estresse hídrico em plantas tetraploides, evidenciando que a tolerância ao estresse envolve vários processos metabólicos e que a maior síntese de prolina não é suficiente para conferir essa tolerância (Chandrasekar, Sairam e Srivastava, 2000).

Outra espécie conhecida pela alopoliploidia, a triticale combina a alta produção e qualidade de grãos de trigo hexaploide com a tolerância à estresses do centeio (Chen, 2010). Sob condições de estresse hídrico, plantas de triticale apresentaram maior produção de compostos antioxidantes e prolina ao comparadas com plantas em condições ideais de desenvolvimento. Essa produção também foi maior ao comparada com cultivares de trigo sob estresse (Akbarian et al., 2011).

Como exemplo da influência na síntese de compostos fenólicos tem-se *Clarkia gracilis*, planta alotetraploide que apresenta flores violeta com um grande ponto vermelho escuro no centro das pétalas (Martins et al., 2013). Nas duas espécies parentais, que são diploides, o gene que codifica a enzima diidroflavonol redutase (*Dfr*) está duplicado. Essa enzima catalisa compostos intermediários da via biossintética de antocianinas. As cópias são chamadas de *Dfr1* e *Dfr2*. Portanto, em *C. gracilis* existem duas cópias de cada um desses genes.

As duas cópias de *Dfr1* possuem um padrão de expressão diferente das cópias de *Dfr2*, ambas as cópias de *Dfr2* são expressas apenas na região da pétala correspondente ao ponto, enquanto as duas cópias de *Dfr1* são expressas pela pétala. As cópias de *Dfr1* também são expressas em momentos diferentes do que *Dfr2*. Enquanto *Dfr2* é expresso na fase inicial do desenvolvimento, *Dfr1* é expresso depois (Fig. 2). Essa diferença temporal indica dois momentos de expressão dos genes codificantes de enzimas da rota de antocianinas, o que significa que o ponto aparece durante o desenvolvimento inicial, antes da coloração de fundo (Martins et al., 2013).

Alguns indivíduos dessa espécie não possuem o ponto em suas pétalas. Nesses indivíduos, não há expressão de *Dfr2* na região do ponto, mas *Dfr1* permanece sendo expresso pela pétala. Isso demonstra que a expressão de *Dfr2* é necessária para a formação do ponto. A coloração diferencial, no entanto, é determinada pela expressão do gene *F3'h* durante o desenvolvimento do ponto, enquanto não há expressão do gene *F3'5'h*. *F3'h* converte o precursor diidrokaempferol (DHK) em diidroquercetina (DHQ), que é eventualmente transformando em pigmentos de antocianina vermelhos. *F3'5'h*, por sua vez, transforma DHK em diidromiricetina (DHM), que é transformada em pigmentos



de antocianina violeta. A ação diferencial das duas cópias de *Dfr* no ponto e no restante da pétala indica que a duplicação desse gene favoreceu o aparecimento do ponto evolutivamente (Martins *et al.*, 2013).

A autopoliploidia consiste na multiplicação do mesmo genoma. O aumento na ploidia nuclear pode causar alterações anatômicas e estruturais como tamanho das folhas, densidade estomática, tamanho das células e número de cloroplastos por célula. (Soltis *et al.*, 2015). Os efeitos da poliploidia influenciam na atividade bioquímica e fisiológica das plantas, como a fotossíntese líquida, transpiração, atividade enzimática, transporte fotossintético de elétrons e expressão isoenzimática (Beest *et al.*, 2012). A multiplicação da combinação alélica permite que poliploides produzam enzimas híbridas e, portanto, podem apresentar maior diversidade enzimática, resultando em maior adaptabilidade e homeostase (Soltis e Soltis, 2012). O aumento na atividade enzimática, diversidade isoenzimática e alterações em perfis de flavonoides podem levar ao aumento em produção e em aspectos qualitativos na biossíntese de compostos secundários. Existe uma correlação positiva entre a concentração de óleos essenciais e a ploidia de algumas plantas estudadas (Lavania, 1988; Lavania *et al.*, 2012).

Como em autopoliploides a base genética é a mesma, mas duplicada, quando há aumento na produção de metabólitos é decorrente da multiplicação do número de genes. Em autotetraploides de *Briza media* observou-se diferentes flavonoides isomerases e maior estabilidade ao calor do que o observado nos diploides (Murray e Williams, 1973, 1976). Em *Plox drummondii*, autopoliploides apresentaram 14 flavonoides não observados em plantas diploides, ao mesmo tempo em que 8 flavonoides presentes em plantas diploides não foram identificados em autopoliploides (Levy, 1976).

