



DENIS MEDINA GUEDES
LEONARDO FRANÇA DA SILVA
VICTOR CRESPO DE OLIVEIRA
(ORGANIZADORES)

AVANCES CIENTÍFICOS Y TECNOLÓGICOS EN CIENCIAS AGRÍCOLAS 3



DENIS MEDINA GUEDES
LEONARDO FRANÇA DA SILVA
VICTOR CRESPO DE OLIVEIRA
(ORGANIZADORES)

AVANCES CIENTÍFICOS Y TECNOLÓGICOS EN CIENCIAS AGRÍCOLAS 3

Editora chefe	Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Editora executiva	Natalia Oliveira
Assistente editorial	Flávia Roberta Barão
Bibliotecária	Janaina Ramos
Projeto gráfico	
Camila Alves de Cremo	2023 by Atena Editora
Ellen Andressa Kubisty	Copyright © Atena Editora
Luiza Alves Batista	Copyright do texto © 2023 Os autores
Nataly Evilin Gayde	Copyright da edição © 2023 Atena
Thamires Camili Gayde	Editora
Imagens da capa	Direitos para esta edição cedidos à
iStock	Atena Editora pelos autores.
Edição de arte	Open access publication by Atena
Luiza Alves Batista	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 e Multidisciplinar

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

Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras

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

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

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 Girelene 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
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

Avances científicos y tecnológicos en ciencias agrícolas 3

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Yaiddy Paola Martinez
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizadores: Denis Medina Guedes
Leonardo França da Silva
Víctor Crespo de Oliveira

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)	
A946	Avances científicos y tecnológicos en ciencias agrícolas 3 / Organizadores Denis Medina Guedes, Leonardo França da Silva, Víctor Crespo de Oliveira. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2023.
Formato:	PDF
Requisitos de sistema:	Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso:	World Wide Web
Inclui bibliografia	
ISBN	978-65-258-2011-8
DOI:	https://doi.org/10.22533/at.ed.118231812
1.	Ciencias agricolas. I. Guedes, Denis Medina (Organizador). II. Silva, Leonardo França da (Organizador). III. Oliveira, Víctor Crespo de (Organizador). IV. Título.
	CDD 630
Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166	

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.

La colección “Avances Científiques y Tecnológicas en Ciencias Agrícolas 3” representa una obra con un enfoque principalmente científico, compuesta por varias obras que permean sus capítulos. La propuesta del Ebook es presentar una variedad de contenidos relacionados con temas ambientales, distribuidos a lo largo de sus 14 capítulos. Este volumen aborda, de manera categorizada e interdisciplinaria, trabajos, investigaciones, reportes de casos y/o revisiones que abarcan diferentes áreas de las Ciencias Agrícolas.

El objetivo predominante de este trabajo es atender las demandas transdisciplinarias de las Ciencias Agrícolas, promoviendo la construcción de conocimiento de manera integrada y accesible. El objetivo es reunir estudios de diferentes Instituciones de Educación, Investigación y Extensión, tanto de Brasil como del exterior, clasificándolos de forma clara y organizada.

Los contenidos fueron elaborados por expertos de diversas áreas, abarcando temas como Microbiología, Fruticultura, Edafología, Fitopatología, Entomología y disciplinas afines. La diversidad de temas tratados tiene como objetivo enriquecer el conocimiento de estudiantes, académicos y todos aquellos interesados en las Ciencias Agrícolas.

Expresamos nuestro profundo agradecimiento a todos los autores vinculados a Instituciones de Educación, Investigación y Extensión, tanto en Brasil como en el exterior, por compartir sus estudios y permitir la creación de este libro virtual. Esperamos que este trabajo promueva la intercomunicación entre diferentes áreas de las Ciencias Agrícolas, contribuyendo al avance de la ciencia y la investigación y atendiendo las variadas demandas de conocimiento.

Reconocemos la importancia de la divulgación científica y destacamos a Atena Editora como una plataforma sólida y confiable para que los investigadores presenten y difundan efectivamente sus resultados. Nos comprometemos a impulsar el progreso en las Ciencias Agrícolas a través de esta colección y los valiosos aportes de sus autores.

Desde esta perspectiva, Atena Editora viene trabajando para estimular e incentivar cada vez más investigadores de Brasil y de otros países a publicar sus trabajos con calidad y excelencia garantizadas en forma de libros, capítulos de libros y artículos científicos.

¡Buena lectura!

Denis Medina Guedes

Leonardo França da Silva

Víctor Crespo de Oliveira

CAPÍTULO 1	1
PERCEPÇÃO DE FEIRANTES E CONSUMIDORES DE PESCADO SOBRE A DOENÇA DE HAFF	
Silainy Ferreira Borges	
Wanderson Diego Reis Sousa	
Cleverson Danrley Cruz Dias	
Carla Janaina Rebouças Marques do Rosário	
Lenka de Moraes Lacerda	
doi https://doi.org/10.22533/at.ed.1182318121	
CAPÍTULO 2	8
ÍNDICES HÍDRICO, DE ARIDEZ E DE UMIDADE NA REGIÃO NORTE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO	
José Carlos Mendonça	
doi https://doi.org/10.22533/at.ed.1182318122	
CAPÍTULO 3	21
EFECTO DE TEMPERATURA DE SECADO Y CONCENTRACIÓN DE ALMIDÓN DE QUINUA (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd) EN LA MICROENCAPSULACIÓN DE ANTOCIANINAS DE MASHUA NEGRA (<i>Tropaeolum tuberosum</i>)	
Ángel Servando Aiquipa Pillaca	
Betsy S. Ramos-Pacheco	
Carlos A. Ligarda-Samanez	
David Choque-Quispe	
Henry Palomino-Rincón	
Diego E. Peralta Guevara	
Frida Esmeralda Fuentes-Bernedo	
Ronald Perez-Salcedo	
Dianeth Buleje-Campos	
Celia Rocio Yauris-Silvera	
doi https://doi.org/10.22533/at.ed.1182318123	
CAPÍTULO 4	39
ESTRATÉGIAS DE CONTROLE DO MOSQUITO <i>Aedes aegypti</i> : UMA ANÁLISE DOS MÉTODOS DE BIOCONTROLE	
Catiane Oliveira Souza	
Valeria Wanderley Teixeira	
Glaucilane dos Santos Cruz	
Maria Clara da Nobrega Ferreira	
Daniela Maria do Amaral Ferraz Navarro	
Álvaro Aguiar Coelho Teixeira	
doi https://doi.org/10.22533/at.ed.1182318124	
CAPÍTULO 5	53
USO DE SENSORIAMENTO REMOTO PARA ESTIMATIVA DA ÁREA PLANTADA DE CANA-DE-AÇÚCAR EM CAMPOS DOS GOYTACAZES, RJ	
Antônio Ivo Gomes Barbosa	

José Carlos Mendonça
Cláudio Henrique Reis

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1182318125>

CAPÍTULO 6 67

PARÂMETROS DE QUALIDADE DO LEITE INFORMAL COMERCIALIZADO NA ILHA DE SÃO LUÍS - MA

Anahikary Araújo Fukuda
Lenka de Moraes Lacerda
Carla Janaina Rebouças Marques do Rosário

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1182318126>

CAPÍTULO 7 76

BALANÇO HÍDRICO SEQUENCIAL E DA CULTURA DA CANA-DE-AÇUCAR NA REGIÃO NORTE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

José Carlos Mendonça

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1182318127>

CAPÍTULO 8 91

USE OF EXOGENOUS ENZYMES IN POULTRY AND PIG NUTRITION

Apolônio Gomes Ribeiro
Dayane Albuquerque da Silva
Ricardo Alexandre Silva Pessoa
Carlos Bôa-Viagem Rabello
Camilla Mendonça Silva
Marcos Rafael de Sousa Rodrigues
Elisabete Albuquerque dos Santos Benvenuto
Hilton Nobre da Costa
Júlio Cézar dos Santos Nascimento

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1182318128>

CAPÍTULO 9 99

POLÍTICAS PÚBLICAS DE AQUISIÇÃO DE ALIMENTOS PARA O FOMENTO DA AGRICULTURA FAMILIAR

Maria Tainara Soares Carneiro
Lilian Oliveira Daniel
Juliano Vitorino da Cruz

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1182318129>

CAPÍTULO 10..... 109

DIVERSIFICACIÓN DE LA OFERTA TURÍSTICA CON FERIAS DE PRODUCTORES EN LA PROVINCIA DE IMBABURA

Ernesto Washington Morochó Núñez
Lourdes Linda Chamorro Zapata
Jesús Ernesto Ortega González
Diego Ramiro Borja Chalacán
Yomaira Paola Enríquez Ruiz

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.11823181210>

CAPÍTULO 11 139

UMA ABORDAGEM SOBRE A CULTURA DO MARACUJAZEIRO E O MANEJO QUÍMICO E BIOLÓGICO DA ANTRACNOSE

Jackeline Laurentino da Silva
Jaqueline Figueiredo de Oliveira Costa
Cecília Hernandez Ramirez
Maria Jussara dos Santos da Silva
Taciana Ferreira dos Santos
Tiago Silva Lima
Gaus Silvestre Andrade Lima
Iraldes Pereira Assunção

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.11823181211>

CAPÍTULO 12 159

DESAFIOS NA PRODUÇÃO CAFEEIRA: GESTÃO HÍDRICA COMO PILAR DE SUSTENTABILIDADE FRENTE A AMEÇAS CLIMÁTICAS

Wilian Rodrigues Ribeiro
Dalila da Costa Gonçalves
Daniel Soares Ferreira
Morgana Scaramussa Gonçalves
Matheus Gaspar Schwan
Lucas Rosa Pereira
Camila Aparecida da Silva Martins
Marcelo Antônio Tomaz
José Francisco Teixeira do Amaral
Edvaldo Fialho dos Reis

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.11823181212>

CAPÍTULO 13 171

CHITIN DEACETYLASE OF *Bemisia tabaci* (HEMIPTERA: ALEYRODIDAE) AS NEW TARGET FOR PESTICIDE DISCOVERY

Ciro Pedro Guidotti Pinto
Narian Romanello

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.11823181213>

CAPÍTULO 14 180

ANÁLISE E MAPEAMENTO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DE NOVO HORIZONTE DO NORTE – MT DE 1986 A 2020

William James Vendramini

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.11823181214>

SOBRE OS ORGANIZADORES 197

ÍNDICE REMISSIVO 198

CAPÍTULO 1

PERCEPÇÃO DE FEIRANTES E CONSUMIDORES DE PESCADO SOBRE A DOENÇA DE HAFF

Data de submissão: 03/10/2023

Data de aceite: 01/12/2023

Silainy Ferreira Borges

Universidade Estadual do Maranhão
(UEMA)

São Luís, Maranhão

<https://orcid.org/0000-0002-0472-0158>

Wanderson Diego Reis Sousa

Universidade Estadual do Maranhão
(UEMA)

São Luís, Maranhão

<https://orcid.org/0000-0001-7308-2607>

Cleverson Danrley Cruz Dias

Universidade Federal do Maranhão
(UEMA)

São Luís, Maranhão

<https://orcid.org/0000-0002-9475-8212>

Carla Janaina Rebouças Marques do Rosário

Universidade Estadual do Maranhão
(UEMA)

São Luís, Maranhão

<https://orcid.org/0000-0002-7682-8141>

Lenka de Moraes Lacerda

Universidade Estadual do Maranhão
(UEMA)

São Luís, Maranhão

<https://orcid.org/0000-0001-8746-9773>

RESUMO: Os alimentos fornecem os nutrientes essenciais para que se tenha uma alimentação saudável. Dentro desse contexto, o pescado mostra-se como um alimento com alto valor nutricional. No entanto, apesar de tais benefícios, existem algumas doenças transmitidas por alimentos (DTA's) que podem ser transmitidas através do pescado. A doença de Haff é um exemplo disso, podendo acometer o ser humano causando a rabdomíolise com destruição das fibras musculares. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a percepção dos feirantes e consumidores de pescado da cidade de São Luís – MA sobre a doença de Haff. O procedimento metodológico consistiu na elaboração e aplicação de questionários, onde foi possível obter informações sobre a percepção que os mesmos tinham sobre a doença de Haff, como o pescado era armazenado e manipulado nas feiras e mercados, a mudança no consumo do pescado após a divulgação na mídia sobre o surto e a queda nas vendas. Os principais resultados obtidos revelaram que a doença de Haff é conhecida de forma equivocada por boa parte dos feirantes e consumidores. Observou-se ainda a falta de conhecimento sobre a procedência do pescado vendido nas feiras e mercados. Dessa forma,

concluiu-se que as feiras e mercados da cidade de São Luís – MA, precisam de políticas públicas e educação em saúde com informações claras sobre transmissão da doença de Haff e outras DTA's em toda cadeia produtiva do pescado.

PALAVRAS-CHAVE: Alimentação. DTA's. Rabdomiólise.

PERCEPTION OF FISH MARKETERS AND CONSUMERS ABOUT HAFF DISEASE

ABSTRACT: Food provides the essential nutrients for a healthy diet. Within this context, fish is a food with high nutritional value. However, despite these benefits, there are some foodborne diseases (FBD's) that can be transmitted through fish. Haff's disease is an example of this, and can affect humans, causing rhabdomyolysis with the destruction of muscle fibers. The aim of this study was to assess the perception of fish marketers and consumers in the city of São Luís - MA about Haff's disease. The methodological procedure consisted of drawing up and applying questionnaires, where it was possible to obtain information on their perception of Haff's disease, how the fish was stored and handled at fairs and markets, the change in fish consumption following the media coverage of the outbreak and the drop in sales. The main results obtained revealed that Haff's disease is misunderstood by a large proportion of market traders and consumers. There was also a lack of knowledge about the origin of the fish sold at fairs and markets. It was therefore concluded that the fairs and markets in the city of São Luís - MA need public policies and health education with clear information on the transmission of Haff's disease and other STDs throughout the fish production chain.

KEYWORDS: Food. FBD's. Rhabdomyolysis.

1 | INTRODUÇÃO

Os alimentos fornecem os nutrientes para que possamos ter uma vida mais saudável (RODRIGUES, 2018). De acordo com Santori; Amâncio (2012), tanto os peixes e seus subprodutos de atividades pesqueiras possuem um alto valor nutricional em comparação com outros alimentos de origem animal, isso significa que eles dispõem de vitaminas lipossolúveis A e D, minerais, cálcio, fósforo, ferro, cobre, selênio e quando os peixes são de água salgada possuem iodo, tudo isso em grande quantidade.

Apesar de todos os benefícios trazidos pelo consumo de peixes, existem algumas doenças que podem ser transmitidas através do pescado. A doença de Haff é um exemplo disso. Tal doença acomete o ser humano causando a rabdomiólise que leva a destruição das fibras musculares e consequentemente a liberação de células como a mioglobina, causando a urina preta, um dos sinais clínicos bem comum nesta doença. A etiologia da doença de Haff ainda não é definida, porém existem hipóteses sobre o que pode causar tais sintomas que se iniciam rapidamente e que não causam febre (TOLESANI *et al.*, 2013).

Pesquisadores citam que a doença é causada por uma toxina ingerida pelo pescado, no entanto, ainda não se tem dados científicos que comprovem qual toxina está associada a doença de Haff. As biotoxinas estão presentes na maioria dos casos de intoxicação por

pescado e algumas dessas biotoxinas como a *palytoxin-like* são produzidas por corais moles e por dinoflagelados bentônicos que provocam um dos sinais clínicos da doença de Haff, a rabdomiólise (PATOCKA, 2015).

Até o momento o que se pode afirmar sobre essa toxina ingerida pelo pescado é que ela não possui sabor, nem odor incomum e que é termoestável, isso significa que não se destrói quando o pescado é submetido a cocção (TOLESANI *et al.*, 2013).

A doença de Haff apresenta como principal característica o desenvolvimento da rabdomiólise, que é uma síndrome provocada por lesão muscular, consequente aumento dos níveis séricos de creatina fosfoquinase (CPK) e escurecimento da coloração da urina, o que caracteriza a doença (CARDOSO *et al.*, 2022). Dessa maneira, a fisiopatologia inicia-se com o consumo do pescado e com bioacúmulo de uma toxina termoestável. Tal toxina biológica causa rabdomiólise, que leva à necrose do músculo e liberação de componentes musculares para o interstício celular e posteriormente para a circulação (MARTELLI *et al.*, 2021).

Segundo Feng *et al.* (2014) a doença de Haff teve suas primeiras aparições em 1924 na cidade Königsberg Haff, afetando uma pessoa que ingeriu pescado e acabou provocando a rabdomiólise em 24 horas após o consumo. Logo após esse relato, foram identificados diversos surtos da doença de Haff pelo mundo, como Suécia, Antiga União Soviética, Estados Unidos, China e até mesmo no Brasil.

Tolesani *et al.* (2013) relatam que nesses primeiros surtos não foram observadas anomalias como febre, porém a urina preta é bem comum em pacientes com a doença de Haff. O quadro geral dessa doença se torna bem variável, pois a maior parte dos pacientes que são acometidos possuem uma recuperação rápida, porém uma parte pequena vem a óbito.

As DTA'S na maioria das vezes podem ser causadas por falha no manejo na cadeia produtiva que vai desde a pesca onde envolve pescadores artesanais, barcos de pesca e importações do pescado de outras regiões, passando pelo setor de transportes e serviços até chegar ao setor de comercialização (BRASIL, 2018).

No pescado as DTA'S podem ser originadas tanto por agentes físicos e químicos como por agentes biológicos. Sendo assim, o Ministério da Saúde divulgou informações sobre o perfil epidemiológico das doenças que são transmitidas por alimentos e pela água no Brasil no ano de 2009 a 2018, e tais dados mostraram que a carne de pescado neste período está envolvida em boa parte dos casos incriminados em surtos de DTA'S (BRASIL, 2018).

Contudo, sabendo que a carne de pescado possui um alto valor nutricional para a alimentação humana e o comércio de atividades pesqueiras é amplamente distribuído na cidade de São Luís do Maranhão, faz-se necessário identificar o grau de conhecimento tanto dos consumidores como dos feirantes que vendem pescado sobre a doença de Haff e dessa forma identificar as consequências sobre informações falsas difundidas pelas redes

sociais, que acabou levando a população a diminuir o consumo da carne do pescado, que é tão importante sob o aspecto nutricional, além da importância econômica da produção e comercialização do pescado.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

Durante o período de janeiro a dezembro de 2022, foram aplicados 26 questionários estruturados direcionados aos feirantes e 44 aos consumidores de pescado da cidade de São Luís - MA.

O procedimento metodológico consistiu na elaboração e aplicação de questionários onde foi possível obter informações sobre a percepção que os mesmos tinham em relação a doença de Haff, forma de armazenamento do pescado, manipulação nas feiras e mercados e a queda no consumo de pescado nesse mesmo período.

A presente pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em pesquisa (CEP) da Plataforma Brasil, com o CAAE N° 57628422.8.0000.5554 e número do parecer 5.489.175.

O trabalho foi realizado no município de São Luís que fica localizado na região Norte do estado do Maranhão, com unidade territorial de 834,78 km² e uma população humana estimada em 2017 de 1.091.868 habitantes (IBGE, 2018).

Os resultados obtidos nos questionários foram tabulados e analisados por meio da estatística descritiva.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quando os feirantes foram questionados sobre a origem do pescado comercializado nas feiras do município de São Luís, 96,15% (25) afirmaram que adquiriam o pescado diretamente de pescadores e apenas 3,85% (1) disse comprar de central de abastecimento. Todos os feirantes afirmaram ainda que os peixes comercializados eram originados de captura e que utilizavam gelo para o armazenamento. Desses 42,31% (11) utilizavam a proporção 2:1 (peixe: gelo), 26,92% (7) a proporção 1:1 e 23,08% (6) 1:2. Dessa forma, verificou-se que a proporção de peixe:gelo de armazenamento era desproporcional, segundo Minozzo (2011) a proporção adequada para processamento e conservação do pescado deve ser 3:1 para proporcionar um tempo de vida útil para este alimento.

Foi verificado que 92,31% (24) dos feirantes entrevistados já tinham ouvido falar sobre a doença de Haff em algum momento. E que os feirantes que não sabiam do que se tratava ficaram hesitosos em responder os questionários, visto que os consumidores estavam próximos. Dessa forma a equipe teve que comparecer em dois momentos. No primeiro momento foram aplicados os questionários só com os feirantes e no segundo momento só com os consumidores, para evitar que a presença dos consumidores influenciasse nas respostas dos feirantes.

Observou-se que 83% dos feirantes afirmaram que houve uma queda significativa nas vendas de pescado com o aumento do número de casos da doença de Haff. No entanto, 17% dos feirantes não associaram a queda nas vendas com a doença de Haff, mas sim com a pandemia de Covid-19. Tal fato também foi relatado por Sousa (2021), em seu artigo sobre vigilância epidemiológica na aquicultura maranhense que a queda no fornecimento de pescado estava diretamente associada à Covid-19 que mudou o mundo e afetou diretamente todas as áreas de produção.

É importante ressaltar que a maioria (67%) dos feirantes relataram que as vendas de peixes de água doce caíram consideravelmente após a divulgação da doença, visto que a população relacionava a doença de Haff com peixes de água doce e de criatórios. No entanto de acordo com Louis *et al.* (2016) a doença de Haff pode ser encontrada tanto em peixes de água doce quanto salgada. Almeida *et al.* (2019) em um estudo que trata sobre a abdominólise após o consumo de peixe na cidade de São Paulo, relataram o caso de dois pacientes que foram diagnosticados com a doença de Haff após a ingestão da espécie chamada “olho-de-boi” sendo essa espécie de água salgada.

Em relação ao consumo de pescado, os consumidores foram questionados sobre a frequência, 61,36% (27) relataram que consumiam pescado de 1 a 2 vezes na semana e 38,64% (17) de 2 a 3 vezes no mês.

As espécies tambaqui, pescada amarela, tilápia, peixe pedra, pescadinha e curimatá são as principais comercializadas nas feiras e mercados da cidade de São Luís – MA.

Quando questionados sobre o local de compra de pescado para o consumo, 61,36% (27) consumidores relataram comprar o alimento de feiras e mercados e 38,64% (17) apenas de supermercados. Observou-se que boa parte da população entrevistada demonstrou preferência pela compra em feiras, pois esse ambiente comercializa o pescado resfriado ou em temperatura ambiente, dando a impressão de frescor do produto ao consumidor.

Sobre o processo de refrigeração do pescado, 29,54% (13) consumidores relataram que compravam pescado refrigerado, 13,64% (6) resfriado e 56,82% (25) em temperatura ambiente, neste caso os consumidores davam preferência ao pescado em temperatura ambiente, pois segundo eles era mais fácil para o preparo.

Quando questionados se inspecionavam o pescado antes de comprar, 56,82% (25) dos consumidores relataram que faziam, 9,09% (4) relataram que não e 34,09% (15) não sabiam da necessidade de inspeção desse produto. A inspeção na hora da compra desse alimento é fundamental para identificar possíveis parasitas ou indícios de deterioração. No quesito origem do pescado, foi possível observar que apenas cinco consumidores questionavam a origem do pescado que pretendiam adquirir.

Quando questionados se já tinham em algum momento ouvido falar sobre a doença de Haff, 90,91% (40) desses consumidores relataram que sim. Porém as informações eram equivocadas, e acreditavam se tratar de notícias com teor conspiratório repassado pelas grandes mídias de comunicação.

É possível observar que 40,9% (18) dos consumidores não tiveram nenhuma mudança na sua alimentação, eles continuaram comprando pescado. Em contrapartida 59,1% (26) dos consumidores relataram que passaram a comprar menos pescado. Vale ressaltar que nenhum consumidor parou de comprar pescado.

4 | CONCLUSÃO

Diante do exposto, foi possível perceber que a doença de Haff era conhecida de forma equivocada por boa parte dos feirantes e consumidores. Observou-se falta de conhecimento sobre a procedência do pescado e isso afetou de forma notória o comércio de produção de pescado. Os feirantes tiveram um impacto negativo nas suas vendas não só pela doença de Haff, mas também pelo surgimento da pandemia da Covid-19.

Com isso, é necessário que nas feiras e mercados da cidade de São Luís do Maranhão sejam implantadas políticas públicas e educação em saúde que informem de forma clara sobre a doença de Haff e outras DTA'S transmitidas pelo pescado.

Uma forma de ter esse controle sobre o manejo da cadeia de pescado seria cadastrar os pescadores que distribuem pescado para as feiras e mercados, isso irá permitir que a população pudesse conhecer a origem do pescado e dessa forma seria mais fácil o rastreamento dos mesmos em casos de surtos de DTA'S.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, L. K. R. et al. Rhabdomyolysis following fish consumption: a contained outbreak of Haff Disease in São Paulo. **The Brazilian Journal of infectious diseases**, v. 23, n. 4, 2019.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Surtos de Doença Transmitidas por Alimentos no Brasil - Informe 2018**, 2019. Disponível em: Publicações — Ministério da Saúde (www.gov.br). Acesso em 13 de setembro de 2023.

CARDOSO, C. W. et al. Haff Disease in Salvador, Brazil, 2016-2021: Attack rate and detection of toxin in fish samples collected during outbreaks and disease surveillance. **The Lancet Regional Health-Americas**, v. 5, p. 100092, 2022.

CARVALHO, G. et al. Aspectos relevantes sobre as intoxicações pelo consumo de pescado. **Avanços em Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Espírito Santo, v. 4, p.118, 2021.

FENG, G. et al. Haff disease complicated by multiple organ failure after crayfish consumption: A case study. **Revista Brasileira de Terapia Intensiva**, China, v. 26, n. 4, p. 407– 409, 2014.

LOUIS, J. V. et al. Two Cases of Rhabdomyolysis (Haff Disease) After Eating Carp Fish. **Journal of Investigative Medicine High Impact Case Reports**. USA, 2016. Disponível em: www.ncbi.nlm.gov. Acesso em: 11 de abril de 2023.

MARTELLI, A.; DELBIM, L.; HUNGER, M. S.; MAGALHÃES, R. A.; ZAVARIZE, S. F. Fisiopatologia da Síndrome de Haff e progressão para rabdomiólise. **Revista Faculdades do Saber**, v. 6, n. 13, p. 1002-1009, 2021.

MINOZZO, M. G. **Processamento e Conservação do Pescado**. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná. Curitiba - PR, 2011. Disponível: <http://www.proedu.rnp.br/>

PATOCKA, J. et al. Toxic potential of palytoxin. *J. Huanzhong Univ. Sci. Technol. [Med Sci]*, v. 35, n. 5, p. 773-780, 2015. Disponível em: pubmed.ncbi.nlm.nih.gov. Acesso em: 11 de abril de 2023.

RODRIGUES, B. R. **Alimentação saudável, saúde perfeita**. Amazon. 2^a ed, vol. II, São Paulo, 2018.

SARTORI, A. ; AMANCIO, R. Importância nutricional e consumo no Brasil. **Revista Segurança Alimentar e Nutricional**, Campinas - SP, v. 19, n. 2, p. 83–93, 2012.

TOLESANI, O. et al. Doença de Haff associada ao consumo de carne de *Mylossoma duriventre* (pacu-manteiga). **Revista Brasileira de Terapia Intensiva**, Rio de Janeiro - RJ, v. 25, n. 4, p. 348–351, 2013.

CAPÍTULO 2

ÍNDICES HÍDRICO, DE ARIDEZ E DE UMIDADE NA REGIÃO NORTE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

Data da submissão: 05/10/2023

Data de aceite: 01/12/2023

José Carlos Mendonça

Laboratório de Engenharia Agrícola
/ Universidade Estadual do Norte
Fluminense Darcy Ribeiro - UENF,
Campos dos Goytacazes, RJ.
<http://lattes.cnpq.br/0262550173367199>

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi estimar os Índices Hídricos, de Aridez e de Umidade em cinco municípios da região Norte do Estado do Rio de Janeiro. Foram utilizados dados médios mensais de temperatura e totais mensais de precipitação pluviométrica para o período compreendido entre 1939 a 2017. Nos resultados obtidos pode se observar que as localidades de Campos dos Goytacazes, Cardoso Moreira, Farol de São Tomé, Quissamã, São Francisco de Itabapoana_Cacimbas, segundo a classificação de Thorntwaite, o tipo climático, apresentam-se com características de regiões subúmidas secas, apresentando ainda uma tendência de elevação do Índice de Aridez (Ia) e consequentemente redução dos Índices de Umidade (Iu) e Hídrico (Ih).

PALAVRAS-CHAVE: Precipitação mensal, mudanças climáticas, balanço hídrico

climatológico.

ABSTRACT: The objective of this work was to estimate the Water, Aridity and Humidity Indexes in five municipalities in the Northern region of the State of Rio de Janeiro. Average monthly temperature data and monthly rainfall totals were used for the period between 1939 and 2017. In the results obtained, it can be seen that the locations of Campos dos Goytacazes, Cardoso Moreira, Farol de São Tomé, Quissamã, São Francisco de Itabapoana_Cacimbas, according to Thorntwaite's classification, the climate type, presents characteristics of dry sub-humid regions, also showing a tendency to increase the Aridity Index (Ia) and consequently reduce the Humidity (Iu) and Water Indexes (Ih).

KEYWORDS: Monthly precipitation, climate change, climatological water balance.

1 | INTRODUÇÃO

Para se determinar uma classificação climática consistente para uma região é necessário examinar cuidadosamente uma longa série de dados representativos, incluindo não só a

precipitação, mas, também, a temperatura e a umidade relativa do ar. As classificações climáticas mais aceitas pela comunidade científica levam em conta as condições térmicas e hídricas, por isso, a ênfase aos índices hídricos, de aridez e de umidade, calculados por meio do balanço hídrico de Thornthwaite & Mather.

O balanço hídrico pode ser entendido como a contabilização dos ganhos e perdas de água, em determinado volume de solo. Os ganhos são constituídos, basicamente, pela precipitação pluvial, enquanto as perdas ocorrem por evapotranspiração, percolação profunda e escoamentos superficial e subsuperficial de saída. O volume de solo é definido pela profundidade efetiva do sistema radicular, em que se observa a absorção de água pelas raízes.

Como subprodutos do balanço hídrico, têm-se os índices hídrico (I_h), de aridez (I_a) e de umidade (I_u). Thornthwaite (1948) definiu o índice hídrico como sendo a razão entre o excedente de água no solo (EXC) e a evapotranspiração potencial (ETP), o índice de aridez como a deficiência de água no solo (DEF) e a evapotranspiração potencial (ETP) e por fim o índice de umidade (I_m) como a razão entre a diferença anual entre o suprimento excedente de água (EXC) e 60% da deficiência hídrica anual (DEF). A definição de aridez para fins de aplicação no Plano de Ação de Combate à Desertificação, elaborado pelas Nações Unidas, baseou-se na metodologia desenvolvida por Thornthwaite (1941), com posterior ajustamento por Penman (1953), quando o índice de aridez (I_A) de uma região depende da quantidade de água advinda da chuva (P) e da evapotranspiração potencial (ETP).

XAVIER et al. (2000), citam que o conhecimento do clima de uma região fornece subsídio para o planejamento em diversas áreas de atuação, sejam elas na agricultura, turismo, planejamento urbano e outras, e analisando as séries normais de 1931/60 e 1961/90 para a estação de Itaperuna, RJ, mostraram que há indícios de que o clima da região, em torno daquela localidade, está se tornando mais seco e mais quente, sendo classificado como clima Megatérmico Subúmido Seco. Neste sentido, foi realizado um estudo preliminar (MARQUES et al., 2001), com dados meteorológicos dos últimos 40 anos referentes a algumas estações da região Norte do Estado do Rio de Janeiro, onde foi mostrado que há indícios de que a região vem sofrendo um processo de mudança climática, com transição para clima semi-árido. Complementando este estudo, foi realizado um levantamento das condições hídricas do município de Campos dos Goytacazes, para um período de 5 anos, tendo sido constatado um razoável déficit no armazenamento de água no solo (ARM) em relação ao armazenamento crítico (ARMC). André et al (2008) utilizaram médias mensais da precipitação de 48 estações meteorológicas, em um período de 30 anos (1971-2000) com o objetivo de estabelecer as regiões pluviometricamente homogêneas utilizando-se análise hierárquica e não hierárquica de agrupamento e concluíram que o Estado do Rio de Janeiro pode ser dividido em seis regiões pluviometricamente homogêneas sendo duas delas compreendidas por municípios das regiões Norte e Noroeste Fluminense, que se diferenciam em relação ao regime de chuvas.

Neste contexto, este trabalho teve por objetivo estimar os índices hídrico, de aridez e de umidade dos municípios de Campos dos Goytacazes, Cardoso Moreira, Farol de São Tomé (Distrito de Campos dos Goytacazes), Quissamã e São Francisco do Itabapoana_Cacimbas, todos localizados na região Norte do Estado do Rio de Janeiro a partir de séries históricas mínima de 45 e máxima de 78 anos.

2 | METODOLOGIA

Os índices hídrico, de aridez e de umidade foram calculados para grandes períodos de dados referentes as estações de Campos dos Goytacazes (1945 a 2017), Cardoso Moreira (1939 a 2017), Farol de São Thomé (1967 a 2017), Quissamã (1945 a 2017) e São Francisco do Itapaboana_Cacimbas (1972 a 2017), respectivamente com 72, 78, 50, 72 e 45 anos de valores mensais, e, que, de acordo com André, et al (2008) compõem as região pluviometricamente homogênea VI do Estado do Rio de Janeiro.

Na Tabela 1 são apresentadas informações referentes às estações meteorológicas das redes do INMET e da ANEEL e sua classificação quanto à região homogênea a que pertence.

Localidades	Região		Latitude	Longitude	Altitude
	Homogênea	(Andre et al. 2008)			
Campos dos Goytacazes	VI	21° 44'00"	21° 44'00"	41° 19'00"	11 m
Cardoso Moreira	VI	21° 29'31"	21° 29'31"	41° 36'49"	20 m
Farol de São Tome	VI	22 ° 02'33"	22 ° 02'33"	41° 03'20"	2 m
Quissama	VI	22 ° 06'22"	22 ° 06'22"	41° 28'16"	15 m
SFI_Cacimbas	VI	21 ° 28'58"	21 ° 28'58"	41° 06'12"	15 m

Tabela 1. Relação das estações meteorológicas do Norte Fluminense utilizadas no presente estudo.

Para a estimativa da temperatura média mensal do ar foram utilizados os coeficientes das equações de regressão linear múltipla propostos por Sucharov (Comunicação pessoal) em função da latitude e da altitude, para as regiões continentais do Estado do Rio de Janeiro. A evapotranspiração potencial mensal (ETP) foi obtida pelo método de Thornthwaite (1948), utilizando-se dados da média mensal da temperatura do ar. Para a obtenção dos balanços hídricos climatológico foi empregado o método de Thornthwaite & Mather (1955) utilizando-se de um software cedido pelo Departamento de Ciências Exatas da ESALQ/USP (Sentelhas et al., 2000), considerando-se a Capacidade de Água Disponível (CAD) de 100 mm onde se obteve os valores mensais do déficit (DEF, em mm) e o excesso de umidade no solo (EXC, em mm). Para cálculo do índice de umidade (Im) utilizou-se a técnica descrita em Vianello & Alves (1991), onde:

$$Ih = EXC / ETP ;$$

$$Ia = DEF / ETP ;$$

$$Im = EXC / ETP - 0,6 Ia$$

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com os dados médios de temperatura do ar e de precipitação foi realizado o balanço hídrico, para as localidades estudadas e então calculados os índices hídricos, de aridez e umidade.

Na Figura 1 são apresentados os gráficos dos valores da media anual do Índice Hídrico (Ih) obtidos nas estações da região homogênea VI.

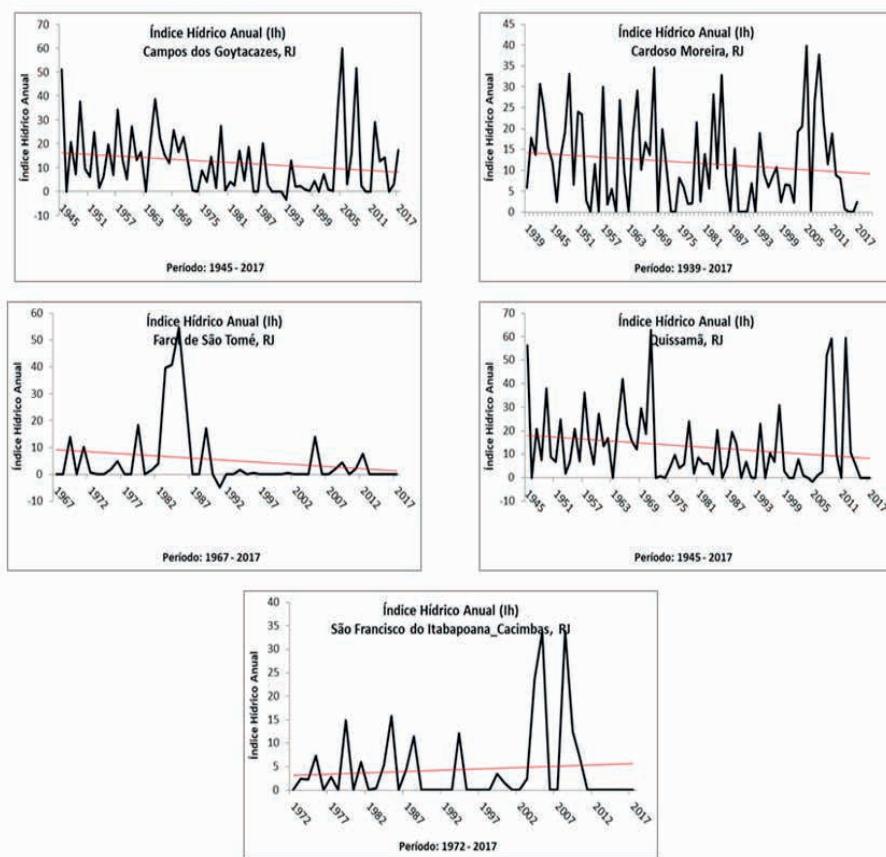


Figura 1: Evolução temporal dos valores dos índices hídricos (Ih) nas estações da região homogênea V.

Observando a Figura 1 pode-se perceber a variação dos valores médios anuais do Índice Hídrico (Ih) durante os períodos avaliados. O Ih variou entre o valor máximo de 59,96 e mínimo de -3,35 em Campos dos Goytacazes (anos de 1945 a 2017 = 72 anos), 39,77

e 0,00 em Cardoso Moreira (anos de 1939 a 2017 = 78 anos), 54,75 e -4,76 em Farol de São Tomé (anos de 1967 a 2017 = 50 anos), 62,96 e -1,61 em Quissamã (anos de 1945 a 2017 = 72 anos) e 33,91 e 0,00 em São Francisco do Itabapoana (anos de 1972 a 2017 (45 anos). Observa-se ainda a linha de tendência negativa (linha em vermelho) indicando a redução do Ih ao longo desse período, com exceção de São Francisco do Itabapoana, que apresentou uma linha de tendência positiva, justificada pelos valores elevados do Ih nos dos anos de 2005 e 2008 e pela série histórica menor (45 anos).

Na Figura 2 são apresentados os gráficos dos valores da media anual (I2 meses) do Índice de Aridez (Ia) obtidos nas estações da região homogênea VI.

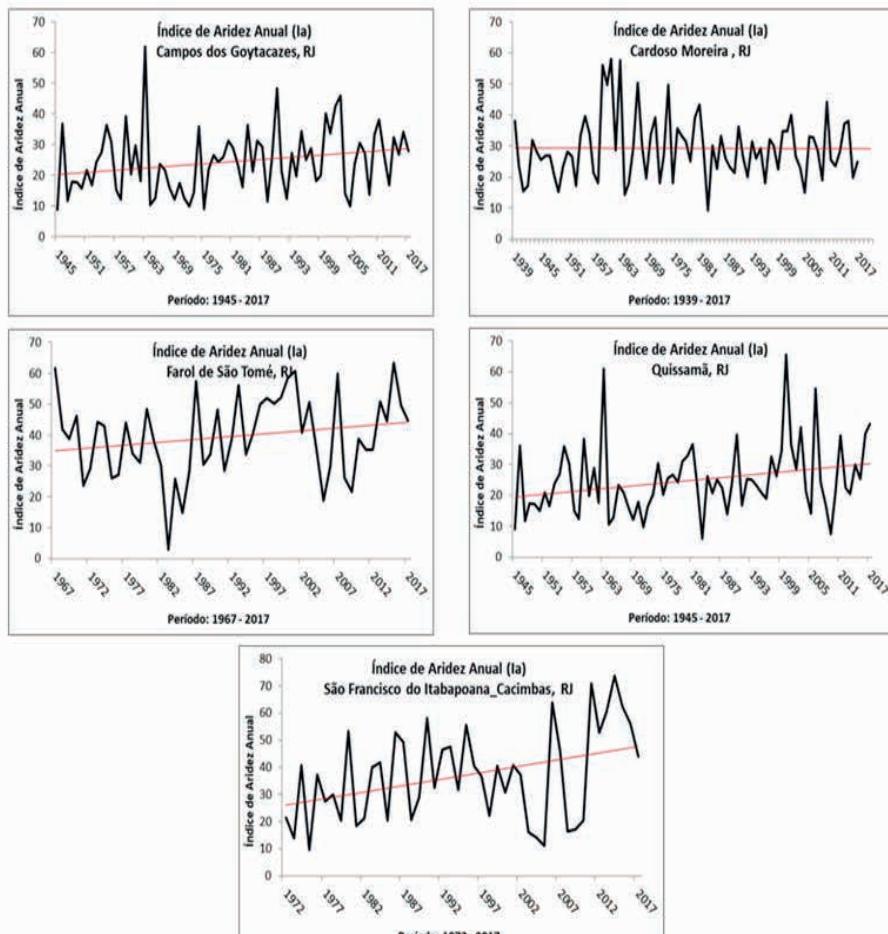


Figura 2: Evolução temporal dos valores dos índices de aridez (Ia) nas estações da região homogênea VI.

Na Figura 2 pode-se observar a variação dos valores médios anuais do Índice de

Aridez (Ia) durante o mesmo período das séries já reportados na Figura 1. O Ia variou entre o valor máximo de 61,88 e mínimo de 8,665 em Campos dos Goytacazes, 58,05 e 9,31 em Cardoso Moreira, 63,30 e 2,91 em Farol de São Tomé, 65,57 e 6,00 em Quissamã e 73,60 e 9,62 em São Francisco do Itabapoana. Observa-se ainda a linha de tendência positiva (linha em vermelho) indicando a elevação do índice de Aridez ao longo desse período, com menor intensidade em Cardoso Moreira, justificada pela menor variação na amplitude dos valores ao longo do período.

Na Figura 3 são apresentados os gráficos dos valores da media anual (I2 meses) do Índice de Umidade (Iu) obtidos nas estações da região homogênea VI.

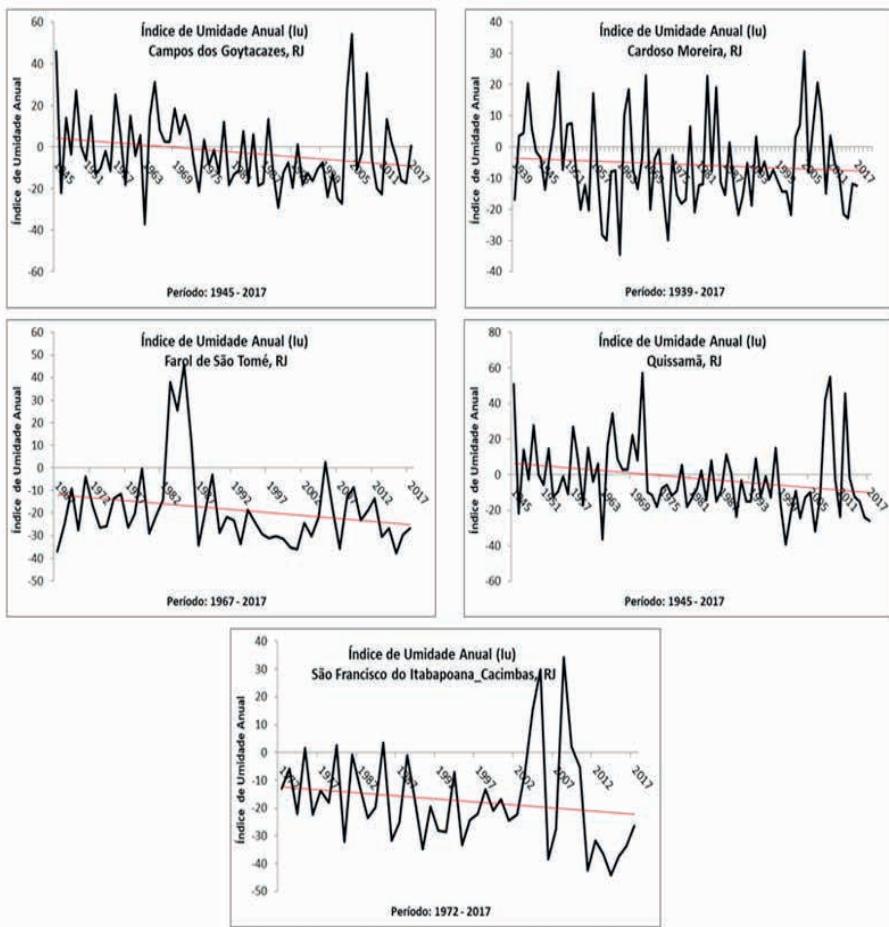


Figura 3: Evolução temporal dos valores dos índices de umidade (Iu) nas estações da região homogênea VI

Na Figura 3 pode-se observar a variação dos valores médios anuais do Índice de Umidade (Iu) durante o mesmo período das séries já reportados na Figura 1. Esse Índice

variou entre o valor máximo de 61,88 e mínimo de 8,665 em Campos dos Goytacazes, 58,05 e 9,31 em Cardoso Moreira, 63,30 e 2,91 em Farol de São Tomé, 65,57 e 6,00 em Quissamã e 73,60 e 9,62 em São Francisco do Itabapoana. Observa-se ainda a linha de tendência negativa (linha em vermelho) indicando a redução do Índice de Umidade ao longo desse período, em todos os municípios avaliados.

Na Figura 4 são apresentados os gráficos dos valores da media mensal do Índice Hídrico (Ih) obtidos nas estações da região homogênea VI.