As diferenças no perfil metabólico de autopoliploides baseado apenas na multiplicação do genoma é interpretado como decorrente das perturbações nos mecanismos metabólicos que regulam a biossíntese de compostos individuais. A perda de compostos do metabolismo diploide em plantas autopoliploides é explicada pela repressão funcional de genes estruturais - e o ganho de compostos em autopoliploides pela não repressão de genes estruturais anteriormente silenciados (Levy, 1976).

Em plantas de *Echinacea purpurea* (L.) a indução de poliploidia resultou em redução na densidade estomática, podendo indicar uma maior eficiência no uso de água, e houve aumento no número de cloroplastos, quantidade de clorofila, carotenóides, ácido chicórico e clorogênico. As alterações de ploidia também levaram a um desenvolvimento mais lento e redução na eficiência de transporte de elétrons no fotossistema II nessa espécie (Abdoli, Moieni e Naghdi Badi, 2013).

As plantas poliploides, tanto alo quanto autopoliploides, por serem geralmente mais tolerantes ao estresse hídrico expandem-se para ambientes mais secos e quentes. Em *Lonicera japonica*, a duplicação do número de cromossomos resultou em maior resistência ao estresse hídrico (Li *et al.*, 2009). Essa resistência foi evidenciada pela maior

taxa fotossintética em plantas tetraploides dessa espécie e sugere uma maior taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> por unidade de área foliar. Além disso, apesar de os indivíduos diploides terem apresentado mecanismos de retardo do estresse hídrico ao fecharem os estômatos, as plantas tetraploides foram menos afetadas pelo estresse. Os indivíduos tetraploides apresentaram menor área foliar e, portanto, menor transpiração, ainda mantendo uma maior quantidade de estômatos abertos e favorecendo a atividade fotossintética. A taxa fotossintética também foi influenciada pela poliploidia em folhas de *Phlox drummondii* (Vyas *et al.*, 2007). O fechamento estomático é uma das consequências mais limitantes à fotossíntese em plantas sob estresse hídrico.

Além de alo e autopoliploidia, a multiplicação do genoma também ocorre por endopoliploidia, condição em que somente certas células, em um organismo diploide quanto aos demais aspectos, são poliploides. Estimulada por vários estresses, incluindo o estresse hídrico, a endopoliploidia está relacionada à via pentose-fostato, na qual são produzidos o NADPH como agente redutor e compostos gerais de biossíntese. Essa via é importante para o desenvolvimento normal de plantas, mas também como resposta ao estresse oxidativo. Principalmente para os compostos da via pentose-fostato usados na via do chiquimato para a produção de metabólitos de defesa, como flavonoides e antocianinas. Além disso, a formação de espécies reativas de oxigênio pode induzir a produção de prolina, que juntamente com a via pentose-fosfato estimula a produção de compostos fenólicos (Scholes e Paige, 2015).

Considerando-se que a poliploidia representa uma expressão gênica diferencial, seja pela interação entre os genes ou o aumento da expressão pelo genoma multiplicado, alterações bioquímicas e fisiológicas podem ocorrer em comparação aos genótipos parentais. Essas alterações podem levar ao aumento ou supressão da síntese de compostos fenólicos devido a atividades enzimáticas, mudanças na taxa fotossintética, entre outros. A síntese de compostos fenólicos também é estimulada pela influência de estresses ambientais. O estresse hídrico induz a formação de compostos fenólicos, que possuem atividade antioxidante, para a defesa contra espécies reativas de oxigênio e ocorre a regulação de enzimas como fenilalanina amônia liase, chalcona sintase e flavonona-3-hidroxilase que participam do processo.

A resposta adaptativa das plantas ao estresse hídrico, em face das mudanças climáticas, é um fenômeno complexo, envolvendo uma gama de respostas metabólicas, moleculares e genéticas complexas. Dentre essas respostas, a síntese diferencial de compostos do metabolismo secundário, está entre as principais adaptações estudadas. Tanto a indução da produção de polifenóis quanto a poliploidia representam respostas significativas ao estresse hídrico, conferindo às plantas vantagens em termos de resistência e sobrevivência. Esse conhecimento destaca a plasticidade das plantas em face aos fenômenos ambientais e indicam rotas promissoras em termos de engenharia genética e seleção de culturas agrícolas mais resilientes em um contexto de mudanças climáticas em constante evolução.

## REFERÊNCIAS

- ABDOLI, M.; MOIENI, A.; NAGHDI BADI, H. Morphological, physiological, cytological and phytochemical studies in diploid and colchicine-induced tetraploid plants of *Echinacea purpurea* (L.). *Acta Physiologiae Plantarum*, v. 35, n. 7, p. 2075–2083, 2013.
- ABREU, I. N. DE; MAZZAFERA, P. Effect of water and temperature stress on the content of active constituents of *Hypericum brasiliense* Choisy. *Plant Physiology and Biochemistry*, v. 43, n. 3, p. 241–248, 2005.
- AKBARIAN, A. et al. Evaluation of triticale genotypes for terminal drought tolerance using physiological traits. *The Indian Journal of Agricultural Sciences*, v. 81, n. 12, 2011.
- ARANDA, I. et al. Plant Responses to Drought Stress. In: AROCA, R. (Ed.). *Plant Responses to Drought Stress*. [s.l.] Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2012. p. 293–333.
- ASHRAF, M. Inducing drought tolerance in plants: Recent advances. *Biotechnology Advances*, v. 28, n. 1, p. 169–183, 2010.
- ASHRAF, M.; HARRIS, P. J. C. Photosynthesis under stressful environments: An overview. *Photosynthetica*, v. 51, n. 2, p. 163–190, 2013.
- AZHAR, N.; HUSSAIN, B.; ASHRAF, M. Y.; ABBASI, K. Y. Water stress mediated changes in growth, physiology and secondary metabolites of desi ajwain (*Trachyspermum Ammi* L.). *Pakistan Journal of Botany*, v. 43, n. SPEC. ISSUE, p. 15–19, 2011.
- BARTLETT, M. K.; SCOFFONI, C.; SACK, L. The determinants of leaf turgor loss point and prediction of drought tolerance of species and biomes: A global meta-analysis. *Ecology Letters*, v. 15, n. 5, p. 393–405, 2012.
- BEEST, M. TE; ROUX, J. J. LE; RICHARDSON, D. M.; BRYSTING, A. K.; SUDA, J.; KUBESOVÁ, M.; PYSEK, P. The more the better? The role of polyploidy in facilitating plant invasions. *Annals of Botany*, v. 109, n. 1, p. 19–45, 2012.
- BETTAIEB REBEY, I.; JABRI-KAROUI, I.; HAMROUNI-SELLAMI, I.; BOURGOU, S.; LIMAM, F.; MARZOUK, B. Effect of drought on the biochemical composition and antioxidant activities of cumin (*Cuminum cyminum* L.) seeds. *Industrial Crops and Products*, v. 36, n. 1, p. 238–245, 2012.
- BETTAIEB, I.; KNIQUA, S.; HAMROUNI, I.; LIMAM, F.; MARZOUK, B. Water-deficit impact on fatty acid and essential oil composition and antioxidant activities of cumin (*Cuminum cyminum* L.) aerial parts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 59, n. 1, p. 328–334, 2011.
- CASTELLARIN, S. D.; MATTHEWS, M. A.; GASPERO, G. DI; GAMBETTA, G. A. Water deficits accelerate ripening and induce changes in gene expression regulating flavonoid biosynthesis in grape berries. *Planta*, v. 227, n. 1, p. 101–112, 2007.
- CHANDRASEKAR, V.; SAIRAM, R. K.; SRIVASTAVA, G. C. Physiological and Biochemical Responses of Hexaploid and Tetraploid Wheat to Drought Stress. *Journal of Agronomy and Crop Science*, n. 185, p. 219–227, 2000.
- CHEN, Y.; GUO, Q.; LIU, L.; LIAO, L.; ZHU, Z. Influence of fertilization and drought stress on the growth and production of secondary metabolites in *Prunella vulgaris* L. *J. Med. Plant. Res.*, v. 5, n. 9, p. 1749–1755, 2011.
- CHEN, Z. J. Genomic and epigenetic insights into the molecular bases of heterosis. *Nature Reviews Genetics*, v. 14, n. 7, p. 471–482, 2013.