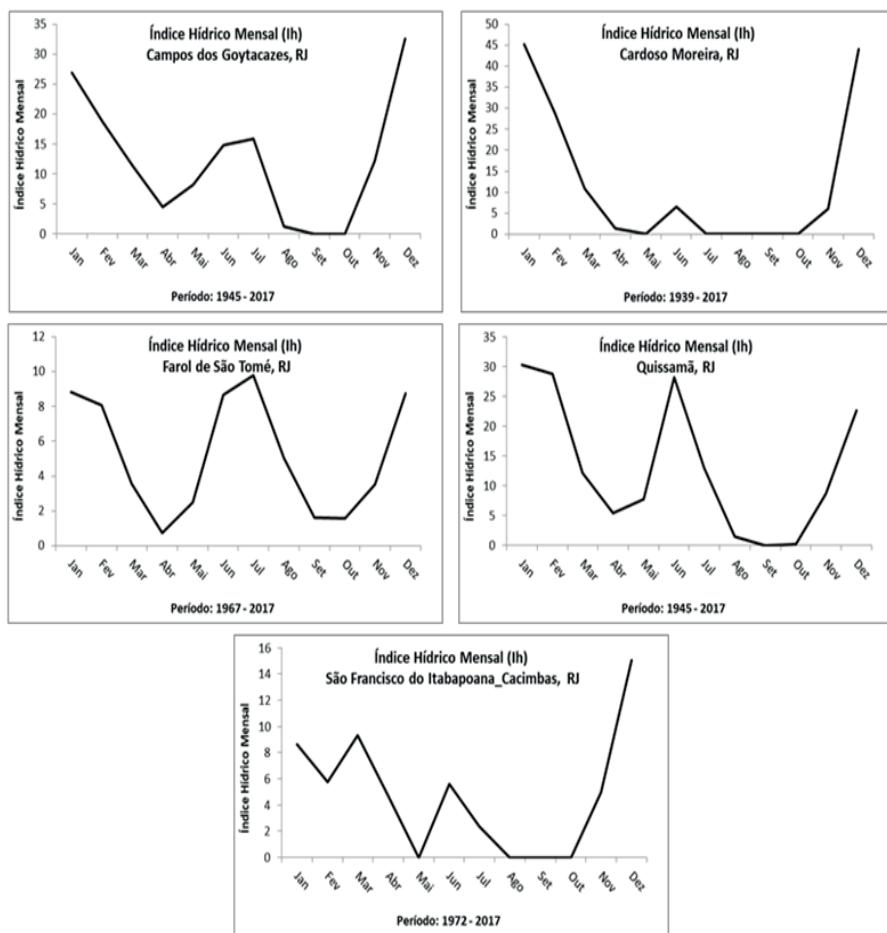


Figura 4: Média mensais do Índice Hídrico (Ih) obtidos nas estações da região homogênea VI.

Na Figura 4 pode-se observar a variação do Índice Hídrico (Ih) ao longo do ano. Percebe-se um decréscimo desse Índice até o mês de junho, quando ocorre uma ligeira elevação e posterior regressão, voltando a apresentar valores elevados após o mês de outubro. O comportamento dos dados de Campos dos Goytacazes, Farol de São Thomé

e Quissamã são bastante semelhantes, apesar dos valores apresentarem amplitude diferenciada (vide escala do eixo Y). Em Cardoso Moreira a elevação do I_h no período do inverno é bem inferior e os períodos de maiores e menores valores do I_h bem diferenciados. De forma diferenciada dos demais municípios, pode-se observar uma elevação do I_h no mês de março em São Francisco do Itabapoana.

Na Figura 5 são apresentados os gráficos dos valores da media mensal do Índice de Aridez (I_a) obtidos nas estações da região homogênea VI.

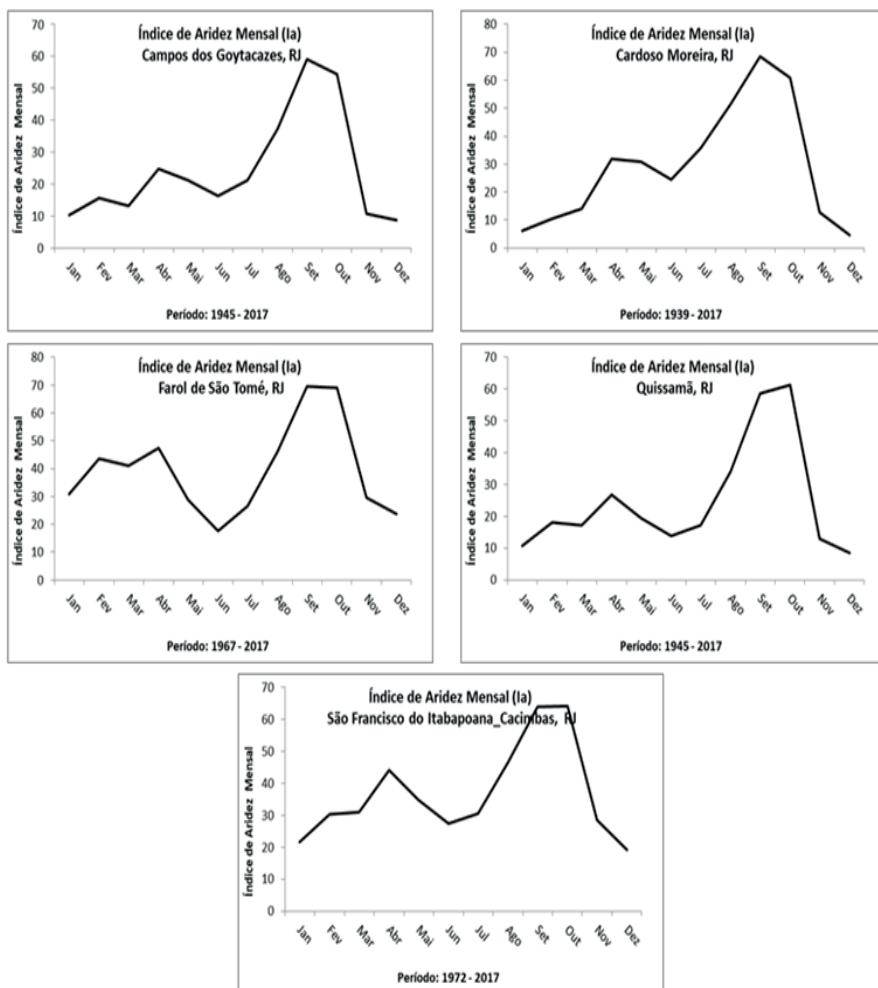


Figura 5: Média mensais do Índice de Aridez (I_a) obtidos nas estações da região homogênea VI.

Na Figura 5 pode-se observar a variação do Índice de Aridez (I_a) ao longo do ano. Percebe-se, dentro das diferentes séries uma maior elevação desse Índice nos meses de outono e primavera, consideradas estações de transições entre o verão e o inverno

e o inverno e o verão, respectivamente. A elevação desse Índice nesses meses está diretamente associada a redução da precipitação pluviométrica nesse período, quando climatologicamente deveriam ocorrer em maior volume na região avaliada

Na Figura 6 são apresentados os gráficos dos valores da media mensal do Índice de Umidade (lu) obtidos nas estações da região homogênea VI.

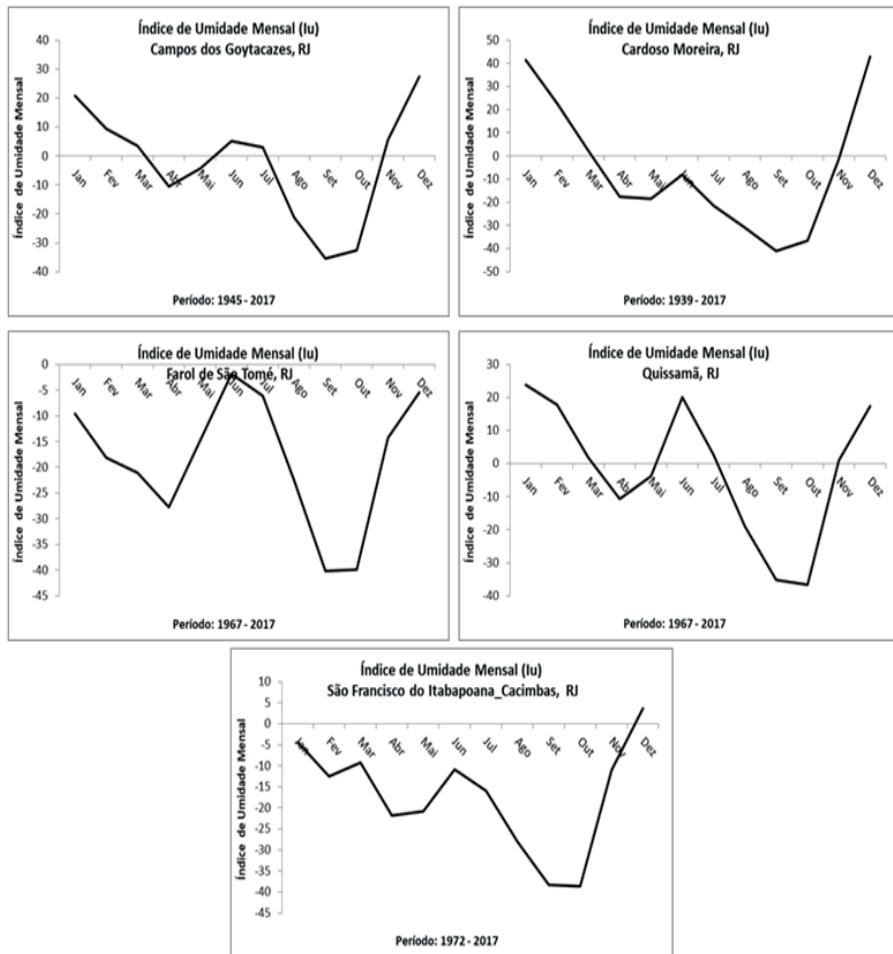


Figura 6: Média mensais do Índice de Umidade (lu) obtidos nas estações da região homogênea VI.

Na Figura 6 pode-se observar a variação do Índice de Umidade (lu) ao longo do ano. Percebe-se, dentro das diferentes séries uma menor elevação desse Índice nos meses de outono e primavera, consideradas estações de transições entre o verão e o inverno e o inverno e o verão, respectivamente. De forma oposta ao Índice de Aridez, a redução desse Índice nesses meses está diretamente associada a redução da precipitação pluviométrica nesse período, quando climatologicamente deveriam ocorrer em maior volume na região

avaliada.

Na Tabela 2 são apresentados os valores médios dos índices hídrico (Ih), de aridez (Ia) e de umidade (Iu) para todo o período avaliado obtidos nas estações da região homogênea VI.

Tabela 2: Valores médios dos índices hídrico (Ih), de aridez (Ia) e de umidade (Iu) para todo o período avaliado:

Índice/Local	Campos dos Goytacazes	Cardoso Moreira	Farol de São Tomé	Quissamã	SF Itabapoana (Cacimbas)
Índice Hídrico (Ih)	12,19	11,87	5,22	13,15	4,70
Índice de Aridez (Ia)	24,39	29,32	39,50	24,89	36,84
Índice de Umidade (Iu)	-2,45	-5,58	-18,51	-1,75	-17,31

Tabela 2: Valores médios dos índices hídrico (Ih), de aridez (Ia) e de umidade (Iu) para todo o período avaliado.

Segundo a classificação climática de Koppen, o clima da região Norte Fluminense, RJ é classificado como Aw, isto é, clima tropical úmido, com verão chuvoso, inverno seco e temperatura do mês mais frio superior a 18° C. Aw é denominado clima de savana, com inverno seco e chuvas máximas no verão, presentes nas regiões Norte, Centro Oeste e parte da região Sudeste.

Já os tipos climáticos segundo Thornthwaite baseados nos índices hídrico (Ih), de aridez (Ia) e de umidade (Iu) são classificados segundo a Tabela 2, da seguinte forma:

Tipo Climático	Índice de Umidade (Iu)
Superúmido	Iu > 100
B4 – Úmido	80 ≤ Iu < 100
B3 – Úmido	60 ≤ Iu < 80
B2 – Úmido	40 ≤ Iu < 60
B1 – Úmido	20 ≤ Iu < 40
C2 - Subúmido	0 ≤ Iu < 20
C1 - Subúmido seco	- 20 ≤ Iu < 0
D – Semi-árido	- 40 ≤ Iu < - 20
E – Árido	- 60 ≤ Iu < - 40

Tipo Climático	Índice de Aridez (Ia)
r – Deficiência de água pequena ou nula	0 ≤ Ia < 16,7
s – Deficiência de água moderada no verão	16,7 ≤ Ia < 33,3
w – Deficiência de água moderada no inverno	16,7 ≤ Ia < 33,3
s2 – Grande Deficiência de água moderada no verão	Ia ≥ 33,3
w2 – Grande Deficiência de água moderada no inverno	Ia ≥ 33,3

Tipo Climático	Índice de Hídrico (Ih)

Para climas secos (C1 , D e E)	
r – Excesso de água pequeno ou nulo	0 ≤ lh < 10
s – Excesso de água moderado no verão	10 ≤ lh < 20
w – Excesso de água moderado no inverno	10 ≤ lh < 20
s2 – Grande excesso de água no verão	lh ≥ 20
w2 – Grande excesso de água no inverno	lh ≥ 20

Tabela 3: Valores médios dos índices umidade (lu), de aridez (la) e hídrico (lh) segundo Thornthwaite (1948)

Os tipos climáticos para os municípios avaliados são apresentados na Tabela 4:

Índice/ Local	Campos dos Goytacazes	Cardoso Moreira	Farol de São Tomé	Quissamã	SF Itabapoana (Cacimbas)
Índice de Umidade (lu)	-2,45 C1 – Subúmido seco $-20 \leq lu < 0$	-5,58 C1 – Subúmido seco $-20 \leq lu < 0$	-18,51 C1 – Subúmido seco $-20 \leq lu < 0$	-1,75 C1 – Subúmido seco $-20 \leq lu < 0$	-17,31 C1 – Subúmido seco $-20 \leq lu < 0$
Índice de Aridez (la)	24,39 Deficiência de água moderada no verão (s) e no inverno (w) $16,7 \leq la <$ $33,3$	29,32 Deficiência de água moderada no verão (s) e no inverno (w) $16,7 \leq la <$ $33,3$	39,50 Grande deficiência de água no verão (s2) e no inverno (w2) $la > 33,3$	24,89 Deficiência de água moderada no verão (s) e no inverno (w) $16,7 \leq la <$ $33,3$	36,84 Grande deficiência de água no verão (s2) e no inverno (w2) $la > 33,3$
Índice Hídrico (lh)	12,19 Excesso de água moderado no verão (s) e no inverno (w) $10 \leq lh < 20$	11,87 Excesso de água moderado no verão (s) e no inverno (w) $10 \leq lh < 20$	5,22 Excesso de água pequeno ou nulo $0 \leq lh < 10$ (d)	13,15 Excesso de água moderado no verão (s) e no inverno (w) $10 \leq lh < 20$	4,70 Excesso de água pequeno ou nulo $0 \leq lh < 10$ (d)

Observando a Tabela 6 pode-se perceber que os tipos climáticos das áreas analisadas, pelos valores médios dos Índices de Umidade obtidos são do tipo C1 – Subúmido Seco (valores $-20 \leq lu < 0$); Os índices de Aridez (la) indicam “Deficiência de água moderada no verão (s) e no inverno (w)”, com valores entre 16,7 e $< 33,3$ para os municípios de Campos dos Goytacazes, Cardoso Moreira e Quissamã e “Grande deficiência de água no verão (s2) e no inverno (w2)”, com valores de $la > 33,3$ para Farol de São Tomé e São Francisco do Itabapoana, observando que os valores dos Índices de Aridez para os três primeiros municípios estão bem próximos do limite máximo e que os Índices Hídricos indicam “Excesso de água moderado no verão (s) e no inverno (w)” ($10 \leq lh < 20$) para as localidades de Campos dos Goytacazes, Cardoso Moreira e Quissamã e “Excesso de água pequeno ou nulo” ($0 \leq lh < 10$) para Farol de São Tomé e São Francisco do Itabapoana

(d), ressaltando que os valores observados para os três primeiras localidades estão muito próximos do limite mínimo.

4 | CONCLUSÕES

Pelos resultados obtidos no presente trabalhos pode-se concluir que:

1. Os valores médios obtidos do Índice Hídrico foram: 12,19, 11,87, 5,22, 13,15 e 4,7; do Índice de Aridez: 24,39 , 29,32 , 39,32 , 39,50 , 24,89 e, 36,84 e do Índice de Umidade: -2,45, -5,58, -18,51, -1,75 e -17,31, respectivamente para Campos dos Goytacazes, Cardoso Moreira, Farol de São Tomé, Quissamã e São Francisco do Itabapoana_Cacimbas.
2. Os meses mais secos nos municípios analisados foram junho/julho/agosto e os mais úmidos, novembro/dezembro/janeiro;
3. Em termos médios, as localidades avaliadas apresentam-se com características de regiões subúmidas secas;
4. As localidades avaliadas mostraram que por meio desta análise, uma tendência de elevação do Índice de Aridez (Ia) e consequentemente redução dos Índices de Umidade (Iu) e Hídrico (Ih).

AGRADECIMENTOS

O autor agradece a Servidora Andrelina Laura dos Santos, da Coordenação de Dados e Informações Hidrometeorológicas – CODIH / Superintendência de Gestão da Rede Hidrometeorológica - SGH, da Agência Nacional de Águas – ANA, pelo envio dos dados utilizados nesse trabalho.

REFERÊNCIAS

ANDRÉ, R.G.B., MARQUES, V.S., PINHEIRO, F.M., FERRAUDO, A. S. Identificação de regiões homogêneas no estado do Rio de Janeiro utilizando-se valores mensais. Revista Brasileira de Meteorologia, v.23 n.4, 501-509, 2008.

MARQUES, V.S., ANDRÉ, R.G.B. SUCHAROV, E.C., PINHEIRO, F.M. Possíveis modificações na classificação climática das regiões norte e noroeste do estado do rio de janeiro. Relatório técnico. TECNORTE. 2001, 15 p.

PENMAN, H. L. The physical bases of irrigation control. In: Hort. Congr., 2, London, Royal Horticultural Society, 1953, p.913-924. 1110 p

SENTELHAS, P.C., et al. Balanços Hídricos Climatológicos do Brasil. ESALQ/USP – Piracicaba – SP, 2000 – CD-ROM.

SUCHAROV, E.C., MARQUES, V.S., ANDRÉ, R.G.B., MATORANO, L.G.. Estimativas das temperaturas médias mensais e anuais para o Estado do Rio de Janeiro. Relato pessoal (2009)

THORNTHWAITE, C.W. Atlas of climatic types in the United States. Mixed Publication, 421, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, 1941. 250 p.

THORNTHWAITE, C. W. An approach towards a rational classification of climate. Geographcal Review, London, n.38, p.55-94, 1948

THORNTHWAITE, C.W.& MATHER, J.R. The water balance. Publications in Climatology. New Jersey, Drexel Institute of Technology, 104 p., 1955.

VIANELLO, R. L. & ALVES A. R. Meteorologia básica e aplicações – Viçosa, UFV, Imprensa Universitária. 449 p, 1991

XAVIER, M. C. A.; PAIVA, C. M.; ALVES, G. S.: Classificação e indício de mudança climática em Itaperuna, RJ. Anais do XI Congresso Brasileiro de Meteorologia, Rio de Janeiro, 2000.

CAPÍTULO 3

EFFECTO DE TEMPERATURA DE SECADO Y CONCENTRACIÓN DE ALMIDÓN DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd) EN LA MICROENCAPSULACIÓN DE ANTOCIANINAS DE MASHUA NEGRA (*Tropaeolum tuberosum*)

Data de submissão: 26/10/2023

Data de aceite: 01/12/2023

Ángel Servando Aiquipa Pillaca

Universidad Nacional José María
Arguedas
Andahuaylas-Perú

<https://orcid.org/0000-0003-4803-3613>

Diego E. Peralta Guevara

Universidad Nacional José María
Arguedas
Andahuaylas-Perú

<https://orcid.org/0000-0003-2988-0809>

Betsy S. Ramos-Pacheco

Universidad Nacional José María
Arguedas
Andahuaylas-Perú

<https://orcid.org/0000-0002-0286-0632>

Frida Esmeralda Fuentes-Bernedo

Universidad Nacional José María
Arguedas
Andahuaylas-Perú

<https://orcid.org/0000-0002-8731-4621>

Carlos A. Ligarda-Samanez

Universidad Nacional José María
Arguedas
Andahuaylas-Perú

<https://orcid.org/0000-0001-7519-8355>

Ronald Perez-Salcedo

Universidad Nacional José María
Arguedas
Andahuaylas-Perú

<https://orcid.org/0000-0001-9251-1788>

David Choque-Quispe

Universidad Nacional José María
Arguedas
Andahuaylas-Perú

<https://orcid.org/0000-0003-4002-7526>

Dianeth Buleje-Campos

Universidad Nacional José María
Arguedas
Andahuaylas-Perú

<https://orcid.org/0000-0002-3060-6076>

Henry Palomino-Rincón

Universidad Nacional José María
Arguedas
Andahuaylas-Perú

<https://orcid.org/0000-0002-4174-9961>

Celia Rocio Yauris-Silvera

Universidad Nacional José María
Arguedas
Andahuaylas-Perú

<https://orcid.org/0000-0003-2681-7724>

RESUMEN: La mashua negra es una fuente de antocianinas con alto potencial de aprovechamiento. El objetivo del estudio fue evaluar el efecto de la temperatura de secado (120°C y 160°C) y concentración de almidón de quinua (5% y 10%) como agente encapsulante en la microencapsulación de antocianinas de mashua negra mediante secado por aspersión. Se analizaron el color, actividad de agua, contenido de antocianinas monoméricas, fenoles totales, capacidad antioxidante y morfología de los microencapsulados. Los resultados mostraron la formación de microcápsulas de color púrpura con valores de luminosidad entre 39.08 a 57.11, croma a* entre 11.10 a 9.87, y croma b* entre -13.43 a -10.81. La actividad de agua varió entre 0.23 a 0.29. El contenido de antocianinas monoméricas osciló entre 3.90 a 7.80 mg cianidina-3-glucósido/g, los fenoles totales fluctuaron entre 1.57 a 2.02 mg de AGE/g, mientras que la capacidad antioxidante estuvo entre 111.99 a 134.67 µmol TE/g. La morfología reveló una estructura esférica, heterogénea y amorfa. Tanto la temperatura como la concentración de almidón mostraron un efecto significativo sobre las propiedades de las microcápsulas, lo que podría aprovecharse para desarrollar colorantes naturales funcionales a partir de mashua negra.

PALABRAS CLAVE: Mashua negra, antocianinas, fenoles totales, capacidad antioxidante, microencapsulación

ABSTRACT: The Mashua Negra is a source of anthocyanins with high potential for use. The objective of the study was to evaluate the effect of drying temperature (120°C and 160°C) and concentration of quinoa starch (5% and 10%) as an encapsulating agent on the microencapsulation of black mashua anthocyanins by spray drying. The color, water activity, monomeric anthocyanin content, total phenolics, antioxidant capacity, and morphology of the microencapsulates were analyzed. The results showed the formation of purple microcapsules with luminosity values between 39.08 to 57.11, chroma a* between 11.10 to 9.87, and chroma b* between -13.43 to -10.81. The water activity varied between 0.23 to 0.29. The content of monomeric anthocyanins ranged between 3.90 to 7.80 mg cyanidin-3-glucoside/g, total phenols ranged between 1.57 to 2.02 mg of AGE/g, while the antioxidant capacity was between 111.99 to 134.67 µmol TE/g. The morphology revealed a spherical, heterogeneous, and amorphous structure. Both temperature and starch concentration showed a significant effect on the properties of the microcapsules, which could be exploited to develop functional natural colorants from mashua negra.

KEYWORDS: Mashua negra, anthocyanins, total phenols, antioxidant capacity, microencapsulation

1 | INTRODUCCIÓN

La mashua, es uno de los tubérculos cultivado desde hace siglos en regiones andinas del Perú, Bolivia, Ecuador, Venezuela y Colombia. Es el cuarto tubérculo más importante después de la papa, olluco y oca (Yapias et al., 2022).

En Perú existe diversidad de productos nativos con altos valores nutricionales, funcionales y terapéuticos en diferentes pisos ecológicos. La mashua negra presenta altas concentraciones de antocianinas y antioxidantes (Davalos, 2019), además de propiedades diuréticas y anticancerígenas (Muñoz et al., 2021). Sin embargo, su transformación y

aprovechamiento es escaso, consumiéndose mayormente como tubérculo.

Las antocianinas confieren coloración roja, azul o morada a flores, frutas y tubérculos. Además de pigmentos naturales, poseen capacidad antioxidante, antiinflamatoria y antibacteriana (Núñez, 2022), demandándose en la industria alimentaria para reemplazar colorantes sintéticos en diversos productos (Ramos, 2021). No obstante, presentan poca estabilidad frente a factores como temperatura, pH, luz y oxígeno (Aguirre et al., 2021), requiriéndose extender su vida útil.

La microencapsulación por atomización permite obtener un polvo antociánico soluble y estable usando un agente encapsulante (Orellano y Valverde, 2017). El almidón de quinua, con alta estabilidad ante retrogradación y buena solubilidad (Zárate, 2019), podría emplearse por el pequeño tamaño de sus gránulos que controlan la liberación del ingrediente activo (Li y Zhu, 2018). Además de estabilizar las antocianinas, la microencapsulación facilita su uso comercial en diversas aplicaciones alimentarias, farmacéuticas y cosméticas. Los microencapsulados en polvo tienen ventajas de manejo, almacenamiento y dosificación.

El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la temperatura de secado y concentración de almidón de quinua como encapsulante, en la microencapsulación de antocianinas de mashua negra.

2 | MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Materia prima

La mashua negra utilizada provino de cultivos nativos del distrito de Tumay Huaraca, ubicado al sur de la provincia de Andahuaylas, región Apurímac con coordenadas geográficas 13°58'9.10"S y 73°27'29.50"O, a una altitud de 3,380 m. Se seleccionaron tubérculos en buen estado, sin presencia de podredumbre.

El almidón de quinua empleado como material encapsulante fue extraído de la variedad Blanca Junín, adquirida del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) de Andahuaylas

2.2 Obtención del almidón

El proceso incluyó la eliminación de impurezas y saponinas, el ablandamiento de los granos con un remojo en agua destilada, la trituración y filtrado, seguido de un lavado por centrifugación. Finalmente, el almidón se secó a 40 °C durante 48 horas en una estufa, se trituró y tamizó para obtener un almidón homogéneo y limpio (Jan et al., 2017).

2.3 Obtención del extracto antociánico

La mashua negra, previamente lavada y desinfectada, se cortó en trozos pequeños.

Luego, se tomó 100 g de pulpa, que se mezcló con 150 ml de agua ultrapura (mashua: agua, 1:1.5). La extracción se llevó a cabo mediante lixiviación acuosa en refrigeración durante 24 horas a 4°C y en oscuridad. Posteriormente, el extracto líquido se filtró al vacío para separar el bagazo sólido. El filtrado se mantuvo a 4 °C en condiciones oscuras para prevenir la descomposición de las antocianinas (Velásquez y Vélezmorro (2022).

2.4 Microencapsulación del extracto antociáñico

Se prepararon suspensiones de almidón de quinua al 5% y 10% en extracto antociáñico, y se homogenizaron a 5000 rpm (Figura 1). Finalmente, los extractos se atomizaron utilizando un secador mini spray Dryer Buchi-290 a temperaturas de 120 y 160 °C. Los polvos resultantes se almacenaron en condiciones de oscuridad hasta su utilización.

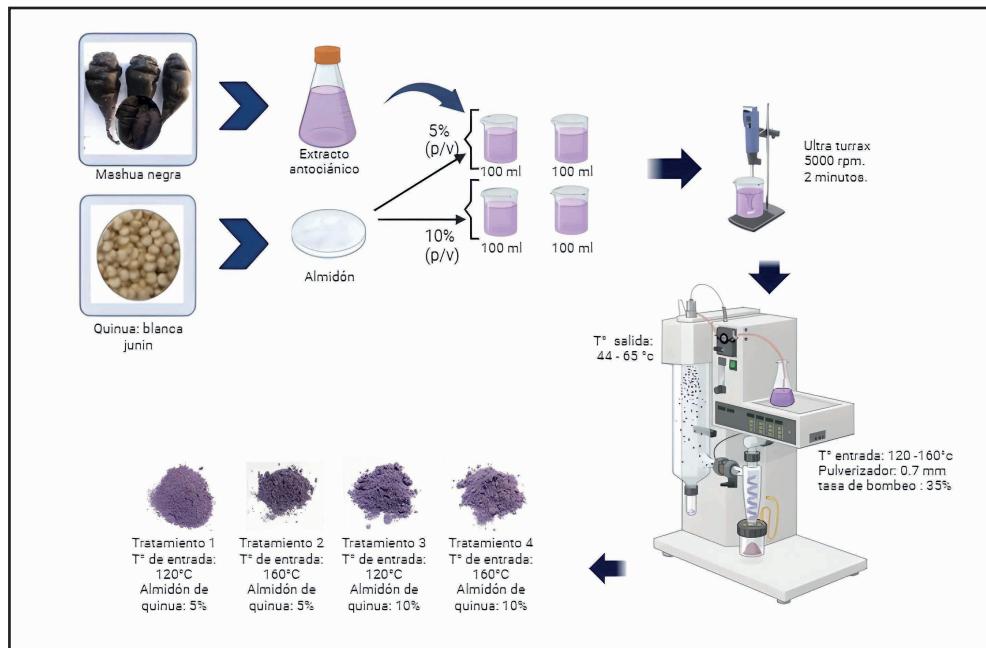


Figura 1. Diagrama del proceso de microencapsulación de antocianinas de mashua negra

2.5 Color

Se analizó el color de los microencapsulados siguiendo la metodología de Mendoza et al. (2016) con algunas modificaciones. Se empleó 1 gramo de encapsulados, las lecturas se realizaron por triplicado en un colorímetro Konica Minolta CR-5 previamente calibrado, y se registraron los valores de luminosidad (L), croma a* y croma b*.

2.6 Actividad de agua (a_w)

Los microencapsulados se analizaron en un determinador de actividad de agua portátil HygroPalm23-AW previamente calibrado

2.7 Morfología de los microencapsulados

Se utilizó un microscopio electrónico de barrido Prisma E de Thermo Scientific en Massachusetts, EE. UU., con un voltaje de 30 kV y magnificación de 3000x, para analizar la morfología de los encapsulados. Las muestras se prepararon en cinta de carbono microscópica para garantizar una adecuada conductividad eléctrica.

2.8 Cuantificación de antocianinas monoméricas

Se realizó siguiendo la metodología de pH diferencial descrito por Giusti y Wrolstad et al. (2001). Se pesó 0.2 g de los microencapsulados y se diluyó en 25 ml de la solución constituida por etanol (99.9%) y HCL (1%) en proporción 85:15 (v/v), se almacenó por 24 horas en oscuridad, posteriormente se centrifugó a 5000 rpm por 10 minutos.

Se prepararon diluciones del extracto metanólico con solución buffer pH 1.0 de cloruro de potasio y con solución buffer pH 4.5 de acetato de sodio. Se midió la absorbancia de cada muestra a la longitud de onda de máxima absorbancia ($\lambda_{max}=520$ nm) y a 700 nm

La absorbancia final (A_{final}) se calculó utilizando la siguiente ecuación 1.

$$A_{final} = (A_{\lambda max} - A_{700})_{pH \ 1.0} - (A_{\lambda max} - A_{700})_{pH \ 4.5} \quad \text{Ec. 1}$$

El valor A_{final} se sustituyó en la ecuación 2 para obtener la concentración de antocianinas en la muestra:

$$\text{Antocianinas monoméricas (mg/g)} = \frac{(A_{final} * PM * FD * V)}{\epsilon * l * W} \quad \text{Ec. 2}$$

Donde: PM es el peso molecular (cianidina-3-glucósido, 449.2 g/mol), FD es el factor de dilución, V es el volumen del solvente de extracción (mL), ϵ es el coeficiente de extinción molar a 510 nm (20941 L/mol.cm), l es el espesor de la cubeta (1cm), W es el peso de la muestra (g).

2.9 Preparación del extracto metanólico para fenoles totales y capacidad antioxidante

Se pesó 0.3 g de microencapsulados y se diluyó en 20 ml de metanol al 80 %, se almacenó por 24 horas en oscuridad, se centrifugó a 5000 rpm por 5 minutos, el sobrenadante fue almacenado a 4°C hasta su posterior análisis.

2.10 Cuantificación de fenoles totales

Se determinó mediante el método espectrofotométrico con el reactivo Folin-Ciocalteu señalada por Singleton et al. (1999), se tomó una alícuota de 900 μL del extracto metanólico, se adicionó 2400 μL de agua ultrapura, 150 de carbonato de sodio y 300 μL del reactivo Folin-Ciocalteu y la solución resultante se dejó en reposo por 15 min a temperatura ambiente y en oscuridad. Finalmente, las absorbancias de las muestras fueron leídas a 755 nm.

2.11 Determinación de la capacidad antioxidante

La capacidad antioxidante se determinó por el método espectrofotométrico UV-vis con el reactivo DPPH, de acuerdo a la metodología descrita por Brand-Williams et al. (1995) para extractos hidrofílicos. Se preparó una curva de calibración con reactivo Trolox. Se tomó 150 μL de extracto de microencapsulados, se adicionó 2850 μL de la solución DPPH diluida, las muestras se dejaron reaccionar por 15 minutos y se midieron las absorbancias a una longitud de onda de 515 nm.

2.12 Análisis estadístico

El diseño de experimental fue un factorial 2^2 , se evaluó el efecto principal de temperatura de secado y concentración de almidón de quinua como agente encapsulante e interacción sobre las propiedades físicas, compuestos bioactivos y capacidad antioxidante de los microencapsulados, con un nivel del 5%. El análisis estadístico se realizó utilizando los programas estadísticos de Statgraphics Centurión XVI.I, Minitab 17.1 y Microsoft Excel.

3 | RESULTADOS Y DISCUSIONES

3.1 Color de los microencapsulados

Los resultados presentados en la Tabla 1 muestran los valores de luminosidad, croma a y croma b. Los resultados revelaron que los tratamientos T3 y T4, que contenían un 10% de almidón de quinua, exhibieron valores más altos de luminosidad y croma b en comparación con los tratamientos T1 y T2 que presentaron los valores más altos para el croma a. Este fenómeno se atribuye a la influencia de los gránulos de almidón, compuestos por amilosa y amilopectina, cuya relación puede variar según su origen botánico. Esta variación incide en el color y tiende a conferir una tonalidad más pálida a los productos, lo que fue corroborado por Laqui et al. (2013).

Por su parte, Ersus y Yurdagel (2007) también han señalado la influencia significativa de la temperatura de secado en el color de los microencapsulados. Los cambios en la temperatura de secado pueden resultar en la pérdida de color de los productos. Además,

la variabilidad en el color de las antocianinas microencapsuladas puede estar relacionada con diferencias en la estructura química de las antocianidinas predominantes en diversos frutos y tubérculos, como se destacó en el estudio de Brown et al. (2005).

Tratamientos	Luminosidad			Croma a			Croma b		
	\bar{x}	\pm	s	\bar{x}	\pm	s	\bar{x}	\pm	s
T1	39.08	\pm	0.13	11.10	\pm	0.06	-13.43	\pm	0.03
T2	45.61	\pm	0.11	11.47	\pm	0.17	-11.17	\pm	0.14
T3	56.87	\pm	0.47	9.24	\pm	0.07	-10.34	\pm	0.21
T4	57.11	\pm	0.15	9.87	\pm	0.06	-10.81	\pm	0.04

Donde \bar{x} : promedio, s: desviación estándar

Tabla 1. Color de microencapsulados

La Figura 2.a representa la superficie de respuesta correspondiente a la luminosidad (L), revelando que el uso de un 5% de almidón condujo a valores más bajos de luminosidad en el rango de 39 a 46, especialmente a temperaturas de entrada de 120 y 160 °C. Al analizar la interacción de los factores en la Figura 2.b, se observa que la combinación de temperaturas y concentraciones de almidón en su nivel alto resultó en microencapsulados con una mayor luminosidad. Este fenómeno puede explicarse, en parte, por la característica inherente de la quinua, cuyo almidón es naturalmente claro, con una luminosidad cercana a 100 (Maza, 2020). La claridad de este almidón de quinua contribuye a reducir la intensidad del color de las antocianinas microencapsuladas.

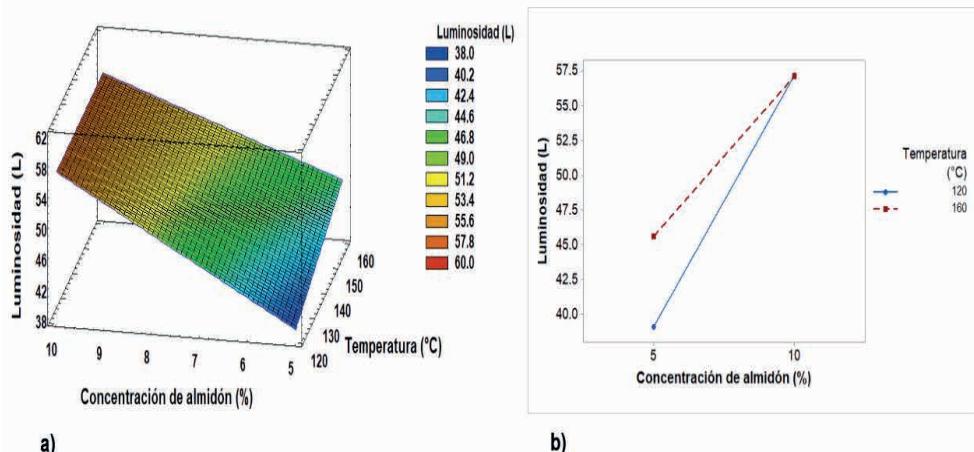


Figura 2. Superficie de respuesta e interacción para luminosidad

La Figura 3.a, muestra la superficie de respuesta para el croma a^* , que osciló entre 9.2 a 11.7. La Figura 3.b ilustra los efectos principales para el croma a^* , donde se observa que el empleo de una temperatura en su nivel alto (160°C) resulta en un mayor valor de

croma a^* . En relación a la concentración de almidón de quinua, se observan valores más altos para el croma a^* cuando se utiliza un 5% de almidón, en comparación con un 10%. Estos hallazgos coinciden con estudios previos que indican que el color es influenciado tanto por el material encapsulante como por la estructura química de las antocianinas. Las antocianinas con mayores metoxilaciones tienden a producir tonalidades rojas. Además, es importante señalar que valores más altos en croma a^* en el producto encapsulado están relacionados con una apariencia más agradable para el consumidor.

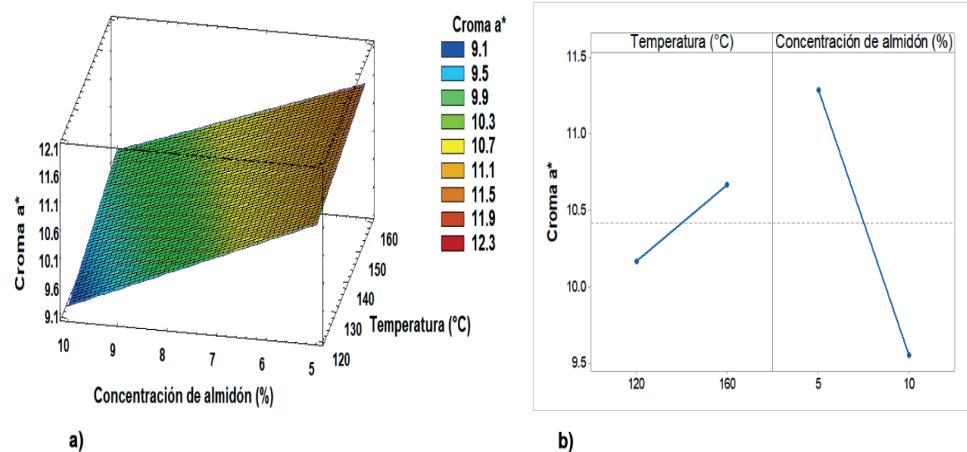


Figura 3. Superficie de respuesta y efectos principales para croma a^*

La Figura 4.a, presenta la superficie de respuesta para el croma b^* , que varía en un rango de 10.5 a 13.5. Estos resultados indican que se obtienen mejores resultados en el croma b^* de los microencapsulados cuando se emplea un 5% de almidón. La Figura 4.b muestra la interacción de los factores en relación al croma b^* . En ella, se observa que al usar una temperatura baja (120°C) y una concentración de almidón de quinua en su nivel bajo (5%), se obtienen valores más bajos para el croma b^* . Los resultados del croma b^* están relacionados con la reacción de los grupos hidroxilos del almidón con las antocianinas, actuando como sitios activos. Esto provoca que las antocianinas se retengan tanto en la superficie como en el interior de los gránulos, como se ha señalado en investigaciones anteriores (Villacrez, 2013).

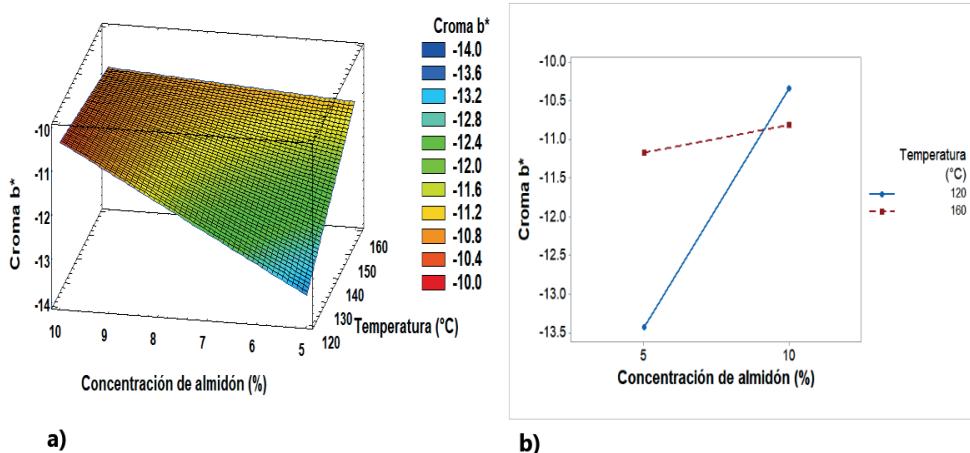


Figura 4. Superficie de respuesta e interacción para croma b^*

3.2 Actividad de agua

Los resultados de actividad de agua se presentan en la Tabla 2, los valores oscilaron entre 0.23 a 0.29. El tratamiento T4 mostró menos actividad de agua. Las diferencias observadas en los valores de actividad de agua están vinculadas al efecto de la temperatura de secado. En general, un aumento en la temperatura de secado y en la concentración de encapsulante tiende a resultar en valores más bajos de actividad de agua. Este fenómeno se debe a su influencia directa en la humedad del atomizado, como se ha señalado en investigaciones anteriores (Santos y Santos, 2021), lo cual, a su vez, incide en la estabilidad de los microencapsulados (Masaquiza, 2018).

Por otro lado, Belitz y Grosch (1998) destacan que valores de actividad de agua inferiores a 0.60 contribuyen a la estabilidad del producto, ya que implican una menor concentración de agua libre en su composición, lo que parcialmente inhibe la actividad microbiana. En este contexto, los valores obtenidos, siendo menores a 0.3, sugieren que estos microencapsulados son productos que pueden conservarse durante un período de almacenamiento

Tratamientos	Actividad de agua		
	\bar{x}	\pm	s
T1	0.29	\pm	0.002
T2	0.26	\pm	0.002
T3	0.25	\pm	0.000
T4	0.23	\pm	0.001

Donde: : promedio, s: desviación estándar

Tabla 2. Resultados de actividad de agua de microencapsulados

La Figura 5.a ilustra la superficie de respuesta para la actividad de agua, que varía en el rango de 0.22 a 0.29. Se observa que el aumento de la temperatura (160 °C) y la concentración de almidón (10%) resultan en valores más bajos de actividad de agua. En la Figura 5.b, se presenta la interacción correspondiente a la actividad de agua, resulta evidente que, a temperaturas más elevadas, la actividad de agua disminuye, lo cual guarda una relación proporcional con la temperatura de secado, como se ha señalado previamente (Aguilar, 2017). Además, de acuerdo con las observaciones de Righi Da Rosa et al. (2010), el uso de diferentes encapsulantes o combinaciones de diferentes proporciones influye en las propiedades físicas de los microencapsulados, incluido el valor de actividad de agua.

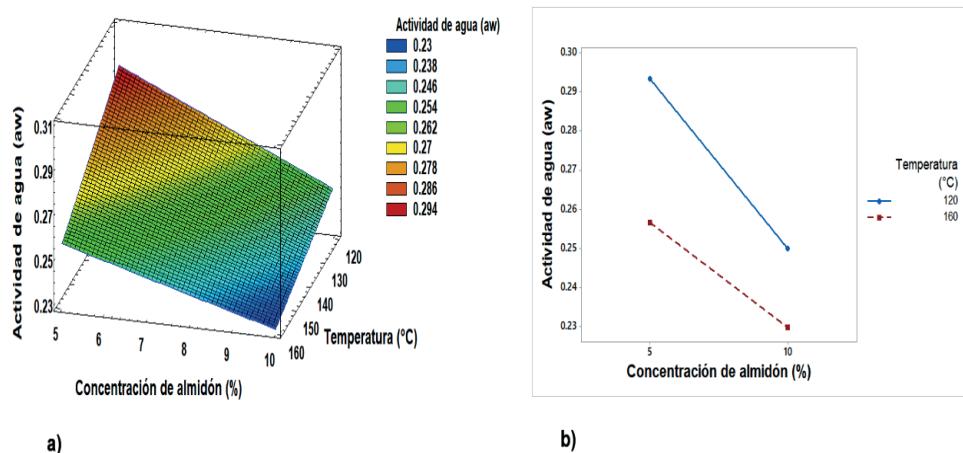


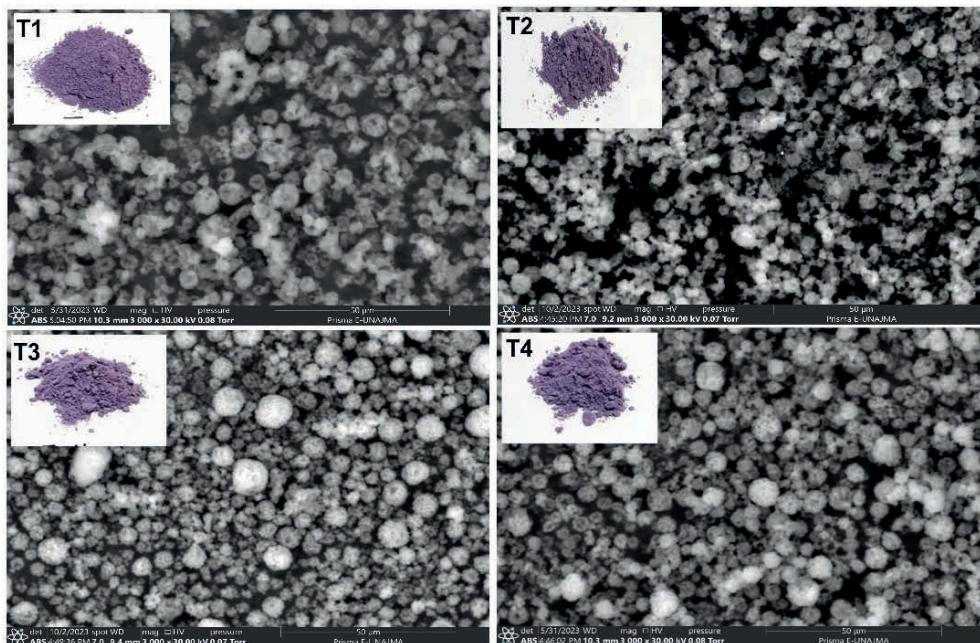
Figura 5. Superficie de respuesta e interacción para actividad de agua (a_w)

3.3 Morfología de los microencapsulados

La morfología de los microencapsulados observadas a través de un microscopio electrónico de barrido (SEM) se muestra en la Figura 6. Estas imágenes muestran claramente la formación de microesferas, pero también revelan la presencia de hendiduras en la superficie de los microencapsulados, lo que les confiere una estructura amorfá con grietas de diferentes tamaños. Es interesante notar que en los tratamientos que emplearon un 5% de almidón (T1 y T2), se observa la formación de aglomeraciones debido a la mayor concentración de antocianinas y a la formación más lenta de las microcápsulas a 120 °C. Por otro lado, en los tratamientos T3 y T4, con un 10% de almidón de quinua, se aprecia que los microencapsulados exhiben microesferas más definidas y separadas.