- CHEN, Z. J. Molecular mechanisms of polyploidy and hybrid vigor. *Trends in plant science*, v. 15, n. 2, p. 57-71, 2010.
- DAI, A. G. Increasing drought under global warming in observations and models. *Nature Climate Change*, v. 3, n. 1, p. 52–58, 2013.
- DHAWAN, O. P.; LAVANIA, U. C. Enhancing the productivity of secondary metabolites via induced polyploidy: a review. *Euphytica*, v. 87, n. 2, p. 81–89, 1996.
- EICHHOLZ, I.; FORSTER, N.; ULRICHS, C.; SCHREINER, M.; HUYSKENS-KEIL, S. Survey of bioactive metabolites in selected cultivars and varieties of *Lactuca sativa* L. under water stress. *Journal of Applied Botany and Food Quality*, v. 87, p. 265–273, 2014.
- ESTEBAN, M. A.; VILLANUEVA, M. J.; LISSARRAGUE, J. R. Effect of irrigation on changes in the anthocyanin composition of the skin of cv Tempranillo (*Vitis vinifera* L) grape berries during ripening. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 81, n. 4, p. 409–420, 2001.
- FLEXAS, J.; CARRIQUÍ, M.; COOPMAN, R. E.; GAGO, J.; GALMÉS, J.; MARTORELL, S.; MORALES, F.; DIAZ-ESPEJO, A. Stomatal and mesophyll conductances to CO<sub>2</sub> in different plant groups: Underrated factors for predicting leaf photosynthesis responses to climate change? *Plant Science*, v. 226, p. 41–48, 2014.
- FOYER, C. H.; SHIGEOKA, S. Understanding Oxidative Stress and Antioxidant Functions to Enhance Photosynthesis. *Plant Physiology*, v. 155, n. 1, p. 93–100, 2011.
- FREI, M.; TANAKA, J. P.; CHEN, C. P.; WISSUWA, M. Mechanisms of ozone tolerance in rice: Characterization of two QTLs affecting leaf bronzing by gene expression profiling and biochemical analyses. *Journal of Experimental Botany*, v. 61, n. 5, p. 1405–1417, 2010.
- GALIENI, A.; MATTIA, C. DI; GREGORIO, M. DE; SPECA, S.; MASTROCOLA, D.; PISANTE, M.; STAGNARI, F. Effects of nutrient deficiency and abiotic environmental stresses on yield, phenolic compounds and antiradical activity in lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Scientia Horticulturae*, v. 187, p. 93–101, 2015.
- GÓMEZ-RICO, A.; SALVADOR, M. D.; FREGAPANE, G. Virgin olive oil and olive fruit minor constituents as affected by irrigation management based on SWP and TDF as compared to ETc in medium-density young olive orchards (*Olea europaea* L. cv. Cornicabra and Morisca). *Food Research International*, v. 42, n. 8, p. 1067–1076, 2009.
- HEGARTY, M.; COATE, J.; SHERMAN-BROYLES, S.; ABBOTT, R.; HISCOCK, S.; DOYLE, J. Lessons from natural and artificial polyploids in higher plants. *Cytogenetic and Genome Research*, v. 140, n. 2–4, p. 204–225, 2013.
- HERNÁNDEZ, I.; ALEGRE, L.; MUNNÉ-BOSCH, S. Enhanced oxidation of flavan-3-ols and proanthocyanidin accumulation in water-stressed tea plants. *Phytochemistry*, v. 67, n. 11, p. 1120–1126, 2006.
- HUANG, J.; YU, H.; GUAN, X.; WANG, G.; GUO, R. Accelerated dryland expansion under climate change. *Nature Climate Change*, v. 6, n. 2, p. 166–171, 2016.
- HURA, T.; HURA, K.; GRZESIAK, S. Possible contribution of cell-wall-bound ferulic acid in drought resistance and recovery in triticale seedlings. *Journal of Plant Physiology*, v. 166, n. 16, p. 1720–1733, 2009.

- KANNAN, N. D.; KULANDAIVELU, G. Drought induced changes in physiological, biochemical and phytochemical properties of *Withania somnifera* Dun. *Journal of Medicinal Plants Research*, v. 5, n. 16, p. 3929–3935, 2011.
- KHLESTKINA, E. K.; RÖDER, M. S.; SALINA, E. A. Relationship between homoeologous regulatory and structural genes in allopolyploid genome - A case study in bread wheat. *BMC Plant Biology*, v. 8, p. 1–14, 2008.
- LAVANIA, U. C. Enhanced productivity of the essential oil in the artificial autopolyploid of vetiver (*Vetiveria zizanioides* L. Nash). *Euphytica*, v. 38, n. 3, p. 271–276, 1988.
- LAVANIA, U. C.; SRIVASTAVA, S.; LAVANIA, S.; BASU, S.; MISRA, N. K.; MUKAI, Y. Autopolyploidy differentially influences body size in plants, but facilitates enhanced accumulation of secondary metabolites, causing increased cytosine methylation. *Plant Journal*, v. 71, n. 4, p. 539–549, 2012.
- LEVY, M. Altered Glycoflavone expression in induced Autotetraploids of *Phlox drummondii*. *Biochemical Systematics and Ecology*, v. 4, n. 4, p. 249–254, 1976.
- LI, W. D.; BISWAS, D. K.; XU, H.; XU, C. Q.; WANG, X. Z.; LIU, J. K.; JIANG, G. M. Photosynthetic responses to chromosome doubling in relation to leaf anatomy in *Lonicera japonica* subjected to water stress. *Functional Plant Biology*, v. 36, n. 9, p. 783–792, 2009.
- MARTINS, T. R.; BERG, J. J.; BLINKA, S.; RAUSHER, M. D.; BAUM, D. A. Precise spatio-temporal regulation of the anthocyanin biosynthetic pathway leads to petal spot formation in *Clarkia gracilis* (Onagraceae). *New Phytologist*, v. 193, n. 3, 2013.
- MURRAY, B. G.; WILLIAMS, C. A. Chromosome number and flavonoid synthesis in *Briza L.* (Gramineae). *Biochemical Genetics*, v. 14, n. 11–12, p. 897–904, 1976.
- MURRAY, B. G.; WILLIAMS, C. A. Polyploidy and flavonoid synthesis in *Briza media L.* *Nature*, v. 243, n. 5402, p. 87–88, 1973.
- OH, M. M.; TRICK, H. N.; RAJASHEKAR, C. B. Secondary metabolism and antioxidants are involved in environmental adaptation and stress tolerance in lettuce. *Journal of Plant Physiology*, v. 166, n. 2, p. 180–191, 2009.
- OH, M.; CAREY, E. E.; RAJASHEKAR, C. B. Regulated Water Deficits Improve Phytochemical Concentration in Lettuce. *Journal of American Society of Horticultural Science*, v. 135, n. 3, p. 223–229, 2010.
- PELTZER, D.; DREYER, E.; POLLE, A. Differential temperature dependencies of antioxidative enzymes in two contrasting species: *Fagus sylvatica* and *Coleus blumei*. *Plant Physiology and Biochemistry*, v. 40, n. 2, p. 141–150, 2002.
- PESSARAKLI, M. *Handbook of Photosynthesis* 2nd edition. [s.l.] Taylor & Francis, 2005.
- PINHEIRO, C.; CHAVES, M. M. Photosynthesis and drought: Can we make metabolic connections from available data? *Journal of Experimental Botany*, v. 62, n. 3, p. 869–882, 2011.
- SAFFARI, Y.; SADRZADEH, S. M. H. Green tea metabolite EGCG protects membranes against oxidative damage in vitro. *Life Sciences*, v. 74, n. 12, p. 1513–1518, 2004.
- SAIRAM, R. K.; DHARMAR, K.; LEKSHMY, S.; CHINNUSAMY, V. Expression of antioxidant defense genes in mung bean (*Vigna radiata L.*) roots under water-logging is associated with hypoxia tolerance. *Acta Physiologiae Plantarum*, v. 33, n. 3, p. 735–744, 2011.