Estos resultados son consistentes con hallazgos previos, como los informados por Villacrez (2013) en microencapsulados con almidón de maíz y yuca, donde se observó una aglomeración de partículas pequeñas de almidón. Según Villacrez, estos cambios en la morfología se deben al efecto de los procesos hidrotérmicos en las características

fisicoquímicas de los almidones. Además, Halahlah et al. (2022) mencionan que la estructura amorfa de los microencapsulados se debe al uso de almidones nativos, que tienen esta particularidad cuando se emplean como matriz.



Donde: T1 (120 °C) y T2 (160 °C) encapsulados con 5% de almidón de quinua, T3 (120 °C) y T4 (160 °C) encapsulados con 10% de almidón de quinua

Figura 6. Morfología de los microencapsulados

3.4 Antocianinas monoméricas

Los resultados se detallan en la Tabla 3, donde los valores de cianidina-3-glucósido variaron en el rango de 3.90 a 7.80 mg/g de muestra en base seca. Se destacó que los tratamientos T1 y T2 exhibieron los valores más elevados.

Estos hallazgos se asemejan a los reportados por Ersus y Yurdagel (2007), quienes informaron valores similares que oscilaron entre 4.829 a 6.309 mg/g en microencapsulados de zanahoria negra. Además, Orellano y Valverde (2017) señalaron valores que variaron entre 1.347 a 2.077 mg/g en antocianinas de mashua morada microencapsuladas con maltodextrina.

Por otro lado, Vergara et al. (2020) presentaron un valor promedio de 1.340 mg/g para antocianinas de papa morada microencapsuladas con maltodextrina a una temperatura de secado de 130°C. Además, mencionaron que la variación en el contenido de antocianinas en los microencapsulados está relacionada con el efecto de la temperatura de secado y la relación del extracto con el encapsulante. Kar et al. (2019) y Ersus y Yurdagel (2007)

afirman que, a temperaturas de secado más elevadas, se produce una mayor pérdida de antocianinas durante el proceso de secado por aspersión.

Tratamientos	Antocianinas (mg de cianidina-3-glucósido/g)		
	\bar{x}	\pm	s
T1	7.80	\pm	0.02
T2	7.32	\pm	0.01
T3	4.35	\pm	0.04
T4	3.90	\pm	0.04

Donde: \bar{x} : promedio, s: desviación estándar

Tabla 3. Antocianinas monoméricas en los microencapsulados

La Figura 7.a ilustra la superficie de respuesta para el contenido de antocianinas monoméricas, que varió entre 4 a 7.9 mg de cianidina-3-glucósido/g. Se observó que los valores más elevados se obtuvieron al emplear un 5% de almidón, posiblemente debido a una mayor nucleación resultante de la aglomeración de las partículas del almidón. En la Figura 7.b, se presentan los efectos principales, donde se evidencia que al utilizar temperatura más baja (120°C), se obtuvo un mayor contenido de antocianinas monoméricas, en vista que temperaturas más elevadas, provocan la degradación e hidrólisis de las antocianinas (García et al., 2022).

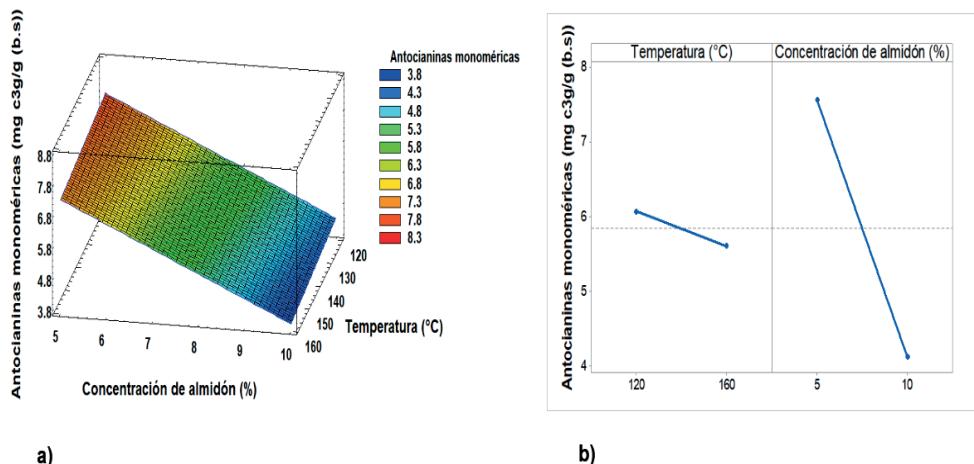


Figura 7. Superficie de respuesta y efectos principales para contenido de antocianinas monoméricas

3.5 Fenoles totales

Los resultados, presentados en la Tabla 4, muestra que los tratamientos T1 y T2 exhibieron la concentración más alta de fenoles totales, seguidos por los tratamientos T3

y T4. Estos resultados se asemejan a los obtenidos por Velásquez y Vélezmoro (2022) en microencapsulados de mashua morada, los cuales se secaron a temperaturas comparables, entre 120°C y 160°C, utilizando concentraciones de almidón de oca rosa que variaron entre 3.5% y 12%. En ese estudio, los valores de fenoles totales oscilaron entre 1.96 a 4.17 mg AGE/g. Las diferencias en los resultados pueden atribuirse a las propiedades fisicoquímicas y funcionales específicas del almidón, las cuales varían según la fuente de extracción. Es importante señalar que muchos almidones nativos se emplean comúnmente en la encapsulación de compuestos bioactivos hidrofílicos (Velásquez y Vélezmoro, 2022). Además, investigadores como Lindeboom et al. (2005) y Li y Zhu (2018) han destacado la idoneidad de los almidones naturales de quinua para retener compuestos bioactivos, lo que respalda los resultados favorables obtenidos en nuestros tratamientos en términos de contenido de fenoles totales.

Tratamientos	Fenoles totales (mg AGE/g)		
	\bar{x}	\pm	s
T1	1.94	\pm	0.00
T2	2.02	\pm	0.01
T3	1.56	\pm	0.00
T4	1.63	\pm	0.00

Donde: \bar{x} : promedio, s: desviación estándar

Tabla 4. Contenido de fenoles totales en los microencapsulados

En la Figura 8.a, observamos la superficie de respuesta para el contenido de fenoles totales, que oscila entre 1.6 a 1.9 mg AGE/g. Estos resultados sugieren que un aumento en la temperatura mejora la retención de fenoles totales. En la Figura 8.b, se presentan los efectos principales, donde es evidente que al emplear una temperatura de secado elevada (160°C) y una concentración de almidón de quinua baja (5%), se logra una mayor concentración de fenoles totales. Este incremento en el contenido de fenoles totales podría estar relacionado con las altas temperaturas de secado. Esto se debe a que se forma rápidamente una costra en la superficie de las microcápsulas, como resultado de la aceleración en la velocidad de secado de las gotas. Esta costra actúa como aislante térmico, evitando la pérdida de calor y contribuyendo a la preservación del contenido de fenoles totales (Rosales et al., 2023).

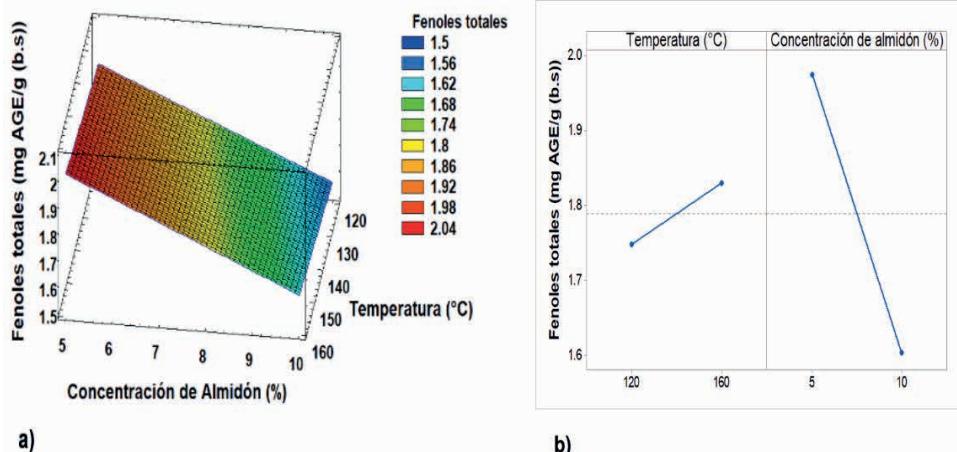


Figura 8. Superficie de respuesta y efectos principales para fenoles totales

3.6 Capacidad antioxidante

Los valores de capacidad antioxidante de los microencapsulados oscilaron entre 131.64 a 134.39 μmol de equivalentes de Trolox (TE)/g en base seca (Tabla 5). El tratamiento T2 mostró el mayor nivel de capacidad antioxidante, seguido por T1, T3 y T4. Estos resultados difieren de los reportados por Orellano y Valverde (2017), quienes obtuvieron valores mayores entre 352.89 y 543.96 μmol TE/g (b.s.) en microencapsulados de mashua morada con maltodextrina (5, 7.5 y 10%) y temperaturas de 120, 130 y 140°C. Asimismo, Velásquez y Vélezmore (2022) mostraron valores menores de 30.56 a 47.83 μmol TE/g (b.s.) en su estudio. Las variaciones podrían deberse a diferencias en el contenido de antocianinas y otros compuestos antioxidantes entre variedades de mashua y matrices encapsulantes utilizadas. De acuerdo con Quispe et al. (2019) y Figueroa (2021), la capacidad antioxidante presenta una relación directa con el contenido de polifenoles totales, ya que estos contribuyen predominantemente a la actividad de eliminación de radicales libres en los extractos vegetales.

Tratamiento	Capacidad antioxidante (μmol de TE/g)		
	\bar{x}	\pm	s
T1	132.25	\pm	0.42
T2	134.39	\pm	0.24
T3	131.64	\pm	0.33
T4	131.78	\pm	0.28

Donde: \bar{x} : promedio, s: desviación estándar

Tabla 5. Capacidad antioxidante en los microencapsulados

La Figura 9.a ilustra la superficie de respuesta relacionada con la capacidad antioxidante de los microencapsulados, con valores que oscilan entre 131.5 a 134 mg TE/g (b.s.). En esta representación, se destaca un incremento notable a medida que aumenta la temperatura de entrada, especialmente a 160 °C. Por otro lado, la Figura 9.b muestra las interacciones entre los factores y su influencia en la capacidad antioxidante. Es evidente que al utilizar la temperatura de entrada más alta (160°C) en combinación con una concentración baja de almidón de quinua (5%), se obtiene un nivel superior de capacidad antioxidante. En línea con la investigación de Rosales et al. (2022), se ha observado que la protección y biodisponibilidad del material activo en productos encapsulados depende en gran medida de la temperatura de entrada, la cantidad de núcleo y la proporción de materiales de pared utilizados. Además, los estudios de Vargas y Suquillo (2022) señalan que los microencapsulados de extractos antociánicos representan una fuente valiosa de nutrientes y antioxidantes. En este contexto, nuestros resultados indican que los microencapsulados obtenidos presentan resultados prometedores para posibles aplicaciones futuras.

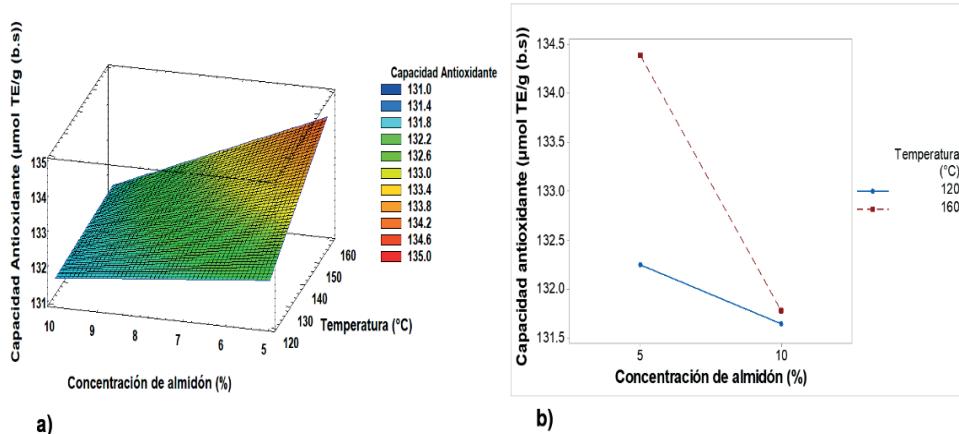


Figura 8. Superficie de respuesta e interacción para capacidad antioxidante

4 | CONCLUSIONES

La temperatura de secado y concentración de almidón de quinua mostraron un efecto significativo en las características de los microencapsulados de antocianinas de mashua negra. La temperatura de 160°C y 5% de almidón de quinua resultaron en microcápsulas con mejor perfil de compuestos bioactivos y capacidad antioxidante. La microencapsulación por aspersión empleando almidón de quinua como agente encapsulante es una alternativa viable para estabilizar antocianinas de mashua negra. Los microencapsulados en polvo facilitarían la incorporación de estos pigmentos naturales en diversos alimentos, con un efecto antioxidante adicional. Los resultados de este estudio evidencian el potencial de

aprovechamiento de antocianinas de mashua mediante microencapsulación.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional José María Arguedas, al Vicerrectorado de Investigación, en especial al Laboratorio de Investigación en Nanotecnología de Alimentos (LINA) y el Laboratorio de Investigación en Materiales para el Tratamiento de Aguas (LIMTA) y a todos los que hicieron posible el desarrollo de este trabajo de investigación.

REFERENCIAS

- Arrazola, G., Herazo, I., & Alvis, A. (2014). Microencapsulación de antocianinas de berenjena (*Solanum melongena L.*) mediante Secado por aspersión y evaluación de la estabilidad de su color y capacidad antioxidante. *Información Tecnológica*, 25(3), 43-51. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642014000300006>
- Belitz H. y Grosch W. (1998). Book Reviews : Química de los alimentos. *Food Science and Technology International*, Editorial Acribia 4(3). <https://doi.org/10.1177/108201329800400310>
- Brown, C. R., Culley, D., Yang, C. P., Durst, R., & Wrolstad, R. (2005). Variation of anthocyanin and carotenoid contents and associated antioxidant values in potato breeding lines. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 130(2), 174-180. <https://doi.org/10.21273/jashs.130.2.174>
- Ersus, S., & Yurdagel, U. (2007). Microencapsulation of anthocyanin pigments of black carrot (*Daucus carota L.*) by spray dryer. *Journal of Food Engineering*, 80(3), 805-812. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.07.009>
- García, T. S. M., Chire, F. G. C., Repo, C. R., & Ureña, P. M. O. (2022). Efecto de la fritura sobre los componentes bioactivos de la papa nativa (*Solanum tuberosum sp.*) Puka Ambrosio. *Revista Chilena de Nutrición*, 49(1), 7-16. <https://doi.org/10.4067/s0717-75182022000100007>
- Giusti, M.M., Wrolstad, R.E. (2001). Unit F1.2: Anthocyanins. Characterization and measurement with uv-visible spectroscopy. In: Wrolstad RE editors. Current Protocols in Food Analytical Chemistry. New York: John Wiley and Sons, 1-13.
- Halahlah, A., Piironen, V., Mikkonen, K. S., & Ho, T. M. (2022). Polysaccharides as wall materials in spray-dried microencapsulation of bioactive compounds: Physicochemical properties and characterization. In *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. <https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2038080>
- Jan, K. N., Panesar, P. S., Rana, J. C., & Singh, S. (2017). Structural, thermal and rheological properties of starches isolated from Indian quinoa varieties. *International Journal of Biological Macromolecules*, 102, 315–322. <https://doi.org/10.1016/J.IJBIOMAC.2017.04.027>
- Kar, A., Kumar Mahato, D., Singh Patel, A., & M. Bal, L. (2019). The Encapsulation Efficiency and Physicochemical Characteristics of Anthocyanin from Black Carrot (*Daucus Carota Ssp. Sativus*) as Affected by Encapsulating Materials. *Current Agriculture Research Journal*, 7(1). <https://doi.org/10.12944/carj.7.1.04>

Laqui, V. C., Guerrero, K. M. L., & Laqui, W. (2013). Agroindustria, sociedad y ambiente. *Agroindustria, Sociedad y Ambiente*, 2(19), 37–58. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.7365257>

Li, G., & Zhu, F. (2018). Quinoa starch: Structure, properties, and applications. *Carbohydrate Polymers*, 181, 851-861. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2017.11.067>

Lindeboom, N., Chang, P. R., Falk, K. C., & Tyler, R. T. (2005). Characteristics of starch from eight quinoa lines. *Cereal Chemistry*, 82(2), 215-222. <https://doi.org/10.1094/CC-82-0216>

Masaquiza, J. I. M. (2018). *Evaluación de la actividad antimicrobiana y antioxidante de antocianinas microencapsuladas de maíz morado (*Zea mays L.*), papa morada (*Solanum Tuberosum L.*) y mortiño (*Vaccinium floribundum Kunth*)* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato], Ambato, Ecuador. <https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/27559>

Maza, I. N. N. (2020). *Extracción y caracterización fisicoquímica y tecnofuncional de carbohidratos tipo almidón de cinco variedades de Quinua* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria la Molina], Lima, Perú. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/4465>

Mendoza, S. 1, 2, E. v., Curi Borda, C. K., Rojas Mercado, V. J., Alvarado Kirigin, J. A., & Bello, A. (2016). Encapsulation, characterization and thermal stability of anthocyanins from zea mays l. (purple corn). *Revista Boliviana de Química*, 33(5), 183–189. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0250-54602016000500005&lng=es&nrm=iso&tlang=es

Muñoz, O. F., Robles, C. R., Chirre, F. J. H., Santisteban Rojas, O., Feliciano, N. J. C., & León, W. D. F.-P. de. (2021). Identificación de los principios activos de la mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*) y el efecto del proceso de elaboración de una bebida mix de mashua con piña. *Ingeniería Industrial*, 40, 171–190. <https://doi.org/10.26439/ING.IND2021.N40.5150>

Núñez, C. B. I. (2022). *Extracción, microencapsulación y evaluación de la capacidad antioxidante de las antocianinas presentes en las flores de jamaica (*Hibiscus sabdariffa*) cultivadas en el cantón Milagro, provincia del Guayas* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato], Ambato Ecuador. <https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/36009>

Navarro Valdez, K., Capillo Herrera, N., Calixto Cotos, M. R., & Santisteban Rojas, O. P. (2020). Extracción y Microencapsulación de compuestos antioxidantes de la semilla de Oenocarpus bataua mart. *Scientia Agropecuaria*, 11(4), 547-554. <https://doi.org/10.17268/SCI.AGROPECU.2020.04.10>

Orellano, G. E. V., & Valverde, T. J. M. (2017). Propiedades físicas, antocianinas y capacidad antioxidante del atomizado de Mashua (*Tropaeolum Tuberosum*) encapsulado con maltodextrina. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/4776>

Ramos, C. E. (2021). *Antocianinas: revisión bibliográfica de su procesamiento y potencial uso como colorante natural en alimentos* [Tesis de maestría, Universidad de Chile - Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas], Chile. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/185067>

Rosales, C. S., Navarro, C. R. O., Bello, P. L. A., Vargas, T. A., & Palma, R. H. M. (2023). Optimal conditions for anthocyanin extract microencapsulation in taro starch: Physicochemical characterization and bioaccessibility in gastrointestinal conditions. *International Journal of Biological Macromolecules*, 227, 83-92. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2022.12.136>

- Singleton, V. L., Orthofer, R., & Lamuela-Raventós, R. M. (1999). [14] Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology*, 299, 152–178. [https://doi.org/10.1016/S0076-6879\(99\)99017-1](https://doi.org/10.1016/S0076-6879(99)99017-1)
- Velásquez, B. F. F., & Vélezmore, S. C. E. (2022). Microencapsulation of Purple Mashua Extracts Using Andean Tuber Starches Modified by Octenyl Succinic Anhydride. *International Journal of Food Science*, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/8133970>
- Vergara, C., Pino, M. T., Zamora, O., Parada, J., Pérez, R., Uribe, M., & Kalazich, J. (2020). Microencapsulation of Anthocyanin Extracted from Purple Flesh Cultivated Potatoes by Spray Drying and Its Effects on In Vitro Gastrointestinal Digestion. *Molecules* 2020, 25(3), 1–14. <https://doi.org/10.3390/MOLECULES25030722>
- Yapias, R. J. M., Astete, J. M. A., Uscuchagua, Y. Y. C., & Sánchez, M. C. R. (2022). Características fisicoquímicas, composición nutricional y compuestos bioactivos en tres variedades de Mashua (*Tropaeolum tuberosum Ruiz y Pavón*): Una revisión. *Revista Tecnológica - ESPOL*, 34(2), 41–51. <https://doi.org/10.37815/RTE.V34N2.891>

CAPÍTULO 4

ESTRATÉGIAS DE CONTROLE DO MOSQUITO *Aedes aegypti*: UMA ANÁLISE DOS MÉTODOS DE BIOCONTROLE

Data de aceite: 01/12/2023

Catiane Oliveira Souza

Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Agronomia, Recife-PE
Orcid: 0000-0002-6223-7113

Álvaro Aguiar Coelho Teixeira

Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal, Recife-PE
Orcid: 0000-0001-5940-9220

Valeria Wanderley Teixeira

Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal, Recife-PE
Orcid: 0000-0001-9533-5476

Glaucilane dos Santos Cruz

Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Agronomia, Recife-PE
Orcid: 0000-0001-6012-1945

Maria Clara da Nobrega Ferreira

Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Agronomia, Recife-PE
<http://lattes.cnpq.br/6415809873371718>

Daniela Maria do Amaral Ferraz Navarro

Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Química Fundamental, Recife-PE
<http://lattes.cnpq.br/6866049887225410>

RESUMO: Os mosquitos *Aedes aegypti* são culicídeos bem sucedidos mundialmente, sendo o principal vetor de arboviroses atualmente. Existem várias estratégias utilizadas para o controle desta espécie com intuito de reduzir a transmissão de vírus como a dengue, chicungunha e zika. Porém, apesar dos esforços empregados, surtos dessas doenças sempre surgem em regiões tropicais. Desta forma, esta pesquisa objetivou realizar uma revisão de literatura acerca dos principais métodos de controle para *Ae. aegypti*, com foco principal nas ferramentas de biocontrole. Para tal, foram realizadas buscas com o emprego de descritores em ciências ambientais e ciências da saúde, em base dados como a Pubmed, Web of Science e Google Acadêmico. Foi possível compreender que apesar do aumento no desenvolvimento de novas tecnologias contra esse vetor, nenhuma das opções se mostraram

eficientes a longo prazo se utilizadas de forma isolada. Portanto, o declínio populacional de mosquitos *Ae. aegypti* depende cada vez mais dos princípios de controle integrativo, e a utilização de inseticidas botânicos tem mostrado ser uma das ferramentas promissoras neste contexto.

PALAVRAS-CHAVE: *Aedes aegypti*, Vetor, Biocontrole, Inseticidas botânicos.

STRATEGIES FOR CONTROLLING THE *Aedes aegypti* MOSQUITO: AN ANALYSIS OF BIOCONTROL METHODS

ABSTRACT: *Aedes aegypti* mosquitoes are highly successful worldwide culicids, currently serving as the primary vector for arboviruses. Various strategies are employed to control this species in order to reduce the transmission of viruses such as dengue, chikungunya, and Zika. However, despite the efforts put forth, outbreaks of these diseases continue to occur in tropical regions. Thus, this research aimed to conduct a literature review on the main control methods for *Ae. aegypti*, with a primary focus on biocontrol tools. To achieve this, searches were conducted using keywords in environmental sciences and health sciences, on databases such as PubMed, Web of Science, and Google Scholar. It was possible to understand that despite the increase in the development of new technologies against this vector, none of the options have proven to be effective in the long term when used in isolation. Therefore, the population decline of *Ae. aegypti* mosquitoes increasingly depends on the principles of integrated control, and the use of botanical insecticides has shown promise in this context.

KEYWORDS: *Aedes aegypti*, Vector, Biocontrol, Botanical insecticides.

1 | MATERIAL E MÉTODOS

Nesta pesquisa foi realizada uma revisão de literatura, entre o período de maio de 2023 a agosto do mesmo ano. A pesquisa bibliográfica baseou-se em livros, artigos científicos e boletins técnicos governamentais, escolhidos a partir de banco de dados como Pubmed, Web of Science e Google Acadêmico. Foram empregadas palavras-chave utilizadas pelos descritores em ciências ambientais e ciências da saúde para realização da busca de dados.

2 | INTRODUÇÃO

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), as arboviroses causam mais de 17% de todas as doenças infecciosas e mais de 700.000 mortes anualmente (OMS, 2023). Os mosquitos da família Culicidae, desta forma, podem ser considerados uma ameaça à sociedade devido à alta incidência de vírus transmitidos (WEAVER & REISEN, 2010). A transmissão dessas doenças é favorecida pelas rápidas mudanças ambientais e climáticas, urbanização desordenada, e, pelas más condições sanitárias. As arboviroses que apresentam o crescimento mais acelerado são Dengue, Chikungunya e Zika, sendo os trópicos e subtrópicos as regiões mais críticas (RODRIGUES-ALVES *et al.*, 2020).

O controle dessas doenças virais é focado na prevenção, por meio da redução populacional dos vetores. A espécie *Aedes aegypti* (Linnaeus) pode ser considerada o principal vetor global de arboviroses (POWELL *et al.*, 2018), isso porque este mosquito tem como habitat o ambiente urbano e sua reprodução é feita principalmente em recipientes artificiais. Além disso, o repasto sanguíneo é fundamental para o processo de maturação dos ovos, e os humanos são os preferidos para a hematofagia. Para garantir o sucesso reprodutivo, as fêmeas dessa espécie possuem o comportamento de espalhar os seus ovos em diversos criadouros, que permanecem viáveis por cerca de mais de 1 ano. Após a incubação do vírus, essas fêmeas infectadas irão transmiti-los verticalmente, e ainda serão capazes de transmitir o arbovírus pelo resto de sua vida (CARVALHO & MOREIRA, 2017).

Existem várias estratégias para evitar a expansão do vetor *Ae. aegypti*, as quais abrangem táticas de manejo do ambiente, controle químico e biológico. O biocontrole tem ganhado destaque recente, pois são indicados como alternativas que prometem sanar as limitações relativas à abordagem tradicional com defensivos químicos. Assim, esta breve revisão pretende informar acerca dos principais métodos de controle disponíveis contra este mosquito, com foco principal nos métodos de biocontrole, destacando as vantagens e desvantagens de cada um.

3 | MANEJO DO AMBIENTE E MOBILIZAÇÃO SOCIAL

A redução da proliferação de *Ae. aegypti* por meio de alterações do ambiente consiste em verter ou destruir recipientes que captam água, higienizar possíveis criadouros, utilizar tampas em caixas d'água, investir em abastecimento de água canalizada, e empregar estratégias de gestão de resíduos (BÜHLER *et al.*, 2019). Essas ações são muito vantajosas, pois não apresentam riscos de contaminação ao ecossistema, não provocam toxicidade, e não acarretam em desenvolvimento de populações de mosquitos resistentes. São medidas que tendem a ser mais duradouras e necessitam de um baixo investimento adicional para se manter (WISNER & ADAMS, 2002; BÜHLER *et al.*, 2019).

Entretanto, para que o manejo ambiental funcione a longo prazo, é preciso o envolvimento comunitário, educar a população quanto a saúde pública, gestão e infraestrutura do sistema público de saúde (MENDES & MORAES, 2014). Além disso, devido ao habitat do mosquito da dengue ser em áreas urbanas, a eliminação dos criadouros se torna difícil em decorrência à superlotação de pessoas, poluição, falhas na drenagem de água residual, e destinação incorreta do lixo (WEERATUNGA *et al.*, 2017).

4 | CONTROLE QUÍMICO

O controle químico é feito com a utilização de larvicidas/inseticidas neurotóxicos dos grupos químico organofosforado, carbamato e piretróide. Pela facilidade de uso e

efetividade desses pesticidas, em conjunto com o manejo ambiental são as táticas mais utilizadas nas estratégias empregadas nos programas de manejo do vetor, nas regiões em que ocorrem doenças endêmicas. Porém, em muitos países o custo de financiamento de programas de controle do vetor baseados na utilização de inseticidas se torna elevado, logo, impede o uso generalizado desses pesticidas (BENELLI *et al.*, 2016; FUKRUKSA *et al.*, 2017; TEICH *et al.*, 2017).

Além do alto custo, essas moléculas químicas têm um grande potencial destrutivo ao ambiente, principalmente devido a seu efeito residual, são tóxicos aos seres humanos e a outros organismos não alvo, e favorecem o desenvolvimento de resistência em populações de mosquitos (SILVÉRIO *et al.*, 2020), desta forma, não deveriam ser a principal forma de controle empregada nos programas de manejo do vetor. Diante dessas limitações, nas últimas duas décadas houve um aumento pela busca de alternativas de controle utilizando agentes de biocontrole (SILVÉRIO *et al.*, 2020; Wong *et al.*, 2023).

5 | BIOCONTROLE

5.1 Predação

A exploração de predadores é focada no controle dos estágios aquáticos dos culicídeos, isto porque as larvas e pupas compartilham um espaço confinado com os predadores, e a predação eficiente da prole do mosquito leva a redução da população do vetor e, consequentemente, a transmissão da doença (WONG *et al.*, 2023). São conhecidos vários organismos aquáticos predadores dos instares juvenis, como peixes (CHANDRA *et al.*, 2008), Copepoda (MURUGAN *et al.*, 2015), anfíbios (SARWAR, 2015), outros insetos aquáticos (JACOB *et al.*, 2017), incluindo larvas de mosquito predadoras de outra espécie de Culicidae (CUTHBERT *et al.*, 2019). Alguns deles serão discutidos a seguir.

Em relação aos vertebrados, são utilizados principalmente os peixes larvívoros dos gêneros *Gambusia* e *Poecilia* (Poeciliidae) (CHANDRA *et al.*, 2008, BENELLI *et al.*, 2016). Embora tenha sido demonstrada a eficiência desses peixes ao redor do mundo, em uma variedade de habitats, existe uma preocupação em decorrência ao custo ecológico de peixes larvívoros introduzidos, devido ao risco que eles exercem sobre a fauna aquática nativa (KATS & FERRER, 2003).

Diversas espécies de Copepoda onívoras (crustáceos aquáticos) são predadoras da fase larval dos mosquitos, alguns exemplos são *Cyclops vernalis*, *Megacyclops formosanus*, *Mesocyclops aspericornis*, *M. edax*, *M. guangxiensis*, *M. longisetus* e *M. thermocyclopoides*. A implementação desses animais como agentes de biocontrole nos meios urbano e semi-urbano não é onerosa e demanda pouca mão de obra para conservação das colônias. Entretanto, os habitats das larvas de várias espécies de culicídeos não apresentam condições favoráveis para os copépodes, logo, o uso desses predadores acaba se limitando

a algumas espécies de mosquitos (MURUGAN et al., 2015; Benelli et al., 2016).

Existem larvas de mosquitos que são predadoras obrigatórias ou facultativas de outros imaturos de Culicidae, que também estão em fase larval. Elas possuem o potencial para serem exploradas no controle de vetores, porém, há uma carência de estudos para tal propósito (SHAALAN & CANYON, 2009; VINOGRADOV et al., 2022). Existem alguns estudos com indivíduos do gênero *Lutzia* (Wiedmann) (habitantes de fitotelmatas e outros ambientes microaquáticos), da família Chaoboridae (habitat microaquático, se alimentam de todos os instares das larvas de mosquito), e os mais conhecidos e investigados, os representantes do gênero *Toxorhynchites* (Theobald). Espécies desse táxon são predadores vorazes, e na falta de presas apropriadas são capazes de canibalismo, dificultando, assim, a reprodução desses animais. Ademais, por se tratar de espécies introduzidas, ainda é preciso mais pesquisas que avaliem a ameaça que esses mosquitos predadores exercem sobre a fauna nativa (MOIRANGTHEM & SINGH, 2018; CUTHBERT et al., 2019; VINOGRADOV et al., 2022).

5.2 Microrganismos entomopatogênicos

É bastante comum a utilização domiciliar da bactéria *Bacillus thuringiensis* var. *israelense* (Bti) como larvícola. Durante sua esporulação elas produzem endotoxinas delta (Cry ou Cyt), as quais são proteínas inseticidas que causam um desequilíbrio osmótico no epitélio do intestino médio de larvas dos mosquitos *Ae. aegypti* e *Ae. albopictus* após a ingestão (LACEY, 2007). Embora seja difundido que a aplicação de Bti não apresenta riscos à saúde e ao ambiente (WONG et al., 2023), estudos indicam que a exposição crônica a doses subletais de produtos formulados (XenTari® e DiPel®) prejudica a fertilidade de ratos, e causa alterações patológicas no fígado, pulmões, e rins de ratas gestantes, e ainda, pode afetar a reprodução dos descendentes (LEMOS et al., 2013; ALVES et al., 2022). Pesquisas também estão investigando como que o Bti afeta indiretamente os sistemas ecológicos locais (POULIN et al., 2022). Além disso, existem indícios que o seu uso prolongado pode acarretar em desenvolvimento de resistência às endotoxinas em mosquitos vetores (TETREAU et al., 2013).

Fungos entomopatogênicos dos gêneros *Metarhizium* e *Beauveria* são agentes de biocontrole promissores, visto que existem relatos sobre a alta mortalidade causada em mosquitos vetores dos gêneros *Anopheles*, *Culex* e *Aedes* (WONG et al., 2023). Diferente do Bti, eles são capazes de prejudicar tanto os estágios larvais como o adulto (SCHOLTE et al., 2004), porém, a sua aplicação basicamente é feita em indivíduos adultos, e estes também sofrem com as toxinas decorrente dos metabólitos secundários produzidos pelos fungos durante a infecção, desta forma, a pressão de seleção para resistência é menos efetiva em comparação aos inseticidas que possuem letalidade imediata (SCHOLTE et al., 2007; KNOLS et al., 2010).

Apesar de retardar a evolução de resistência ser um aspecto vantajoso, existem vários fatores que interferem no sucesso dos fungicidas. Por exemplo, a curta longevidade de sua virulência (SCHOLTE *et al.*, 2007), e ainda, o estado nutricional do vetor que tem influência sobre o desempenho do fungo (PAULA *et al.*, 2011). De maneira geral, são necessárias melhorias nas formulações desses produtos, uma questão que deve ser otimizada, mas tem-se mostrado difícil, é a sua produção em escala. Outro ponto importante a ser ressaltado é que fungos entomopatogênicos provocam infecções sintomáticas em pessoas com imunocomprometimento (GOODMAN *et al.*, 2018). Assim, ao levar em conta esses obstáculos, os avanços nas pesquisas e na comercialização desses agentes de biocontrole irá depender da escassez de produtos no mercado devido a predominância de populações resistentes aos inseticidas comumente usados, ou ainda, em decorrência do aumento na rigorosidade de regulamentação dos inseticidas (ACHEE *et al.*, 2019).

5.3 SIT/ IIT

A Técnica do Inseto Estéril (Sterile Insect Technique- SIT) consiste em liberar machos esterilizados por radiação ou quimioesterilizantes, os quais acasalam com fêmeas selvagens dando origem a descendentes não viáveis. Para a SIT funcionar, é necessário que se tenha um número suficiente de machos estéreis para competir com os machos selvagens, a ponto de suprimir a população da espécie de vetor alvo (BAXTER, 2016). Aspectos que devem ser melhorados para aplicação de SIT são: o desempenho dos machos, que é prejudicado devido aos danos somáticos ocasionados pelo processo de esterilização (HELINSKI *et al.*, 2009), aprimorar a sexagem dos indivíduos masculinos e femininos na criação, para evitar esterilizar e liberar as fêmeas por engano (PARKER, 2005), infraestrutura para produção em escala das espécies de mosquitos vetores, nas regiões endêmicas (ACHEE *et al.*, 2019), e no caso de espécies do gênero *Aedes* ainda se tem um agravante para implementação da SIT, em que a densidade populacional de mosquitos selvagens deve ser reduzida antes dos machos esterilizados serem liberados (DEVINE *et al.*, 2009).

Wolbachia são bactérias endossimbóticas intracelulares que infectam naturalmente cerca de 60% dos insetos, porém, curiosamente essa margem não abrange os mosquitos *Ae. aegypti* (RASGON & SCOTT *et al.*, 2004). Por isso, até o atual momento, três estirpes de transinfecção de *Wolbachia* foram introduzidas nessa espécie, a partir de *Ae. albopictus* (*wAlbB*) e *Drosophila melanogaster* (*wMel* e *wMelPop*) (XI *et al.*, 2005; MOREIRA *et al.*, 2009). A estirpe *wMel* pode reduzir a capacidade vetorial de *Ae. aegypti* aos vírus da dengue, chicungunha e zika (MOREIRA *et al.*, 2009; DUTRA *et al.*, 2016).

Um dos mecanismos de manipulação da biologia celular do hospedeiro que essa bactéria dispõe é a incompatibilidade citoplasmática (IC), onde a cópula entre um macho contaminado com *Wolbachia* e uma fêmea *Wolbachia* negativa ou infectada com uma

estirpe diferente gera uma prole inviável, e esta é a base da Técnica do Inseto Incompatível (Incompatible Insect Technique- IIT). De forma similar a SIT, a separação correta do sexo desempenha um papel crucial para o sucesso da IIT. A liberação de fêmeas infectadas de forma accidental tem como consequência a substituição de uma população ao invés de sua supressão (WONG *et al.*, 2023). No entanto, uma vantagem é que a infecção por *Wolbachia* tende a deixar os vetores menos susceptíveis a outros patógenos (NAZNI *et al.*, 2019.), porém, é preciso mais estudos para avaliar essas interações e garantir a eficácia da técnica, pois existem casos em ocorre o efeito inverso, tornando o hospedeiro mais eficaz em relação a transmissão do vírus (DODSON *et al.*, 2014). Além disso, as condições ambientais são capazes de interferir no desempenho da bactéria, como exemplo a sensibilidade a altas temperatura relatado para as estirpes *wMelPop* (ROSS *et al.*, 2017).

5.4 Inseticidas botânicos

Os inseticidas botânicos são constituídos de óleos essenciais, extratos vegetais ou compostos isolados de plantas. Existe uma biodiversidade enorme que pode ser explorada, cerca de 400.000 espécies terrestres (LUGHADHA *et al.*, 2016), as quais apresentam composições complexas de compostos bioativos que podem atuar sobre todas as fases de vida do vetor (ovo-adulto), através de diversos mecanismos de ação. Em contraste com os inseticidas sintéticos, os biopesticidas, a base de plantas, são menos tóxicos, geralmente seletivos, não favorecem a pressão de seleção a resistência na população de mosquitos e são biodegradáveis (SILVÉRIO *et al.*, 2020), logo, são ótimas alternativas para serem usadas nos programas de controle do vetor.

O processo de extração dos óleos essenciais exibe rendimentos entre 0,5 a 2%, manifestam aromas característicos e costumam ter monoterpenos, sesquiterpenos e fenilpropanóides em abundância (PAVELA, 2015; SILVÉRIO *et al.*, 2020). Santos *et al.* (2017) extraíram o óleo de sementes de *Syagrus coronata* por hidrodestilação, e obtiveram rendimento de 0,41%. Nesse estudo, os autores viram que o óleo tem atividade larvicida contra *Ae. aegypti*, com uma CL₅₀ de 21,07 ppm, e apresentou efeito deterrente de oviposição, a 50 ppm. A deterrência foi atribuída, pelos pesquisadores, a um dos compostos majoritários, o ácido octânico, por ele também ter demonstrado atividade dissuasora nessa mesma concentração.

Albuquerque *et al.* (2022) também evidenciaram o efeito larvicida e deterrente de oviposição do composto β-germacreno-D-4-ol, contra o vetor *Ae. aegypti*. Eles isolaram esse composto do óleo das folhas de *Piper corcovadensis*, extraído por maceração. Em contraste com o estudo de Santos *et al.* (2017), a dissuasão foi observada sob as concentrações de 5, 10 e 50 ppm, enquanto que a CL₅₀ foi de 18,23 ppm para as larvas. Desta maneira, como a concentração requerida para alcançar o efeito deterrente é menor do que a CL₅₀ do composto, isso garante que mesmo se as fêmeas colocarem os seus ovos

a CL₅₀ será capaz de controlar a população larval.

Já existe uma ampla comercialização desses óleos para as indústrias alimentícias, farmacêutica e de cosmético. Muitos países também possuem o histórico de usar certas plantas aromáticas contra a infestação de pragas em produtos armazenados. Mesmo assim, o processo regulatório de novos pesticidas demanda tempo, muito trabalho e investimento financeiro, dificultando a transição entre os testes laboratoriais até a comercialização desses inseticidas naturais (ISMAN *et al.*, 2011; ISMAN, 2017). Para a regulamentação de novos produtos, é importante efetuar testes toxicológicos que garantam a sua segurança aos organismos não alvo, entretanto, de forma geral os óleos essenciais não oferecem grandes riscos. Em relação a compostos puros a DL₅₀ por ingestão varia entre 800 a 3.000 mg/kg para roedores, e >5.000 mg/kg/roedor para produtos formulados (ISMAN *et al.*, 2011). Todavia, são necessários mais estudos que avaliem a seletividade desses compostos, tendo em consideração todo o ecossistema (aquático ou terrestre) que o vetor está inserido.

Os extratos vegetais também são viáveis ecologicamente e possuem a presença de fitoquímicos como alcaloides, flavonoides, glicosídeos cardíacos e resinas. São obtidos a partir de diferentes tecidos e órgãos das plantas, através de diferentes formas de extração. Esses aspectos, em conjunto com o tempo de exposição, influenciam na toxicidade que o extrato pode apresentar (EI HADI MOHAMED *et al.*, 2019). O extrato metanólico da casca verde do fruto *Persea americana*, por exemplo, foi altamente tóxico a larvas de terceiro instar de *A. aegypti*, *Culex quinquefasciatus* (Say) e *Anopheles stephensi* (Liston), com as CL₅₀ (Concentração Letal a 50% da população) de 7,12 ppm, 10,78 ppm e 6,65 ppm, respectivamente, após 24 horas expostos (LOUIS *et al.*, 2020).

Para alguns autores produtos com a CL₅₀ acima de 100 µg/mL são considerados inativos (CHENG *et al.*, 2003). Komalamisra *et al.* (2005), no entanto, qualificaram produtos com CL₅₀ abaixo de 50 µg/mL como ativos, entre 50 e 100 µg/mL como moderadamente ativos, de 100 a 750 µg/mL como eficazes e maior que 750 µg/mL como inativos. O uso do composto isolado (terpenos, fenilpropanoides, alcaloides, entre outros) é vantajoso, pois muitas vezes eles possuem maior atividade inseticida em comparação aos óleos e podem ser sintetizados, possibilitando a obtenção em larga escala, que é requerida para o uso em campo (LUZ *et al.*, 2020a). A pesquisa de Benelli *et al.* (2017) demonstra bem isso, onde os compostos (4E,6Z) - alocimeno (CL₅₀= 4,52 µg/mL), carvotanacetona (CL₅₀= 6,77 µg/mL) e acetato de dodecila (CL₅₀= 11,18 µg/mL) mostraram ser mais tóxicos as larvas de terceiro instar de *Ae. aegypti* quando comparados ao óleo essencial das folhas de *Blumea eriantha* (CL₅₀= 44,82 µg/mL), os quais são constituintes majoritários.

Uma preocupação em relação ao uso dos compostos puros, é que estes, assim como os inseticidas sintéticos, facilitariam o processo de pressão de seleção para resistência nas populações de mosquitos alvo (LUZ *et al.*, 2020b). Porém, metabólitos secundários que contem ação larvicida comprovada contra o *Ae. aegypti*, como vários terpenos (LUZ *et al.*,

2020a), tem o potencial de aumentar a sinergia entre misturas binárias de compostos ativos (PAVELA, 2014). Esta é uma característica importante, pois essas substâncias associadas podem ser utilizadas na produção de inseticidas botânicos, de forma a manter a sua eficácia e sustentabilidade.

Esses defensivos a base de plantas devem ser mais investigados quanto ao seu uso em um contexto do manejo integrado dos vetores. Um exemplo é a possível substituição do controle químico tradicional por produtos à base de óleo, utilizados para impregnar tecidos, que podem agir como repelentes ou inseticidas. Esses produtos vegetais possuem inclusive, maior aceitação do público (DA SILVA SÁ *et al.*, 2023).

Murugan *et al.* (2015) verificaram que a formulação com nanopartículas de ouro biosintetizadas (AuN), usando o extrato de folhas de *Cymbopogon citratus*, foi muito mais tóxica contra os vetores das espécies *An. stephensi* e *Ae. aegypti*, enquanto a CL₅₀ do extrato variou entre 219,32 ppm a 471,36 ppm, a CL₅₀ da formulação com nanopartículas variou entre 18,80 ppm a 41,52 ppm. Nesta mesma pesquisa, os autores constaram um aumento da eficiência predatória do crustáceo Copepoda *M. aspericornis*, onde nos tratamentos com o extrato foram de 26,8% e 17% para os estágios larvais 1 e 2, respectivamente, de *An. Stephensi*, e, 56% (L1) e 35,1% (L2) contra *Ae. aegypti*. Porém, com a síntese AuNa, a eficiência de predação de *An. stephensi* foi de 45,6% (L1) e 26,7% (L2), enquanto contra *A. aegypti* foi de 77,3% (L1) e 51,6% (L2).

Portanto, do ponto de vista do manejo integrado, a aplicação de biopesticidas vegetais em baixas dosagens, formulados a partir de nanotecnologia, elevam a taxa de predação de alguns predadores de larvas de mosquitos vetores. Desta forma, a nanotecnologia tem se mostrado uma boa solução aos problemas de lipossolubilidade e volatilidade relacionados a formulação de inseticidas e larvicidas de origem vegetal, logo, melhorando o emprego desses produtos naturais em uma gestão integrada de controle do vetor (MURUGAN *et al.*, 2015, ISMAN, 2020).

6 | CONCLUSÃO

Foi possível perceber que o controle de *Ae. aegypti* é bastante difícil e envolve vários fatores (sociocultural, econômico e ambiental), e que nos últimos anos houve crescimento no desenvolvimento de táticas voltadas ao uso de agentes de biocontrole, como formas alternativas ao método químico. Ademais, todas as estratégias de controle disponíveis apresentam vantagens e limitações, logo, não existe uma única ferramenta milagrosa para conter a expansão dos mosquitos que transmitem arbovírus. Assim, os programas de manejo de vetores devem focar no controle integrado desses organismos. Neste sentido, estudos evidenciam resultados promissores a respeito do emprego de inseticidas botânicos de forma integrada a outras táticas.