- SATTLER, M. C.; CARVALHO, C. R.; CLARINDO, W. R. The polyploidy and its key role in plant breeding. *Planta*, v. 243, n. 2, p. 281–296, 2016.
- SCHOENFELDER, K. P.; FOX, D. T. The expanding implications of polyploidy. *Journal of Cell Biology*, v. 209, n. 4, p. 485–491, 2015.
- SCHOLES, D. R.; PAIGE, K. N. Plasticity in ploidy: A generalized response to stress. *Trends in Plant Science*, v. 20, n. 3, p. 165–175, 2015.
- SOLTILS, P. S.; SOLTIS, D. E. *Polyploidy and Genome Evolution*. [s.l.] Springer, 2012.
- SOLTIS, P. S.; MARCHANT, D. B.; PEER, Y. VAN DE; SOLTIS, D. E. Polyploidy and genome evolution in plants. *Current Opinion in Genetics and Development*, v. 35, p. 119–125, 2015.
- SONNENBERG, D.; NDAKIDEMI, P. A.; LAUBSCHER, C. The effects of various drip fertigated water quantities on flavonoid and anthocyanin content on hydroponically cultivated *Cucumis sativa* L. disease. *International Journal of Physical Sciences*, v. 8, n. 19, p. 1012–1016, 2013.
- STEFANELLI, D.; GOODWIN, I.; JONES, R. Minimal nitrogen and water use in horticulture: Effects on quality and content of selected nutrients. *Food Research International*, v. 43, n. 7, p. 1833–1843, 2010.
- SU, Z.; MA, X.; GUO, H.; SUKIRAN, N. L.; GUO, B.; ASSMANN, S. M.; MA, H. Flower Development under Drought Stress: Morphological and Transcriptomic Analyses Reveal Acute Responses and Long-Term Acclimation in *Arabidopsis*. *The Plant Cell*, v. 25, n. 10, p. 3785–3807, 2013.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. *Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal*. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.
- TERZI, R.; SARUHAN GÜLER, N.; KUTLU ÇALIŞKAN, N.; KADIOĞLU, A. Lignification response for rolled leaves of *Ctenanthe setosa* under long-term drought stress. *Turkish Journal of Biology*, v. 37, n. 5, p. 614–619, 2013.
- TUTEJA, N.; GILL, S. S. *Climate Change and Plant Abiotic Stress Tolerance*. [s.l.] John Wiley & Sons, Inc, 2014.
- VERSLUES, P. E.; AGARWAL, M.; KATIYAR-AGARWAL, S.; ZHU, J.; ZHU, J. K. Methods and concepts in quantifying resistance to drought, salt and freezing, abiotic stresses that affect plant water status. *Plant Journal*, v. 45, n. 4, p. 523–539, 2006.
- VYAS, P.; BISHT, M. S.; MIYAZAWA, S. I.; YANO, S.; NOGUCHI, K.; TERASHIMA, I.; FUNAYAMA-NOGUCHI, S. Effects of polyploidy on photosynthetic properties and anatomy in leaves of *Phlox drummondii*. *Functional Plant Biology*, v. 34, n. 8, p. 673–682, 2007.
- WEISS-SCHNEEWEISS, H.; EMADZADE, K.; JANG, T. S.; SCHNEEWEISS, G. M. Evolutionary consequences, constraints and potential of polyploidy in plants. *Cytogenetic and Genome Research*, v. 140, n. 2–4, p. 137–150, 2013.

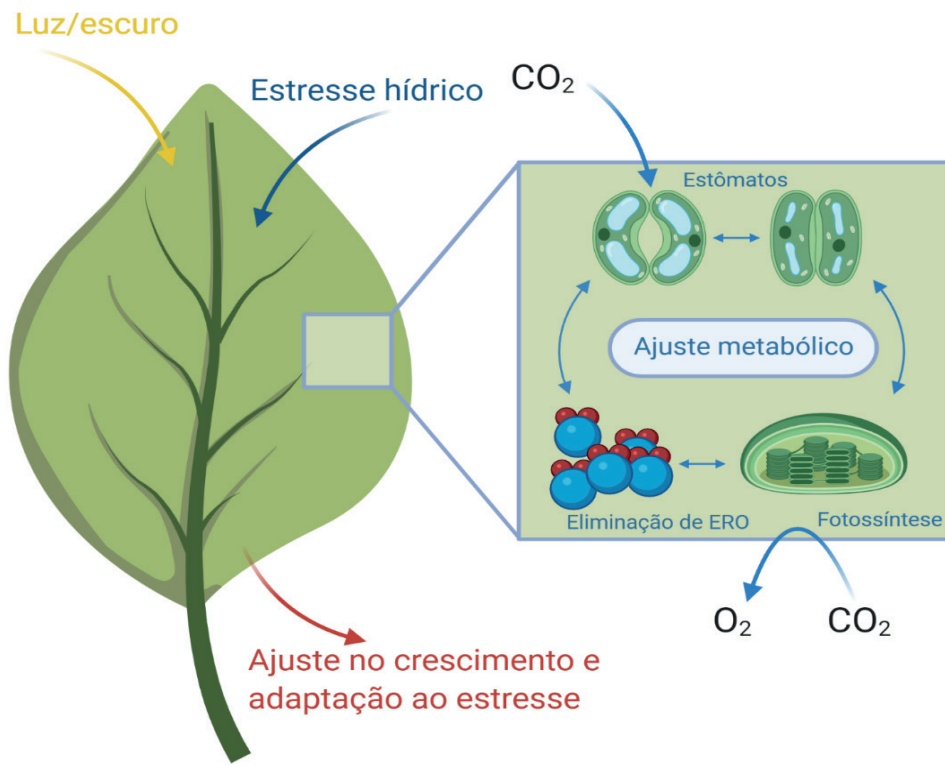


Figura 1 – Mecanismo de ajuste metabólico foliar relacionando ao estresse hídrico.