REFERÊNCIAS

- ACHEE, N.L.; GRIECO, J.P.; VATANDOOST, H.; SEIXAS, G.; PINTO, J.; CHING-Ng, L.; MARTINS, A.J.; JUNTARAJUMNONG, W.; CORBEL, V.; GOUGNA, C.; DAVID, J.P.; LOGAN, J.G.; ORSBORNE, J.; MAROIS, E.; DEVINE, G.J.; VONTAS, J. Alternative strategies for mosquito-borne arbovirus control. **PLOS Neglected Tropical Diseases**, v. 13, n. 1, e0006822, 2019. DOI: 10.1371/journal.pntd.0006822. Erratum in: PLoS Negl Trop Dis., v. 13, n. 3, e0007275, 2019. PMID: 30605475; PMCID: PMC6317787.
- ALBUQUERQUE, B.N.L.; SILVA, M.F.R.; SILVA, P.C.B.; PIMENTEL, C.S.L.; ROCHA, S.K.L.; AGUIAR, J.C.R.O.F.; NETO, A.C.A.; PAIVA, P.M.G.; GOMES, M.G.M.; SILVA-JÚNIOR, E.F.; NAVARRO, D.M.A.F.; NAVARRO, N.M.A.F. Oviposition deterrence, larvicidal activity and docking of β -germacrene-D-4-ol obtained from leaves of *Piper corcovadensis* (Piperaceae) against *Aedes aegypti*. **INDUSTRIAL CROPS AND PRODUCTS**, v. 182, p. 114830, 2022.
- ALVES, R.C.; D'ASSUNÇÃO, C.G.; ALVES, É.R.; ALBUQUERQUE, Y.M.L.; MELO, I.M.F.; SILVA JUNIOR, V.A.; WANDERLEY-TEIXEIRA, V.; TEIXEIRA, A.A.C. *Bacillus thuringiensis* affects reproductive capacity of adult rat offspring. **Biotechnic & Histochemistry**, v. 98, p. 1-14, 2022.
- BAXTER, R.H.G. Chemosterilants for control of insects and insect vectors of disease. **Chimia**, v. 70, n. 10, p. 715–720, 2016.
- BENELLI, G.; JEFFRIES, C.L.; WALKER, T. Biological control of mosquito vectors: past, present, and future. **Insects**, v. 7, n.52, 2016. DOI:10.3390/insects7040052.
- BENELLI, G.; GOVINDARAJAN, M.; RAJESWARY, M.; SENTHILMURUGAN, S.; VIJAYAN, P.; ALHARBI, N.S.; KADAIKUNNAN, S.; KHALED, J.M. Larvicidal activity of *Blumea eriantha* essential oil and its components against six mosquito species, including Zika virus vectors: the promising potential of (4E,6Z)-allo-ocimene, carvotanacetone and dodecyl acetate. **Parasitology Research**, v. 116, p. 1175–1188, 2017.
- BÜHLER, C.; WINKLER, V; RUNGE-RANZINGER, S; BOYCE, R; HORSTICK, O. Environmental methods for dengue vector control – a systematic review and meta-analysis. **PLOS Neglected Tropical Diseases**, v.13, n.7, e0007420, 2019.
- CARVALHO, F.D.; MOREIRA, L.A. Why is *Aedes aegypti* Linnaeus so successful as a species?. **Neotropical Entomology**, v. 46, p. 243-255, 2017.
- CHANDRA, G.; BHATTACHARJEE, I.; CHATTERJEE, S.N.; GHOSH, A. Mosquito control by larvivorous fish. **Indian Journal of Medical Research**, v. 127, n. 1, p. 13–27, 2008.
- CHENG, S.S.; CHANG, H.T.; CHANG, S.T.; TSAI, K.H.; CHEN, W.J. Bioactivity of selected plant essential oils against the yellow fever mosquito *Aedes aegypti* larvae. **Bioresource Technology**, v. 89, n. 1, p. 99–102, 2003.
- CUTHBERT, R.N.; CALLAGHAN, A.; DICK, J.T.A. Differential interaction strengths and prey preferences across larval mosquito ontogeny by a cohabiting predatory midge, **Journal of Medical Entomology**, v. 56, n. 5, p. 1428–1432, 2019.
- DA SILVA SÁ, G.C.; BEZERRA, P.V.V.; SILVA, M.F.A.; SILVA, L.B.; BARRA, P.B.; XIMENES, M.F.F.M.; UCHÔA, A.F. Arbovirus vectors insects: are botanical insecticides an alternative for its management?. **Journal of Pest Science**, v. 96, p. 1–20, 2023.

DEVINE, G.J.; PERÉIA, E.Z.; KILLEEN, G.F.; STANCIL, J.D.; CLARK, S.J.; MORRISON, A.C. Using adult mosquitoes to transfer insecticides to *Aedes aegypti* larval habitats. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 106, n. 28, p. 11530–11534, 2009.

DODSON, B.L.; HUGHES, G.L.; PAUL, O.; MATACHIERO, A.C.; KRAMER, L.D.; RASGON, J.L. *Wolbachia* enhances West Nile virus (WNV) infection in the mosquito *Culex tarsalis*. **PLoS Neglected Tropical Diseases**, v. 8, e2965, 2014. DOI: 10.1371/journal.pntd.0002965

DUTRA, H.L.C.; ROCHA, M.N.; DIAS, F.B.S.; MANSUR, S.B.; CARAGATA, E.P.; MOREIRA, L.A. Wolbachia blocks currently circulating Zika virus isolates in Brazilian *Aedes aegypti* mosquitoes. **Cell Host & Microbe**, v. 19, n. 6, p. 771-774, 2016.

EL HADI MOHAMED, R.A; NAGMOUCHI, S.; AL-KERIDIS, L.A.; BENAMMAR, R. Evidence based efficacy of selected herbal extracts against *Culex quinquefasciatus* (Say) larvae. **Pakistan Journal of Biological Sciences**, v. 22, n. 3, p. 127-132, 2019.

FUKRUOKA, C.; YIMTHIN, T.; SUWANNAROJ, M.; MUANGPAT, P.; TANDHAVANANT, S.; THANWISAI, A.; VITTA, A. Isolation and identification of *Xenorhabdus* and *Photorhabdus* bacteria associated with entomopathogenic nematodes and their larvical activity against *Aedes aegypti*. **Parasites & Vectors**, v. 10, n. 440, 2017. DOI: 10.1186/s13071-017-2383-2

JACOB, S.; THOMAS, A.P.; MANJU, E.K. Bio control efficiency of Odonata nymphs on *Aedes aegypti* larvae, **IOSR J. Environ. Sci. Toxicol. Food Technol**, v. 11, n. 9, p. 1–4, 2017.

GOODMAN, A. L.; LOCKHART, S.R.; LYSEN, C.B.; WESTBLADE, L.F.; BURNHAM, C.A.; BURD, E.M. Two cases of fungal keratitis caused by *Metarhizium anisopliae*. **Medical mycology case reports**, v. 21, p. 8–11, 2018.

HELINSKI, M.E.H.; PARKER, A.G.; KNOLS, B.GJ. Radiation biology of mosquitoes. **Malaria journal**, v. 8, n. 2, p. 1-13, 2009.

ISMAN, M.B.; MIRESMAILLI, S.; MACHIAL, C. Commercial opportunities for pesticides based on plant essential oils in agriculture, industry and consumer products. **Phytochemistry Reviews**, v. 10, p. 197–204, 2011.

ISMAN, M.B. Bridging the gap: moving botanical insecticides from the laboratory to the farm. **Industrial Crops and Products**, v. 110, p. 10–14, 2017.

ISMAN, M.B. Botanical insecticides in the twenty-first century—fulfilling their promise? **Annual Review of Entomology**, v. 65, p. 233–249, 2020.

KATS, L.B.; FERRER, R.P. Alien predators and amphibian declines: Review of two decades of science and the transition to conservation. **Diversity and Distributions**, v.9, n. 2, p. 99–110, 2003.

KNOLS, B.G.; BUKHARI, T.; FARENHORST, M. Entomopathogenic fungi as the next-generation control agents against malaria mosquitoes. **Future Microbiology**, v. 5, n. 3, p. 339–341, 2010.

KOMALAMISRA, N; TRONGTOKIT, Y; RONGSRIYAM, Y; APIWATHNASORN, C. Screening for larvicidal activity in some Thai plants against four mosquito vector species. **The Southeast Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health**, v. 36, n. 6, p. 1412–1422, 2005.

LACEY, L.A. *Bacillus thuringiensis* serovariety israelensis and *Bacillus sphaericus* for mosquito control. **Journal of the American Mosquito Control Association**, v. 23, n. 2, p. 133-163, 2007.

LEMOS, A.J.J.M.; SIQUEIRA, H.A.A.; WANDERLEY-TEIXEIRA, V.; MAIA, F.C.L.; TEIXEIRA, Á.A.C.; SILVA, E.J.; OLIVEIRA, J.V. Effect of sub-lethal doses of *Bacillus thuringiensis* subsp. *aizawai* and deltamethrin with regard to fertility and organ toxicity in pregnant albino rats. **Experimental and Toxicologic Pathology**, v. 65, p. 489-495, 2013.

LOUIS, M.R.L.M.; PUSHPA, V.; BALAKRISHNA, K.; GANESAN, P. Mosquito larvicidal activity of Avocado (*Persea americana* Mill.) unripe fruit peel methanolic extract against *Aedes aegypti*, *Culex quinquefasciatus* and *Anopheles stephensi*. **South African Journal of Botany**, v. 133, p. 1-4, 2020.

LUGHADHA, E.N.; GOVAERTS, R.; BELYAEVA, I.; BLACK, N.; LINDON, H.; ALLKIN, R.; MAGILL, R.E.; NICOLSON, N. Counting counts: revised estimates of numbers of accepted species of flowering plants, seed plants, vascular plants and land plants with a review of other recent estimates. **Phytotaxa**, v. 272, p. 82–88, 2016.

LUZ, T.R.S.A; de MESQUITA, L.S.S.; AMARAL, F.M.M.; COUTINHO, D.F. Essential oils and their chemical constituents against *Aedes aegypti* L. (Diptera: Culicidae) larvae. **Acta Tropica**, v. 212, 105705, 2020a.

LUZ, T.R.S.A., LEITE, J.A.C.; MESQUITA, L.S.S.; BEZERRA, S.A.; SILVEIRA, D.P.B.; MESQUITA, J.W.C.; RIBEIRO, E.G.C.; VILANOVA, C.M.; RIBEIRO, M.N.S.; AMARAL, F.N.M.; COUTINHO, D.F. 2020b. Seasonal variation in the chemical composition and biological activity of the essential oil of *Mesosphaerum suaveolens* (L.) Kuntze. **Industrial Crops and Products**, 153: 112600, 2020b.

MENDES, M.S.; MORAES, J. Legal aspects of public health: difficulties in controlling vector-borne and zoonotic diseases in Brazil. **Acta Tropica**, v. 139, p. 84–87, 2014.

MOIRANGTHEM, B.D.; SINGH, S.N. Comparative studies of three potent bioagent against mosquito larvae. **International Journal of Mosquito Research**, v. 5, n. 6, p. 10–14, 2018.

MOREIRA, L.A.; ITURBE-ORMAETXE, I.; JEFFERY, J.A.; LU, G.; PYKE, A.T.; HEDGES, L.M., et al. A Wolbachia symbiont in *Aedes aegypti* limits infection with dengue, Chikungunya, and Plasmodium. **Cell**, v. 139, n. 7, p. 1268-1278, 2009.

MURUGAN, K.; BENELLI, G.; PANNEERSELVAM, C.; SUBRAMANIAM, J.; JEYALALITHA, T.; DINESH, D.; NICOLETTI, M.; HWANG, J.-S.; SURESH, U.; MADHIYAZHAGAN, P. *Cymbopogon citratus*-synthesized gold nanoparticles boost the predation efficiency of copepod *Mesocyclops aspericornis* against malaria and dengue mosquitoes. **Experimental Parasitology**, v. 153, p. 129–138, 2015.

NAZNI, W.A.; HOFFMANN, A.A.; NOORAFIZAH, A.; CHEONG, Y.L.; MANCINI, M.V.; GOLDING, N.; et al. Establishment of *Wolbachia* strain wAlbB in Malaysian populations of *Aedes aegypti* for dengue control. **Current biology**, v. 29, n. 24, p. 4241-4248, 2019.

OMS (Organização Mundial de Saúde). Vector-borne diseases. **Fact sheets**. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/vector-borne-diseases>. Acesso em: 16/06/2023.

PARKER, A.G. Mass-rearing for sterile insect release. In: Sterile insect technique: principles and practice in area-wide integrated pest management. Dordrecht: Springer Netherlands, p. 209-232, 2005.

PAULA, A.R.; CAROLINO, A.T.; PAULA, C.O.; SAMUELS, R.I. The combination of the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae* with the insecticide imidacloprid increases virulence against the dengue vector *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). **Parasites & Vectors**, v. 4, p. 1-8, 2011. DOI: 10.1186/1756-3305-4-8

PAVELA, R. Acute, synergistic and antagonistic effects of some aromatic compounds on the *Spodoptera littoralis* Boisd. (Lep., Noctuidae) larvae. **Industrial Crops and Products**, v. 60, p. 247-258, 2014.

PAVELA, R. Essential oils for the development of eco-friendly mosquito larvicides: a review. **Industrial Crops and Products**, v. 76, p. 174-187, 2015.

POWELL, J.R.; GLORIA-SORIA, A.; KOTSAKIOZI, P. Recent history of *Aedes aegypti*: Vector genomics and epidemiology records. **BioScience**, v. 68, p. 854-860, 2018.

RASGON, J.L.; SCOTT, T.W. An initial survey for *Wolbachia* (Rickettsiales: Rickettsiaceae) infections in selected California mosquitoes (Diptera: Culicidae). **Journal of medical entomology**, v. 41, n. 2, p. 255-257, 2004.

RODRIGUES-ALVES, M.L.; MELO-JÚNIOR, O.A.D.O.; SILVEIRA, P.; MARIANO, R.M.D.S.; LEITE, J.C.; SANTOS, T.A.P.; SOARES, I.S.; LAIR, D.F.; MELO, M.M.; RESENDE, L.A.; SILVEIRA-LEMOS, D.; DUTRA, W.O.; GONTIJO, N.F.; ARAUJO, R.N.; SANT'ANNA, M.R.V.; ANDRADE, L.A.F.; FONSECA, F.G.; MOREIRA, L.A.; GIUNCHETTI, R.C. Historical perspective and biotechnological trends to block arboviruses transmission by controlling *Aedes aegypti* mosquitos using different approaches. **Frontiers in Medicine**, v. 7, p. 1-10, 2020.

ROSS, P.A.; WIWATANARATANABUTR, I.; AXFORD, J.K.; White, V.L.; ENDERSBY-HARSHMAN, N.M.; HOFFMAN, A.A. *Wolbachia* infections in *Aedes aegypti* differ markedly in their response to cyclical heat stress. **PLoS Pathogens**, v. 3, e1006006, 2017. DOI: 10.1371/journal.ppat.1006006

SANTOS, L.M.M.; NASCIMENTO, J.S.; SANTOS, M.A.G.; MARRIEL, N.B.; BEZERRA-SILVA, P.C.; ROCHA, S.K.L.; SILVA, A.G.; CORREIA, M.T.S.; Paiva, P.M.G.; MARTINS, G.F.; NAVARRO, D.A.M.A.F.; NAVARRO, N.M.A.F.; SILVA, M.V.; Napoleão, T. H. Fatty acid-rich volatile oil from *Syagrus coronata* seeds has larvicidal and oviposition-deterring activities against *Aedes aegypti*. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v. 1, p. 1-10, 2017.

SARWAR, M. Controlling dengue spreading *Aedes* mosquitoes (Diptera: Culicidae) using ecological services by frogs, toads and tadpoles (Anura) as predators, **American Journal of Clinical Neurology and Neurosurgery**, v.1, n. 1, p. 18–24, 2015.

SCHOLTE, E.; KNOLS, B.G.J.; SAMSON, R.A.; TAKKEN, W. Entomopathogenic fungi for mosquito control: a review. **Journal of Insect Science**, v.4, n. 1, 19, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1093/jis/4.1.19>.

SCHOLTE, E.J.; TAKKEN, W.; KNOLS, B.G. Infection of adult *Aedes aegypti* and *Ae. albopictus* mosquitoes with the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae*. **Acta tropica**, v. 102, n. 3, p. 151–158, 2007.

SHAALAN, E.A.; CANYON, D.V. Aquatic insect predators and mosquito control. **Public Health**, v. 26, n. 3, p. 223–261, 2009.

SILVÉRIO, M.R.S; ESPINDOLA, L.S.; LOPES, N.P.; VIEIRA P.C. Plant natural products for the control of *Aedes aegypti*: the main vector of important arboviroses. **Molecules**, v. 25, n.15, 3484, 2020. DOI:10.3390/molecules25153484

TEICH, V.; ARINELLI, R.; FAHHAM, L. *Aedes aegypti* e sociedade: O impacto econômico das arboviroses no Brasil. **Brazilian journal of health economics**, v. 9, n. 3, p. 267–276, 2017.

TETREAU, G.; STALINSKI, R.; DAVID, J.-P.; DESPRÉS, L. Monitoring resistance to *Bacillus thuringiensis* subsp. *israelensis* in the field by performing bioassays with each Cry toxin separately. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 108, p. 894-900, 2013.

VINOGRADOV, D.D.; SINEV, A.Y.; TIUNOV, A.V. Predators as control agents of mosquito larvae in micro-reservoirs (review). **Inland Water Biology**, v.15, p. 39–53, 2022.

WEAVER, S.C.; REISEN, W.K. 2010. Present and future arboviral threats. **Antiviral Research**, v. 85, p. 328-345, 2010.

WEERATUNGA, P., RODRIGO, C.; FERNANDO, S.D.; RAJAPAKSE, S. Control methods for *Aedes albopictus* and *Aedes aegypti*. **Cochrane Database of Systematic Reviews**, v. 8, n. CD012759, 2017. DOI: 10.1002/14651858.CD012759

WISNER, B.; ADAMS, J. Environmental health in emergencies and disasters: a practical guide. **World Health Organization**, 252p., 2002. Disponível em: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/4256>. Acesso em: 15/07/2023.

WONG, M.L.; ZULZAHRRIN, Z.; VYTHILINGAM, I.; LAU, Y.L.; SAM, I.C.; FONG, M.Y.; LEE, W.C. Perspectives of vector management in the control and elimination of vector-borne zoonoses. **Frontiers in Microbiology**, v. 14, 1135977, 2023. DOI: 10.3389/fmicb.2023.1135977

XI, Z.; KHOO, C.C.H.; DOBSON, S.L. Wolbachia establishment and invasion in an *Aedes aegypti* laboratory population. **Science**, v. 310, n. 5746, p. 326-328, 2005.

CAPÍTULO 5

USO DE SENSORIAMENTO REMOTO PARA ESTIMATIVA DA ÁREA PLANTADA DE CANA-DE-AÇÚCAR EM CAMPOS DOS GOYTACAZES, RJ

Data de submissão: 05/10/2023

Data de aceite: 01/12/2023

Antônio Ivo Gomes Barbosa

Universidade Federal Fluminense – UFF,
Brasil
<http://orcid.org/0000-0003-1854-3487>

José Carlos Mendonça

Universidade Estadual do Norte
Fluminense Darcy Ribeiro - UENF, Brasil
<http://orcid.org/0000-0001-9894-9369>

Cláudio Henrique Reis

Universidade Federal Fluminense – UFF,
Brasil
<http://orcid.org/0000-0001-8597-3642>

RESUMO: O Brasil é um dos maiores países produtores de açúcar e álcool do mundo. É de extrema importância que seja feita minuciosa análise que execute um planejamento de acordo com a estimativa da produção de cana com base na área plantada para que possa ser estimada a produtividade agrícola daquela porção delimitada. Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo fazer uma estimativa da área plantada de cana-de-açúcar no município de Campos dos Goytacazes – RJ utilizando o Sensoriamento Remoto como ferramenta de análise. A metodologia consistiu no uso das imagens

do Satélite LANDSAT-8 referentes ao ano-safra 2017/2018 processadas no software livre Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas (SPRING) versão 5.5.5. As ferramentas que possibilitaram a culminância do resultado final foram: interpretações visuais para delimitação das áreas de plantio da cana-de-açúcar e identificação das áreas onde seja permitido efetuar a queima da cana-de-açúcar em sua colheita, utilizando para isto a Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico (LEGAL) em consonância com o uso dos modelos digitais de elevação ASTER, SRTM e TOPODATA. Os resultados apontaram uma área plantada de cana-de-açúcar de 25.238,34 hectares no referido município, dentre as quais apresentam declividade superior a 12% de 742,14 ha (ASTER), 242,29 ha (SRTM) e 3.159,65 ha (TOPODATA). As conclusões apontaram para divergências entre valores levantados no presente projeto de pesquisa e os calculados pelos Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) para o referido ano-safra.

PALAVRAS-CHAVE: Geotecnologia; Sistema de Informações Geográficas; Processamento Digital de Imagens;

ABSTRACT: Brazil is one of the largest sugar and alcohol producing countries in the world. It is of utmost importance that a thorough analysis be carried out to carry out a planning according to the estimate of cane production based on the planted area so that the agricultural productivity of that delimited portion can be estimated. In this context, the present work aims to estimate the area planted with sugarcane in the municipality of Campos dos Goytacazes - RJ using Remote Sensing as an analysis tool. The methodology consisted in the use of LANDSAT-8 Satellite images for the 2017/2018 crop year processed in the free software Georeferenced Information Processing System (SPRING) version 5.5.5. The tools that enabled the culmination of the final result were: digital classification and visual interpretations for the delimitation of the sugarcane planting areas and identification of the areas where it is allowed to burn the sugarcane in its harvest, using for this Spatial Language for Algebraic Geoprocessing (LEGAL) in line with the use of digital elevation models ASTER, SRTM and TOPODATA. The results showed a sugarcane planted area of 25,238.34 hectares in that municipality, among which they have a slope greater than 12% of 742.14 ha (ASTER), 242.29 ha (SRTM) and 3,159.65 ha (TOPODATA). The conclusions pointed to divergences between values raised in the present research project and those calculated by the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE) and Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) for the referred crop year.

KEYWORDS: Geotechnology; Geographic Information System; Digital Image Processing; Geography; Physical Geography.

1 | INTRODUÇÃO

Existem vários estudos voltados à cana-de-açúcar que utilizaram o sensoriamento remoto como principal ferramenta de trabalho: Luciano et. al. (2019, p. 223) afirmam, em seu trabalho que buscou gerar estimativa de produtividade através de imagens dos satélites LANDSAT 5, 7 e 8, que “os resultados apontam uma metodologia potencial de estimativa de produtividade da cana-de-açúcar com imagens de satélite”. De Oliveira et. al. (2019) analisaram a produtividade da água na cultura da cana-de-açúcar em condições de irrigação ou ausência de irrigação a partir de imagens do satélite LANDSAT 8. Outros trabalhos também foram realizados neste sentido (FERNANDES, 2009; AGUIAR et. al., 2009; ALVARES et. al., 2008; BOLES et. al., 2004; ZHANG et. al., 2015).

O Brasil tornou-se um importante marco na América Latina no que tange aos estudos a partir de análises com sensoriamento remoto graças ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), visto que tal instituição foi decisiva “na consolidação do sensoriamento remoto como uma tecnologia de uso em escala nacional, projetando o Brasil como a nação pioneira no hemisfério sul a dominar essa tecnologia.” (MENESES e ALMEIDA, 2012, p. 11). O INPE desenvolveu um projeto, já no século XXI, denominado Monitoramento da Cana-de-açúcar via imagens de satélite (CANASAT), cujo principal objetivo foi o fornecimento de informações a respeito da distribuição espacial da área cultivada com

cana-de-açúcar em regiões específicas do centro-sul brasileiro, por meio de imagens de satélite de sensoriamento remoto (INPE, 2019a). Com tal iniciativa, foi possível realizar diversas consultas acerca da localização de canaviais, áreas cultivadas e evolução do cultivo, seja na escala municipal ou estadual, cujas informações podem ser utilizadas pelos setores do agronegócio e meio ambiente, já que ambos estão diretamente ou indiretamente envolvidos com a produção de cana-de-açúcar (Mendonça et al, 2011).

A mesorregião Norte-Fluminense do estado do Rio de Janeiro foi abrangida pelo CANASAT nos anos-safra 2010/2011, 2011/2012 e 2012/2013, tornando possível conhecer que a área total cultivada, por exemplo, na safra 2010/2011 foi de 100.105 ha, com destaque para o município de Campos dos Goytacazes, cuja área total cultivada foi descrita como de 63.429 ha (INPE, 2019b). De acordo com tais dados, o município que mais progrediu em hectares de áreas de cultivo da cana-de-açúcar foi Cabo Frio, com um saldo positivo de 1.174 ha entre os anos-safra de 2010/2011 e 2012/2013. Em contrapartida, o município que mais regrediu em hectares de áreas de cultivo de cana-de-açúcar foi Campos dos Goytacazes, com um saldo negativo de 2.270 ha entre os mesmos anos-safra citados neste parágrafo.

Entretanto, o projeto CANASAT deixou de abranger a região norte-fluminense, de modo que a estimativa da área plantada de cana-de-açúcar não mais foi disponibilizada pelo INPE para este recorte regional e que está localizado o município de Campos dos Goytacazes/RJ, atualmente caracterizado por um baixo investimento econômico na produção de cana-de-açúcar sob o foco de impactos limitantes de políticas setoriais e os riscos climáticos que estão envolvidos, tais como a presença de episódios severos de secas ou inundações que prejudicam a qualidade do solo, o que interfere diretamente na produtividade da cultura e da área plantada. Sendo assim, justifica-se a realização deste trabalho pelo fato da não continuidade do projeto mencionado na região.

Neste sentido, com a hipótese de que houve um declínio na produção desde o fim do monitoramento, o objetivo do trabalho consiste em estimar a área plantada da cana-de-açúcar no município de Campos dos Goytacazes por meio de fotointerpretação, processamento digital de imagens e produtos que derivam do sensoriamento remoto no período que corresponde à safra 2017/2018, além de determinar as áreas de declividade do terreno igual ou superior a 12% que estivessem ocupadas pelo plantio da cana-de-açúcar no respectivo ano-safra. Ressalta-se que a Lei Estadual nº 5.990 de 20 de junho de 2011 somente permite (até 2020) a queima da palha da cana-de-açúcar em terrenos com declividade igual ou superior a 12% por compreender-se que em tais ocasiões o maquinário responsável pela colheita da gramínea não operaria com boa eficiência.

2 | METODOLOGIA

A aquisição de dados para atingir o objetivo proposto no presente estudo se deu por

meio das seguintes etapas (Figura 1):

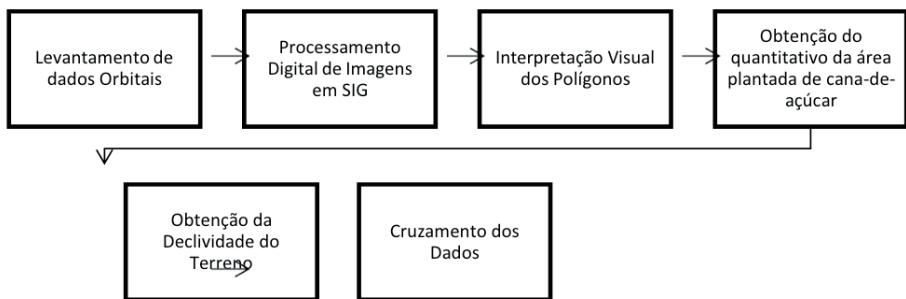


Figura 1 - Fluxograma das etapas metodológicas apresentadas no presente trabalho

Fonte: Os autores (2020).

2.1 Área de Estudo

O município de Campos dos Goytacazes – RJ apresenta uma área total de 4.032,435 km², sendo um dos maiores do país em extensão territorial, com um contingente populacional estimado de 507.548 habitantes para o ano de 2019, densidade demográfica de 115,16 hab/km² e um PIB de 57.096.762 mil reais, sendo o setor proveniente da agricultura e agropecuária responsável por 147.430 mil reais (IBGE, 2010). O mapa de localização da área de estudo é apresentado na Figura 2.

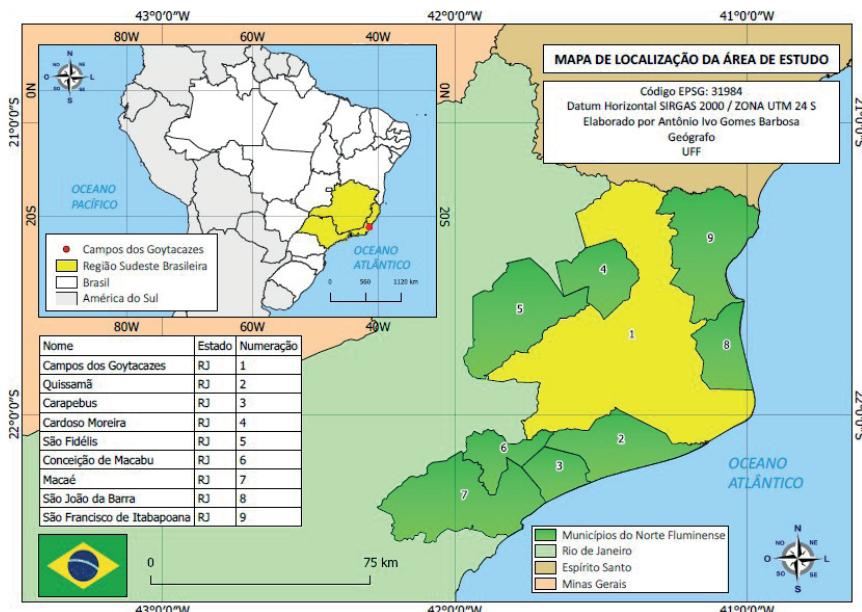


Figura 2 - Mapa de localização da área de estudo

Fonte: Os autores (2020)

Segundo o IBGE (2019), Campos dos Goytacazes apresenta uma área territorial correspondente a estabelecimentos agropecuários de 255.774,547 ha (aproximadamente 63,4%). Desta área ocupada por estabelecimentos agropecuários, 3.113,030 ha são de lavouras permanentes, 31.519,126 são de lavouras temporárias, 143,474 ha são destinados a cultivos de flores, 184.171,139 ha são de pastagens, 839.399 ha são de matas ou florestas naturais, 18.566,985 ha são de matas ou florestas destinadas à preservação permanente ou reserva legal, 419,535 ha são de florestas plantadas e 975,509 ha são de área cultivada com espécies florestais também usadas para lavouras e pastejo por animais.

2.2 Levantamento de Dados Orbitais

A escolha das imagens se deu através de dois critérios: Presença de nuvens e nebulosidade inferior a 15% ou ausência total de nuvens sobre o município correspondente à área de estudo, com espaçamento temporal entre as imagens de modo a observar diferentes estágios de desenvolvimento vegetativo dos colmos da cana-de-açúcar, pois suas diferenças de altura geram resposta visual em tonalidades e cores distintas no âmbito das técnicas de interpretação visual. A Tabela 1 apresenta as datas das imagens escolhidas e utilizadas para a análise e interpretação visual dos talhões de cana-de-açúcar no município de Campos dos Goytacazes, RJ.

Imagen	Data	Ano-Safra
1	21/07/2017	2017-2018
2	09/10/2017	2017-2018
3	02/03/2018	2017-2018
4	08/07/2018	2018-2019

Tabela 1 - Imagens de satélite utilizadas

Fonte: Os autores (2019).

Todas as imagens utilizadas foram provenientes do sensor OLI a bordo do satélite LANDSAT-8, uma vez que tais imagens atenderam aos critérios de resolução a serem trabalhados nesse estudo. O critério de escolha das quatro imagens embasou-se na busca de período similar entre as mesmas, de modo a tornar possível a observação do acompanhamento do ciclo de desenvolvimento da cana-de-açúcar, desde o seu plantio (solo exposto) ou corte (tendência a solo-exposto, visto que o broto da cana remanescente da cana-soca encontra-se muito rente ao solo e sem reflectância característica de vegetação). Nesta etapa, optou-se por escolher imagens entre o início da moagem da cana-de-açúcar no ano-safra 2017/2018, que ocorreu em 20/04/2017 (COAGRO, 2019); e o início da moagem do ano subsequente, em 02/07/2018 (COAGRO, 2019), uma vez que neste intervalo ocorreu o ciclo completo de desenvolvimento, maturação e início da colheita

da cana-de-açúcar.

Também foram adquiridos modelos digitais de elevação (MDE) provenientes do sensor *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) que esteve acoplado ao ônibus espacial *Endeavour* em fevereiro de 2000, e do sensor *Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer* (ASTER) a bordo do satélite TERRA. De acordo com a *National Aeronautics and Space Administration* (NASA, 2019), o modelo digital de elevação global ASTER possui resolução espacial de aproximadamente 30 metros e foi produzido por meio de uma colaboração entre a NASA e o *Japan's Ministry of Economy, Trade, and Industry* (METI). O banco de dados foi criado através de imageamento obtido entre 01/03/2000 e 30/11/2013, utilizando a combinação das bandas 4, 5 e 6 do sensor LANDSAT.

2.3 Processamento Digital de Imagens

O Processamento Digital de Imagens tem como principal objetivo fornecer ferramentas para facilitar identificação e extração de informações contidas nas imagens para posterior interpretação. O resultado desse processo é a produção de outras imagens que contenham informações específicas extraídas e realçadas a partir das imagens brutas. Softwares como o SPRING – INPE versão 5.5.5, que foi utilizado nesta pesquisa, são utilizados para atividades interativas de análise e manipulação das imagens brutas.

2.3.1 Carregamento de Cena

Uma vez que as imagens já haviam sido baixadas e descompactadas, puderam ser carregadas no software SPRING. O presente trabalho utilizou um banco de dados fornecido pelo Laboratório de Engenharia Agrícola (LEAG) da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), sendo os mesmos utilizados por Mendonça et. al (2011), tornando-se, desta forma, uma contribuição ao referido projeto, que foi executado na projeção UTM Datum WGS 84. Optou-se por não alterá-lo, pois o WGS 84 é um sistema de projeção geocêntrico e ainda muito utilizado para as coordenadas cartesianas de sistemas de navegação global por satélite (BIELENKI JÚNIOR e BARBASSA, 2012).

Trabalhou-se exclusivamente com a composição colorida R5, G6, B4. Esta composição possibilita que a vegetação adquira coloração magenta quando se encontra em estágio de desenvolvimento médio ou elevado e na cor tendendo para tons de esverdeados quando encontra-se rasteira. Selecionou-se as imagens referentes às bandas 4, 5 e 6 das quatro datas mencionadas anteriormente, somando um total de 12 imagens nomeadas seguindo a seguinte lógica: satélite_sensor_data_banda.

2.3.2 Delimitação e Exclusão de Áreas

Tal procedimento reduziu o tamanho das imagens originais de forma a abranger apenas o recorte municipal, transformando-as em imagens com quantidade de pixels

suficiente para preencher a área do município em questão, sendo o próximo passo, a realização da composição colorida RGB de acordo com o critério abordado anteriormente. Para realizar este procedimento bastou clicar nas imagens e associá-las às bandas dentro do próprio plano de informação. A composição colorida das imagens é exibida no mosaico correspondente à composição da Figura 2:

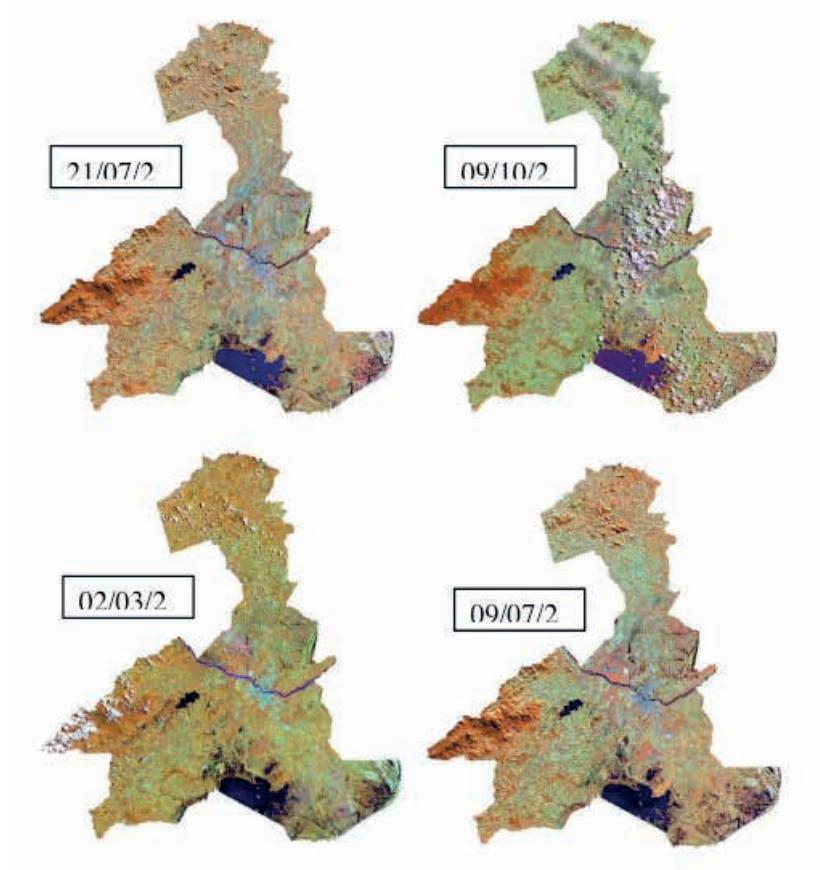


Figura 2 - Comparativo das quatro imagens em composição colorida

Fonte: Os autores (2019).

2.3.3 *Interpretação visual dos polígonos*

A delimitação dos polígonos referentes às áreas de plantio da cana-de-açúcar foi feita por meio da associação visual destas conforme determinada reflectância a partir da seleção de bandas. De acordo com a composição utilizada (bandas R5, G6, B4) áreas de solo exposto apresentavam uma tonalidade esbranquiçada ou levemente azulada, enquanto áreas de cana em pé apresentavam uma tonalidade avermelhada não muito escura (magenta).

A Figura 3 apresenta o demonstrativo da vetorização dos polígonos referentes às

áreas de plantio de cana-de-açúcar com base na interpretação visual através do padrão de cores realizada no SPRING:



Figura 3 – Exemplo da criação do PI para vetorização das áreas de cana-de-açúcar

Fonte: Os autores (2019).

Uma vez elaborada a demarcação dos polígonos referentes ao objeto de estudo, foi preciso criar uma categoria nomeando-a com o objeto de estudo e associá-los a esta categoria, para que o software possa correlacionar a que classe pertence aquele polígono previamente demarcado. O número de classes irá depender do que se quer analisar (no caso de classificações supervisionadas). Em mapeamento do uso do solo é comum haver associação de classes como: água, solo exposto, pastagem/cultura (podendo ser diferenciado o tipo de cultura), vegetação nativa, dentre outras (FLORENZANO, 2011).

2.3.4 *Obtenção da declividade do terreno*

A obtenção da declividade do terreno foi realizada através dos dados disponibilizados pelos modelos digitais de elevação ASTER, SRTM e TOPODATA.

O objetivo foi gerar dois mapas de declividade do município de Campos dos Goytacazes para cada MDE, cujo primeiro apresentasse a classificação da Embrapa (1979) para as classes de declividade (subdividindo o relevo em plano, suave ondulado, ondulado, forte ondulado, montanhoso e escarpado) enquanto o segundo apresentasse somente duas classes em prol da análise referente à Lei Estadual nº 5.990 de 20 de junho de 2011, identificando desta forma áreas onde predominam até 12% de declividade e áreas em que seu percentual encontra-se acima deste valor).

A etapa seguinte foi a observância da análise exploratória dos dados estatísticos referentes à matriz do PI do mosaico dos dados de declividade referente ao município de Campos dos Goytacazes – RJ. Sendo assim, criou-se uma classe temática de acordo com a classificação de declividade feita pela Embrapa (2006), cujos intervalos adotados foram: de 0% a 3%; de 3% a 8%; de 8% a 20%; de 20% a 45%; de 45% a 75%; e, por fim, de 75% a 100%.

O procedimento seguinte foi associar as cores para cada classe em “Visual”. Os valores exibidos no Relatório de Dados foram transformados em porcentagem para que as classes temáticas pudessem ser exibidas, primeiramente, de acordo com a classificação Embrapa (1919).

2.3.5 Cruzamento dos dados

Esta etapa consistiu em programar o software para que ele retornasse os valores referentes à análise estatística exploratória da área ocupada por cana-de-açúcar inserida em áreas com declividade maiores ou iguais a 12%. Tais são as áreas em que seria permitida a queima da palha da cana-de-açúcar no período da colheita, devido à dificuldade de alocação dos maquinários responsáveis por realizar a colheita. Para a realização de tal procedimento, utilizou-se a Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico (LEGAL), um algoritmo disponibilizado no software Spring. A Figura 4 exibe como exemplo o procedimento feito com o MDE TOPODATA, sendo o mesmo também realizado nos MDE ASTER e SRTM.

```
1  {
2 // Exemplo de cruzamento entre todos planos temáticos faz uniao e interseccao de mapas
3
4 Tematico mapa("Tematico");
5 Tematico cla("Tematico");
6 Numerico decli("DEM_TOPODATA");
7
8 //alterar linhas em vermelho abaixo
9 decli=Recupere(Nome="mosaico_topodata");
10 cla=Recupere(Nome="CANA_MESTRADOIVO_REFEITO_20/05/2019");
11 mapa=Novo(Nome="CANA_MESTRADOIVO_DECLIVIDADE_TOPODATA", ResX=28.5, ResY=28.5);
12
13
14 mapa= decli>= 12 && cla.Classe=="CANA"?Classe("CANA"):Classe(0);
15
16 }
17
```

Figura 4 - Sintaxe do algoritmo LEGAL para análise de áreas de declividade $\geq 12\%$

Fonte: Os autores (2019).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

O cálculo de medida de classes apontou uma área plantada de cana-de-açúcar no ano-safra 2017/2018 de 25.238,34 ha. Como o município possui uma extensão territorial de 403.243,5 ha, a área ocupada com o cultivo da cana-de-açúcar para o respectivo ano-safra equivale a aproximadamente 6,26% de sua extensão territorial.

A Figura 5 exibe o mapa que apresenta a área plantada de cana-de-açúcar referente ao ano-safra 2017/2018.

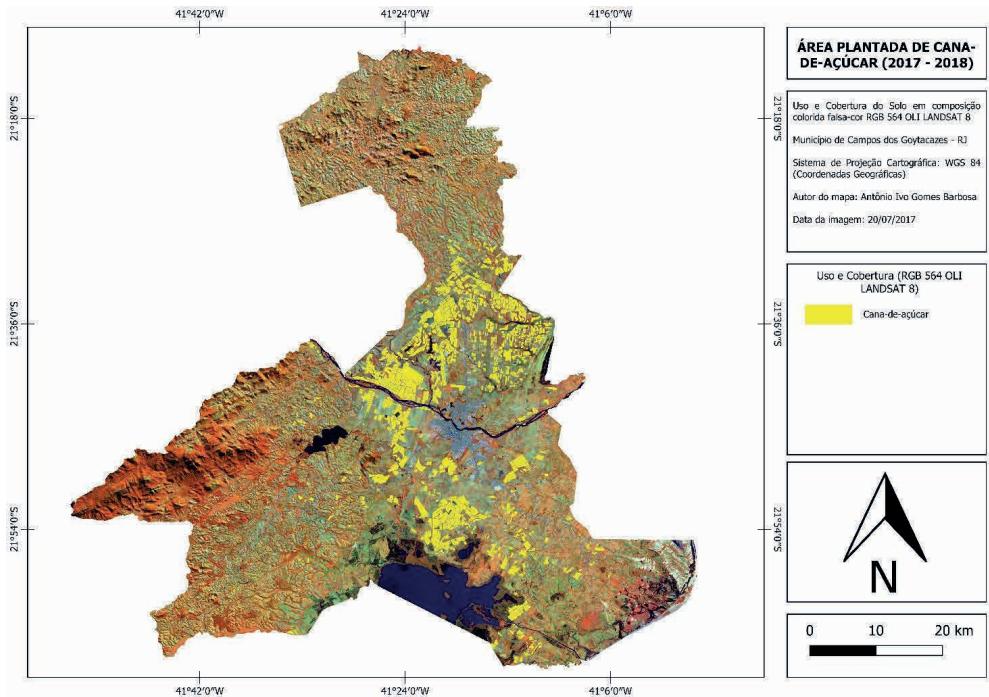


Figura 5 - Área plantada de cana-de-açúcar em Campos dos Goytacazes por meio da IVP

Os resultados para os valores de declividade do território do município de Campos dos Goytacazes segundo Embrapa (2006) estão apresentados em valores unitários (ha) de acordo com os MDE TOPODATA, SRTM e ASTER na Tabela 2.

Classe de Declividade (EMBRAPA, 2006)	Valor unitário (ha) TOPODATA	Valor Unitário (ha) SRTM	Valor Unitário (ha) ASTER	Maior diferença (ha)
0% a 3%	273.906,04	283.259,41	262.987,74	20.271,67
3% a 8%	88.217,8	75.862,45	96.389,91	20.527,46
8% a 20%	37.707,53	34.941,22	40.885,38	5.944,16
20% a 45%	3.098,30	4.567,84	2.687,23	1.880,61
45% a 75%	114,84	131,67	93,04	38,63
75% a 100%	5,64	14,63	2,58	12,05

Tabela 2 - Resultados de valores de declividade dos MDE TOPODATA, SRTM e ASTER

Fonte: Autores, 2019.

A Tabela 3 apresenta os resultados da declividade territorial para os MDE TOPODATA, SRTM e ASTER sobre o município de Campos dos Goytacazes de acordo com os critérios da Lei Estadual nº 5.990 de 20 de junho de 2011. Portanto, tais resultados têm como objetivo apresentar os valores de extensão territorial total com declividades abaixo e acima

de 12% e, deste modo, identificar a área ocupada pelo plantio da cana-de-açúcar onde seja permitida a queima da palha da cana.

MDE	Classe de Declividade	Valor unitário (ha)
TOPODATA	0 % a 12%	385.873,94
	12% a 100%	17.176,2
SRT	0 % a 12%	378.676,31
	12% a 100%	20.100,90
ASTER	0 % a 12%	386.815,09
	12% a 100%	16.230,79

Tabela 3: Resultados de valores de declividade total segundo a Lei Estadual nº 5.990 de 20 de junho de 2011

Fonte: Os autores (2019).

A Tabela 4 exibe o resultado dos valores de declividade da área plantada de cana-de-açúcar no município de Campos dos Goytacazes – RJ segundo os parâmetros elencados pela Lei Estadual nº 5.990 de 20 de junho de 2011.

MDE	Unitário (ha)	% da área plantada total	% do território municipal
TOPODATA	742,15	2,94%	0,18%
SRTM	242,29	0,96%	0,06%
ASTER	3.159,65	12,52%	0,78%

Tabela 4 - Resultados de valores de declividade iguais ou superiores a 12% de área plantada de cana-de-açúcar

Fonte: Os autores (2019).

Os dados prévios de referencial teórico apresentavam estimativa de redução de 57.227,25 há na área plantada de cana-de-açúcar em Campos dos Goytacazes entre 1990 e 2013, o que endossa um declínio da atividade sucroalcooleira na região com a diminuição do número de usinas de moagem no município.

Houve grande divergência entre os valores levantados pela CONAB e IBGE (2019) para o quantitativo de área plantada de cana-de-açúcar no ano-safra 2018/2019, uma vez que a CONAB havia apresentado área plantada de 19.200 ha enquanto o IBGE apresentou uma área plantada de 30.000 ha no município para o referido ano-safra. Tais divergências de valores entraram em consonância com a dificuldade de obtenção de dado oficial que melhor represente a realidade. O presente trabalho levantou uma estimativa de área plantada de 25.238 ha, o que é positivo se forem tomados como parâmetros os valores apresentados pela CONAB e IBGE, uma vez que é um número consideravelmente médio entre ambos (ainda que eles não tenham sido usados como parâmetros em momento

algum ao longo da elaboração deste trabalho).

Os modelos digitais de elevação apresentaram valores distintos entre si para diferentes classes de declividade de acordo com critérios da Lei Estadual nº 5.990 de 20 de junho de 2011 (<12% e >=12%). Houve uma variação máxima de 8.138,78 ha entre o menor e o maior valor de classe de declividade <12%, e de 3.870,11 ha para declividade >=12%. Verificou-se considerável distinção entre o maior e o menor valor de área plantada de cana-de-açúcar com valores de declividade iguais ou superiores a 12%, gerando um equivalente de 2.917,36 ha. No que se refere à análise com o levantamento de dados utilizando os MDE TOPODATA, SRTM e ASTER, sugere-se existência de uma área plantada de cana-de-açúcar entre 242,29 ha e 3.159,65 ha onde a queima da palha da cana seja permitida por apresentarem declividade do terreno igual ou superior a 12%, o que seria equivalente a um valor entre 9,6% e 12,52% do total estimado de área plantada no ano-safra 2017/2018. Tal variação justifica-se a depender do MDE analisado, visto que existem discrepâncias de valores entre eles.

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

A hipótese de ter havido um significativo declínio de área plantada de cana-de-açúcar no município de Campos dos Goytacazes desde a última estimativa feita em 2013 foi confirmada, pois segundo o valor levantado no presente trabalho a redução de área plantada foi de 35.921 ha. O método de fotointerpretação por meio de interpretação visual de polígonos para o levantamento de estimativa de área plantada de cana-de-açúcar por Sensoriamento Remoto mostrou-se eficaz, uma vez que os valores levantados se mantiveram entre dois valores de órgãos governamentais oficiais.

Tamanha disparidade de valores entre os órgãos oficiais do governo e entre os modelos digitais de elevação utilizados ampliam a margem de erro, o que talvez seja inviável quando desejar-se obter precisão numérica dos resultados. Em contrapartida, por se tratar de uma área de estudo extensa, a metodologia utilizada mostrou-se eficiente.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, Daniel A. de; RUDORFF, Bernardo F. T.; ADAMI, Marcos and SHIMABUKURO, Yosio E.. Imagens de sensoriamento remoto no monitoramento da colheita da cana-de-açúcar. **Eng. Agríc.** [online]. 2009, vol.29, n.3, pp.440-451.

ALVARES, Clayton A.; DE OLIVEIRA, Cleomar F.; VALADÃO, Fábio T.; MOLIN, José P.; SALVI, José V.; FORTES, Caio. **Sensoriamento Remoto no mapeamento de falhas de plantio em cana-de-açúcar.** In.: Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão – CONBAP. 2008.

BIELENKI JUNIOR, C.; BARBASSA, A. P. **Geoprocessamento e recursos hídricos: aplicações práticas.** São Carlos, SP: EDUFSCar, 2012. 257 p.

BISINOTTO, Edneia Freitas Gomes. **A evolução dos engenhos de cana-de-açúcar às usinas sucroenergéticas no Brasil e a aplicabilidade da lei nº 11.101/2005 nos dias atuais.** 2018. Artigo disponível na página “Boletim Jurídico”. Disponível em: <<https://www.boletimjuridico.com.br/doutrina/artigo/4830/a-evolucao-engenhos-cana-acucar-as-usinas-sucroenergeticas-brasil-aplicabilidade-lei-n-111012005-dias-atuais>>. Acesso em: 27 fev. 2019.

BOLES, S.; XIAO, X.; ZHANG, Q.; MUNKHUTYA, S.; LIU,J.; OJIMA, D. S. Land cover characterization of Temperate East Asia: using multi-temporal image data of VEGETATION sensor. **Remote Sensing of Environment**, v. 90, p. 477-489, 2004.

CBHBPSI – **Comitê de Bacia Hidrográfica do Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana**, 2019. Disponível em:<<http://www.cbhbaixoparaiba.org.br/ocomite.php>>. Acesso em 06/04/2019.

COAGRO (Campos dos Goytacazes). **Cooperativa Agroindustrial do Estado do Rio de Janeiro**. 2019. Disponível em: <<http://www.coagro.coop.br/noticias>>. Acesso em: 03 jun. 2019.

DE OLIVEIRA, Daniela Araujo et al; PRODUTIVIDADE DA ÁGUA EM CANA-DE-AÇÚCAR IRRIGADA E NÃO IRRIGADA UTILIZANDO IMAGENS DO SATÉLITE LANDSAT 8. In: ANAIS DO XIX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2019, Santos. **Anais eletrônicos...** Campinas, GALOÁ, 2019. Disponível em: <<https://proceedings.science/sbsr-2019/>> Acesso em: 12 set. 2019.

EMBRAPA (Brasil). **LANDSAT** - Land Remote Sensing Satellite. 2013. Disponível em <https://www.cnpm.embrapa.br/projetos/sat/conteudo/missao_landsat.html>. Acesso em 08 abr. 2019.

EMBRAPA(Brasil). **SRTM - Shuttle Radar Topography Mission**. Disponível em:<https://www.cnpm.embrapa.br/projetos/sat/conteudo/missao_srtm.html>. Acesso em: 14 out. 2019.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, 1979. 271p.

FERNANDES, Jeferson Lobato. **Monitoramento da cultura de cana-de-açúcar no estado de São Paulo por meio de imagens SPOT vegetation e dados meteorológicos**. Jeferson Lobato Fernandes. -- Campinas, SP: [s.n.], 2009.

FLORENZANO, Teresa Gallotti. **Iniciação em Sensoriamento Remoto**. 3ª edição ampliada e atualizada. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. Disponível em: <<https://ebooks.ofitexto.com.br/epubreader/inicio-em-sensoriamento-remoto>>. Acesso em 01 Mai 2019.

IBGE (Brasil). **Campos dos Goytacazes**. 2010. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/campos-dos-goytacazes/panorama>. Acesso em 03/10/2018.

INPE (Brasil). **CANASAT: Monitoramento de Cana-de-açúcar via imagens de satélite**. 2019a. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/laf/canasat/tabelas.html>>. Acesso em: 25 fev. 2019.

MENDONÇA, José C.; DE FREITAS, Ramon M.; DE AGUIAR, Daniel A.; DE SOUSA, Elias F.; MUNIZ, Rodrigo de A.; ESTEVES, Barbara dos S. Mapeamento das áreas de cana-de-açúcar na Região Norte-Fluminense - RJ por uso de técnicas de Sensoriamento Remoto. **Revista de Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 31, n. 3, p.561-571, maio 2011.

MENESES, Paulo Roberto; ALMEIDA, Tati de. **Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Brasília: UnB / CNPQ, 2012. 276 p. Disponível em <<http://www.cnpq.br/documents/10157/56b578c4-0fd5-4b9f-b82a-e9693e4f69d8>>. Acesso em: 17 dez. 2018.

ZHANG, L. X.; ZHOU, D. C.; FAN, J. W.; HU, Z. M. Comparison of four light use efficiency models for estimating terrestrial gross primary production. **Ecological Modelling**, v. 300, p. 30-39, 2015.

CAPÍTULO 6

PARÂMETROS DE QUALIDADE DO LEITE INFORMAL COMERCIALIZADO NA ILHA DE SÃO LUÍS - MA

Data de submissão: 08/11/2023

Data de aceite: 01/12/2023

Anahikary Araújo Fukuda

Universidade Estadual do Maranhão
(UEMA)

São Luís, Maranhão

<http://lattes.cnpq.br/5480410424281997>

Lenka de Moraes Lacerda

Universidade Estadual do Maranhão
(UEMA)

São Luís, Maranhão

<http://lattes.cnpq.br/4499976656869163>

Carla Janaina Rebouças Marques do Rosário

Universidade Estadual do Maranhão
(UEMA)

São Luís, Maranhão

<http://lattes.cnpq.br/8929786232927576>

químicas: alizarol, acidez titulável, índice crioscópico, teor de gordura, densidade relativa a 15°C, sólidos totais (ST), sólidos não gordurosos (SNG), pesquisa de enzimas (fosfatase alcalina e peroxidase), pesquisa de resíduos de antibióticos no leite e contagem de células somáticas (CCS). Observou-se um percentual significativo de amostras fora dos padrões de normalidade para o alizarol (6,6%), acidez titulável (43,3%), índice crioscópico (53,3%), teor de gordura (6,6%), densidade relativa a 15°C (50%), ST (53,3%), SNG (63,3%), enzima peroxidase (13,3%) e CCS (73,3%). Em contrapartida, os resultados das pesquisas da enzima fosfatase alcalina e dos resíduos de antibióticos no leite, encontraram-se dentro dos padrões preconizados pelas legislações (RIISPOA/2020 e IN 76/2018). A partir dos resultados obtidos, observa-se a necessidade de uma maior fiscalização da vigilância sanitária municipal na comercialização informal de leite nesses estabelecimentos.

PALAVRAS-CHAVE: saúde pública, alimentos, células somáticas.

RESUMO: Objetivou-se com este estudo avaliar os parâmetros de qualidade do leite informal comercializado na Ilha de São Luís, Maranhão, Nordeste do Brasil. Foram utilizadas 30 amostras adquiridas ao acaso em padarias e comércios na grande Ilha, logo após conduzidas em caixa isotérmica contendo gelo reciclável ao Laboratório de Tecnologia de Alimentos da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA). Foram realizadas as seguintes análises físico-

QUALITY PARAMETERS OF INFORMAL MILK SOLD ON THE ISLAND OF SÃO LUÍS – MA

ABSTRACT: The aim of this study was to evaluate the quality parameters of informal milk sold on the island of São Luís, Maranhão, in northeastern Brazil. We used 30 samples acquired at random from bakeries and shops on the island, and then taken in an isothermal box containing recyclable ice to the Food Technology Laboratory at the State University of Maranhão (UEMA). The following physicochemical analyses were carried out: alizarol, titratable acidity, cryoscopic index, fat content, relative density at 15°C, total solids (TS), solids-not-fat (SNF), enzyme tests (alkaline phosphatase and peroxidase), antibiotic residues in milk and somatic cell count (SCC). There was a significant percentage of samples outside the normal range for alizarol (6.6%), titratable acidity (43.3%), cryoscopic index (53.3%), fat content (6.6%), relative density at 15°C (50%), TS (53.3%), SNF (63.3%), peroxidase enzyme (13.3%) and SCC (73.3%). On the other hand, the results of the alkaline phosphatase enzyme and antibiotic residue tests in the milk were within the standards recommended by the legislation (RIISPOA/2020 and IN 76/2018). Based on the results obtained, there is a need for greater inspection by municipal health surveillance of the informal marketing of milk in these establishments.

KEYWORDS: public health, food, somatic cells.

1 | INTRODUÇÃO

O leite é um alimento com bom valor nutritivo, e com isso apresenta condições ideais para a multiplicação de diversos microrganismos, onde muitos podem ser patogênicos. Isso ocorre principalmente quando o leite não recebe tratamento térmico adequado. Desse modo, pode apresentar risco ao consumidor, principalmente quando é advindo de fonte informal a partir do leite cru não pasteurizado (SOUSA, 2005). Esse fato acaba se agravando, pois, estes alimentos em sua maioria estão presentes na dieta de crianças, idosos e pessoas imunocomprometidas.

O leite informal é caracterizado como o produto vendido diretamente do produtor ao consumidor, sem a garantia de ter sido submetido a qualquer tipo de tratamento térmico ou que sejam obedecidas as mínimas condições de higiene exigidas para a captação, transporte e comercialização desse produto (BELOTI, 2015).

A Organização Mundial da Saúde (OMS) afirma a existência de 7 doenças viróticas básicas e 16 doenças bacterianas que podem ser veiculadas pelo leite, destacando-se: as ricketisioses (febre Q), infecções e intoxicações bacterianas (tuberculose, brucelose, listeriose, clostridioses), intoxicações alimentares (principalmente devido à toxina de *Staphylococcus aureus*), febre tifóide e paratifóide, salmonelose e intoxicações estreptocócicas (DALAQUA *et al.*, 2012).

Segundo Nero *et al.* (2004), apesar de ser ilegal a venda do leite cru (informal) no Brasil, este produto ainda representa uma fonte alternativa de comércio, uma vez que existe uma demanda bem estabelecida para o leite não pasteurizado no país. Tal fato pode ser explicado pelas questões culturais, onde produtos caseiros ou artesanais são vistos

como mais frescos, nutritivos e isentos de produtos químicos.

Segundo Ponsano *et al.* (2001), o leite informal no Brasil é obtido em péssimas condições higiênico-sanitárias, sem higiene no momento da ordenha, sendo fraudados com água não potável, apresentando elevadas contagens de microrganismos, além do uso indiscriminado de antibióticos, constituindo um risco à saúde pública, principalmente quando consumido cru.

Diante disso, muitos produtores com o intuito de melhorar o aspecto do leite ou mascarar as falhas, cometem fraudes no leite, com a adição de conservantes (hipoclorito, formol, soda cáustica, cloretos) e neutralizantes, além da retirada da gordura, alterando a composição físico-química e o valor nutricional do leite (OLIVAL; SPEXOTO, 2004).

A inspeção sanitária é um procedimento feito por uma equipe de fiscalização composta por autoridades sanitárias, que são capazes de prevenir, diminuir e eliminar os riscos, com boas práticas de produção, prestação de serviços, visando avaliar toda a cadeia alimentar, sendo que a vigilância sanitária (VISA) possui um papel de grande importância no processo de fiscalização do comércio do leite informal (*in natura*). A venda dos produtos informais não ocorre somente por meio de vendedores ambulantes, ou seja, tais produtos também são comercializados em comércios, mercados de bairro, feiras e padarias, o que demonstra a necessidade de uma maior ação de fiscalização dos produtos nesses locais (FLORINDO *et al.*, 2021).

A avaliação da qualidade físico-química do leite *in natura* é fundamental para assegurar o seu consumo pela população e o aproveitamento como matéria-prima de seus derivados. As maiores preocupações estão relacionadas ao estado de conservação e a sua integridade físico-química, principalmente aquela relacionada à adição ou remoção de substâncias químicas próprias ou estranhas à sua composição (BARBOSA *et al.*, 2014).

Apesar de ser proibido o comércio de leite sem inspeção nas cidades, ainda existe a comercialização ilegal em bairros periféricos na Ilha de São Luís - MA, como o bairro do Maiobão e da Cidade Operária, principalmente em padarias e pequenos comércios. Esta situação é motivo de preocupação, levando em consideração que o leite cru pode causar várias doenças graves que podem levar o indivíduo à morte.

Diante do exposto, objetivou-se com este estudo avaliar os parâmetros de qualidade do leite informal comercializado na Ilha de São Luís, Maranhão, Nordeste do Brasil.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

Foi realizada uma pesquisa de campo para detectar e mapear os principais pontos de venda de leite informal comercializados na Ilha de São Luís, Maranhão. Em seguida, foram adquiridas 30 amostras de leite comercializadas em 30 padarias e comércios na grande Ilha. Posteriormente as amostras foram identificadas (A1 a A30) e armazenadas em caixa isotérmica contendo gelo reciclável e conduzidas ao Laboratório de Tecnologia

de Alimentos do Curso de Medicina Veterinária da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA). Foram realizadas as seguintes análises físico-químicas: alizarol, acidez titulável, índice crioscópico, densidade relativa a 15°C, teor de gordura, Sólidos Totais (ST) Sólidos Não Gordurosos (SNG) e pesquisa de enzimas (fosfatase alcalina e peroxidase).

Além disso, foram realizadas análises para verificar a presença de resíduos de antibiótico no leite informal, pelo método rápido Eclipse 50 (CAP LAB) e contagem de células somáticas (CCS) através do método rápido Somaticell SCC Test (IDEXX).

Os dados foram analisados por meio de estatística descritiva com o objetivo de compará-los aos padrões oficiais estabelecidos pela legislação vigente, RIISPOA (BRASIL, 2020) e IN 76 (BRASIL, 2018a), e seguiram a metodologia descrita por BRASIL (2018c).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante a coleta das amostras de leite, constatou-se que nem todas estavam sob refrigeração, ou seja, algumas encontravam-se em temperatura ambiente. Além disso, não haviam informações sobre a origem do leite comercializado, nem de como esses produtos eram transportados aos locais de venda, bem como do tempo em que estavam expostos à venda, pois não havia data de expedição nas embalagens do produto e nem data de validade.

De acordo com a Instrução Normativa 76 de 2018 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), o leite cru refrigerado deve atender aos seguintes parâmetros físico-químicos: apresentar estabilidade ao alizarol na concentração mínima de 72% (setenta e dois por cento), ter no mínimo 3% de gordura, ter no mínimo 8,4% de Sólidos Não Gordurosos (SNG), ter no mínimo 11,4% de Sólidos Totais (ST), apresentar acidez titulável entre 0,14 a 0,18g/mL, apresentar densidade relativa a 15°C entre 1,028 e 1,034 e apresentar índice crioscópico entre -0,530°H (quinhentos e trinta milésimos de grau Hortvet negativos) e -0,555°H (quinhentos e cinquenta e cinco milésimos de grau Hortvet negativos).

Os resultados obtidos em relação ao índice crioscópico demonstraram que 16 amostras estavam fora dos padrões estabelecidos pela legislação, apresentando valores fora do intervalo de -0,530°H e -0,555°H (BRASIL, 2018a). O resultado desta análise corrobora com um estudo feito por De Mendonça *et al.* (2009), avaliando a qualidade físico-química de amostras de leite cru comercializado informalmente no norte do Paraná, onde nove das 20 amostras analisadas, apresentaram índice crioscópico abaixo de -0,530°H. Índices crioscópicos que se apresentam mais negativos do que -0,550°H podem indicar um leite ácido ou fraude por adição de água e solutos, com predominância de solutos (BELOTI, 2015).

Os resultados obtidos em relação ao teste de alizarol, demonstraram que 22 amostras estavam dentro dos padrões exigidos pela legislação, com coloração normal

(vermelho tijolo) e sem formação de grumos, indicando um leite com acidez normal e estabilidade ao álcool 72% v/v (BRASIL, 2018b). Em seis amostras houve a formação de grumos e o meio apresentou coloração normal. E duas amostras apresentaram-se ácidas, com mudança na coloração do meio, variando entre amarelo e marrom claro, com formação de grumos, demonstrando instabilidade ao teste e consequentemente encontrando-se fora dos padrões das legislações. No estudo, De Mendonça *et al.* (2009) observou-se resultados semelhantes, sendo que, das 20 amostras analisadas, seis apresentaram-se ácidas e duas alcalinas.

Os resultados obtidos em relação ao teor de gordura demonstraram que duas amostras estavam fora dos padrões exigidos pela legislação, pois apresentaram valores abaixo do teor mínimo estabelecido de 3% de gordura (BRASIL, 2018a). Esse resultado difere dos que foram encontrados por Amaral; Santos (2011), onde a caracterização físico-química do leite cru comercializado na cidade de Solânea – PB, revelou que todas as amostras estavam de acordo com o que é previsto pela legislação. Souza *et al.* (2018) avaliando os parâmetros físico-químicos do leite “*in natura*” comercializado informalmente no município de Imperatriz - MA, observaram que, das 20 amostras analisadas, quatro obtiveram resultados inferiores a 3% de gordura por amostra.

Os resultados obtidos em relação à acidez titulável demonstraram que 13 amostras estavam fora dos padrões exigidos pela legislação, apresentando valores acima de 0,18g/mL. Resultados distintos foram verificados em estudo avaliando os parâmetros físico-químicos do leite bovino cru refrigerado de pequenos agropecuaristas do Sertão de Angicos - RN, em que Nascimento; Galvão (2020) observaram que, de 32 amostras analisadas, apenas uma ultrapassou o limite de acidez permitido, com 0,20g/mL. Segundo Beloti (2015), existem algumas causas que promovem a acidez no leite, e a mais comum é a presença de bactérias que degradam a lactose produzindo ácido lático. Outras causas são a presença de colostro e gás carbônico no leite.

Os resultados obtidos em relação à densidade demonstraram que 15 amostras estavam fora dos padrões exigidos pela legislação, apresentando valores abaixo do mínimo estabelecido de 1,028 (BRASIL, 2018a). Esses resultados divergem com os encontrados por Nascimento; Galvão (2020), onde todas as amostras analisadas encontravam-se dentro dos padrões permitidos pela legislação. Segundo Calderón *et al.* (2006), quando a densidade do leite se apresenta elevada, pode indicar falta de proteína e quando apresenta valores muito baixos, indica possível adição de água no leite. O processo de aguagem do leite pode ocasionar a redução dos valores nutricionais, além de existir o risco de contaminação por micro-organismos presentes na água (SOUZA, 2006; SILVA *et al.*, 2010).

Os resultados obtidos em relação aos Sólidos Totais (ST) demonstraram que 16 amostras estavam fora dos padrões exigidos pela legislação, apresentando valores abaixo do mínimo estabelecido de 11,4g/mL (BRASIL, 2018a). Resultados semelhantes foram encontrados por De Paula Silva *et al.* (2019), realizando análises físico-químicas em um

Iaticínio sob inspeção federal no município de Lima Duarte - MG onde, das 51 amostras analisadas, seis apresentaram valores inferiores ao mínimo estabelecido pela legislação.

Os resultados obtidos em relação aos Sólidos Não Gordurosos (SNG) demonstraram que 19 amostras estavam fora dos padrões exigidos pela legislação, apresentando valores abaixo da concentração mínima estabelecida de 8,4g/mL (BRASIL, 2018a). Resultados semelhantes foram observados por De Paula Silva *et al.* (2019), onde 17 amostras apresentaram valores abaixo da concentração mínima estabelecida.

Os resultados obtidos em relação à pesquisa de peroxidase demonstraram que quatro amostras estavam fora dos padrões exigidos pela legislação, apresentando resultado negativo para a presença da enzima. Quando o resultado é negativo, é necessário analisar a matéria prima, pois esta pode ter sofrido um sobreaquecimento com o intuito de mascarar um produto de baixa qualidade. Dessa forma, o leite cru e o pasteurizado devem testar positivo para a peroxidase (VIDAL; NETTO, 2018).

Os resultados obtidos em relação à pesquisa de fosfatase alcalina demonstraram que todas as amostras estavam dentro dos padrões exigidos pela legislação, pois apresentaram teste positivo para a presença desta enzima. A enzima fosfatase alcalina é encontrada normalmente no leite cru, sendo destruída pelo calor produzido no processo de pasteurização (ECHEVARRENA, 2013).

Os resultados obtidos em relação à pesquisa de resíduos de antibióticos no leite demonstraram que todas as amostras apresentaram resultado negativo para a presença dos resíduos, apresentando conformidade com o previsto pela legislação. Silva (2019) verificou resultados diferentes, avaliando a detecção de resíduos de antibióticos em leite comercializado informalmente no município de Rolim de Moura - RO, observou que, das 99 amostras analisadas, 17 apresentaram resultado positivo para a presença de resíduos de antibióticos no leite. Ströher *et al.* (2021a) analisando a presença de resíduos de antibióticos em tanques de transportadores de leite cru refrigerado do norte do Rio Grande do Sul, verificaram que de 651 amostras de leite, uma amostra apresentou resultado positivo para resíduos de antibiótico.

Os resultados verificados em relação à contagem de células somáticas (CCS) demonstraram que 22 amostras apresentaram resultados acima do limite permitido pela legislação, que é de no máximo 500.000 CS/mL (BRASIL, 2018a). Resultados diferentes foram verificados por Da Trindade *et al.* (2018), avaliando a qualidade do leite cru comercializado no município de Rio Pomba - MG, observaram que, três das cinco amostras analisadas apresentaram valores de CCS acima do permitido. Ströher *et al.* (2021b) avaliando a qualidade do leite cru refrigerado de transportadores de leite da região das Missões - RS, verificaram que dos 21 tanques analisados, 18 apresentaram inconformidade com a legislação, apresentando valores além do limite máximo estabelecido. Valores elevados da CCS se devem à inflamação da glândula mamária, resultando no aumento do número de células somáticas no leite (ARCURI *et al.*, 2006).

Os resultados obtidos nessa pesquisa demonstram que os parâmetros de qualidade do leite que é comercializado nesses locais, estão em sua maioria, em desacordo com a Instrução Normativa 76/2018 e RIISPOA/2020, sendo importante que medidas sejam tomadas a fim de limitar ou impedir a venda deste produto.

4 | CONCLUSÃO

Conclui-se que o leite comercializado informalmente na Ilha de São Luís, Maranhão, Nordeste do Brasil encontra-se fora dos padrões previstos pelas legislações IN 76/2018 e RIISPOA/2020. Diante disso, faz-se necessário uma maior ação de fiscalização pela vigilância sanitária municipal nos principais pontos de comercialização desse produto, visto que o mesmo pode ocasionar sérios problemas à saúde pública.

REFERÊNCIAS

AMARAL, C.R.S.; SANTOS, E.P. Leite cru comercializado na cidade de Solânea, PB: caracterização físico-química e microbiológica. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.13, n.1, p. 7-13, 2011.

ARCURI, E.F. et al. Qualidade microbiológica do leite refrigerado nas fazendas. **Arq Bras de Medic Vet e Zootec**, Belo Horizonte, v.58, n.3, p.440-446, 2006.

BARBOSA, H.P. et al. Caracterização físico-química de amostras de leite *in natura* comercializados no Estado da Paraíba. **Rev. Ciênc. Saúde Nova Esperança**, v. 12, n. 2, p. 6-15, 2014.

BELOTTI, V. **Leite: obtenção, inspeção e qualidade**. 1^a ed. Londrina: Editora Planta, 2015.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Decreto nº 10.468**, de 18 de agosto de 2020. Altera o Decreto nº 9.013, de 29 de março de 2017, que regulamenta a Lei nº 1.283, de 18 de dezembro de 1950, e a Lei nº 7.889, de 23 de novembro de 1989, que dispõem sobre o regulamento da inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/decreto-n-10.468-de-18-de-agosto-de-2020-272981604>. Acesso em 10 setembro. 2023.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 76, de 26 de novembro de 2018**. Regulamentos Técnicos que fixam a identidade e as características de qualidade que devem apresentar o leite cru refrigerado, o leite pasteurizado e o leite pasteurizado tipo A. 2018a. Disponível em: https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/52750137/do1-2018-11-30-instrucao-normativa-n-76-de-26-de-novembro-de-2018-52749894IN%2076. Acesso em 10 setembro. 2023.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 77, de 26 de novembro de 2018**. Critérios e procedimentos para a produção, acondicionamento, conservação, transporte, seleção e recepção do leite cru em estabelecimentos registrados no serviço de inspeção oficial. 2018b. Disponível em: https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/52750141/do1-2018-11-30-instrucao-normativa-n-77-de-26-de-novembro-de-2018-52749887. Acesso em 10 setembro. 2023.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 30, de 26 de junho de 2018.** Manual de procedimentos para Laboratórios – Área: Microbiologia e Físico-Química de produtos de Origem Animal. 2018c. Disponível em: https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TzC2Mb/content/id/29896222/do1-2018-07-13-instrucao-normativa-n-30-de-26-de-junho-de-2018-29896212. Acesso em 10 setembro. 2023.

CALDERÓN, A.; GARCIA, F.; MARTINEZ, G. Indicadores de calidad de leches crudas en diferentes regiones de Colombia Indicadores de qualidade de leite cru em diferentes regiões da Colômbia. **Rev. MVZ. Cordoba**, v.11, n. 1, p.725-737, 2006.

DALAQUA, S. et al. Avaliação físico-química de leite *in natura* comercializado informalmente nas cidades de Cerqueira César, Manduri e Avaré/SP. **PUBVET**, Londrina, v. 6, n. 33, p. 1-16, 2012.

DA TRINDADE, L.C.A. et al. Qualidade de leite cru comercializado informalmente no município de Rio Pomba - MG. **Revista Higiene Alimentar**, São Paulo, v. 32, n. 284/285, p. 72-76, 2018.

DE MENDONÇA, M.B.O.C. et al. Qualidade físico-química de amostras de leite cru comercializadas informalmente no Norte do Paraná. **UNOPAR Cient., Ciênc. Biol. Saúde**, v. 11, n. 4, p. 47-50, 2009.

DE PAULA SILVA, L. et al. Análises físico-químicas de leite em um laticínio sob serviço de inspeção federal. **Iniciação Científica Cesumar**, Lima Duarte - MG, v. 1, n. 2, p. 175-187, 2019.

ECHEVARRENA, K.W.S. **Importância do controle de qualidade do leite e sua influência no sistema de pagamento ao produtor: revisão de literatura**. 2013. 46f. Monografia (Especialização em Defesa Sanitária e Higiene e Inspeção de Produtos de Origem Animal) Universidade Federal Rural do Semiárido – UFERSA, Departamento de Ciências Animais, Mossoró, 2013.

FLORINDO, A.S.M. et al. Avaliação do consumo de leite e derivados informais no município de São Carlos, Brasil. **Ars Veterinaria, Jaboticabal** - SP, v. 37, n. 2, p. 74-82, 2021.

NASCIMENTO, I. A.; GALVÃO, E.L. **Análises dos parâmetros físico-químicos do leite bovino cru refrigerado dos pequenos agropecuaristas do sertão de angicos segundo a IN76/2018**. Repositório UFERSA. 2020. Disponível em: https://repositorio.ufersa.edu.br/bitstream/prefix/4878/1/IzaacAN_ART.pdf.

NERO, L. A.; MAZIERO, D.; BEZERRA, M.M.S. Hábitos alimentares do consumidor de leite cru de Campo Mourão - PR. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.24, n.1, p.21-26, 2004.

OLIVAL, A.A.; SPEXOTO, A.A. Leite informal no Brasil: aspectos sanitários e educativos. **Revista Higiene Alimentar**, São Paulo, v. 18, n. 119, p. 12-17, 2004.

PONSANO, E.H.G.; PINTO, M.F.; LARA, J.A.F. Variação sazonal e correlação entre propriedades do leite utilizadas na avaliação de qualidade. **Revista Higiene Alimentar**, São Paulo, n.64, p.4, 2001.

SILVA, J.O.L. **Detecção de resíduos de antibióticos de leite UHT e leite in natura comercializado de forma informal em feiras e em mercados no município de Rolim de Moura, RO**. 2019. Monografia (Graduação em Medicina Veterinária). Universidade Federal de Rondônia, Campus Rolim de Moura, 2019.

SILVA, R.C.B. et al. Análises físico-químicas para determinação da qualidade em leite cru. In: **10ª Jornada de ensino, pesquisa e extensão (JEPPEX)**, UFPE, Recife, Out., 2010.

SOUZA, D.D.P. **Consumo de produtos lácteos informais, um perigo para a saúde pública. Estudo dos fatores relacionados a esse consumo no município de Jacareí – SP.** 2005. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária). Universidade de São Paulo, USP, 2005. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/10/10134/tde-01112006-125213/publico/DanielleDaherPereiradeSousa.pdf>. Acesso em: 30 de maio 2023.

SOUZA, J.V. et al. Avaliação dos parâmetros físico-químicos do leite “in natura” comercializado informalmente no município de Imperatriz - MA. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, Imperatriz - MA, v. 8, n. 4, 2018. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/rbas/article/view/3064/pdf>. Acesso em: 14 de dezembro. 2022.

SOUZA, V. **Características físico-químicas, microbiológicas, celulares e detecção de resíduos de antibióticos em amostras de leite de tanque comunitário.** 2006. 69 f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Jaboticabal, 2006.

STRÖHER, J.A. et al. Detecção de resíduos de antibióticos de produtores do norte do Rio Grande do Sul. **Salão Integrado de Ensino, Pesquisa e Extensão da Uergs (SIEPEX)**, v. 1, n. 10, 2021a. Disponível em: <http://pev-proex.uergs.edu.br/index.php/xsiepx/index>. Acesso em: 29 janeiro. 2023.

STRÖHER, J.A. et al. Avaliação da qualidade do leite cru refrigerado de transportadores de leite da região das Missões-RS. **Salão Integrado de Ensino, Pesquisa e Extensão da Uergs (SIEPEX)**, v. 1, n. 10, 2021b. Disponível em: <http://pev-proex.uergs.edu.br/index.php/xsiepx/index>. Acesso em: 29 jan. 2023.

VIDAL, A.M.C.; NETTO, A.S. **Obtenção e processamento do leite e derivados.** Universidade de São Paulo. Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, 2018. Disponível em: www.livrosabertos.sibi.usp.br/portaldelivrosUSP/catalog/book/200 . Acesso em 10 setembro. 2023.

CAPÍTULO 7

BALANÇO HÍDRICO SEQUENCIAL E DA CULTURA DA CANA-DE-AÇUCAR NA REGIÃO NORTE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

Data de submissão: 05/10/2023

Data de aceite: 01/12/2023

José Carlos Mendonça

Laboratório de Engenharia Agrícola
/ Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF,
Campos dos Goytacazes, RJ.
<http://lattes.cnpq.br/0262550173367199>

RESUMO: O clima é o fator que mais influencia na produtividade da cana-de-açúcar. Certas regiões possuem clima ideal sem restrição alguma, ao passo que outras apresentam restrições térmicas e/ou hídricas moderadas, que permitem a produção econômica da cultura sem exigir recursos e técnicas especiais. Entretanto, há aquelas onde há restrições limitantes e somente o cultivo de variedades selecionadas e o emprego de recursos extras podem corrigir as deficiências hídricas ou técnicas, viabilizando economicamente a atividade canavieira. Dessa forma este trabalho tem por objetivo aplicar a metodologia do balanço hídrico climatológico seqüencial e da cultura da cana-de-açúcar e avaliar seus efeitos sobre a atividade canavieira na região Norte Fluminense do Estado do Rio de Janeiro. A análise do balanço hídrico climatológico seqüencial indicou deficiência

hídrica em quase todos os 114 decênios 114 avaliados (38 meses). O BHC utilizando a ETP estimada por Thornthwaite identificou apenas dois decênios com excedente hídrico enquanto que o BHC utilizando a ETP estimada por Hargreves-Samani identificou apenas um excedente hídrico de 35.4 mm ocorrido no primeiro decênio de janeiro de 2012. O balanço hídrico diário do solo indicou que a cultura da cana-de-açúcar sofre deficiência hídrica significativa nas fases fenológicas de estabelecimento, perfilhamento e de desenvolvimento dos colmos de todos os ciclos de cultivo chegando a passar por 55%, 558% e 77% dos dias dessas fases abaixo do limite mínimo de manejo.

PALAVRAS-CHAVE: Precipitação Pluviométrica, Deficit hídrico, balanço hídrico climatológico.

ABSTRACT: Climate is the factor that most influences sugarcane productivity. Certain regions have an ideal climate without any restrictions, while others have moderate thermal and/or water restrictions, which allow economic production of the crop without requiring special resources and techniques. However, there are those where there are limiting restrictions and only the

cultivation of selected varieties and the use of extra resources can correct water or technical deficiencies, making sugarcane farming economically viable. Therefore, this work aims to apply the methodology of sequential climatological water balance and sugarcane cultivation and evaluate its effects on sugarcane activity in the North Fluminense region of the State of Rio de Janeiro. The analysis of the sequential climatological water balance indicated water deficiency in almost all 114 ten-year periods evaluated (38 months). The BHC using the ETP estimated by Thornthwaite identified only two decennia with a water surplus, while the BHC using the ETP estimated by Hargreves-Samani identified only a water surplus of 35.4 mm that occurred in the first decennium of January 2012. The daily soil water balance indicated that the sugarcane crop suffers significant water deficiency in the phenological phases of establishment, tillering and stem development of all cultivation cycles, reaching 55%, 558% and 77% of the days of these phases below the minimum management limit.

KEYWORDS: Rainfall, Water deficit, climatological water balance.

1 | INTRODUÇÃO

O clima é o fator que mais influencia na produtividade da cana-de-açúcar (Ide e Oliveira, 1986; Barbieri, 1993). No Brasil, devido à sua grande extensão territorial, encontram-se as mais variadas condições climáticas para o desenvolvimento da lavoura canavieira. Certas regiões possuem clima ideal sem restrição alguma, ao passo que outras apresentam restrições térmicas e/ou hídricas moderadas, que permitem a produção econômica da cultura sem exigir recursos e técnicas especiais. Entretanto, há aquelas onde há restrições limitantes e somente o cultivo de variedades selecionadas e o emprego de recursos extras podem corrigir as deficiências hídricas ou técnicas, viabilizando economicamente a atividade canavieira.

Alguns autores definem a temperatura do ar como fator de maior importância para a maturação fisiológica da cana, porque, além de afetar a absorção de água e nutrientes por meio do fluxo transpiratório é um condicionante não controlável (Ometto, 1980; Ide e Banchi, 1984; Ide e Oliveira, 1986; Magalhães, 1987; Barbieri, 1993). A cana-de-açúcar desenvolve-se bem em regiões de clima quente. Temperaturas oscilando entre 26 °C e 33 °C são favoráveis durante o estádio de desenvolvimento da cultura. Temperaturas inferiores a 21°C são favoráveis durante o estádio de maturação, pois reduzem a taxa de alongamento dos colmos e promovem o acúmulo de sacarose (Magalhães, 1987).

A umidade do solo é outro fator preponderante e varia em função do tipo de solo, do ciclo da cultura (cana planta ou soca), do estádio de desenvolvimento (ciclo fenológico), das condições climáticas e de outros fatores, como água disponível no solo e variedades cultivadas.

A distribuição da precipitação durante o ano é o fator mais importante para o desenvolvimento da cultura, pois pode haver deficiência hídrica nos diferentes estádios acarretando decréscimos na produtividade e para estudos de perda d'água para atmosfera

em solos vegetados e comportamento de vários elementos meteorológicos, torna-se indispensável o conhecimento do balanço hídrico do solo e suas variações, sendo necessárias medidas de precipitação pluviométrica e evapotranspiração, além de se conhecer as componentes físicas dos solos.

Segundo Sentelhas et al (2007) o Balanço Hídrico Climatológico (BHC) foi desenvolvido inicialmente com o objetivo de se caracterizar o clima de uma região, de modo a ser empregado na classificação climática desenvolvida por Thornthwaite na década de 1940. Posteriormente, esse método começou a ser empregado para fins agronômicos dados à grande inter-relação da agricultura com as condições climáticas. O BHC elaborado com dados médios de precipitação pluviométrica (P) e evapotranspiração potencial (ETP ou ETo) de uma determinada região é denominado de BHC Normal, sendo esse tipo de balanço hídrico um indicador da disponibilidade hídrica de uma determinada região, por meio da variação sazonal das condições do BH ao longo de um ano médio (cíclico) ou seja, dos períodos com deficiências e excedentes hídricos. Essas informações são de cunho climático, e, portanto, auxiliam no planejamento agrícola. Já o BHC elaborado com dados de P e ETP de um período ou de uma sequência de períodos (meses, semanas, dias) de um ou mais anos específicos para uma certa região é denominado de BHC Seqüencial e tem por objetivo fornecer a caracterização sazonal das condições do BH ao longo do período em questão, sendo essas informações de grande relevância para tomadas de decisão no setor agropecuário.

Pereira et al (2002) citam que o balanço hídrico dos cultivos visa ao conhecimento das condições do balanço de água no solo coberto por um tipo de vegetação, considerando-se suas fases de desenvolvimento. Nesta situação, a planta nem sempre cobre totalmente o solo e sua área foliar (superfície transpirante) varia com a idade (dias após o plantio ou emergência).

O Estado do Rio de Janeiro, com cerca de 44 mil quilômetros quadrados, embora se situe na orla litorânea da costa leste do território brasileiro, apresenta diferentes padrões climáticos. Pode-se encontrar um clima de montanha, com temperaturas amenas e altos índices pluviométricos, regiões de vales e baixadas secas e regiões litorâneas com excesso de chuvas, além de outras, como as regiões Norte e Noroeste do Estado, com índices pluviométricos bastante baixos. Pelas classificações climáticas disponíveis (ex. Centro de Informações e Dados do Rio de Janeiro, 1999), parte dessas regiões é classificada como sub-úmida e parte como seca. Entretanto, há indícios de que esteja se verificando um processo visível de diminuição do regime pluviométrico nos últimos anos, com implicações negativas nas atividades dependentes dos recursos hídricos dessas regiões (Marques et al. 2001; Andre, et al 2010).

Mendonça et al (2011) utilizando técnicas de sensoriamento remoto mapeou a variação das áreas ocupadas com o cultivo da cana-de-açúcar na região Norte Fluminense e concluíram que nos seis principais municípios produtores de cana-de-açúcar localizados

na região Norte Fluminense, ocorreu uma queda na área de plantio, durante os anos-safra de 1984/1985 a 2006/2007, de 43.308,33ha.

Pelo até então exposto, este trabalho tem por objetivo aplicar a metodologia do balanço hídrico climatológico seqüencial e da cultura da cana-de-açúcar e avaliar seus efeitos sobre a atividade canavieira na região Norte Fluminense do Estado do Rio de Janeiro.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Segundo a classificação climática de KOPPEN, a Região Norte Fluminense se insere na classe Aw, isto é, clima tropical úmido, com verão chuvoso, inverno seco e temperatura do mês mais frio superior a 18°C. Na Figura 1 é apresentada a área de estudo em referência ao Estado do Rio de Janeiro e ao Brasil.



Figura 1: Localização da área de estudo.

Foram elaborados dois balanços hídricos climatológicos seqüencial de forma decendial (10 em 10 dias) utilizando uma planilha eletrônica BHseq V.6.3.2002 elaborada por Rolim et al. (1998) acessada em <http://www.leb.esalq.usp.br/aulas/lce306/lce306.html>. Os valores da evapotranspiração de referência (ETP) foram estimados pelas equações propostas por Thornthwaite (1948) (Eq.1) e Hargreaves-Samani (1985) (Eq.2). Os dados meteorológicos diários referente aos anos de 2010, 2011, 2012 e janeiro e fevereiro de 2013 observados em Campos dos Goytacazes, RJ foram obtidos junto ao Instituto Nacional de Meteorologia - INMET e são referentes a Estação Convencional No 83698 – BDMEP-INMET (latitude -21.74; longitude -41.33; altitude 11 m).

$$ETP_{(T)} = 16 * \left(\frac{10 * T_{média}}{I} \right)^a \quad \text{Eq. 1}$$

Onde: ETP é a evapotranspiração potencial estimada por Thornthwaite, mm; I é o índice que expressa o calor disponível na região;

$$I = \sum_{n=1}^n (0,2Tméd)^{1,514}$$

E "a", um expoente função de I, calculado pela função polinomial:

$$a = 6.45 \cdot 10^{-7} * I^3 - 7.71 \cdot 10^{-5} * I^2 + 1.7912 \cdot 10^{-2} * I + 0.49239$$

$$ETP_{(H-S)} = 0.0023 Ra (Tmáx - T \text{ min})^{0.5} (Tméd + 17.8) \quad \text{Eq. 2}$$

Onde: ETP é a evapotranspiração potencial estimada por Hargreves e Samani, mm; Ra é a radiação incidente no topo da superfície, mm dia⁻¹; tmáx, Tmin e Tméd são as temperaturas do ar máxima, mínima e média, respectivamente, °C.

O balanço hídrico diário da cultura da cana-de-açúcar foi elaborado para três ambientes característicos da região, respectivamente solos argilosos (Baixada Campista), solos arenosos e solos de tabuleiro. A determinação da Capacidade Real de Água do Solo (CRA, mm) referente a cada tipo de solo foi obtida utilizando as características físicas médias propostas por Bernardes (2005) e apresentados na Tabela 1

Características/Tipo de Solo	Argiloso (Baixada)	Tabuleiro	Arenoso
Capacidade de Campo (%)	40	27	10
Ponto de Murcha Permanente (%)	28	20	6
Densidade Aparente (Mg m ⁻³)	1.2	1.4	1.45
Profundidade efetiva (Z, cm)	60	60	60

Tabela 1. Características físicas médias dos solos representativos do município de Campos dos Goytacazes, RJ.

Fonte: Bernardes (2005)

Na Tabela 2 são apresentados as fases fenológicas da cultura da cana-de-açúcar e seus respectivos número de dias.

Fases Fenológicas	Nº Dias
Estabelecimento	50
Perfilhamento	60
Desenvolvimento dos colmos	130
Maturação e colheita	125
Total	365

Tabela 2: Fases fenológicas da cultura da cultura da cana-de-açúcar (cana-soca).

Para a obtenção da lâmina atual de água no solo utilizou-se o princípio do balanço hídrico segundo a Equação 3:

$$LAA_{atual} = LAA_{anterior} + P - ETR_{anterior} \quad \text{Eq. 3}$$

Em que: LAA_{atual} é a lâmina de água atual no solo, no dia em questão, em mm;

$LAA_{anterior}$ é a lâmina de água atual no solo, no dia anterior, em mm; P é a precipitação,

em mm e ETR é a evapotranspiração real do dia anterior, em mm dia⁻¹ obtido pela Equação 4:

$$ETR = ETP * Kc * Ks \quad \text{Eq. 4}$$

O Kc (coeficiente de cultivo) proposto por Doorembos e Kassan (1994), cujo valor da fase inicial (0.4) foi corrigido pelo método gráfico da FAO (Allen et al, 1998), em função do intervalo de tempo entre os eventos de chuva e a magnitude da ETP, para o valor de 0.8. Os valores do Kc para os estádios intermediários e final foram corrigidos pela Equação 5:

$$Kc = Kc_{Tabelado} + [0.04 (U_2 - 2) - 0.004 (UR_{mínima} - 45)] \quad \text{Eq. 5}$$

Em que: Kc é o coeficiente de cultivo, adimensional; $Kc_{tabelado}$ é o Kc da cana-de-açúcar; URmin é a umidade relativa mdo ar mínima, em %; U2 é a altura do dossel do canavial, m

Os valores do Kc corrigidos para as fases intermediária e final foram 1.2 e 0.67, respectivamente.

O parâmetro Ks (coeficiente de umidade do solo) foi obtido segundo Bernardo (1995), representado na Equação 6.

$$Ks = \frac{\ln LAA + 1}{\ln CRA + 1} \quad \text{Eq. 6}$$

Em que: LAA é a lâmina atual de água no solo, mm; CRA é a capacidade real de água no solo, mm.

Nos cálculos do balanço hídrico, todas as vezes que a lâmina atual de água no solo apresentou valores acima do limite superior de água no solo (capacidade de campo) a lâmina excedente foi computada como escoamento total.

O limite de manejo de água no solo foi estabelecido de acordo com a profundidade das raízes, que nos primeiros 90 dias de cultivo encontra-se distribuído nos primeiros 30 cm do solo (Casagrande, 1991). Após esse período inicial, a profundidade efetiva considerada foi de 60 cm. Neste trabalho adotou-se ainda o limite de manejo em 35% da CRA.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Variação dos elementos meteorológicos

A classificação climática oficial disponível e a distribuição média anual de chuvas para o Estado do Rio de Janeiro pode ser vista na Figura 2. Nota-se que as regiões Norte e Noroeste do território do Rio de Janeiro apresenta-se dividido em duas sub-regiões, uma com clima sub-úmido (3) e outra com clima seco (4), mais ao norte. Essa classificação foi feita com dados médios de longo prazo, mas a se considerar a tendência dos últimos 40 anos, o regime pluviométrico vem diminuindo consideravelmente mesmo na região de clima

sub-úmido, justificando, assim, um estudo acurado para verificar uma possível mudança na linha divisória dessa classificação. Observa-se ainda que, embora haja muita pluviosidade nas regiões serranas e na parte sul, registram-se baixos índices pluviométricos nas regiões Norte, Noroeste e lagos. Pela mesma Figura 3 pode-se verificar ainda que nas regiões mencionadas o índice pluviométrico varia entre 750 mm a 1250 mm anuais. Entretanto, no decorrer do ano a distribuição de chuvas mostra que a maior parte da precipitação ocorre no período que vai de novembro a janeiro.