Fonte: Autoria própria (2021)

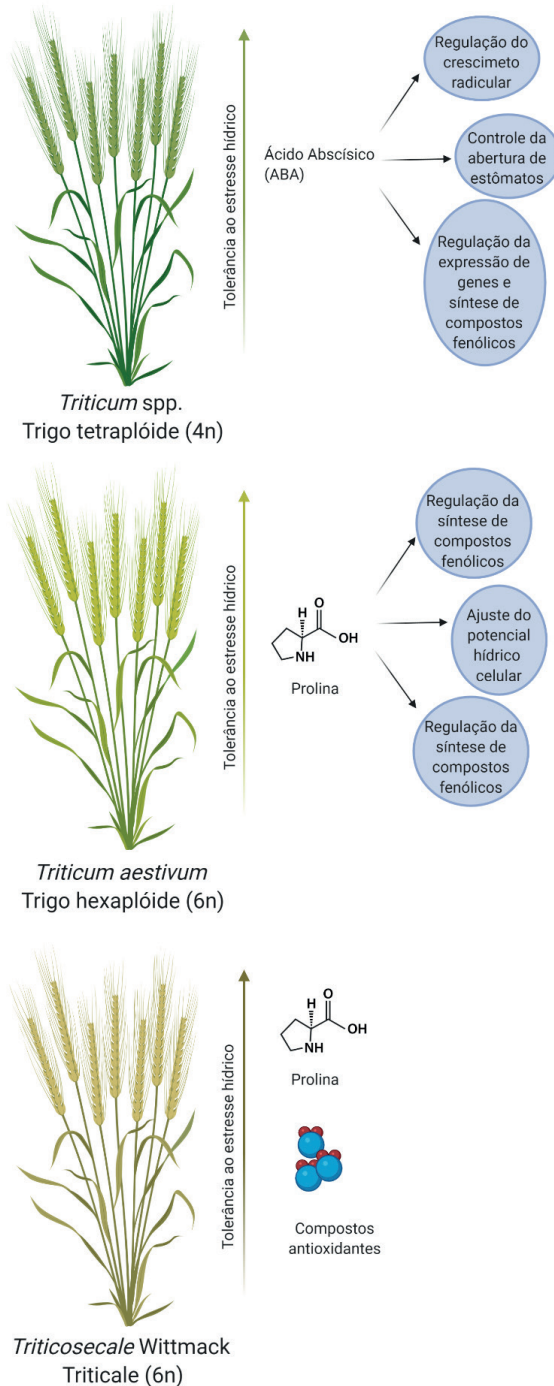


Figura 2 – Adaptações ao estresse hídrico em plantas poliplóides.

Fonte: Autoria própria (2021)



**LEONARDO FRANÇA DA SILVA:** Engenheiro Agrônomo pela Universidade Federal De Minas Gerais (UFMG). Engenheiro Segurança do Trabalho, especialista em Engenharia de Produção. Mestre em Agronomia pela Universidade Estadual Paulista -UNESP. Doutor em Engenharia Agrícola (Construções Rurais e Ambiência) pela Universidade Federal de Viçosa. Atualmente atua como membro como membro colaborador dos grupos de pesquisa vinculado ao CNPq: Núcleo em Ambiência e Engenharia de Sistemas Agroindustriais - AMBIAGRO- UFV, Ergonomia e segurança industrial, Ergonomia e Segurança do Trabalho, Segurança e Saúde do Trabalho, Ergonomia Florestal - LABOERGO - UFV . Atuou como Professor Substituto de Magistério Superior na Universidade Federal de Viçosa, campus Florestal, lecionando as disciplinas de Desenho Técnico e Construções Rurais. Possui experiência nas áreas de Engenharia agrícola, com ênfase em Engenharia de Construções Rurais, Desenho técnico e Assistido por computador, Sustentabilidade em sistemas de produção (Agrícola / Animal), Segurança do trabalho e Ergonomia, Desenvolvimento rural, Energia renováveis na agricultura.

**JOSIANE ROSA SILVA DE OLIVEIRA:** Engenheira Agrícola e Ambiental pela Universidade Federal de Viçosa - UFV (2007), mestre e doutoranda em Engenharia Agrícola, na área de Recursos Hídricos e Ambientais pela UFV. Membro do Grupo de Pesquisa em Recursos Hídricos (GPRH) do Departamento de Engenharia Agrícola da UFV. Tem experiência na área de planejamento e gestão de recursos hídricos e ambientais e manejo de bacias hidrográficas, com ênfase em estudos hidrológicos e conservação de solo e água. Atualmente é professora da Universidade Federal de Viçosa - Campus Florestal

**FERNANDA LAMEDE FERREIRA DE JESUS:** Possui graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental pela Universidade Federal de Minas Gerais -UFMG (2013), graduação em letras inglês pelo Instituto Superior de Educação Ibituruna (2008), mestrado em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa - UFV (2016) e doutorado em Engenharia de Sistemas Agrícolas pela Universidade de São Paulo - ESALQ/USP (2019). Atualmente é professora efetiva na Universidade Federal da Grande Dourados- UFGD. Durante o mestrado, trabalhou na área de concentração: Recursos Hídricos e Ambientais, Linha de pesquisa: Manejo e aproveitamento de resíduos agroindustriais, já no doutorado, trabalharam na área de Irrigação e Drenagem. Atua prioritariamente com os seguintes tópicos: Irrigação pressurizada, Manejo de culturas irrigadas, Fertirrigação, Manejo, tratamento e disposição de águas residuárias, sistemas alagados construídos (*wetlands*), Biodigestão anaeróbia e Controle de poluição.

**A**

Altura 16, 17, 18, 26, 70, 99, 103, 108

Aquicultura 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 63

**B**

Banana 46, 99, 100, 101, 102, 104, 106, 108, 109

Brasil 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 10, 11, 12, 14, 15, 19, 21, 32, 47, 50, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 76, 77, 79, 81, 82, 83, 84, 87, 95, 97, 100, 110, 112, 121, 122

**C**

Cadeia produtiva 1, 2, 6, 7, 11, 12, 14

Compostos nitrogenados 49, 50, 51, 54, 62

Contração muscular 34, 35, 39, 41, 42, 43, 46

Controle 7, 11, 17, 64, 65, 66, 67, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 83, 84, 87, 94, 97, 112, 138

CSFI 81, 82, 83

Custo de produção 3, 12, 14, 100, 101

**D**

Diâmetro 16, 17, 18, 37, 99, 103, 104, 105, 108

**E**

Estratégias nutricionais 34, 35, 45

Estresses abióticos 124, 127

Eucalyptos globulus 16

**F**

Fertirrigação 99, 100, 101, 102, 103, 104, 108, 109, 138

**G**

Graus-dias 82

**M**

Macadâmia nut borer 81, 82, 110

Metabolismo secundário 124, 131

MIP 65, 66, 67, 70, 71, 75

Modelagem 110, 112

**N**

NDVI 20, 21, 27, 28, 29, 30, 31, 32

Nichos de mercado 1, 11, 12

Nutrição mineral 100

**O**

Ondas eletromagnéticas 20

**P**

Patógenos 65, 66, 67, 69, 72, 76

Praga quarentenária 81, 82, 97, 110, 112, 123

Praga quarentenária ausente 81, 110, 112, 123

Processamento de imagens 20, 21, 32

Proteção de cultivo 110

**Q**

Qualidade da carne 33, 34, 35, 37, 44, 45, 47

Qualidade de água 49, 51, 53, 54, 59, 62

Quimigação 100

**R**

Relação custo benefício 100, 108

Remediação 49

**S**

Sensores 20, 21, 22, 23, 24, 26, 29

Seringueira 1, 5, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14

SIG 110

Sustentabilidade 1, 9, 10, 12, 13, 14, 97, 124, 138

**T**

Tecido estriado esquelético 34, 35

Tendências 1, 83

Tolerância 72, 76, 124, 125, 126, 127, 128, 129

**V**

Vírus 65, 66, 68, 70, 79

# CULTIVANDO O FUTURO

TENDÊNCIAS E DESAFIOS  
NAS CIÊNCIAS AGRÁRIAS 5



[www.arenaeditora.com.br](http://www.arenaeditora.com.br)



[contato@arenaeditora.com.br](mailto:contato@arenaeditora.com.br)



[@arenaeditora](https://www.instagram.com/arenaeditora)



[www.facebook.com/arenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/arenaeditora.com.br)

 **Atena**  
Editora

Ano 2024

# CULTIVANDO O FUTURO

TENDÊNCIAS E DESAFIOS  
NAS CIÊNCIAS AGRÁRIAS 5

-  [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)
-  [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)