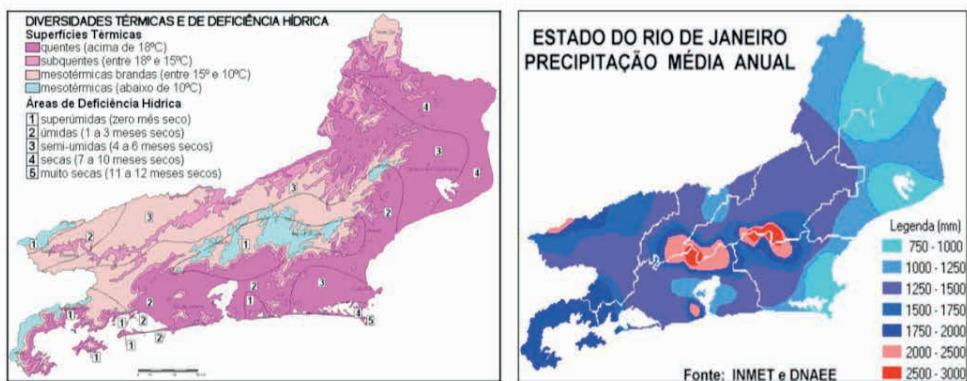


Fig. 2. Superfícies térmicas e distribuição de chuvas anuais no Estado do Rio de Janeiro. Fonte: Aput Marques, et al (2002)

Marques et al., (1988), usando dados de 1931 a 1975, concluiram que em média, no início da estação chuvosa, mês de outubro, a precipitação é utilizada quase que totalmente para a reposição hídrica. Com as necessidades de água no solo sendo supridas gradualmente, observando-se nos meses subsequentes uma expansão da área com excesso hídrico e atingindo seu máximo em dezembro e que no período de janeiro a março evidencia-se gradual redução das áreas de excedente hídrico no Estado, com lenta diminuição de seus valores absolutos. A redução das áreas de excedente hídrico e a expansão cada vez maior das áreas de deficiência hídrica se faz sentir mais acentuadamente no período abril-setembro, sendo a menor pluviosidade o fator responsável por este comportamento.

Na Figura 3 é apresentado o Extrato do Balanço Hídrico Mensal elaborado com dados das Normais Climatológicas de Campos dos Goytacazes, RJ obtido no Banco de Dados Climáticos do Brasil administrado pela Embrapa - Monitoramento por Satélites e ESALQ.

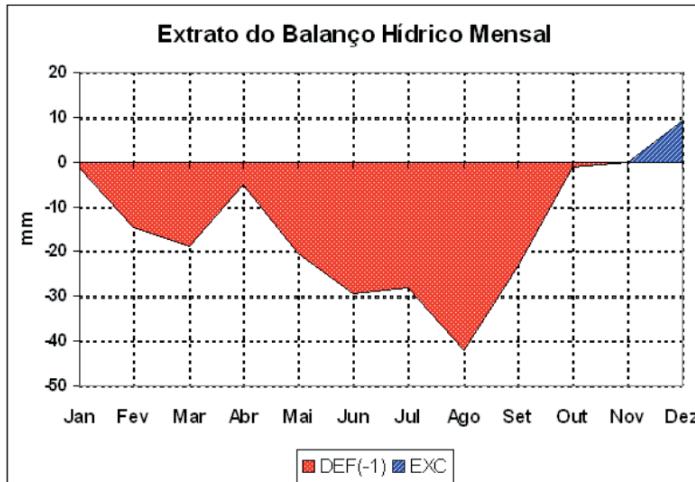


Figura 3: Extrato do Balanço Hídrico Mensal elaborado com dados das Normais Climatológicas de Campos dos Goytacazes, RJ.

Na Figura 3 pode-se observar a deficiência hídrica em quase todos os meses do ano, exceto dezembro. Importante ressaltar que os dados das Normais Climatológicas são referentes ao período de 1990 a 2020.

Na Figura 4 são apresentados os valores médios mensais da precipitação pluviométrica observada em Campos dos Goytacazes, RJ nos anos de 2010, 2011, 2012, janeiro e fevereiro de 2013.

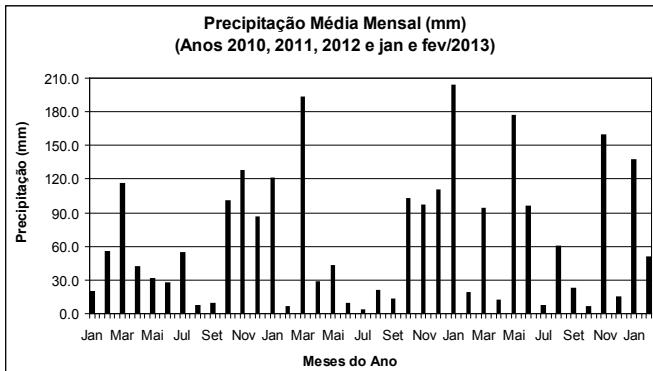


Figura 4: Variação da precipitação pluviometria em Campos dos Goytacazes, RJ . Fonte: INMET

Observando-se Figura 4 pode-se verificar que o trimestre chuvoso (novembro/dezembro/janeiro) não ocorreu no ano de 2012 e o trimestre muito seco (junho/julho/agosto) também não ocorreu em 2012 devido a chuvas acima da NC no mês de julho. Observando-se ainda que dos 38 meses desse estudo, 17 deles (44.7%) apresentaram acumulado mensais abaixo de 30 mm, 6 meses entre 30 e 60 mm (15.8%) e 15 deles (39.5) valores

acima de 60 mm, sendo esses últimos concentrados quase sempre nos meses de outubro, novembro, dezembro e janeiro. Observa-se ainda um acumulado mensal acima de 180 mm no mês de março de 2011 e de acumulado maior que 150 mm em maio de 2012. Sendo a normal climatológica (NC) para a precipitação igual a 981,6 mm, observou-se os seguintes totais anuais:: 2010 = 670,5 mm (63,5% da NM); 2011 = 741.5 mm (70,3% da NC); 2012 = 862.5 mm (81.7 % da NC) e nos dois primeiros meses de 2013, 186,4 mm, sendo 139.5 (3.5% maior que a NC) em janeiro e 49.9 em fevereiro (66.1% da NC),

Na Figura 5 são apresentados os valores médios mensais da temperatura média do ar ($^{\circ}\text{C}$) observada em Campos dos Goytacazes, RJ nos anos de 2010, 2011, 2012, janeiro e fevereiro de 2013.

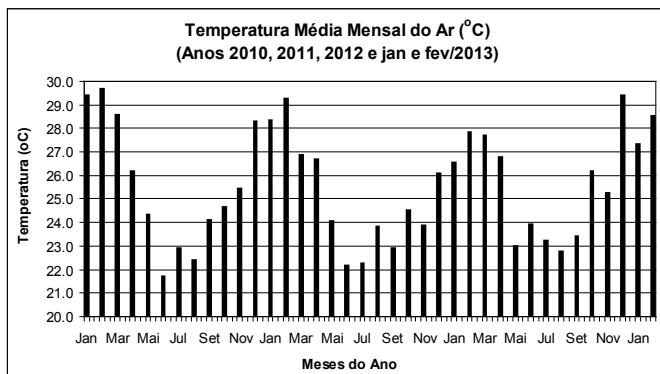


Figura 5: Variação da temperatura média do ar em Campos dos Goytacazes, RJ . Fonte: INMET

Observando a Figura 5 pode-se perceber que a ocorrência de 20 meses (53%) com temperaturas médias acima de 25 $^{\circ}\text{C}$ e ocorrências de médias inferiores somente nos meses de inverno, sendo que o ano de 2012 apresentou um inverno com temperaturas médias mensais bem acima dos anos anteriores (2010 e 2011).

3.2 Variação decendial do balanço hídrico climatológico seqüencial

Na Figura 6 são apresentados os estratos dos balanços hídricos elaborados com as duas metodologias de estimativa de ETP Thornthwaite (A) e Hargreaves-Samani (B), respectivamente Equações 1 e 2.

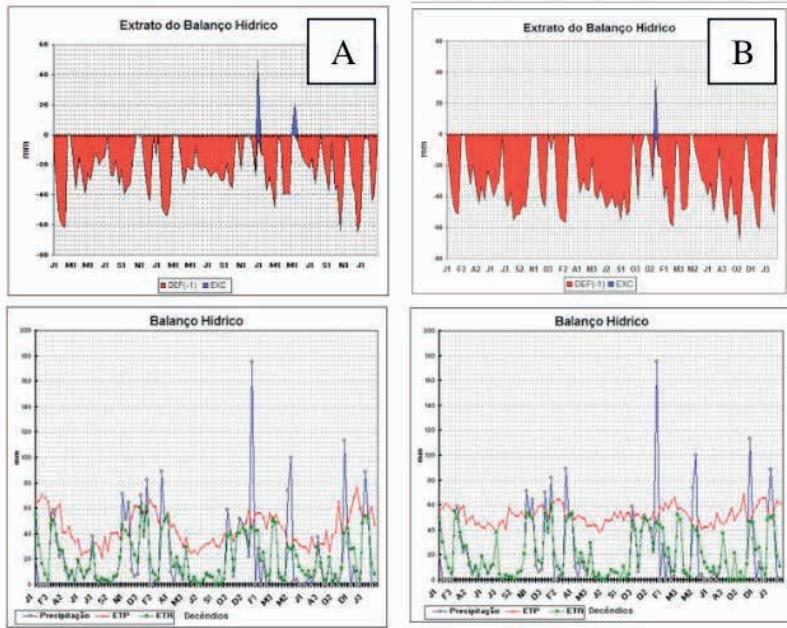


Figura 6: Extrato do balanço hídrico seqüencial para Campos dos Goytacazes, RJ, utilizando a equação de Thornthwaite (1944) para determinação da ETP.

Na Figura 7 são apresentados a variação do armazenamento da água no solo em relação a Capacidade de água (CAD) e a variação da deficiência, do excedente, da retirada e da reposição hídrica do solo ao longo do período de estudo, elaborado com as duas metodologias de estimativa de ETP Thornthwaite (A) e Hargreaves-Samani (B), respectivamente Equações 1 e 2.

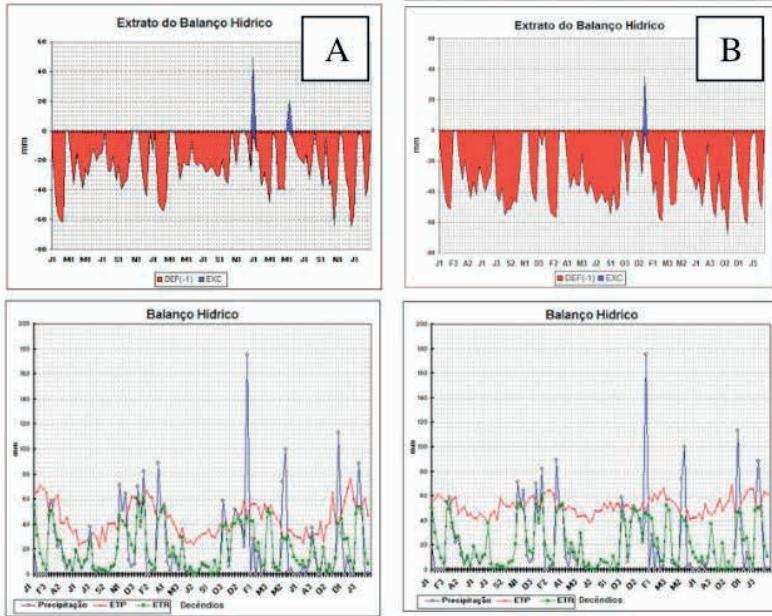


Figura 7 são apresentados a variação do armazenamento da água no solo em relação a Capacidade de água (CAD).

Analizando a Figura 6 pode-se perceber a deficiência hídrica em quase todos os 114 decêndios 114 avaliados (38 meses). O BHC utilizando a ETP estimada por Thornthwaite (Eq.1) identificou apenas dois decênios com excedente hídrico, sendo um de 49.1 mm (1º decênio de janeiro de 2012) e outro de 20.2 mm ocorrido no 2º decênio de maio, enquanto que o BHC utilizando a ETP estimada por Hargreaves-Samani (Eq.2) identificou apenas um excedente hídrico de 35.4 mm ocorrido no primeiro decênio de janeiro de 2012.

Já na Figura 7 percebe-se que a água armazenada no solo esteve bem abaixo da capacidade de armazenamento (CAD) em quase todos os 114 decênios. Chegando a 100% da CAD apenas no primeiro decênio de janeiro de 2012 e no segundo decênio de maio de 2012 (Em A) e nos mesmos períodos em B. Observa-se ainda que a reposição de água no solo é extremamente inferior aos períodos com deficiência.

3.3 Variação do balanço hídrico da cultura da cana-de-açúcar

Na Figura 8 são apresentados os valores do coeficiente de umidade do solo (K_s) diário em relação à precipitação pluviométrica ocorrida no período de 01/10/2010 a 28/02/2013 em três diferentes tipos de solos buscando representar os solos existentes na Baixada Campista (argilosos e arenosos) e nos Tabuleiros Costeiros.

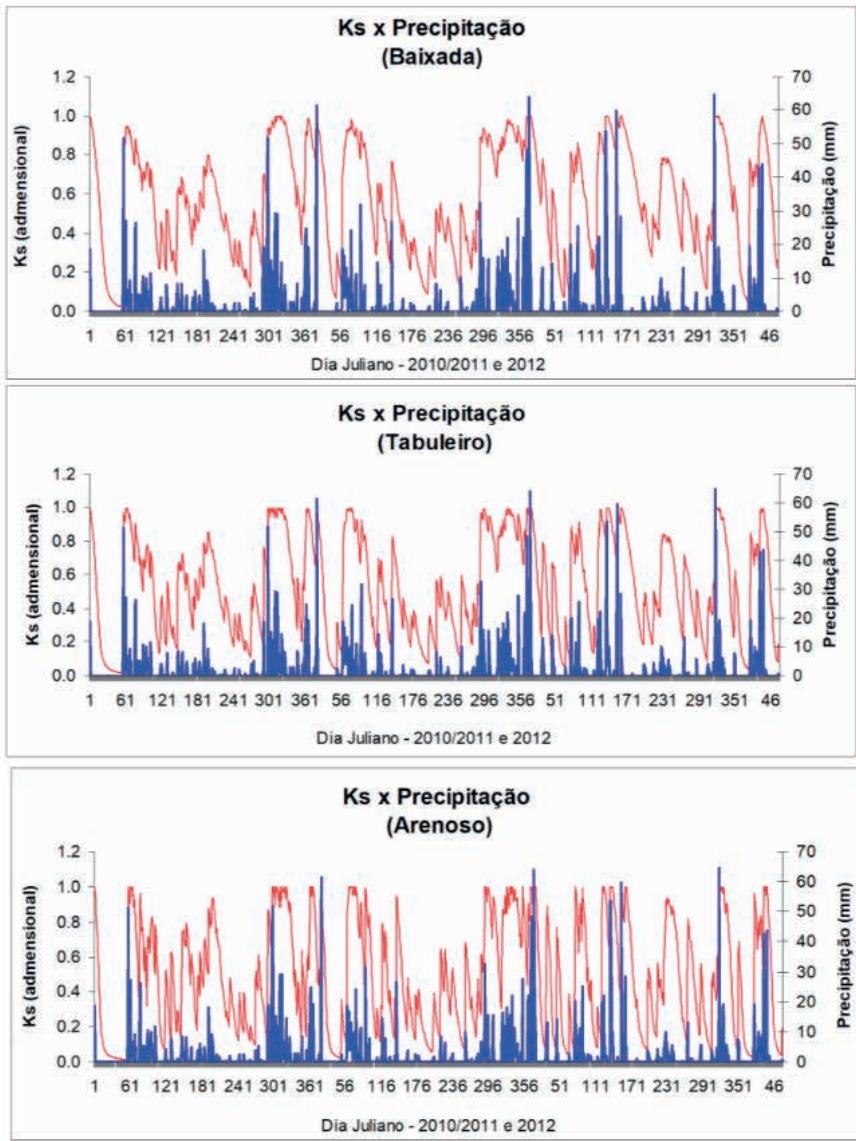


Figura 8: Valores do coeficiente de umidade do solo (K_s) diário em relação à precipitação pluviométrica.

Na Figura 9 são apresentados o balanço diário de água no solo em relação linha da capacidade de campo e a linha de limite do manejo ocorrida no período de 01/10/2010 a 28/02/2013 em três diferentes tipos de solos buscando representar os solos existentes na Baixada Campista (argilosos e arenosos) e nos Tabuleiros Costeiros

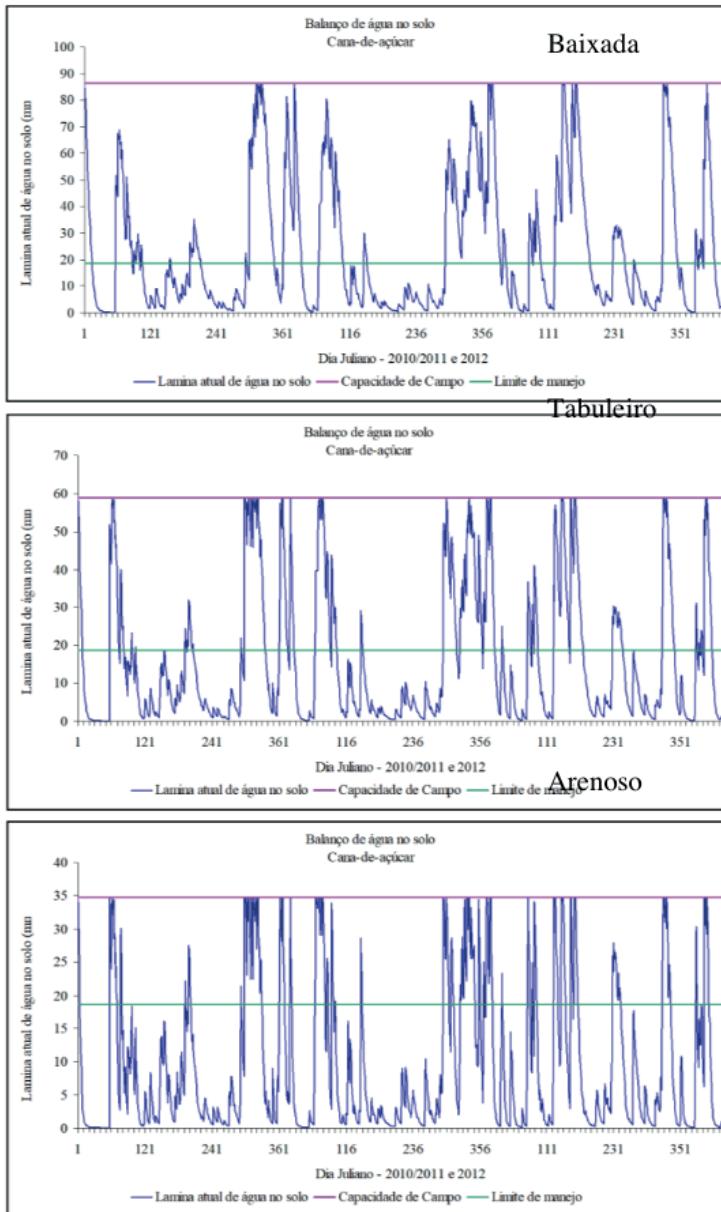


Figura 9: Balanço diário de água no solo em relação linha da capacidade de campo e limite do manejo

Observando a Figuras 8 pode-se perceber uma relação direta entre o coeficiente de umidade do solo (K_s) e a precipitação. O K_s aumenta e diminui em função da ocorrência e da intensidade dos eventos de chuvas. O K_s atinge valores menores nos solos arenosos, explicado pela porosidade e baixa capacidade de retenção de água, enquanto que nos solos argilosos (Baixada) de Tabuleiros a diferença é bem menor. Já na Figura 9 observa-se que a cultura da cana-de-açúcar sofreu déficit hídrico em quase todos os seus três

ciclos, chegando a passar por grandes períodos com a umidade do solo abaixo da linha de manejo.

No período de dias das fases fenológicas de estabelecimento/rebrote, perfilhamento e de desenvolvimento dos colmos, onde a cultura necessita de água para seu pleno desenvolvimento, ocorreram diferentes percentuais de umidade abaixo da linha de manejo. A análise dos dados indicam a ocorrência de 55% de dias abaixo da linha de manejo nessas três fases na safra 2010/2011; 58% na safra 2011/2012 e 77% na safra 2012/2013 o que compromete a produção e a produtividade dos cultivos de cana-de-sequeiro na região Norte Fluminense.

4 | CONCLUSÕES

A análise do balanço hídrico climatológico seqüencial indicou deficiência hídrica em quase todos os 114 decênios avaliados (38 meses). O BHC utilizando a ETP estimada por Thornthwaite identificou apenas dois decênios com excedente hídrico enquanto que o BHC utilizando a ETP estimada por Hargreves-Samani identificou apenas um excedente hídrico de 35.4 mm ocorrido no primeiro decênio de janeiro de 2012.

O balanço hídrico diário do solo indicou que a cultura da cana-de-açúcar sofre deficiência hídrica significativa nas fases fenológicas de estabelecimento, perfilhamento e de desenvolvimento dos colmos de todos os ciclos de cultivo chegando a passar por 55%, 558% e 77% dos dias dessas fases abaixo do limite mínimo de manejo.

REFERÊNCIAS

ANDRÉ, R.G.B, MARQUES, V.S., PINHEIRO, F.M., FERRAUDO, A. S. Identificação de regiões homogêneas no estado do Rio de Janeiro utilizando-se valores mensais. Revista Brasileira de Meteorologia, v.23 n.4, 501-509, 2008.

AZEVEDO H. J., SILVA NETO, R. , CARVALHO, A. M. , VIANA, J. L. , MANSUR, A. F. U. **Uma Análise da Cadeia Produtiva de Cana-de-Açúcar na Região Norte Fluminense.** Observatório Sócio-Econômico da Região Norte Fluminense – Boletim Técnico no 6 – 51 p, 2002.

BARBIERI, V. **Condicionamento climático da produtividade potencial da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*): um modelo matemático-fisiológico de estimativa.** 1993. 140p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. Piracicaba, SP. 1993.

Bernardes, R. S. CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA DE TRÊS SOLOS DA REGIÃO NORTE FLUMINENSE, 2005. 80p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Campos dos Goytacazes, RJ. 2005.

CASAGRANDE, A.A. 1991. Tópicos de morfologia e fisiologia da cana-de-açúcar. Jaboticabal: FUNEP. 157p.

HARGREAVES, G. H.; SAMANI, Z. A. Reference crop evapotranspiration from temperature. **Applied Engineering in Agriculture**, v. 01, n. 02, p. 96-99, 1985.

IDE, B. Y.; OLIVEIRA, M. A. DE. Efeito do clima na produção da cana-de-açúcar. In: Seminário de Tecnologia Agronômica, 3., Piracicaba, 1986. **Anais...** São Paulo: COPERSUCAR, 1986. p.573-583

IDE, B. Y.; BIANCHI, A. D. Influência do clima na produtividade da cana de açúcar In: Seminário de Tecnologia Agronômica, 2., Piracicaba, 1984. **Anais...** São Paulo: COPERSUCAR, 1984. p. 196-204

IDE, B. Y.; OLIVEIRA, M. A. DE. Efeito do clima na produção da cana-de-açúcar. In: Seminário de Tecnologia Agronômica, 3., Piracicaba, 1986. **Anais...** São Paulo: COPERSUCAR, 1986. p.573-583

MAGALHÃES, A. C. N. Ecofisiologia da cana-de-açúcar: aspectos do metabolismo do carbono na planta. In: Castro, P. R. C.; Ferreira, S. O.; Yamada, T. (Ed.). **Ecofisiologia da Produção Agrícola.** Piracicaba: Potafós, 1987. p.113-118.

MARQUES, V.S., ANDRÉ, R.G.B. SUCHAROV, E.C., PINHEIRO, F.M. Possíveis modificações na classificação climática das regiões norte e noroeste do estado do rio de janeiro. Relatório técnico. TECNORTE. 2001, 15 p.

MENDONÇA, José C.; DE FREITAS, Ramon M.; DE AGUIAR, Daniel A.; DE SOUSA, Elias F.; MUNIZ, Rodrigo de A.; ESTEVES, Barbara dos S. Mapeamento das áreas de cana-de-açúcar na Região Norte-Fluminense - RJ por uso de técnicas de Sensoriamento Remoto. **Revista de Engenharia Agrícola,** Jaboticabal, v. 31, n. 3, p.561-571, maio 2011.

OMETTO, J. C. Parâmetros meteorológicos e a cultura da cana-de-açúcar. Piracicaba: **ESALQ.** 1980. 17p.

PEREIRA A. R.; ANGELOCCI, L. R. SENTELHAS, P. C. Agrometeorologia – Fundamentos e Aplicações Práticas (2002) Guaíba Agroperuária, 478 p.

PEREIRA, A., R; VILLA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C.: Evapotranspiração. Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1997, 183p.

Rolim, G.S., Sentelhas, P. C., Barbieri, V. Planilhas no ambiente EXCEL™ para os cálculos de balanços hídricos: normal, seqüencial, de cultura e de produtividade real e potencial. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 6, n.1, p133-137, 1998.

SENTELHAS, P.C., et al. Balanços Hídricos Climatológicos do Brasil. ESALQ/USP – Piracicaba – SP, 2000 – CD-ROM.

THORNTHWAITE, C. W. An approach towards a rational classification of climate. *Geographical Review*, London, n.38, p.55-94, 1948

CAPÍTULO 8

USE OF EXOGENOUS ENZYMES IN POULTRY AND PIG NUTRITION

Data de submissão: 07/11/2023

Data de aceite: 01/12/2023

Apolônio Gomes Ribeiro

Universidade Federal da Paraíba,
Departamento de Zootecnia
Areia-PB

<https://orcid.org/0000-0001-6730-0209>

Dayane Albuquerque da Silva

Universidade Federal Rural de
Pernambuco, Departamento de Zootecnia
Recife-PE

<https://orcid.org/0000-0001-6243-3969>

Ricardo Alexandre Silva Pessoa

Universidade Federal Rural de
Pernambuco, Departamento de Zootecnia
Recife - Pernambuco

<https://orcid.org/0000-0001-5361-0214>

Carlos Bôa-Viagem Rabello

Universidade Federal Rural de
Pernambuco, Departamento de Zootecnia
Recife-PE

<https://orcid.org/0000-0002-5912-162X>

Camilla Mendonça Silva

Universidade Federal Rural de
Pernambuco, Departamento de Zootecnia
Recife-PE

<https://orcid.org/0000-0001-5259-9316>

Marcos Rafael de Sousa Rodrigues

Universidade Federal da Paraíba,
Departamento de Zootecnia
Areia-PB

<https://orcid.org/0000-0002-8572-8337>

Elisabete Albuquerque dos Santos Benvenuto

Universidade Federal Rural de
Pernambuco, Departamento de Agronomia
Recife - Pernambuco

<https://orcid.org/0000-0002-6625-4797>

Hilton Nobre da Costa

Universidade Federal Rural de
Pernambuco Recife - Pernambuco

<https://orcid.org/0000-0002-3485-3162>

Júlio Cézar dos Santos Nascimento

Universidade Federal Rural de
Pernambuco, Departamento de Zootecnia
Recife-PE

<https://orcid.org/0000-0003-3107-5876>

ABSTRACT: The use of exogenous enzymes in animal nutrition is an area of increasing importance in modern industrial production. These globular proteins act as biological catalysts that accelerate chemical reactions in organisms. Its main purpose is to improve the nutritional value of feed by

breaking down antinutritional elements, improving the absorption of dietary ingredients, and strengthening the activities of animal metabolism. The strategic use of exogenous enzymes is becoming more common and promises to evolve, providing benefits for industry and society. Thus, the objective of this literature review was to prepare a document on the use of exogenous enzymes in poultry and swine nutrition, highlighting their relevance and positive impact on animal production and environmental management.

KEYWORDS: Antinutritional Factors, Animal Nutrition, Biological Catalysts, Exogenous Enzymes, Hydrolases.

UTILIZAÇÃO DE ENZIMAS EXÓGENAS EM NUTRIÇÃO DE AVES E SUÍNOS

RESUMO: A utilização de enzimas exógenas na nutrição animal é uma área de crescente importância na produção industrial moderna. Estas proteínas globulares atuam como catalisadores biológicos, acelerando reações químicas nos organismos. Seu principal propósito é aprimorar o valor nutricional das rações, quebrando elementos antinutricionais, melhorando a absorção de ingredientes das dietas e fortalecendo as atividades do metabolismo animal. O uso estratégico de enzimas exógenas está se tornando mais comum e promete evoluir no futuro, proporcionando benefícios para a indústria e a sociedade. Assim, objetivou-se com essa revisão de literatura elaborar um documento sobre a utilização de enzimas exógenas na nutrição de aves e suínos, destacando sua relevância e impacto positivo na produção animal e na gestão ambiental.

PALAVRAS-CHAVE: Fatores Antinutricionais, Nutrição Animal, Catalisadores Biológicos, Enzimas Exógenas, Hidrolases.

1 | INTRODUCTION

The use of exogenous enzymes in animal nutrition has become an area of great relevance in modern industrial production. Enzymes are globular proteins used as additives in animal nutrition, playing the role of biological catalysts, which accelerate chemical reactions in organisms (Souza et al., 2022). Its main purpose is to improve the nutritional value of components present in the feed, releasing the down antinutritional elements found in food (e.g., non-starch polysaccharide (NSP), fiber, and phytate) (Adeola and Cowieson, 2011; Alfersy et al., 2015), improve the absorption of dietary ingredients (Mireles-Arriaga et al., 2015), such as proteins, minerals, and starch, catalyze the breaking of chemical bonds, and reinforce the enzymatic activities of animal metabolism. They play a significant role in the processes of digestion and absorption (Vieites et al., 2020; Souza et al., 2022).

The actions of exogenous enzymes play a key role in reducing the challenges associated with malabsorption in the gastrointestinal tract. This fact results in optimizing the animals' productive performance, contributing to a significant improvement in zootechnical indicators (Krabbe et al., 2019).

Furthermore, exogenous enzymes play a vital role in reducing residues in animal production (Munir & Maqsood, 2013; Souza et al., 2022). This use is essential in the context

of growing concern about agricultural sustainability. With more efficient digestion, fewer undigested nutrients are excreted, reducing the risk of water and soil contamination from excess nutrients.

Therefore, the strategic use of exogenous enzymes is becoming increasingly common and is an area of research and application that promises to continue to evolve in the future, providing benefits to both industry and society. In this context, this study proposes conducting a literature review of exogenous enzymes used in poultry and swine nutrition.

2 | EXOGENOUS ENZYMES IN ANIMAL NUTRITION

Brazil has a prominent place in the agricultural market, where professionals always seek to improve their knowledge and techniques in animal production to obtain more and more quality products. In poultry and pig production, advances have occurred in the most diverse areas, including genetics, management, health, and nutrition. In nutrition, specifically, the concern is always to improve zootechnical indexes associated with reducing production costs (Silva, 2004).

The first reports in the literature on the use of enzymes in poultry and swine feed were obtained from discovering that moistened grains associated with enzyme supplementation had greater nutritional use by the animals. Since then, interest in using enzymes in poultry and pig feed has grown because of the expense of traditional raw materials and the search for alternative ingredients such as barley, oats, rice, and wheat (Campestrini et al., 2005).

In the last decade, the use of enzymes in poultry and pig diets in Brazil has gained wide space due to several reasons, among which can be highlighted: the technical-economic effectiveness of the use of phytases broke paradigms found in the implementation of new technological tools, in this case, the use of enzymes and multi-enzyme complexes; the search for a reduction in the cost per unit of gain in the poultry industry, which is intrinsically linked to the reduction in feed costs; variability in the costs of the main inputs and raw materials for diets; and regional availability of specific alternative ingredients that have a different nutritional profile concerning the standard diet (corn-soybean meal) (Araújo et al., 2008).

Enzymes are also considered a way to reduce environmental contamination with nutrients in excreta, such as phosphorus, nitrogen, copper, and zinc. Exogenous enzymes can be used as additives for poultry and swine feed, as they increase the digestibility of nutrients, reducing the need for high-cost ingredients to be included in the diet formulation. Therefore, it provides lower production costs without compromising the performance of the animals (Sorio et al., 2011). In feed formulations for poultry and pigs, approximately 75% of the phosphorus from foods of plant origin is combined with inositol, forming the phytic acid molecule, which has great chelating potential and reduces the solubility and digestibility of nutrients.

Phosphorus is an essential mineral because it plays an important role in various metabolic processes in the body. When formulating diets for poultry and pigs, it is necessary to supplement with a source of inorganic phosphorus, which, after energy and protein, is the nutrient that the cost of commercial feed increases (Silva et al., 2012).

Exogenous enzymes can assist in the degradation of specific components in food and are obtained naturally from fermentation (Liu et al., 2010). They are produced in all living organisms, from the most developed animals and plants to the simplest life forms, because enzymes are required for cellular metabolism. Microorganisms generally involved in enzyme production include bacteria (*Bacillus subtilis*, *B. latus*, *B. amyloliquefaciens*, and *B. stearothermophilus*), filamentous fungi (*Trichoderma longibrachiatum*, *Aspergillus oryzae*, and *A. niger*) and yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) (Liu et al., 2010).

Most enzymes currently used in the food and beverage industry are derived from *Aspergillus*. However, hemicellulases and cellulases are derived from fungi of the genus *Trichoderma*. Recently, genes encoding different enzymes, including phytases, β -glucanases, and xylanases, have been cloned and expressed in different microorganisms and plant systems (Liu et al., 2010).

Among the main enzymatic additives used in poultry and swine feed, we can highlight lipases, xylanases, glucanases, proteases, and phytases. In their mechanism, these exogenous enzymes act like endogenous enzymes, first binding to a substrate and forming an enzyme-substrate complex (Henn, 2009).

Hydrolytic enzymes or hydrolases catalyze the hydrolytic cleavage of -C-O, -C-N, and -C-C bonds in addition to other types of bonds, including phosphoric anhydride bonds. The systematic classification of enzymes by the Enzyme Commission (EC) system divided them into six large groups or classes, which can, in turn, be subdivided into subclasses related to the specific action of each enzyme (Uenojo & Pastore, 2007).

Because of their characteristics, hydrolases have great biotechnological potential, constituting a group of enzymes that are most commercially explored. Commercialized hydrolases are used in various industries, such as detergents, leather, textiles, pulp and paper, oils and fats, bakeries, dairy products, juices and wines, breweries, animal feed, cosmetics, medicines, environment, and genetic engineering (Krabbe & Lorandi, 2014).

Enzymatic activity is the catalytic activity necessary to convert a specific amount of substrate into a specific amount of product per unit of time under a specific condition. In this context, enzymes are evaluated for their activity. However, in practice, in the digestive tract of animals, the passage time conditions and even physical-chemical conditions may change because of the type of diet (granulometry, fibers, ether extract, pH and buffering effect of the food, among others), environmental conditions (respiratory alkalosis and metabolic acidosis), physical-chemical quality of the water (pH, content and type of minerals present), in addition to other aspects (Krabbe & Lorandi, 2014).

A commercial enzyme product can be defined as an additive that contains processed

and standardized enzyme material and is produced for use in food or raw materials intended for animal consumption. Commercial enzymes (Table 01) are obtained through fermentative processes in which microorganisms are selected for this purpose. Current commercial enzymes have a predominance of a specific activity, or activities of secondary enzymes are observed, which, in practice, can act on other substrates contained in the ingestion (Krabbe & Lorandi, 2014).

Enzyme	Substrate	Effect
Xylanase	Arabinoxylans	Reduces feed viscosity
β -glucanase	β -glucans	Reduces feed viscosity and lowers humidity in litter
Pectinase	Pectin	Reduces feed viscosity
Cellulase	Cellulose	Cellulose degradation and nutrient release
Protease	Proteins	Supplementation of endogenous enzymes to improve protein digestibility
Amylase	Starch	Supplementation with endogenous enzymes that assist in the degradation of dietary starch
Phytase	Phytic acid	Promotes the degradation of phytic phosphorus
Galactosidase	Galactosides	Removal of galactosides
Lipase	Lipids and fatty acids	Improves the utilization of dietary lipids
Mannanase	glucomannan, galactomannan, glucogalactomannan in non-starch polysaccharides (NSP)	Increasing the rate of pancreatic secretion

Table 1. Main exogenous enzymes used as additives in poultry and pig feed.

Source: Krabbe & Lorandi, 2014.

Among the benefits related to the use of enzymatic additives in the diet of non-ruminant animals, the following can be highlighted: a decrease in the viscosity of the digesta, an increase in the digestibility and absorption of nutrients, especially lipids and protein, as well as an increase in the metabolizable energy of the diet, greater feed consumption and daily weight gain, reduced environmental impact, reduced water intake and the water and ammonia content of feces, and reduced waste production with lower amounts of nitrogen and phosphorus (Regina, 2010).

It is possible to obtain an increase in food digestibility through the use of enzymes in diets, enabling changes in feed formulations to reduce costs, maximizing the use of energy and protein ingredients in feeds, and enabling the use of regional alternative ingredients in replacement for corn and soybean meal (Regina, 2010).

The inclusion of phytase in the diet of poultry and pigs increases dietary nutritional quality, favoring faster digestion and reducing levels of nutrient excretion. Thus, phytase also prevents the formation of protein-phytate complexes, increasing protein digestibility. In addition, the hydrolysis of phytate through the enzyme releases minerals such as calcium, magnesium, zinc, iron, and organic molecules, which were previously unavailable to

animals, for absorption in the gastrointestinal tract (Rocha, 2014).

Silva et al. (2012) studied the association of carbohydrase and phytase in diets for commercial layers, and enzymes caused valorization of nutrients in the diet, then were efficient in maintaining the performance and quality of eggs from semi-heavy laying hens under the conditions evaluated.

According to Han et al. (2010), in their study on the influence of the inclusion of enzymes and lysolecithin associated or not about performance, digestibility, and quality of laying hen eggs, dietary supplementation alone or in combination promoted a significant effect on the production and weight of eggs. Dietary supplementation with a multienzyme complex containing 7 U/g of α -1,6-galactosidase and 22 U/g of β -1,4-mannanase showed significant results for feed conversion. According to the authors, this increase occurred because of increased protein digestibility. However, Araújo et al. (2008) studied different levels of wheat bran supplementation in feed with or without the addition of a multienzyme complex and observed that there was no significant effect on the feed conversion of birds.

Silversides & Hruby (2009) analyzed the inclusion of phytase in the diet of laying, considering the nutritional matrix of phytase, observed a proportional increase of 34 and 47 kcal/kg in apparent metabolizable energy, 0.18 and 0.21% in crude protein, 0.12 and 0.15% of digestible protein using 300 and 600 U/kg, respectively, demonstrating that phytase increases the bioavailability of nutrients other than phosphorus, especially energy and protein.

3 | CONCLUSION

Using exogenous enzymes in poultry and swine nutrition represents a promising approach to optimize the digestion and absorption of nutrients, improving feed efficiency and the general performance of these animals. This strategy also positively impacts the sustainability of animal production, minimizing the pressure on natural resources. The growing research and application of these enzymes in non-ruminant diets point to a future where animal nutrition will allow a production more efficient and ecologically responsible.

REFERENCES

Adeola, O.; Cowieson, A.J. **Opportunities and challenges in using exogenous enzymes to improve non ruminant animal production.** Journal of animal science 89(10): 3189-3218, 2011. doi: <https://doi.org/10.2527/jas.2010-3715>

Alsersy, H.; Salem, A.Z.M.; Borhami, B.E.; Olivares, J.G.; Ado, H.M.; Mariezcurrena, M.D.; Yacout, M.H.K.; Holif, A.E.; El-Adawy, M.; Hernandez, S.R. **Effect of Mediterranean saltbush (*Atriplex halimus*) ensilaging with two developed enzyme cocktails on feed intake, nutrient digestibility and ruminal fermentation in sheep.** Animal Science Journal 86:51–58, 2015. doi: <https://doi.org/10.1111/asj.12247>

Araújo, D.M.; Silva, J.H.V.; Miranda, E.C. **Farelo de trigo e complexo enzimático na alimentação de poedeiras semipesadas na fase de produção.** Revista Brasileira de Zootecnia 37(5): 843-848, 2008. doi: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982008000500010>

Campestrini, E.; Silva, V.T.M.; Appelt, M.D. **Utilização de enzimas na alimentação animal.** Revista Eletrônica Nutritime 2(6): 254-267, 2005. Available at: <https://nutritime.com.br/wp-content/uploads/2020/01/Artigo-027.pdf>

Han, Y.K.; Jin, Y.H.; Kim, J.H.; Tracker, P.A. **Influence of enzyme and/or lyssolecithin supplementation on performance, nutrient digestibility and egg quality for laying hens.** Trends Animal Vet Science Journal 1(1): 28-35, 2010. Available at: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20113196398>

Henn, J.D. **Aditivos Enzimáticos em dietas de suínos e aves.** In: Bioquímica do tecido animal. Pós-graduação em Ciências Veterinárias da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2009. Available at: <http://www6.ufrgs.br/bioquimica/> Acessado em: 12/12/2014

Krabbe, E. L.; Lorandi, S. VI Atualidades e tendências no uso de enzimas na nutrição de aves, Congresso Latino-Americano de Nutrição Animal, Universidade Federal de Pelotas – Pelotas/RS, 2014. Available at: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1014040/1/final7647.pdf>

Krabbe, E.L.; Gopinger, E.; Bezerra, N.S.; Costa, A.P.G.C.; Gomes, H.A. **Avaliação dos benefícios do uso de xilanase na digestibilidade de nutrientes em suínos.** Concórdia, SC: Embrapa Suínos e Aves, 2019. 9p. (Comunicado Técnico, 567). Available at: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/207531/1/final9014.pdf>

Liu, D.; Guo, Y.; Wang, Z.; Yuan, J. **Exogenous lysozyme influences Clostridium perfringens colonization and intestinal barrier function in broiler chickens.** Avian Pathology 39(1): 17-24, 2010. doi: <https://doi.org/10.1080/03079450903447404>

Mireles-Arriaga AI, Espinosa-Ayala E, Hernández-García PA, Márquez-Molina O. **Use of Exogenous Enzyme in Animal Feed.** Life Science Journal 2(2):23-32, 2015. Available at: https://www.lifesciencesite.com/lwj/life1202s15/004_A00374life1202s15_LifeSI15_23_32.pdf

Munir, K.; Maqsood, S. **A review on role of exogenous enzyme supplementation in poultry production.** Emirates Journal of Food and Agriculture 25 (1): 66-80, 2013. doi: <https://doi.org/10.9755/ejfa.v25i1.9138>

Regina, R. **Nutrição animal, principais ingredientes e manejo de aves e suínos.** 1ªedição. São Paulo. Fundação Cargill, 2010. 413p. ISBN: 978-85-7467-017-1

Rocha, C. **Impacto de diferentes alimentos sobre a estrutura morfológica intestinal e digestibilidade dos nutrientes em frangos.** Tese (Doutorado em Ciências Veterinárias). Programa de Pós- Graduação em Ciências Veterinárias da Universidade Federal do Paraná, Curitiba - Paraná, Brasil. 2014. 168p. Available at: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/35952>

Silva, L.M.; Geraldo, A.; Vieira Filho, J.A. **Associação de carboidrase e fitase em dietas valorizadas para poedeiras semipesadas.** Acta Scientiarum. Animal Sciences 34(3): 253-258, 2012. doi: <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v34i3.12735>

Silva, Y.L. **Redução dos níveis de proteína e fósforo em rações com fitase para frangos de corte: desempenho, digestibilidade e excreção de nutrientes.** Tese (Doutorado em Zootecnia), Programa de Pós-graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Lavras, Lavras - Minas Gerais - Brasil. 2004. 228p. Available at: <http://repositorio.ufla.br/handle/1/3898?mode=full>

Silversides, F.G.; Hruby, M. **Feed formulation using phytase in laying hen diets.** Journal of Applied Poultry Research 18(1): 15-22, 2009. doi: <https://doi.org/10.3382/japr.2008-00035>

Sorio, A.; Braga, F.; Lima, F.; Maia, G.; Rasi, L.; Dallonder, L.O. **Estudo de viabilidade técnica e econômica destinado a implantação do parquet produtivo nacional de aditivos da industria de alimentação de animais de produção.** Méritos Editora, 2012.

Souza, J.P.P.; Lima, M.D.; Lopes, I.M.G. **Exogenous enzymes in the diet of weaned piglets.** Ciência Animal, 32(2): 68-84, 2022. Available at: <https://revistas.uece.br/index.php/cienciaanimal/article/view/9476>

Uenojo, M.; Pastore, G.M. **Pectinases: aplicações industriais e perspectivas.** Quím. Nova, 30(2), 2007. doi: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422007000200028>

CAPÍTULO 9

POLÍTICAS PÚBLICAS DE AQUISIÇÃO DE ALIMENTOS PARA O FOMENTO DA AGRICULTURA FAMILIAR

Data de submissão: 04/11/2023

Data de aceite: 01/12/2023

Maria Tainara Soares Carneiro

Faculdade Estácio de Sá

Campo Grande- MS

<http://lattes.cnpq.br/2709203804860087>

Lilian Oliveira Daniel

Faculdade Insted

Campo Grande- MS

<http://lattes.cnpq.br/5195402264957106>

Juliano Vitorino da Cruz

Universidade Federal da Grande

Dourados

Dourados- MS

<http://lattes.cnpq.br/6186850258417973>

RESUMO: O Brasil vem implementando políticas e programas com ações delimitadas para a agricultura familiar, como os programas de compra institucional de alimentos dos agricultores familiares, o Programa de Aquisição de Alimentos (PAA) e o Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE). O presente estudo visa contextualizar a importância do dos mercados institucionais do PAA e PNAE para a agricultura familiar no contexto local do estado do Mato Grosso do Sul (MS). Foi realizada uma pesquisa bibliográfica com revisão integrativa, a fim de se obter uma

síntese do conhecimento das políticas do PNAE e PAA a serem analisadas e uma busca no Portal Transparência, em sites Ministeriais, de valores repassados do Ministério da Educação do PNAE e do PAA pelo Ministério do Desenvolvimento Social às Prefeituras Municipais e ao Estado do Mato Grosso do Sul no período de janeiro a outubro de 2023. Esses dados foram tabulados em Planilha da Microsoft Excel®. O governo do Estado de MS publicou dois editais de PAA totalizando R\$6.200.000,00; a CONAB publicou edital de PAA com aceite de 24 projetos de organizações do MS no valor de R\$4.413.390,05. O Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação já realizou o repasse de R\$69.524.157,25 ao PNAE municipal de estadual do MS que corresponde a aquisição de, no mínimo, R\$20.857.247,18 da agricultura familiar. Contudo, tais políticas públicas não fundamentais na inserção de agricultores em canais específicos de comercialização, fomentando a sua produção, geração de renda e garantindo a segurança alimentar no campo e na cidade, aos beneficiários no recebimento dos alimentos.

PALAVRAS-CHAVE: Agricultura Familiar; Programa de Aquisição de Alimentos; Programa Nacional de Alimentação Escolar.

PUBLIC FOOD ACQUISITION POLICIES TO PROMOTE FAMILY FARMING

ABSTRACT: Brazil has been implementing policies and programs with limited actions for family farming, such as institutional food purchasing programs from family farmers, the Food Acquisition Program (PAA) and the National School Feeding Program (PNAE). The present study aims to contextualize the importance of PAA and PNAE institutional markets for family farming in the local context of the state of Mato Grosso do Sul (MS). A bibliographical research was carried out with an integrative review, in order to obtain a synthesis of knowledge of the PNAE and PAA policies to be analyzed and a search on the Transparency Portal, on Ministerial websites, for values transferred from the Ministry of Education of the PNAE and PAA by the Ministry of Social Development to the Municipal Governments and the State of Mato Grosso do Sul in the period from January to October 2023. This data was tabulated in a Microsoft Excel® Spreadsheet. The government of the State of MS published two PAA notices totaling R\$6,200,000.00; CONAB published a PAA notice accepting 24 projects from MS organizations worth R\$4,413,390.05. The National Education Development Fund has already transferred R\$69,524,157.25 to the municipal and state PNAE of MS, which corresponds to the acquisition of at least R\$20,857,247.18 from family farming. However, such public policies are not fundamental in inserting farmers into specific marketing channels, promoting their production, generating income and guaranteeing food security in the countryside and in the city, for beneficiaries when receiving the food.

KEYWORDS: Public Policies, Food Acquisition Program, National School Feeding Program.

INTRODUÇÃO

A população brasileira é marcada por desigualdades econômicas e a superação dessa realidade pode ocorrer pela canalização do acesso a políticas públicas para indivíduos ou grupos que estejam em vulnerabilidade social (CUNHA et al., 2017). Nesse contexto, o Brasil vem implementando políticas e programas com ações delimitadas a um público específico, desde o início do século XXI, objetivando a melhoria de condições de vida, social, minimização de problemas dessas pessoas e segurança alimentar e nutricional, com destaque para as políticas para a agricultura familiar no meio rural (CUNHA et al., 2017; AGOSTINI & BOURSCHIEDT, 2017).

O Governo Brasileiro, desde 1990, vem buscando atender a agricultura familiar com a criação de políticas públicas de acesso à terra, moradia, crédito rural e acesso à comercialização. Em 1995, foi promulgado o Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF) e, anos depois, a publicação da Lei nº 11.320/2006, que estabeleceu diretrizes para a formulação da Política Nacional da Agricultura Familiar e Empreendimentos Familiares Rurais (BRASIL, 1995, 2006).

Nesse sentido, considera-se agricultor familiar e empreendedor familiar rural aquele que pratica atividade no meio rural e concomitantemente atende às seguintes condições: não possuir propriedade maior do que quatro módulos fiscais; utilizar, predominantemente, a mão-de-obra familiar nas atividades econômicas; ter a maior parte da renda familiar

advinda das atividades econômicas do estabelecimento e empreendimento; administrar o seu empreendimento com a sua família. São beneficiários também silvicultores em floresta nativa de modo sustentável; aquicultores que explorem até 2 hectares ou 500m³ de água; extrativistas artesanais; povos indígenas, comunidades quilombolas e tradicionais (BRASIL, 2006).

A Política Nacional da Agricultura Familiar baseia-se nos princípios de descentralização; sustentabilidade econômica, ambiental e social; equidade ao exercer as políticas públicas e participação dos agricultores na sua formação e implementação. E para alcançar suas metas, visa planejar e executar diversas ações, com destaque para o crédito, assistência técnica e extensão rural, pesquisa, comercialização, legislação sanitária, cooperativismo, associativismo, capacitação e agroindustrialização (BRASIL, 2006). Já os programas de compra institucional de alimentos dos agricultores familiares, como o Programa de Aquisição de Alimentos (PAA) e o Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE) se inserem com grande relevância por criarem cadeias curtas de comercialização, aproximação de agricultores e consumidores, fortalecimento do comércio local, ampliação de renda aos produtores e, assim, fortalecer a segurança alimentar e nutricional de todos os atores envolvidos (CUNHA et. al, 2017).

O PAA foi instituído pela Lei nº 10.696/2003 e ao longo dos anos sofreu diversas mudanças. Atualmente, é regido pela Lei nº 14.628/2023 e pelo Decreto nº 11.476/2023. O PAA possui várias finalidades, dentre elas: incentivar a agricultura familiar, povos indígenas, comunidades quilombolas e tradicionais, pesca artesanal, aquicultura, piscicultura, carcinicultura, com fomento à produção sustentável, processamento dos alimentos, agroindustrialização e geração de renda; contribuir ao acesso à alimentação em quantidade, qualidade e regularidade, conforme o disposto ao direito humano à alimentação adequada e saudável (DHAA); incentivar e valorizar os produtos da agricultura familiar; promover o abastecimento alimentar; apoiar a formação de estoques de organizações da agricultura familiar; promover e valorizar a produção orgânica e agroecológica; incentivar hábitos alimentares saudáveis; incentivar o cooperativismo e o associativismo (BRASIL, 2003, 2023a, 2023b).

O PAA poderá ser executado por cinco tipos de modalidades, sendo: Compra com Doação Simultânea (aquisição dos gêneros alimentícios dos agricultores familiares e doação simultânea as unidades recebedoras ou beneficiários consumidores); PAA-Leite (aquisição de leite e doação as unidades recebedoras ou beneficiários consumidores); Compra Direta (compra de alimentos para sustentar preços, formar estoques ou permitir intervenções em emergências); Apoio a Formação de Estoques (apoio financeiro para organizações formar estoques ou pagamento de produtos para ações de segurança alimentar e nutricional) e Compra Institucional (compra de alimentos da agricultura familiar para atender demandas do órgão comprador e doação aos consumidores do próprio órgão) (BRASIL, 2023a).

A comprovação da aptidão dos beneficiários fornecedores e suas organizações

ocorre pela apresentação da Declaração de Aptidão ao Pronaf (DAP), a qual vem sendo substituída pelo Cadastro Nacional da Agricultura Familiar (CAF) ou outro documento definido pelo grupo Gestor do PAA. E suas participações ocorrerão pelos limites de unidade familiar em até 15 mil reais/ano, nas modalidades compra com doação simultânea, compra direta e apoio à formação de estoques; até 30 mil reais/ano, por órgão comprador, na Compra Institucional; até 30 mil reais/ano no PAA-Leite. Quantos aos limites de organização fornecedora, seguindo o limite por unidade familiar, são: até 1 milhão e 500 mil reais/ano, nas modalidades compra com doação simultânea, compra direta e apoio à formação de estoques (limita-se a 500 mil reais); até 6 milhões de reais/ano, por órgão comprador, na Compra Institucional (BRASIL, 2023a).

O PNAE é uma das políticas públicas mais antigas do Brasil. Foi criado em 1975 pela Campanha de Merenda Escolar e em 1979 tornou-se o PNAE. O seu objetivo é contribuir com o crescimento, desenvolvimento biopsicossocial, rendimento escolar, aprendizagem e formação de práticas alimentares saudáveis aos alunos, por meio de ofertas de refeições que cubram o seu período letivo de acordo com a sua faixa etária e ações de educação alimentar e nutricional (BRASIL, 2020).

Dentro das diretrizes da Alimentação Escolar, destaca-se o apoio ao desenvolvimento sustentável, com o incentivo de aquisição de alimentos diversificados, locais e da agricultura familiar e empreendedores familiares rurais, com prioridade das comunidades indígenas e quilombolas (BRASIL, 2020). Desde o ano de 2009, com a promulgação da Lei 11.947, dos recursos financeiros repassados anualmente pelo Fundo Nacional da Educação (FNDE) aos Estados, Municípios e Distrito Federal para a aquisição de gêneros alimentícios ao PNAE, as Entidades Executoras devem adquirir, no mínimo, 30% com a compra dos itens da agricultura familiar e por meio do processo de chamada pública (BRASIL, 2009, 2020).

Para a participação na chamada pública do PNAE são exigidos documentos do agricultor familiar (podendo participar como individual, grupo informal ou formal) e o seu projeto de venda ao órgão. Dentre esses documentos está a CAF, documento que o habilita a participar do processo (BRASIL, 2020).

A partir dessa perspectiva, o presente estudo visa contextualizar a importância dos mercados institucionais do PAA e PNAE para a agricultura familiar no contexto local do estado do Mato Grosso do Sul (MS).

METODOLOGIA

Trata-se de uma pesquisa aplicada de abordagem quantitativa. Foi realizada uma pesquisa bibliográfica com revisão integrativa, a fim de se obter uma síntese do conhecimento das políticas do PNAE e PAA a serem analisadas (SOUZA et al., 2010). A partir desses conhecimentos, foi realizada uma busca no Portal Transparência, em sites Ministeriais, de valores repassados do Ministério da Educação do PNAE e do PAA pelo

Ministério do Desenvolvimento Social às Prefeituras Municipais e ao Estado do Mato Grosso do Sul no período de janeiro a outubro de 2023. Esses dados foram tabulados em Planilha da Microsoft Excel®.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O governo do Estado do MS publicou o Edital de Chamamento Público, por intermédio desta Secretaria de Estado de Meio Ambiente, Desenvolvimento, Ciência, Tecnologia e Inovação (SEMADESC), nº 005/2023, no dia 10 de abril de 2023, para contratação de agricultores e agricultoras familiares fornecedoras de leite no âmbito do PAA-Modalidade: Incentivo à Produção e Consumo de Leite. A dotação orçamentária disponível é no valor de R\$1.200.000,00 para a execução desse Programa no Estado, com a participação de 4 Prefeituras municipais com produção de leite considerável e população com insegurança alimentar e nutricional (MATO GROSSO DO SUL, 2023a).

A Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) abriu em junho/2023 ao recebimento de projetos de organizações de agricultores familiares para o PAA Compra com Doação Simultânea O projetos precisavam respeitar o limite de até 15 mil reais/ agricultor familiar/ano e até e R\$ 1.500.000,00/organização/ano. Foi contratado os projetos de 24 organizações do MS, totalizando um valor de R\$4.413.390,05 (CONAB, 2023).

No dia 18 de outubro de 2023, a SEMADESC publicou o Edital de Chamamento Público nº. 014/2023 para o credenciamento de agricultores(as) indígenas, quilombolas, e agricultores(as) familiares para aquisição de alimentos no âmbito da Ação de Distribuição de Alimentos a Grupos Popacionais Tradicionais Específicos (ADA), por meio da modalidade Compra com Doação Simultânea do Programa de Aquisição de Alimentos (CDS/PAA) por dispensa de licitação, com vistas à garantia da alimentação dos povos indígenas em situação de insegurança alimentar e nutricional. Tal edital prevê a dotação orçamentária de R\$ 5.000.000,00 ao Estado MS, com a participação de venda e recebimento dos alimentos de 35 prefeituras municipais que ganham a cesta de alimentos da CONAB para a população indígena, podendo participar na entrega dos produtos os agricultores de municípios vizinhos (MATO GROSSO DO SUL, 2023b).

Conforme observado no Quadro 1, foi verificado que o FNDE já realizou o repasse de 9 parcelas, das 10 parcelas que deve encaminhar de recurso financeiro, para o PNAE, às Prefeituras Municipais e Secretarias de Estado de Educação. Nesse sentido, até o mês de outubro de 2023, foi verificado que o Estado MS recebeu um quantitativo de R\$69.524.157,25 (BRASIL, 2023c) e que irá receber mais recursos até completar o ano.

REPASSE FINANCEIRO DO FNDE REFERENTE AO PNAE ÀS PREFEITURAS MUNICIPAIS E SECRETARIA ESTADUAL DE EDUCAÇÃO DO ESTADO DO MATO GROSSO DO SUL, 2023

Nº	MUNICÍPIOS / SECRETARIA ESTADUAL DE EDUCAÇÃO	9 PARCELAS DE REPASSE FINANCEIRO DO FNDE 2023*	30% DE AQUISIÇÃO DE GÊNEROS DA AGRICULTURA
1	Água Clara	R\$ 420.212,00	R\$ 126.063,60
2	Alcinópolis	R\$ 10.511,49	R\$ 3.153,45
3	Amambai	R\$ 938.508,20	R\$ 281.552,46
4	Anastácio	R\$ 383.489,40	R\$ 115.046,82
5	Anaúnilândia	R\$ 122.658,80	R\$ 36.797,64
6	Angélica	R\$ 204.432,40	R\$ 61.329,72
7	Antônio João	R\$ 204.610,60	R\$ 61.383,18
8	Aparecida do Taboado	R\$ 367.337,40	R\$ 110.201,22
9	Aquidauana	R\$ 762.085,80	R\$ 228.625,74
10	Aral Moreira	R\$ 211.489,40	R\$ 63.446,82
11	Bandeirantes	R\$ 108.141,80	R\$ 32.442,54
12	Bataguassu	R\$ 314.020,42	R\$ 94.206,13
13	Batayporã	R\$ 169.950,80	R\$ 50.985,24
14	Bela Vista	R\$ 156.981,60	R\$ 47.094,48
15	Bodoquena	R\$ 156.981,60	47094,48
16	Bonito	R\$ 336.669,94	R\$ 101.000,98
17	Brasilândia	R\$ 210.927,20	R\$ 63.278,16
18	Caarapó	R\$ 641.853,60	R\$ 192.556,08
19	Camapuã	R\$ 187.862,60	R\$ 56.358,78
20	Campo Grande	R\$ 13.324.987,00	R\$ 3.997.496,10
21	Caracol	R\$ 104.412,60	R\$ 31.323,78
22	Cassilândia	R\$ 302.553,40	R\$ 90.766,02
23	Chapadão do Sul	R\$ 803.079,00	R\$ 240.923,70
24	Corguinho	R\$ 57.167,84	R\$ 17.150,35
25	Coronel Sapucaia	R\$ 443.586,36	R\$ 133.075,91
26	Corumbá	R\$ 1.760.105,60	R\$ 528.031,68
27	Costa Rica	R\$ 710.876,20	R\$ 213.262,86
28	Coxim	R\$ 464.463,60	R\$ 139.339,08
29	Deodápolis	R\$ 155.896,40	R\$ 46.768,92
30	Dois Irmãos do Buriti	R\$ 271.120,60	R\$ 81.336,18
31	Douradina	R\$ 101.803,00	R\$ 30.540,90
32	Dourados	R\$ 4.001.620,40	R\$ 1.200.486,12
33	Eldorado	R\$ 197.902,20	R\$ 59.370,66
34	Fátima do Sul	R\$ 302.147,60	R\$ 90.644,28
35	Figueirão	R\$ 54.128,00	R\$ 16.238,40
36	Glória de Dourados	R\$ 129.119,60	R\$ 38.735,88
37	Guia Lopes da Laguna	R\$ 126.151,40	R\$ 37.845,42
38	Iguatemi	R\$ 264.401,80	R\$ 79.320,54
39	Inocência	R\$ 134.508,40	R\$ 40.352,52
40	Itaporã	R\$ 253.518,60	R\$ 76.055,58

REPASSE FINANCEIRO DO FNDE REFERENTE AO PNAE ÀS PREFEITURAS MUNICIPAIS E SECRETARIAS ESTADUAIS DE EDUCAÇÃO DO ESTADO DO MATO GROSSO DO SUL, 2023

Nº	MUNICÍPIOS / SECRETARIA ESTADUAL DE EDUCAÇÃO	9 PARCELAS DE REPASSE FINANCEIRO DO FNDE 2023*	30% DE AQUISIÇÃO DE GÊNEROS DA AGRICULTURA
41	Itaquirai	R\$ 349.075,00	R\$ 104.722,50
42	Ivinhema	R\$ 414.495,80	R\$ 124.348,74
43	Japorã	R\$ 294.033,40	R\$ 88.210,02
44	Jaraguari	R\$ 80.746,00	R\$ 24.223,80
45	Jardim	R\$ 356.506,40	R\$ 106.951,92
46	Jateí	R\$ 6.701,60	R\$ 2.010,48
47	Juti	R\$ 128.450,60	R\$ 38.535,18
48	Ladálio	R\$ 446.612,40	R\$ 133.383,72
49	Laguna Carapã	R\$ 170.371,60	R\$ 51.111,48
50	Maracaju	R\$ 751.288,20	R\$ 225.386,46
51	Miranda	R\$ 586.125,20	R\$ 175.837,56
52	Mundo Novo	R\$ 190.621,20	R\$ 57.186,36
53	Naviraí	R\$ 971.590,80	R\$ 291.477,24
54	Nioaque	R\$ 242.018,80	R\$ 72.605,64
55	Nova Alvorada do Sul	R\$ 566.157,80	R\$ 169.847,34
56	Nova Andradina	R\$ 892.611,00	R\$ 267.783,30
57	Novo Horizonte do Sul	R\$ 111.194,60	R\$ 33.358,38
58	Paraisó das Águas	R\$ 237.637,60	R\$ 71.291,28
59	Paranaíba	R\$ 722.653,00	R\$ 216.795,90
60	Paranhos	R\$ 531.277,80	R\$ 159.383,34
61	Pedro Gomes	R\$ 94.854,20	R\$ 28.456,26
62	Ponta Porã	R\$ 1.417.698,80	R\$ 425.309,64
63	Porto Murtinho	R\$ 360.784,20	R\$ 108.235,26
64	Ribas do Rio Pardo	R\$ 476.392,60	R\$ 142.917,78
65	Rio Brilhante	R\$ 799.148,80	R\$ 239.744,64
66	Rio Negro	R\$ 90.729,60	R\$ 27.218,88
67	Rio Verde de Mato Grosso	R\$ 325.031,80	R\$ 97.509,54
68	Rochedo	R\$ 39.720,12	R\$ 11.916,04
69	Santa Rita do Pardo	R\$ 127.995,20	R\$ 38.398,56
70	São Gabriel do Oeste	R\$ 668.764,60	R\$ 200.629,38
71	Selvíria	R\$ 0,00	R\$ 0,00
72	Sete Quedas	R\$ 136.894,80	R\$ 41.068,44
73	Sidrolândia	R\$ 1.101.344,60	R\$ 330.403,38
74	Sonora	R\$ 344.291,80	R\$ 103.287,54
75	Tacuru	R\$ 245.390,00	R\$ 73.617,00
76	Taquarussu	R\$ 65.471,60	R\$ 19.641,48
77	Terenos	R\$ 348.693,20	R\$ 104.607,96
78	Três Lagoas	R\$ 2.172.955,60	R\$ 651.886,68
79	Vicentina	R\$ 72.326,00	R\$ 21.697,80
80	SEDUC - ESTADO MS	R\$ 22.715.226,28	R\$ 6.814.567,88
	TOTAL	R\$ 69.524.157,25	R\$ 20.857.247,18

*O FNDE repassa 10 parcelas aos municípios e secretarias estaduais de educação. Na data o levantamento, havia o quantitativo do repasse de apenas 9 parcelas.

Quadro 1: Repasse financeiro do FNDE às prefeituras municipais e secretaria estadual de educação do Estado do Mato Grosso do Sul, 2023.

Fonte: BRASIL, FNDE, 2023c.

De acordo com a resolução do PNAE (BRASIL, 2020), as Entidades Executoras (EEx) devem adquirir, no mínimo, 30% do repasse financeiro recebido do FNDE com a aquisição de gêneros alimentícios da agricultura familiar. Nesse sentido, até o momento, as EEx do MS devem destinar o montante de R\$20.857.247,18 para a chamada pública da agricultura familiar no âmbito do PNAE.

Contudo, é possível analisar que de janeiro a outubro de 2023 foi destinado R\$27.057.247,18 para a aquisição da agricultura familiar no MS. No PNAE, a venda máxima por CAF/ano é de até 40 mil reais, por EEx, sendo possível a participação de pelo menos 521 agricultores familiares, considerando apenas uma EEx por agricultor, se às EEx adquirissem o mínimo preconizado na legislação da alimentação escolar. O agricultor familiar por participar da Chamada Pública do PNAE pelas EEx municipais (Prefeituras) e EEx Estadual (Secretaria de Estado de Educação), podendo assim, vender até 80 mil reais/ano no PNAE.

No caso dos Editais de PAA Estadual, o teto máximo de participação é de 15 mil reais/ano por agricultor familiar, possibilitando o enquadramento de no mínimo 413 produtores. O PAA da CONAB possibilita a participação de até 294 agricultores familiares, dentro de suas organizações, no teto de 15 mil reais/ano. O mesmo produtor pode participar dos três editais do PAA, porém deve ser respeitado o limite máximo de participação do PAA Estadual e PAA Conab, podendo, assim, ser contemplado com no máximo 30 mil reais/ano.

Nesse sentido, os dois Programas (PAA e PNAE) têm o intuito de apoiar e fortalecer a agricultura familiar, em níveis locais e regionais, promovendo a ampliação e diversificação de produção de forma sustentável; geração de renda e fixação dos agricultores no campo; valorização dos alimentos da agricultura familiar e fomento para bons hábitos alimentares da população. Além disso, compõe a estratégia de segurança alimentar e nutricional do Brasil e perpassa as outras políticas sociais da área da educação, saúde e assistência social, com os objetivos de redução da pobreza e desigualdade (CUNHA et. al, 2017).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Verificou-se que as políticas públicas para aquisição de alimentos da agricultura familiar são de extrema importância no Brasil. Fazendo o recorte ao Estado MS, o produtor nesse ano de 2023 tem a possibilidade de participar do PAA Conab, PAA Estadual e PNAE, promovendo a inserção de agricultores em canais específicos de comercialização, fomentando a sua produção, geração de renda e garantindo a segurança alimentar no campo e na cidade, aos beneficiários no recebimento dos alimentos. Tais Programas precisam ser continuados e ampliados pelos órgãos governamentais.

REFERÊNCIAS

AGOSTINI, C.; BOURSCHIEDT, H. J. A Implementação do Programa de Aquisição de Alimentos nos Municípios do Vale do Taquari (RS): uma análise da percepção dos executivos municipais. **Rev. Econ. Sociol. Rural**, n. 56, v. 2, abr./jun., 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1234-56781806-94790560206>. Acesso em: 20 out. 2023.

BRASIL. **Resolução nº 2.191 de 24 de agosto de 1995**. Crédito Rural - Institui o Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF). Disponível em: https://www.bcb.gov.br/pre/normativos/res/1995/pdf/res_2191_v3_L.pdf. Acesso em 28 out. 2023.

BRASIL. **Lei nº 10.696, de 2 de julho de 2003**. Dispõe sobre a repactuação e o alongamento de dívidas oriundas de operações de crédito rural, e dá outras providências. DOU de 03 jul. 2003. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2003/l10.696.htm. Acesso em: 30 out. 2023.

BRASIL. **Lei nº 11.326, de 24 de julho de 2006**. Estabelece as diretrizes para a formulação da Política Nacional da Agricultura Familiar e Empreendimentos Familiares Rurais. DOU de 25 jul. 2006. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/l11326.htm. Acesso em 27 out. 2023.

BRASIL. **Lei nº 11.947, de 16 de junho de 2009**. Dispõe sobre o atendimento da alimentação escolar e do Programa Dinheiro Direto na Escola aos alunos da educação básica; altera as Leis no 10.880, de 9 de junho de 2004, 11.273, de 6 de fevereiro de 2006, 11.507, de 20 de julho de 2007; revoga dispositivos da Medida Provisória no 2.178-36, de 24 de agosto de 2001, e a Lei no 8.913, de 12 de julho de 1994; e dá outras providências. Diário Oficial da União: seção 1, p. 2, 17 jun. 2009. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2009/lei-11947-16-junho-2009-588910-norma-pl.html>. Acesso em: 20 set. 2023.

BRASIL. **Resolução CD/FNDE nº 06, de 08 de maio de 2020**. Dispõe sobre o atendimento da alimentação escolar aos alunos da educação básica no âmbito do Programa Nacional de Alimentação Escolar – PNAE. Diário Oficial da União: edição 89, seção 1, p. 38, 12 mai. 2020. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-n-6-de-8-de-maio-de-2020-256309972>. Acesso em: 22 set 2023.

BRASIL. **Decreto nº 11.476, de 6 de abril de 2023a**. Regulamenta o Programa de Aquisição de Alimentos, instituído pela Medida Provisória nº 1.166, de 22 de março de 2023, e dispõe sobre o funcionamento do Grupo Gestor do PAA e do Comitê de Assessoramento do Grupo Gestor do PAA. DOU de 06 abr. 2023. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2023/decreto/d11476.htm. Acesso em 25 set. 2023a.

BRASIL. **Lei nº 14.628, de 20 de julho de 2023b**. Institui o Programa de Aquisição de Alimentos (PAA) e o Programa Cozinha Solidária; altera as Leis nºs 12.512, de 14 de outubro de 2011, e 14.133, de 1º de abril de 2021 (Lei de Licitações e Contratos Administrativos); e revoga dispositivos das Leis nºs 11.718, de 20 de junho de 2008, 11.775, de 17 de setembro de 2008, 12.512, de 14 de outubro de 2011, e 14.284, de 29 de dezembro de 2021. DOU 21 jul. 2023. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2023/lei/l14628.htm. Acesso em: 25 set. 2023.

BRASIL. Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação – FNDE. Programa Nacional de Alimentação Escolar. **Liberação de Recursos, 2023c**. Disponível em: <https://www.fnde.gov.br/sigefweb/index.php/liberacoes>. Acesso em: 28 out. 2023.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Agricultura Familiar**. 2023. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/agricultura-familiar?view=default>. Acesso em 30 out. 2023.

CUNHA, W. A.; FREITAS, A. F.; SALGADO, R. J. S. F. Efeitos dos Programas Governamentais de Aquisição de Alimentos para a Agricultura Familiar em Espera Feliz, MG. **Rev. Econ. Sociol. Rural**, n. 55, v. 3, jul./set. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1234-56781806-94790550301>. Acesso em 20 out. 2023.

MATO GROSSO DO SUL. **Edital de Chamamento Público Nº 005/2023**, credenciamento para contratação de agricultores e agricultoras familiares fornecedoras de leite no âmbito do Programa de Aquisição de Alimentos – PAA - Modalidade: Incentivo à Produção e Consumo de Leite. Diário Oficial Eletrônico nº 11.126, de 10 de abril de 2023a, p. 38. Disponível em: https://www.semadesc.ms.gov.br/wp-content/uploads/2023/04/DO11126_10_04_2023-_edital.pdf. Acesso em 20 set. 2023.

MATO GROSSO DO SUL. **Edital de Chamamento Público Nº 014/2023**, credenciamento de agricultores(as) indígenas, quilombolas, e agricultores(as) familiares, fornecedores de proteína animal e hortifrutigranjeiros, para aquisição de alimentos da agricultura familiar no âmbito da Ação de Distribuição de Alimentos a Grupos Populacionais Tradicionais Específicos (ADA), por meio da modalidade Compra com Doação Simultânea do Programa de Aquisição de Alimentos (CDS/PAA). Diário Oficial Eletrônico nº 11.300, de 23 de outubro de 2023b, p. 135. Disponível em: https://www.spdo.ms.gov.br/diariodoe/Index/Download/DO11300_23_10_2023. Acesso em 24 out. 2023.

SOUZA, M. T.; SILVA, M. D.; CARVALHO, R. Revisão integrativa: o que é e como fazer. **Rev. Einstein**, n.8, v.1, p.102-106, 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s1679-45082010rw1134>. Acesso em 20 out. 2023.

CAPÍTULO 10

DIVERSIFICACIÓN DE LA OFERTA TURÍSTICA CON FERIAS DE PRODUCTORES EN LA PROVINCIA DE IMBABURA

Data de aceite: 01/12/2023

Ernesto Washington Morocho Núñez

Director de Vinculación del Instituto
Tecnológico Superior José Chiriboga
Grijalba
Ibarra – Ecuador
Máster en Administración de Negocios
Universidad Internacional de la Rioja
<https://orcid.org/0000-0002-0565-5300>

Yomaira Paola Enríquez Ruiz

Docente en el Instituto Superior
Tecnológico José Chiriboga Grijalva Ibarra
– Ecuador
Ingeniera en administración de empresas
turísticas y hoteleras Universidad
UNIANDES

Lourdes Linda Chamorro Zapata

Docente de la Universidad Técnica del
Norte Ibarra – Ecuador
Máster en Gerencia Empresarial, Mención
proyectos Escuela Politécnica Nacional
<https://orcid.org/0000-0003-0939-2728>

Morocho, E., Chamorro, L., Chamorro, M.,
Ortega, J. Borja, D. & Enríquez, Y. (Enero –
Diciembre 2022). Diversificación de la oferta
turística con ferias de productores en la provincia
de Imbabura. *Tierra Infinita* (8), 30-61. <https://doi.org/10.32645/26028131.1152>

Jesús Ernesto Ortega González

Docente de la Pontificia Universidad
Católica del Ecuador sede Ibarra Ibarra –
Ecuador
Magister Ejecutivo en Dirección de
Empresas con énfasis en Gerencia
Estratégica
Universidad Regional Autónoma de los
Andes “UNIANDES”
<https://orcid.org/0000-0003-3379-0750>

RESUMEN: El Ministerio de Agricultura
y Ganadería, como organismo del
sector público, en su calidad de asesor
técnico de la producción, ha fomentado
la comercialización de productos
agroecológicos por medio de los Circuitos
Alternativos de Comercialización de
los pequeños productores en donde se
expenden varios productos que provienen de
los diferentes pisos altitudinales, resaltando
su necesidad institucional por promocionar
dicho proyecto, ya que constituye el soporte
económico de ciento cincuenta mil familias
en la provincia de Imbabura principalmente

Diego Ramiro Borja Chalacán

Docente en el Instituto Superior
Tecnológico José Chiriboga Grijalva Ibarra
– Ecuador
Ingeniero en Turismo Universidad Técnica
del Norte

de sus parroquias rurales. Se realizó un estudio cualitativo y cuantitativo, apoyado en el método deductivo, cuyo propósito es analizar las ferias de productores como atractivo turístico para diversificar la oferta turística de la provincia de Imbabura. Se aplicó una ficha técnica operacional (observación) dirigida a los productores de las ferias agro ecológicas de Imbabura. Se pudo evidenciar que las nueve ferias poseen un gran potencial de oferta de productos orgánicos y semi-orgánicos provenientes de los Circuitos Alternativos de Comercialización de la provincia de Imbabura, siendo su producción aún ancestral, mantenida de generación en generación, ocupados en el llenado de la canasta básica familiar con productos que permitan cubrir la seguridad y soberanía alimentaria de las familias.

PALABRAS CLAVE: circuitos alternativos de comercialización, agro ecológico, orgánica, semi orgánica, ancestral, seguridad, soberanía

ABSTRACT: The Ministry of Agriculture and Livestock as a public sector body, in its capacity as technical production advisor, has promoted the commercialization of agro ecological products through the Alternative Marketing Circuits of small producers where Several products are sold that come from the different altitude levels, highlighting its institutional need to promote this project, since it constitutes the economic support of one hundred and fifty thousand families in the province of Imbabura, mainly from its rural parishes. A qualitative and quantitative study was carried out, supported by the deductive method, the purpose of which is to analyze producer fairs as a tourist attraction to diversify the tourist offer of the province of Imbabura. An operational technical sheet (observation) was applied to the producers of the agro-ecological fairs in Imbabura. It was possible to show that the nine fairs have a great supply potential of organic and semi-organic products from the Alternative Marketing Circuits of the province of Imbabura, their production still ancestral, maintained from generation to generation, occupied in filling the basic basket family with products that allow to cover the security and food sovereignty of the families.

KEYWORDS: Alternative Marketing Circuits, agro ecological, organic, semi-organic, ancestral, security, sovereignty

INTRODUCCIÓN

La identificación del potencial turístico a través de las ferias de pequeños productores agroecológicos de los Circuitos Alternativos de Comercialización (CIALCOS) del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), se llevó a cabo como parte del convenio de cooperación interinstitucional entre el Instituto Superior Tecnológico José Chiriboga Grijalva (ITCA) y el MAG, Dirección distrital Imbabura.

Después de haber identificado las proyecciones planteadas por el MAG, se pudo determinar que uno de sus ejes de trabajo es el desarrollo turístico, el cual incluye a productores y familiares locales de las ferias de productores. En este marco, se ha determinado a través de la carrera de gestión turística, mención gastronomía, del ITCA la realización de un estudio que da valor a las ferias de productores que forman parte de los CIALCOS como atractivos turísticos quienes exponen la cultura de las localidades rurales para llevar a cabo una transformación social. Estas actividades están dirigidas por

personas de diversos pueblos y nacionalidades indígenas de la provincia de Imbabura compartiendo diferentes experiencias y saberes.

Cabe indicar que las ferias de productores representan a la economía solidaria con un paradigma diferente, fruto de la propia experiencia de los pueblos y tomando en cuenta sus entornos históricos, culturales, ambientales, y sus organizaciones; además es un proceso presente desde hace siglos y que, en la actualidad, se pretende poner en escena, fortaleciendo el valor cultural de las prácticas socioeconómicas de familias, organizaciones y pueblos.

En este contexto, es importante dar a conocer que la falta de diversificación de la oferta turística en la provincia de Imbabura, tanto en la parte rural como en la parte urbana, se debe, principalmente, a la escasa investigación por parte de los actores turísticos locales, quienes no se han enfocado en identificar nuevos recursos que puedan ser aprovechados en el campo turístico; sino más bien, en actualizar información de atractivos ya inventariados, lo que provoca que las ferias de productores no sean reconocidas y mucho menos incorporadas en la dinámica turística local, lo que da como resultado una información turística carente de datos reales en los cuales se pueda sustentar una investigación para la elaboración de un producto turístico, a esto se suma la inexistencia de datos oficiales de turistas locales que visitan las diferentes ferias comunitarias de los cantones de la provincia de Imbabura, adicionalmente el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) no cuenta con una base de datos que dé a conocer el valor cultural de dichas ferias como los pueblos y nacionalidades que participan en la actividad de la comercialización, tomando en cuenta lo mencionado se puede establecer que el turismo cultural ha ido perdiendo interés en el mercado actual lo que genera una decreciente demanda, motivo por el cual es necesario que las organizaciones pública, privada y la academia unan esfuerzos para la elaboración y promoción de productos turísticos de calidad que estén ligados al desarrollo económico, social y ambiental.

La importancia de esta investigación radica en el análisis de su situación actual de cada una de las ferias de productores, tanto en su parte interna como externa, debido a que investigaciones realizadas con anterioridad por el MAG (ferias 2007), no han contemplado el ámbito del turismo, razón por la cual no se ha podido integrar a la dinámica turística local, por lo que resulta una necesidad elemental realizar dicha investigación.

La finalidad de esta investigación fue el identificar el potencial turístico a través de las ferias de pequeños productores agroecológicos de los Circuitos Alternativos de Comercialización (CIALCOS) del MAG, estableciéndose como hipótesis de trabajo la siguiente: Las ferias de productores del MAG constituyen un atractivo turístico para ser incorporadas y promocionadas en la dinámica turística de la provincia de Imbabura.

Finalmente, se plantea una propuesta alternativa de estudio del potencial turístico de las ferias de productores gestionadas por el MAG en la provincia de Imbabura, como un atractivo turístico el cual no ha sido considerado hasta el momento, a pesar de poseer

elementos culturales intangibles, razón por la cual es pertinente contemplar todos los esfuerzos de todos los involucrados en rescatar y promover la riqueza de las ferias de productores y adaptarlo en el sector turístico alternativo con el propósito de mejorar la actividad económica de las comunidades rurales.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación constó de las siguientes etapas: Identificación del potencial turístico de las ferias comunitarias con base a los criterios de valoración del MINTUR y la caracterización de las ferias agroecológicas comunitarias.

Identificación del potencial turístico de las ferias comunitarias con base a los criterios de valoración del MINTUR

Para obtener información directa acerca del potencial turístico de las ferias agroecológicas comunitarias del MAG, se realizó una ficha de levantamiento de atractivos turísticos del Ministerio de Turismo del Ecuador, en la que se estableció los lineamientos técnicos para la identificación, clasificación y valoración de los atractivos con mejores condiciones para el desarrollo de productos turísticos mediante un trabajo de campo y verificación de los atributos de los atractivos turísticos evaluando las condiciones de accesibilidad, infraestructura, salud, seguridad entre otros.

La investigación se realizó en las ferias de productores agroecológicos del MAG que tienen mayor demanda en los diferentes cantones de la provincia de Imbabura, para las que se destinó dieciocho estudiantes de cuarto nivel de la carrera de Gestión Turística mención Gastronomía como parte de su formación profesional a realizar las prácticas pre-profesionales en cada una de ellas para tal efecto se formó parejas de estudiantes distribuidos respectivamente en las siguientes ferias de productores: La Dolorosita del Priorato (Ibarra), Asociación de desarrollo integral Llacta Pura (Ibarra), Asociación Frutos de la Pachamama (Ibarra), Feria San Alfonso de Ambuquí (Ibarra), Asociación Integral Plaza Saranze (Otavalo), Asociación Sumacpacha (Otavalo), Pequeños emprendedores de Antonio Ante, Feria Comunitaria la Pachamama nos alimenta (Cotacachi) y Asociación de desarrollo integral Tierra del Sol (Pimampiro) que pertenecen al proyecto CIALCOS, con el propósito de recopilar la mayor cantidad de información primaria y secundaria que describa el accionar de las ferias y de esta manera determinar su potencialidad turística cultural.

Caracterización de las ferias agroecológicas comunitarias

Para caracterizar las ferias agroecológicas comunitarias, se realizó una observación de campo directamente en las nueve ferias de productores del MAG, con el fin de establecer su estructura, organización, productos comercializados y elementos culturales que se destacan; utilizando una ficha de observación elaborada para esta investigación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Identificación del potencial turístico de las ferias comunitarias con base a los criterios de valoración del MINTUR

La aplicación de la ficha, de levantamiento de atractivos turísticos del Ministerio de Turismo del Ecuador, permitió la obtención de los datos, aplicando la siguiente tabla de referencia:

Jerarquías del Potencial turístico		Criterios propuestos por la OEA para levantamiento de atractivos turísticos Descripción
Rangos	Jerarquía	
76 – 100	IV	Atractivo excepcional y de alta significación para el mercado turístico internacional, capaz por sí solo de motivar una importante corriente de visitantes (actual o potencial).
51 – 75	III	Atractivo con rasgos excepcionales, capaz de motivar por sí solo o en conjunto con otros atractivos contiguos, una corriente actual o potencial de visitantes nacionales o extranjeros
26 – 50	II	Atractivo con algún rasgo llamativo, capaz de interesar a visitantes que hubiesen llegado a la zona por otras motivaciones turísticas, o de motivar corrientes turísticas nacionales
11-25	I	Atractivo sin mérito suficiente para considerarlo a nivel de las jerarquías anteriores, pero que igualmente forman parte del inventario de atractivos turísticos como elementos que complementen a otros de mayor jerarquía
0 – 10	Recurso	Es un elemento natural o cultural que puede motivar el desplazamiento, pero no se encuentra todavía incorporado a la dinámica turística, ni cuenta con ningún tipo de infraestructura de apoyo

* Matriz de Priorización de Holmers y la OEA 2014.

Tabla 1. Jerarquías y criterios del potencial turístico manejado por el Ministerio de Turismo (MINTUR)
Ecuador

Aplicando la matriz de la tabla 1, en base a la información obtenida del levantamiento de información a las nueve ferias agroecológicas comunitarias del MAG, se obtuvo los siguientes resultados:

	Criterios de valoración	Descripción	Ponderación	Resultados
A	Accesibilidad y conectividad	Contempla el ingreso, horario al atractivo y facilidades instaladas para personas con alguna discapacidad; además, se hace referencia a la existencia de vías de acceso al sitio, con énfasis en las cualidades que condicionan la relación distancia/tiempo, así también la conectividad tecnológica	18	3
B	Planta turística/ servicios	Registra equipamientos y la disponibilidad de servicios en el atractivo	18	0
C	Estado de conservación/integración/sitio/entorno	Estimación de la integridad de los atributos patrimoniales físico-ambientales y socioculturales, en particular de las condiciones del sitio y su entorno.	14	14
D	Higiene y seguridad turística	Hace referencia a la disponibilidad de dispositivos para recolección de basura, procedencia de agua, presencia de actos vandálicos, limpieza e iluminación del atractivo.	14	0
E	Políticas y regulaciones	Consideración del atractivo dentro de la planificación territorial turística cantonal y cumplimiento de regulaciones para las actividades que se realizan en el atractivo.	10	3
F	Actividades que se practican en el atractivo	Constatación de actividades que se practican en el atractivo, mismas que le dan valor agregado.	9	0
G	Difusión del atractivo	Publicaciones internacionales, nacionales, monografías o medios de difusión. Declaratorias y reconocimientos. Relevancia y divulgación.	7	0
H	Registro de visitantes y afluencias	Registro del tipo de visitantes, perfil de consumo, volumen/intensidad de uso. Estimación de demanda potencial.	5	5
I	Recursos humanos	Hace referencia al nivel de instrucción académico del personal que labora en el atractivo.	5	0
Total			100	25

Tabla 2. Feria: La Dolorosita de Priorato

Fuente: Resultados de las encuestas aplicadas a las ferias comunitarias del 2021.

Elaboración: Estudiantes de la carrera de GTM –ITCA 2021.

La feria productora La Dolorosita del Priorato ubicada en el cantón Ibarra posee una ponderación de 25/100 con base a los criterios propuestos por la OEA se traduce como un atractivo de categoría I el cual debe formar parte del inventario de atractivos turísticos como elementos que complementen a otros de mayor jerarquía.

	Criterios de valoración	Descripción	Ponderación	Resultados
A	Accesibilidad y conectividad	Contempla el ingreso, horario al atractivo y facilidades instaladas para personas con alguna discapacidad; además, se hace referencia a la existencia de vías de acceso al sitio, con énfasis en las cualidades que condicionan la relación distancia/ tiempo, así también la conectividad tecnológica.	18	9
B	Planta turística/ servicios	Registra equipamientos y la disponibilidad de servicios en el atractivo.	18	2,1
C	Estado de conservación integración sitio/ entorno	Estimación de la integridad de los atributos patrimoniales físico-ambientales y socioculturales, en particular de las condiciones del sitio y su entorno.	14	10
D	Higiene y seguridad turística	Hace referencia a la disponibilidad de dispositivos para recolección de basura, procedencia de agua, presencia de actos vandálicos, limpieza e iluminación del atractivo.	14	2,5
E	Políticas y regulaciones	Consideración del atractivo dentro de la planificación territorial turística cantonal y cumplimiento de regulaciones para las actividades que se realizan en el atractivo.	10	0
F	Actividades que se practican en el atractivo	Constatación de actividades que se practican en el atractivo, mismas que le dan valor agregado.	9	0
G	Difusión del atractivo	Publicaciones internacionales, nacionales, monografías o medios de difusión. Declaratorias y reconocimientos. Relevancia y divulgación.	7	0
H	Registro de visitantes y afluencias	Registro del tipo de visitantes, perfil de consumo, volumen intensidad de uso. Estimación de demanda potencial.	5	2
I	Recursos humanos	Hace referencia al nivel de instrucción académica del personal que labora en el atractivo.	5	0
Total			100	25,6

Tabla 3. Feria: Asociación de Desarrollo Integral Llacta Pura

Fuente: Resultados de las encuestas aplicadas a las ferias comunitarias del 2021.

Elaboración: Estudiantes de la carrera de GTM –ITCA 2021.

La feria productora Asociación de Desarrollo integral Llacta Pura ubicada en el cantón Ibarra posee una ponderación de 25,6/100 con base a los criterios propuestos por la OEA se traduce como un atractivo de categoría I el cual debe formar parte del inventario

de atractivos turísticos como elementos que complementen a otros de mayor jerarquía.

	Criterios de valoración	Descripción	Ponderación	Resultados
A	Accesibilidad y conectividad	Contempla el ingreso, horario al atractivo y facilidades instaladas para personas con alguna discapacidad; además, se hace referencia a la existencia de vías de acceso al sitio, con énfasis en las cualidades que condicionan la relación distancia/ tiempo, así también la conectividad tecnológica.	18	0
B	Planta turística/ servicios	Registra equipamientos y la disponibilidad de servicios en el atractivo.	18	0
C	Estado de conservación e integración sitio/ entorno	Estimación de la integridad de los atributos patrimoniales físico-ambientales y socioculturales, en particular de las condiciones del sitio y su entorno.	14	15
D	Higiene y seguridad turística	Hace referencia a la disponibilidad de dispositivos para recolección de basura, procedencia de agua, presencia de actos vandálicos, limpieza e iluminación del atractivo.	14	2
E	Políticas y regulaciones	Consideración del atractivo dentro de la planificación territorial turística cantonal y cumplimiento de regulaciones para las actividades que se realizan en el atractivo.	10	0
F	Actividades que se practican en el atractivo	Constatación de actividades que se practican en el atractivo, mismas que le dan valor agregado.	9	0
G	Difusión del atractivo	Publicaciones internacionales, nacionales, monografías o medios de difusión. Declaratorias y reconocimientos. Relevancia y divulgación.	7	2
H	Registro de visitantes y afluencias	Registro del tipo de visitantes, perfil de consumo, volumen intensidad de uso. Estimación de demanda potencial.	5	0
I	Recursos humanos	Hace referencia al nivel de instrucción académico del personal que labora en el atractivo.	5	2
Total			100	21

Tabla 4. Feria: Asociación Integral Plaza Saranze

Fuente: Resultados de las encuestas aplicadas a las ferias comunitarias del 2021.

Elaboración: Estudiantes de la carrera de GTM –ITCA 2021.

La feria productora Asociación Integral Plaza Saranze ubicada en el cantón Otavalo posee una ponderación de 21/100 con base a los criterios propuestos por la OEA se traduce como un atractivo de categoría I el cual debe formar parte del inventario de atractivos turísticos como elementos que complementen a otros de mayor jerarquía.

	Criterios de valoración	Descripción	Ponderación	Resultados
A	Accesibilidad y conectividad	Contempla el ingreso, horario al atractivo y facilidades instaladas para personas con alguna discapacidad; además, se hace referencia a la existencia de vías de acceso al sitio, con énfasis en las cualidades que condicionan la relación distancia/ tiempo, así también la conectividad tecnológica.	18	5
B	Planta turística/ servicios	Registra equipamientos y la disponibilidad de servicios en el atractivo.	18	0
C	Estado de conservación e integración sitio/ entorno	Estimación de la integridad de los atributos patrimoniales físico-ambientales y socioculturales, en particular de las condiciones del sitio y su entorno.	14	14
D	Higiene y seguridad turística	Hace referencia a la disponibilidad de dispositivos para recolección de basura, procedencia de agua, presencia de actos vandálicos, limpieza e iluminación del atractivo.	14	0
E	Políticas y regulaciones	Consideración del atractivo dentro de la planificación territorial turística cantonal y cumplimiento de regulaciones para las actividades que se realizan en el atractivo.	10	10
F	Actividades que se practican en el atractivo	Constatación de actividades que se practican en el atractivo, mismas que le dan valor agregado.	9	0
G	Difusión del atractivo	Publicaciones internacionales, nacionales, monografías o medios de difusión. Declaratorias y reconocimientos. Relevancia y divulgación.	7	4
H	Registro de visitantes y afluencias	Registro del tipo de visitantes, perfil de consumo, volumen intensidad de uso. Estimación de demanda potencial.	5	0
I	Recursos humanos	Hace referencia al nivel de instrucción académico del personal que labora en el atractivo.	5	0
Total		100	33	

Tabla 5. Feria: Asociación de Desarrollo Integral Tierra del Sol

Fuente: Resultados de las encuestas aplicadas a las ferias comunitarias del 2021.

Elaboración: Estudiantes de la carrera de GTM –ITCA 2021.

La feria productora Asociación de Desarrollo Integral Tierra del Sol ubicada en el cantón Pimampiro posee una ponderación de 33/100 con base a los criterios propuestos por la OEA se traduce como un atractivo de categoría II el cual posee algún rasgo llamativo, capaz de interesar a visitantes que hubiesen llegado a la zona por otras motivaciones turísticas, o de motivar corrientes turísticas nacionales.

	Criterios de valoración	Descripción	Ponderación	Resultados
A	Accesibilidad y conectividad	Contempla el ingreso, horario al atractivo y facilidades instaladas para personas con alguna discapacidad; además, se hace referencia a la existencia de vías de acceso al sitio, con énfasis en las cualidades que condicionan la relación distancia/ tiempo, así también la conectividad tecnológica.	18	5
B	Planta turística/ servicios	Registra equipamientos y la disponibilidad de servicios en el atractivo.	18	0
C	Estado de conservación e integración sitio/ entorno	Estimación de la integridad de los atributos patrimoniales físico-ambientales y socioculturales, en particular de las condiciones del sitio y su entorno.	14	14
D	Higiene y seguridad turística	Hace referencia a la disponibilidad de dispositivos para recolección de basura, procedencia de agua, presencia de actos vandálicos, limpieza e iluminación del atractivo.	14	0
E	Políticas y regulaciones	Consideración del atractivo dentro de la planificación territorial turística cantonal y cumplimiento de regulaciones para las actividades que se realizan en el atractivo.	10	10
F	Actividades que se practican en el atractivo	Constatación de actividades que se practican en el atractivo, mismas que le dan valor agregado.	9	0
G	Difusión del atractivo	Publicaciones internacionales, nacionales, monografías o medios de difusión. Declaratorias y reconocimientos. Relevancia y divulgación.	7	4
H	Registro de visitantes y afluencias	Registro del tipo de visitantes, perfil de consumo, volumen intensidad de uso. Estimación de demanda potencial.	5	0
I	Recursos humanos	Hace referencia al nivel de instrucción académico del personal que labora en el atractivo.	5	0

Total	100	33
--------------	------------	-----------

Tabla 6. Feria: Feria de Pequeños Productores del cantón Antonio Ante

Fuente: Resultados de las encuestas aplicadas a las ferias comunitarias del 2021.

Elaboración: Estudiantes de la carrera de GTM –ITCA 2021.

La feria de pequeños productores del cantón Antonio Ante tiene una ponderación de 33/100 con base a los criterios propuestos por la OEA se traduce como un atractivo de categoría II el cual posee algún rasgo llamativo, capaz de interesar a visitantes que hubiesen llegado a la zona por otras motivaciones turísticas, o de motivar corrientes turísticas nacionales.

	Criterios de valoración	Descripción	Ponderación	Resultados
A	Accesibilidad y conectividad	Contempla el ingreso, horario al atractivo y facilidades instaladas para personas con alguna discapacidad; además, se hace referencia a la existencia de vías de acceso al sitio, con énfasis en las cualidades que condicionan la relación distancia/ tiempo, así también la conectividad tecnológica.	18	3
B	Planta turística/ servicios	Registra equipamientos y la disponibilidad de servicios en el atractivo.	18	0
C	Estado de conservación e integración sitio/ entorno	Estimación de la integridad de los atributos patrimoniales físico-ambientales y socioculturales, en particular de las condiciones del sitio y su entorno.	14	0
D	Higiene y seguridad turística	Hace referencia a la disponibilidad de dispositivos para recolección de basura, procedencia de agua, presencia de actos vandálicos, limpieza e iluminación del atractivo.	14	2
E	Políticas y regulaciones	Consideración del atractivo dentro de la planificación territorial turística cantonal y cumplimiento de regulaciones para las actividades que se realizan en el atractivo.	10	0
F	Actividades que se practican en el atractivo	Constatación de actividades que se practican en el atractivo, mismas que le dan valor agregado.	9	0
G	Difusión del atractivo	Publicaciones internacionales, nacionales, monografías o medios de difusión. Declaratorias y reconocimientos. Relevancia y divulgación.	7	0
H	Registro de visitantes y afluencias	Registro del tipo de visitantes, perfil de consumo, volumen intensidad de uso. Estimación de demanda potencial.	5	0

I	Recursoshumanos	Hace referencia al nivel de instrucción académico del personal que labora en el atractivo.	5	0
	Total		100	5

Tabla 7. Feria: Feria Frutos de la Pachamama

Fuente: Resultados de las encuestas aplicadas a las ferias comunitarias del 2021.

Elaboración: Estudiantes de la carrera de GTM –ITCA 2021.

La feria productora Frutos de la Pachamama posee una ponderación de 5/100 con base a los criterios propuestos por la OEA se traduce como un RECURSO elemento cultural que puede motivar el desplazamiento, pero no se encuentra todavía incorporado a la dinámica turística, ni cuenta con ningún tipo de infraestructura de apoyo.

	Criterios de valoración	Descripción	Ponderación	Resultados
A	Accesibilidad y conectividad	Contempla el ingreso, horario al atractivo y facilidades instaladas para personas con alguna discapacidad; además, se hace referencia a la existencia de vías de acceso al sitio, con énfasis en las cualidades que condicionan la relación distancia/ tiempo, así también la conectividad tecnológica.	18	3
B	Planta turística/ servicios	Registra equipamientos y la disponibilidad de servicios en el atractivo.	18	0
C	Estado de conservación e integración sitio/ entorno	Estimación de la integridad de los atributospatrimoniales físico-ambientales y socioculturales, en particular de las condiciones del sitio y su entorno.	14	0
D	Higiene y seguridadturística	Hace referencia a la disponibilidad de dispositivos para recolección de basura, procedencia de agua, presencia de actos vandálicos, limpieza e iluminación del atractivo.	14	2
E	Políticas y regulaciones	Consideración del atractivo dentro de la planificación territorial turística cantonal y cumplimiento de regulaciones para las actividades que se realizan en el atractivo.	10	0
F	Actividades que se practican en el atractivo	Constatación de actividades que se practican en el atractivo, mismas que le dan valor agregado.	9	0
G	Difusión del atractivo	Publicaciones internacionales, nacionales, monografías o medios de difusión. Declaratorias y reconocimientos. Relevancia y divulgación.	7	0

H	Registro de visitantes y afluencias	Registro del tipo de visitantes, perfil de consumo, volumen intensidad de uso. Estimación de demanda potencial.	5	0
I	Recursos humanos	Hace referencia al nivel de instrucción académica del personal que labora en el atractivo.	5	0
Total			100	5

Tabla 8. Feria: Feria de productores la Pachamama nos Alimenta

Fuente: Resultados de las encuestas aplicadas a las ferias comunitarias del 2021.

Elaboración: Estudiantes de la carrera de GTM –ITCA 2021.

La feria productores La Pachamama nos Alimenta ubicada en el cantón Cotacachi posee una ponderación de 5/100 con base a los criterios propuestos por la OEA se traduce como un RECURSO elemento cultural que puede motivar el desplazamiento, pero no se encuentra todavía incorporado a la dinámica turística, ni cuenta con ningún tipo de infraestructura de apoyo.

	Criterios de valoración	Descripción	Ponderación	Resultados
A	Accesibilidad y conectividad	Contempla el ingreso, horario al atractivo y facilidades instaladas para personas con alguna discapacidad; además, se hace referencia a la existencia de vías de acceso al sitio, con énfasis en las cualidades que condicionan la relación distancia/ tiempo, así también la conectividad tecnológica.	18	15
B	Planta turística/ servicios	Registra equipamientos y la disponibilidad de servicios en el atractivo.	18	4,2
C	Estado de conservación e integración sitio/ entorno	Estimación de la integridad de los atributos patrimoniales físico-ambientales y socioculturales, en particular de las condiciones del sitio y su entorno.	14	12
D	Higiene y seguridad turística	Hace referencia a la disponibilidad de dispositivos para recolección de basura, procedencia de agua, presencia de actos vandálicos, limpieza e iluminación del atractivo.	14	5,5
E	Políticas y regulaciones	Consideración del atractivo dentro de la planificación territorial turística cantonal y cumplimiento de regulaciones para las actividades que se realizan en el atractivo.	10	0
F	Actividades que se practican en el atractivo	Constatación de actividades que se practican en el atractivo, mismas que le dan valor agregado.	9	0

G	Difusión del atractivo	Publicaciones internacionales, nacionales, monografías o medios de difusión. Declaratorias y reconocimientos. Relevancia y divulgación.	7	0
H	Registro de visitantes yafluencias	Registro del tipo de visitantes, perfil de consumo, volumen intensidad de uso. Estimación de demanda potencial.	5	2
I	Recursos humanos	Hace referencia al nivel de instrucción académico del personal que labora en el atractivo.	5	0
Total			100	38,7

Tabla 9. Feria: Feria Sumakpacha

Fuente: Resultados de las encuestas aplicadas a las ferias comunitarias del 2021.

Elaboración: Estudiantes de la carrera de GTM –ITCA 2021.

La feria de productores Sumakpacha ubicada en el cantón Otavalo posee una ponderación de 38,7/100 con base a los criterios propuestos por la OEA se traduce como un atractivo de categoría II el cual posee algún rasgo llamativo, capaz de interesar a visitantes que hubiesen llegado a la zona por otras motivaciones turísticas, o de motivar corrientes turísticas nacionales.

	Criterios de valoración	Descripción	Ponderación	Resultados
A	Accesibilidad y conectividad	Contempla el ingreso, horario al atractivo y facilidades instaladas para personas con alguna discapacidad; además, se hace referencia a la existencia de vías de acceso al sitio, con énfasis en las cualidades que condicionan la relación distancia/ tiempo, así también la conectividad tecnológica.	18	9
B	Planta turística/ servicios	Registra equipamientos y la disponibilidad de servicios en el atractivo.	18	2,7
C	Estado de conservación e integración sitio/ entorno	Estimación de la integridad de los atributos patrimoniales físico-ambientales y socioculturales, en particular de las condiciones del sitio y su entorno.	14	12
D	Higiene y seguridad turística	Hace referencia a la disponibilidad de dispositivos para recolección de basura, procedencia de agua, presencia de actos vandálicos, limpieza e iluminación del atractivo.	14	5,5

E	Políticas y regulaciones	Consideración del atractivo dentro de la planificación territorial turística cantonal y cumplimiento de regulaciones para las actividades que se realizan en el atractivo.	10	3
F	Actividades que se practican en el atractivo	Constatación de actividades que se practican en el atractivo, mismas que le dan valor agregado.	9	0
G	Difusión del atractivo	Publicaciones internacionales, nacionales, monografías o medios de difusión. Declaratorias y reconocimientos. Relevancia y divulgación.	7	0
H	Registro de visitantes y afluencias	Registro del tipo de visitantes, perfil de consumo, volumen intensidad de uso. Estimación de demanda potencial.	5	2
I	Recursos humanos	Hace referencia al nivel de instrucción académico del personal que labora en el atractivo.	5	0
Total		100	34,2	

Tabla 10. Feria: Feria solidaria San Alfonso de Ambuquí

Fuente: Resultados de las encuestas aplicadas a las ferias comunitarias del 2021.

Elaboración: Estudiantes de la carrera de GTM –ITCA 2021.

La feria solidaria San Alfonso de Ambuquí ubicada en el cantón Ibarra, sector Ambuquí posee una ponderación de 34,2/100 con base a los criterios propuestos por la OEA se traduce como un atractivo de categoría II el cual posee algún rasgo llamativo, capaz de interesar a visitantes que hubiesen llegado a la zona por otras motivaciones turísticas, o de motivar corrientes turísticas nacionales.

Caracterización de las ferias agroecológicas comunitarias

De la aplicación de la ficha de observación de campo en las nueve ferias de productores del MAG, se obtuvo la siguiente información:

Feria Asociación de Desarrollo Integral Llacta Pura

Caracterización de la feria				
Datos generales				
Nombre de la Feria				
Presidente de la asociación:	Año en que la feria inicia actividad comercial	Año de constitución de la feria	Número de socios	
Sra. María Guamán	2006	2013	208	
Ubicación				
Provincia		Cantón		Parroquia
Imbabura		Ibarra		El Sagrario
Barrio/Sector/comuna	Calle principal	Número	Transversal	
Pilanquí	Av. Teodoro Gómez de la Torre	S/N	Av. Eugenio Espejo	
	Latitud Longitud			Altura
0.343651	78° 7'34.51''0			2225 msnm

Horario de atención

Los días sábados de 6:00 a 14:00

Cultura

Representa el patrimonio cultural intangible ya que fortalece la agricultura incentivando a las comunidades indígenas y campesinas a permanecer en las comunidades rurales y a conservar y transmitir a las nuevas generaciones la cultura ancestral. La presencia de pueblos Kichwas Otavalo, Karanki, Natabuela, afroecuatorianos, Awá y mestizos constituye una verdadera riqueza cultural.

Tabla 11. Características “Feria Asociación de Desarrollo Integral Llacta Pura”

Fuente: Levantamiento información ferias agroecológicas MAG 2021

Productos						
Pisos climáticos	Sectores	Lácteos	Cárnicos	Tubérculos	Hortalizas	Frutas
Templado	Zuleta	Leche queso	Cerdo-pollo	Papa/ zanahoria	Haba/fréjol/ arveja/lechuga/ acelga	Fresa/ babaco
	Cangahua	Leche queso		Papa/ zanahoria	Haba/fréjol/ arveja/ remolacha	Mora/ uvilla
	Caranqui		Pollo	Papa/ zanahoria	Haba/fréjol/ arveja/ romanesco	Mortiño/ uvilla
	Otavalo		Pollo	Papa/ zanahoria	Haba/fréjol/ arveja/brócoli/ coliflor	Fresa/ babaco
Templado	Cuenca baja del Río Mira		Pollo	Yuca	Tomate/ pimiento/ achogchas	Guineo/ arazá

	Palo Amarrillo	Pollo	Yuca	Tomate/pimiento/achogchas	Naranja/guayaba
	Lita	Pollo	Yuca	Tomate/pimiento/achogchas	Limón/guanábana
Cálido	Alto Tambo		Yuca	Tomate/pimiento	Papaya/cacao
	Guadual		Yuca	Tomate/pimiento	Piña/caña

Tabla 12. Principales Productos “Feria Asociación de Desarrollo Integral Llacta Pura”

Fuente: Levantamiento información ferias agroecológicas MAG 2021



Figura 1. Platos Típicos “Feria Asociación de Desarrollo Integral Llacta Pura”

Fuente: Levantamiento información ferias agroecológicas MAG 2021

Feria Asociación de Desarrollo Integral Tierra del Sol

Caracterización de la feria

Datos generales

Nombre de la Feria	Asociación de desarrollo integral Tierra del Sol		
Presidente de la asociación:	Año en que la feria inicia actividad comercial	Año de constitución de la feria	Número de socios
Sr. Santiago Cabrera	2007	2010	120
Ubicación			
Provincia	Cantón		Parroquia
Imbabura	Pimampiro		Pimampiro
Barrio/Sector/comuna	Calle principal	Número	Transversal
	Calle principal	S/N	Calle Atahualpa
Latitud	Longitud		Altura
0.774651	88° 7' 84.51''0		2425 msnm

Horario de atención

Los días sábados de 6:00 Am a 11:00 Am

Cultura

Representa el patrimonio cultural intangible ya que fortalece la agricultura incentivando a las comunidades indígenas y campesinas a permanecer en las comunidades rurales y a conservar y transmitir a las nuevas generaciones la cultura ancestral. La presencia de pueblos Kichwas, afroecuatorianos y mestizos constituye una verdadera riqueza cultural.

Tabla 13. Características “Feria Asociación de Desarrollo Integral Tierra del Sol”

Fuente: Levantamiento información ferias agroecológicas MAG 2021

Pisos climáticos	Sectores	Lácteos	Cárnicos	Tubérculos	Hortalizas	Frutas	Granos
Frío	Carchi	Leche	Huevos	Papas	Pimientos	Limón	Maíz
	Julio Andrade	Queso	Pollo	Mellocos			Chocho
	Bolívar		Res	Zanahoria			Haba
			Chancho				Cebada
			Trucha				Trigo
						Mandarinas	Arveja
Templado	Imbabura		Tilapia		Cebolla	Tomate riñón	Fréjol
	Urcuquí				Ají	Manzana	
						Durazno	
						Aguacate	
						Papaya	
				Camote		Verde	
Cálido	Intag			Yuca		Ovo	
						Orito	
						Plátano	

Tabla 14. Principales Productos “Feria Asociación de Desarrollo Integral Tierra del Sol”

Fuente: Levantamiento información ferias agroecológicas MAG 2021



Figura 2. Platos Tradicionales “Feria Asociación de Desarrollo Integral Tierra del Sol”

Fuente: Levantamiento información ferias agroecológicas MAG 2021

Feria Asociación de Frutos de la Pachamama

Caracterización de la feria

Datos generales			
Nombre de la Feria	Asociación “Frutos de la Pachamama”		
Presidente de la asociación:	Año en que la feria inicia actividad comercial	Año de constitución de la feria	Número de socios
Sr. Oswaldo Noques	2010	2012	70
Ubicación			
Provincia	Cantón		Parroquia
Imbabura	Ibarra San		Francisco
Barrio/Sector/comuna	Calle principal	Número	Transversal
Ejido de Ibarra	Av. Guallupe	S/N	Olimpia Gudiño
Latitud	Longitud		Altura
0.343363	78° 1'37.074''		2225 msnm
Horario de atención			

Los días Domingos de 6:00 Am a 12:00 Am

Cultura

Incentivar a las personas y fortalece los eventos culturales intangibles como son feria y mercados para así poder seguir impulsando la agricultura familiar y campesina que es realizada de forma orgánica y utilizando abonos elaborados por los propietarios de las fincas agroecológicas, con esto se pretende evitar la migración de las comunidades indígenas y campesinas e incentivar a que permanezcan en las comunidades rurales para así conservar la cultura de la provincia y promover más el turismo comunitario para luego transmitir a las nuevas generaciones la cultura ancestral, y la vivencia de los pueblos y nacionalidades, Kichwas Otavalo, Karanki, Natabuela.

Tabla 15. Características “Feria Asociación Frutos de la Pachamama”

Fuente: Levantamiento información ferias agroecológicas MAG 2021

Productos

Pisos climáticos	Sectores	Lácteos	Cárnicos	Tubérculos	Hortalizas	Frutas
Frío	La Esperanza	Queso	Cerdo		Col, habas, brócoli, zanahoria	Manzanas, mora
	Zuleta	Leche		Mashua	Arveja, fréjol, coliflor	Fresas, mora
Templado	Ambuquí			Camote	Tomate, riñón, pepinillo, pimienta	Mandarinas, ovos
	Intag		Trucha	Yuca		Limón, naranja, plátano verde
Cálido	Lita			Yuca		Papaya, guanábana, arazá
				Verde		Sandía

Tabla 16. Principales Productos “Feria Asociación Frutos de la Pachamama”

Fuente: Levantamiento información ferias agroecológicas MAG 2021

PLATOS TÍPICOS

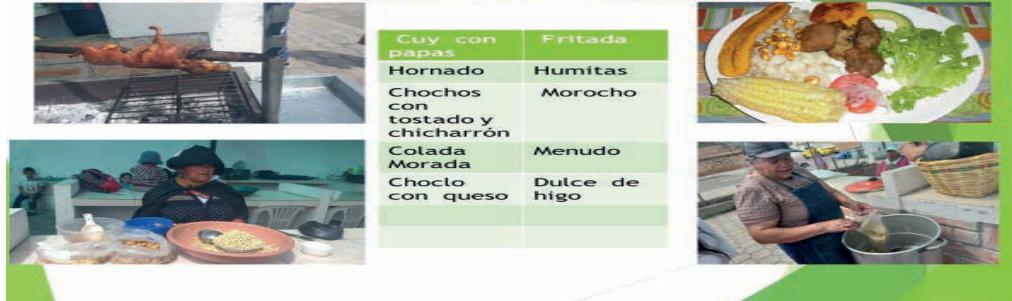


Figura 3. Platos Típicos “Feria Asociación Frutos de la Pachamama”

Fuente: Levantamiento información ferias agroecológicas MAG 2021

Feria Asociación Integral Plaza Sarance

Caracterización de la feria

Datos generales

Nombre de la Feria

Asociación Integral Plaza Sarance

Presidente de la asociación:

Año en que la feria inicia actividad comercial

Año de constitución dela feria

Número de socios

Sra. Sofía Delgado

2013

2016

63

Ubicación

Provincia

Cantón

Parroquia

Imbabura

Otavalo

San Luis

Barrio/Sector/comuna

Calle principal

Número

Transversal

Copacabana

Av. Atahualpa

S/N

Calle Mejía

Latitud

Longitud

Altura

0.2260937

-782.644.962

2418 msnm

Horario de atención

Miércoles de 06h00 – 11h00 y Sábados de 06h00-11h00

Cultura

La asociación “Plaza Sarance” ofrecen productos orgánicos de diferentes lugares de la provincia de Imbabura como son: Pimampiro, Lita, Cotacachi entre otros, ya que trata de fortalecer la economía a las distintas familias que trabajan en el campo, ya que da la posibilidad de vender sus productos directamente al consumidor final.

Tabla 17. Características “Feria Asociación Integral Plaza Sarance”

Fuente: Levantamiento información ferias agroecológicas MAG 2021

		Productos					
Pisos climáticos	Sectores	Lácteos	Cárnicos	Tubérculos	Hortalizas	Frutas	
Frío	Cotacachi	queso	Res	Papas	Fréjol Arvejas Chochos Habas	Tomate de árbol	
	Otavalo	Leche	Carne de chancho Pollo	Camote		Fresas Taxo	
Templado	Lita Pimampiro	Leche	Pescado	Yuca	Habas Pimiento	Cañas Plátanos	
		Queso			Pepinillo Tomate	Naranjas Durazno Mandarina Cañas	

Tabla 18. Principales Productos “Feria Asociación Integral Plaza Sarance”

Fuente: Levantamiento información ferias agroecológicas MAG 2021

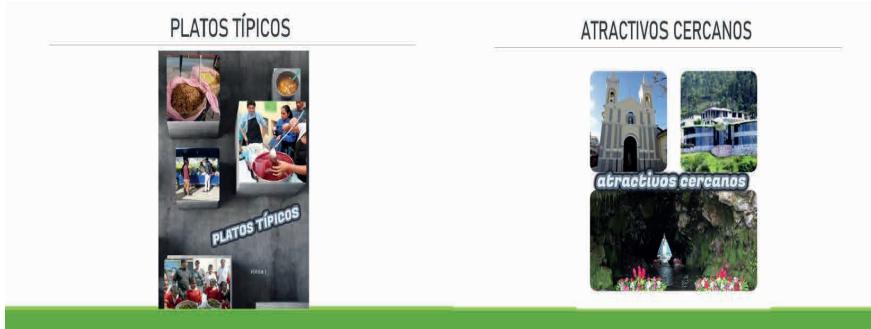


Figura 4. Platos Típicos Figura 5. Atractivos Cercanos

Fuente: Levantamiento información ferias agroecológicas MAG 2021

Feria Pequeños Emprendedores de Antonio Ante

Caracterización de la feria

Datos generales

Nombre de la Feria	Pequeños Emprendedores de Antonio Ante		
Presidente de la asociación:	Año en que la feria inicia actividad comercial	Año de constitución de la feria	Número de socios
Sra. María José Endara Flores	2018	2015	60

Ubicación

Provincia	Cantón	Parroquia
Imbabura	Antonio Ante	Natabuela
Barrio/Sector/comuna	Calle principal	Número
Centro	Miguel Ángel de la Fuente	S/N
Latitud	Longitud	Altura
0°20'2163" N	78° 11'27.66" O	2420 msnm

Horario de atención

Los días Domingos de 7:00 Am a 14:00 pm

Cultura

Representa el patrimonio cultural ya que fortalece la agricultura incentivando a las comunidades a permanecer, conservar y transmitir a las nuevas generaciones la cultura y gastronomía ancestral. La presencia de pueblos Otavalo, Natabuela, Andrade Marín, Chaltura, afroecuatorianos y mestizos constituye una verdadera riqueza cultural.

Tabla 19. Características “Feria Pequeños Emprendedores de Antonio Ante”

Fuente: Levantamiento información ferias agroecológicas MAG 2021

Pisos climáticos	Sectores	Lácteos	Cárnicos	Productos			
				Tubérculos	Hortalizas	Frutas	
Frío			Aves de corral	Yuca	Lechuga	Mora	
			Cerdo	Papas	Zanahoria	Uvilla	
				Mellocos	Tomate riñón	Taxo	
Templado				Yuca	Habas	Babaco	
				Papas	Fréjol	Pepino	
Cálido					Arveja		
				Vainita		Piña	
						Guanábana	
						Sandía	

Tabla 20. Principales Productos “Feria Pequeños Emprendedores de Antonio Ante”

Fuente: Levantamiento información ferias agroecológicas MAG 2021

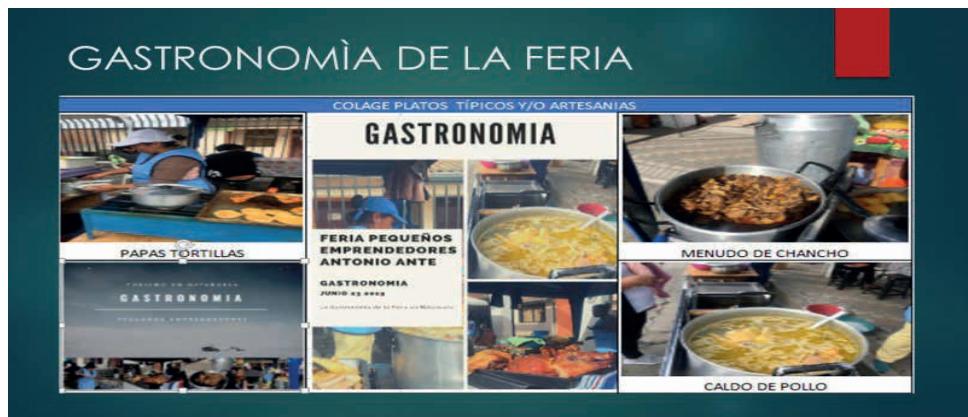


Figura 6. Platos Típicos “Feria Pequeños Emprendedores de Antonio Ante”

Fuente: Levantamiento información ferias agroecológicas MAG 2021

Feria San Alfonso de Ambuquí

Caracterización de la feria

Datos generales

Nombre de la Feria	Feria San Alfonso de Ambuquí		
Presidente de la asociación:	Año en que la feria inicia actividad comercial	Año de constitución dela feria	Número de socios
Juan Fernando García	2019	2019	100
Ubicación			
Provincia	Cantón		Parroquia
Imbabura	Ibarra		Ambuquí
Barrio/Sector/comuna	Calle principal	Número	Transversal
Parque Central	Juan Montalvo	S/N	San Francisco
Latitud	Longitud		Altura
832912	10047658		1500 msnm
Horario de atención			

Los días sábado y miércoles de 6:00 am a 14:00 pm

Cultura

Esta es una comunidad de afroecuatorianos, su principal manifestación es la música y su destreza parabailar y tocar la bomba, su venta de productos de la zona es: el ovo su producto principal de Ambuquí, hortalizas, fréjol, plátano, carne entre otras.

Tabla 21. Características “Feria San Alfonso de Ambuquí”

Fuente: Levantamiento información ferias agroecológicas MAG 2021

Productos

Pisos climáticos	Sectores	Lácteos	Cárnicos	Tubérculos	Hortalizas	Frutas
Cálido	Valle del Chota			Yuca	Cebolla	Ovos
					Pimiento	Mangos
						Caña
						Tuna
	Pimampiro			Zanahoria	Cilantro	Mandarinas

Tabla 22. Principales Productos “Feria San Alfonso de Ambuquí”

Fuente: Levantamiento información ferias agroecológicas MAG 2021



Figura 7. Platos Típicos “Feria San Alfonso de Ambuquí”

Fuente: Levantamiento información ferias agroecológicas MAG 2021

Feria Comunitaria La Pachamama nos Alimenta

Caracterización de la feria

Datos generales

Nombre de la Feria	Feria comunitaria la Pachamama nos alimenta		
Presidente de la asociación:	Año en que la feria inicia actividad comercial	Año de constitución de la feria	Número de socios
Sr. Alfonso Morales	1977	2014	186

Ubicación

Provincia	Cantón	Parroquia
Imbabura	Cotacachi	Sagrario
Barrio/Sector/comuna	Calle principal	Número
Terminal Cotacachi	Av. 10 de agosto	S/N
Latitud	Longitud	Altura
0.30148427	-7.826.828.867	2444 msnm

Horario de atención

Miércoles de 07:00 – y Domingos de 05:30- 11:00 am

Cultura

Feria de productores/as la Pachamama nos alimenta, una iniciativa que busca fortalecer la soberanía alimentaria de las comunidades del Cantón Cotacachi, generar una fuente de ingresos en beneficio de las familias indígenas y campesinas, ofertando productos orgánicos, directamente del productor al consumidor.

Tabla 23. Características “Feria Comunitaria La Pachamama nos Alimenta”

Fuente: Levantamiento información ferias agroecológicas MAG 2021

		Productos					
Pisos climáticos	Sectores	Lácteos	Cárnicos	Tubérculos	Hortalizas	Frutas	
	Carchi	Leche	Res	Camote	Lechuga	Tomate de árbol	
	Ibarra	Queso	Chancho	Papa	Acelga	Pimiento dulce	
	Otavalo	Yogurt	Pollo	Mellocos	Espinaca	Naranjilla	
	Urcuquí	Mantequilla	Trucha	Ocas	Repollo	Manzana	
Frío	La Esperanza		Cordero	Mashua	Brócoli	Capulí	
	Cayambe				Nabo	Zapallo	
					Perejil	Frutilla	
					Cilantro	Aguacate	
					Choclo	Naranja	
					Ajo	Babaco	
					Cebolla	Chigualcán	
					Zanahoriablanca	Limón	
					Zanahoria	Mandarina	
Templado	Intag					Claudia	
						Uvilla	
			Tilapia	Yuca		Papaya	
						Piña	
				Papa china		Plátanos	
						Maní	

Tabla 24. Principales Productos “Feria Comunitaria La Pachamama nos Alimenta”

Fuente: Levantamiento información ferias agroecológicas MAG 2021



Figura 8. Platos Típicos Figura 9. Atractivos Cercanos

Fuente: Levantamiento información ferias agroecológicas MAG 2021

Feria La Dolorosita de Priorato

Caracterización de la feria

Datos generales

Nombre de la Feria	La Dolorosita de Priorato				
Presidente de la asociación:	Año en que la feria inicia actividad comercial	Año de constitución de la feria	Número de socios		
Sr. Bairon Andrade	2010	2016	25		
Ubicación					
Provincia	Cantón		Parroquia		
Imbabura	Ibarra		Priorato		
Barrio/Sector/comuna	Calle principal	Número	Transversal		
Central	Puruhanta	S/N	Cunrro		
Latitud	Longitud		Altura		
0.344894	-79.106.173		2258 msnm		
Horario de atención					
Los días sábados y domingos de 8am a 12 am					

Cultura

Representa el patrimonio cultural intangible ya que fortalece la agricultura incentivando a las comunidades campesinas a permanecer en las comunidades rurales y a conservar la cultura, se presentan pueblos afro ecuatorianos y mestizos que representan a sus comunidades.

Tabla 25. Características “Feria La Dolorosita de Priorato”

Fuente: Levantamiento información ferias agroecológicas MAG 2021

Elaboración: Estudiantes del cuarto Gestión Turística mención Gastronomía

Productos						
Pisos climáticos	Sectores	Lácteos	Cárnicos	Tubérculos	Hortalizas	Frutas
Templado	Esperanza	Leche(queso)	Pollo	Papa/yuca/zanahoria	Frejol/arveja/lechuga/col/chocolo	Fresa/piña/plátano seda
	Yuracrucito		Pollo	Yuca	Brócoli/lechuga/chocolo	Naranja/mora
Templado	Ibarra		Pollo, cerdo	Zanahoria	Tomate/pimientos	Mora/manzana/limón
	Aloburo	Leche	Pollo	Papa, yuca	Fréjol/habas/chocolo/cebollas/melocotón	Uvas/naranjas/mandarina
Cálido	Valle del Chota		Cerdo	Yuca/papa	Tomate	Naranjas/papaya
	Ambuquí		Cerdo	Papa	Tomate	Papaya

Tabla 26. Principales Productos “Feria La Dolorosita de Priorato”

Fuente: Levantamiento información ferias agroecológicas MAG 2021



Figura 10. Platos Típicos “Feria La Dolorosita de Priorato”

Contrastaciones de resultados obtenidos

Criterios de valoración		Descripción	Ponderación	Ferias solidarias								
				La Dolorosita del Priorato	Asociación de Desarrollo Integral Llacta Pura	Asociación Integral Plaza Saranze	Asociación de Desarrollo Integral Tierra del Sol	Feria de Pequeños Productores del Cantón Antonio Ante	Frutos de la Pachamama	Feria comunitaria la Pachamama	Asociación Sumakpacha	Feria solidaria San Alfonso de Ambuquí
A	Accesibilidad y conectividad	Contempla el ingreso, horario al atractivo y facilidades instaladas para personas con alguna discapacidad; además, se hace referencia a la existencia de vías de acceso al sitio, con énfasis en las cualidades que condicionan la relación distancia/tiempo, así también la conectividad tecnológica.	18	3	9	0	5	5	3	3	6	6
B	Planta turística / servicios	Registra equipamientos y la disponibilidad de servicios en el atractivo.	18	0	2,1	0	0	0	0	0	4,2	2,7
C	Estado de conservación e integración del sitio / entorno	Estimación de la integridad de los atributos patrimoniales físico-ambientales y socioculturales, en particular de las condiciones del sitio y su entorno.	14	14	10	14	14	14	0	0	12	12
D	Higiene y seguridad turística	Hace referencia a la disponibilidad de dispositivos para recolección de basura, procedencia del agua, presencia de actos vandálicos, limpieza e iluminación del atractivo.	14	0	2,5	2	0	0	2	2	5,5	4
E	Políticas y regulaciones	Consideración del atractivo dentro de la Planificación territorial turística cantonal y cumplimiento de regulaciones para las actividades que se realizan en el atractivo.	10	3	0	0	10	10	0	0	0	3
F	Actividades que se practican en el atractivo	Constatación de actividades que se practican en el atractivo, mismas que le dan valor agregado.	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G	Difusión del atractivo	Publicaciones internacionales, nacionales, monografías o medios de difusión. Declaratorias y reconocimientos. Relevancia y divulgación.	7	0	0	2	4	4	0	0	0	0
H	Tipo de visitante y afuencia	Registro del tipo de visitantes, perfil de consumo, volumen intensidad de uso. Estimación de demanda potencial.	5	5	2	0	0	0	0	0	2	2

I	Recursos humanos	Hace referencia al nivel de instrucción académico del personal que labora en el atractivo.	5	0	0	2	0	0	0	0	0	0
	TOTAL		100	25	25,6	20	33	33	5	5	29,7	29,7
	JERARQUIA			I	I	I	II	II	RECURSO	RECURSO	II	II

* Evaluación general de las ferias por criterios de valoración y jerarquías.

De las nueve ferias de productores del MAG estudiadas se puede determinar que, de acuerdo con su naturaleza, todas se enmarcan en la categoría manifestaciones culturales y mercados haciendo mención que son lugares de encuentro de aquellos pueblos donde campesinos o indígenas del área rural exponen periódicamente sus productos (agrícolas, animales o artesanales) para su comercialización.

Dos de las ferias de productores poseen una jerarquía de recurso, es decir que pueden motivar desplazamiento de personas, no obstante, no se encuentran incorporadas a la dinámica turística; tres ferias se encuentran en jerarquía I las cuales son tomadas en cuenta como elementos que complementan a otros de mayor jerarquía y cuatro se encuentran en jerarquía II ya que poseen algún rasgo llamativo capaz de interesar a visitantes que hubiesen llegado a la zona por otras motivaciones turísticas.

Cabe resaltar también que en su gran mayoría las ferias solidarias se encuentran en un buen estado de conservación, es decir mantienen elementos culturales ancestrales como organización, técnicas de cultivo orgánico, solidaridad, el trueque y la presencia de los pueblos indígenas Awá, kichwa Otavalo, Kichwa Natabuela, Kichwa Caranqui y el pueblo afroecuatoriano, gastronomía típica y artesanías, elementos culturales que pueden y deben ser aprovechados en el campo turístico.

CONCLUSIONES

De las nueve ferias de productores del MAG de acuerdo con su naturaleza, todas se enmarcan en la categoría manifestaciones culturales, haciendo mención de que son lugares de encuentro de aquellos pueblos donde campesinos o indígenas del área rural exponen periódicamente sus productos (agrícolas, animales o artesanales) para su comercialización.

Las ferias solidarias se encuentran en un buen estado de conservación, es decir mantienen elementos culturales ancestrales como organización, técnicas de cultivo orgánico, solidaridad, el trueque y la presencia de los pueblos indígenas Awá, kichwa Otavalo, Kichwa Natabuela, Kichwa Caranqui y el pueblo afroecuatoriano, gastronomía típica y artesanías, elementos culturales que pueden y deben ser aprovechados en el campo turístico.

Mediante la metodología aplicada del MINTUR, se llegó a determinar las categorías de las nueve ferias investigadas, estableciéndose como resultado: La Dolorosita del Priorato

se encuentra en la categoría I, Asociación de Desarrollo Integral Llacta Pura categoría I, Asociación Integral Plaza Saranze categoría I, Asociación de Desarrollo Integral Tierra del Sol categoría II, Feria de Pequeños Productores del Cantón Antonio Ante categoría II, Frutos de la Pachamama en categoría recursos, Feria comunitaria la Pachamama nos alimenta en categoría II, Asociación Sumakpacha en la categoría II y Feria solidaria San Alfonso de Ambuquí en la categoría II.

Con respecto a la organización de las ferias del MAG, aún no se encuentran distribuidas de forma adecuada, no existe una señalética, que permita organizar de mejor manera los productos para que el cliente los ubique.

Se evidencia en las nueve ferias, la oferta de productos orgánicos y semi orgánicos provenientes de los diferentes pisos climáticos de la provincia de Imbabura y parte de la provincia del Carchi y Esmeraldas.

En las ferias, no existe personal que auto guíe a los visitantes, en cada una de ellas, no existen eventos que complementen y llamen la atención relacionada con la actividad.

RECOMENDACIONES

Es importante promocionar los diversos lugares de encuentro de los pueblos campesinos o indígenas del área rural quienes proveen de productos agrícolas, animales o artesanales a través de los organismos pertinentes encabezados por el MAG,

Es necesario aprovechar las grandes fortalezas que presentan las nueve ferias como organizaciones que aún conservan sus formas tradicionales de producción, comercialización y gastronomía en el área turística a fin de generar fuentes de empleo directas e indirectas para sus sectores comunitarios.

Para volver a mejorar su categorización de las nueve ferias investigadas, es necesario que el MAG fortalezca las debilidades detectadas con soluciones prácticas en el área técnica y organizacional.

El diseño de señalética es indispensable en las nueve ferias, en donde se dé a conocer la importancia, el valor nutricional, el valor cultura, entre otros.

Elevar el potencial ancestral debería ser la prioridad de los organismos de turno, en donde ser resalte la técnica de producción y comercialización ancestrales, para la generación de un turismo sostenible.

Complementar las ferias con talleres artísticos, presentaciones en vivo, degustación de platos tradicionales, fotografías y ventas de artesanías.

REFERENCIAS

AGROCALIDAD. (2017). Inocuidad de alimentos. (ed.) Buenas prácticas agrícolas. Quito Ecuador. Disponible en www.agocalidad.gob.ec.

Andrade, C. y Ayaviri, D. (2018). Demanda y consumo de productos orgánicos en el cantón Riobamba, Ecuador. Revista Scielo. Inf. Tecnol. Vol. 29. N. 4. Disponible en <http://dx.doi.org/10.4067/s0718-07642018000400217>

Chavez, J. y Burbano, R. (2021). Cambio climático y sistemas de producción agroecológica, orgánico y convencional en los cantones Cayambe y Pedro Moncayo. Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales. N. 29. ISSN 1390-6631. Disponible en doi.org/10.17141/letrasverdes.29.2021.4751

Huertas, T., Cuétara, L., Jiménez, B. y Pilco, E. (2020). El aprovechamiento sostenible del turismo rural de Ecuador. Caso de estudio: Cantón Mocha, Provincia de Tungurahua de Ecuador. Revista Espacios. ISSN 07981015. Vol. 41. N. 07.

Llugsha, V. (2021). Turismo y desarrollo desde un enfoque territorial y el covid-19. Serie Territorios en Debate. Segunda Etapa. Ediciones Abya Yala. ISBN: 9789942097538. Primera edición.

Revista Científica. (2019). Ecuador es Calidad. Volumen 6. Número 1. DOI. <https://doi.org/10.36331/revista.v6i1>

Saráuz, L., Pinargote, L., Brucil, J., Lara, L., Dávalos, V., Espinoza, R., Guerra, E., Aragón, G., Castro, L., Villegas, C., Pérez, R. y Rhea, B. (2019). Aporte al Sector Turístico en la provincia de Imbabura: Diagnóstico de la oferta y Demanda. Editorial Universidad Técnica del Norte. Ibarra.

Vargas, J.(2016). Posicionamiento de la Producción Orgánica y local en la Agroindustria. Revista Razón y Palabra. Universidad de los Hemisferios. Vol. 20. Número 94. Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=199547464044>.

CAPÍTULO 11

UMA ABORDAGEM SOBRE A CULTURA DO MARACUJAZEIRO E O MANEJO QUÍMICO E BIOLÓGICO DA ANTRACNOSE

Data de submissão: 15/11/2023

Data de aceite: 01/12/2023

Jackeline Laurentino da Silva

Campus de Engenharias e Ciências Agrárias/Universidade Federal de Alagoas
<https://orcid.org/0000-0002-9870-3673>

Jaqueleine Figueiredo de Oliveira Costa

Campus de Engenharias e Ciências Agrárias/ Universidade Federal de Alagoas
<https://orcid.org/0000-0003-0121-699X>

Cecília Hernandez Ramirez

Campus de Engenharias e Ciências Agrárias/Universidade Federal de Alagoas
<https://orcid.org/0000-0002-8639-0470>

Maria Jussara dos Santos da Silva

Campus de Engenharias e Ciências Agrárias/ Universidade Federal de Alagoas
<https://orcid.org/0000-0001-9418-854X>

Taciana Ferreira dos Santos

Campus de Engenharias e Ciências Agrárias/ Universidade Federal de Alagoas
<https://orcid.org/0000-0002-6040-8353>

Tiago Silva Lima

Campus de Engenharias e Ciências Agrárias/ Universidade Federal de Alagoas
<https://orcid.org/0000-0003-0882-2677>

Gaus Silvestre Andrade Lima

Campus de Engenharias e Ciências Agrárias/Universidade Federal de Alagoas
<https://orcid.org/0000-0003-2910-5896>

Iraildes Pereira Assunção

Campus de Engenharias e Ciências Agrárias/ Universidade Federal de Alagoas
<https://orcid.org/0000-0001-5087-0168>

RESUMO: O maracujazeiro (*Passiflora* spp.) é uma das principais frutíferas tropicais cultivadas no Brasil, além de ser o principal produtor mundial da cultura. A região nordeste é responsável por 70% da produtividade nacional. Alguns fatores apresentam-se como entrave, dentre eles estão os problemas fitossanitários causados principalmente por fungos. A antracnose, causada por espécies do gênero *Colletotrichum*, é um dos principais fatores que contribuem para a redução da produção. Conhecendo a importância desse patógeno para cultura e a grande diversidade de espécies deste gênero fúngico é essencial ter conhecimento sobre as técnicas adequadas de controle da doença. O manejo químico é uma das ferramentas mais importantes no controle de doenças fúngicas, sendo os fungicidas, usados de forma adequada, considerados insumos importantes e imprescindíveis para o manejo desses patógenos, com o conhecimento de fatores específicos da

planta, do ambiente e, principalmente, do patógeno que definirão a aplicação do produto. Os fungicidas Difenoconazole, Piraclostrobina, Flutriafol e a mistura de Azoxistrobina + Difenoconazole são um dos mais estudados para o controle de diversas culturas de expressão econômica. Contudo, a agricultura moderna tende para a ideia de uma produção com qualidade e vem para complementar o uso de fungicidas. O controle biológico com *Trichoderma* e *Bacillus* vem ganhando espaço devido aos bons resultados no que se diz respeito ao controle de fitopatógenos através do antagonismo.

PALAVRAS-CHAVE: Maracujá, *Colletotrichum*, Fungicidas, Antagonistas.

AN APPROACH TO PASSION FRUIT CULTIVATION AND THE CHEMICAL AND BIOLOGICAL MANAGEMENT OF ANTHRACNOSE.

ABSTRACT: Passion fruit (*Passiflora* spp.) is one of the main tropical fruit trees cultivated in Brazil, in addition to being the world's main producer of the crop. The northeast region is responsible for 70% of national productivity. Some factors present themselves as obstacles, including phytosanitary problems caused mainly by fungi. Anthracnose, caused by species of the genus *Colletotrichum*, is one of the main factors contributing to reduced production. Knowing the importance of this pathogen for culture and the great diversity of species of this fungal genus, it is essential to have knowledge about the appropriate techniques for controlling the disease. Chemical management is one of the most important tools in the control of fungal diseases, with fungicides, used appropriately, considered important and essential inputs for the management of these pathogens, with knowledge of specific factors of the plant, the environment and, mainly, of the pathogen that will define the application of the product. The fungicides Difenoconazole, Pyraclostrobin, Flutriafol and the mixture of Azoxystrobin + Difenoconazole are one of the most studied for the control of various economically important crops. However, modern agriculture tends towards the idea of quality production and comes to complement the use of fungicides. Biological control with *Trichoderma* and *Bacillus* has been gaining ground due to the good results in terms of controlling phytopathogens through antagonism.

KEYWORDS: Passion fruit, *Colletotrichum*, Fungicides, Antagonists.

1 | INTRODUÇÃO

A família Passifloraceae é composta por doze gêneros com ampla diversidade morfológica, sendo o gênero *Passiflora* o que apresenta maior importância comercial, por possuir frutos altamente ricos em nutrientes, que podem ser utilizados desde a polpa até a casca (MELETTI, 2011; JUNQUEIRA, 2005a; SEBRAE, 2016). Além de apresentarem propriedades sedativas, ainda são utilizados nas indústrias farmacêuticas e cosméticas (CERQUEIRA-SILVA et al., 2014).

A cultura é considerada como uma alternativa agrícola promissora para o pequeno produtor, por desempenhar um importante papel socioeconômico, principalmente no Brasil, que se destaca globalmente como o maior produtor mundial (EMBRAPA, 2022), além de gerar empregos no campo e na indústria, movimentando e enriquecendo o mercado

brasileiro no setor da fruticultura (IBGE, 2022; COSTA et al., 2005; RUGGIERO, 2000). A facilidade no cultivo do maracujá, o rápido retorno econômico e a oportunidade de uma receita distribuída pela maior parte do ano, contribuem para o sustento familiar de pequenos e médios produtores (MELETTI, 2011).

Ao longo dos anos observa-se um aumento extensivo dos plantios de maracujazeiro, com o objetivo de elevar a produção, em decorrência dos investimentos em tecnologia em toda a cadeia da cultura. No entanto, toda essa tecnologia não impediu a suscetibilidade dessa frutífera a ser acometida por doenças economicamente importantes (VIANA et al., 2003; CAVICHIOLI, 2016). Nesse contexto, diversos gêneros fúngicos já foram relatados na literatura como agentes de doenças em potencial para a cultura do maracujazeiro (OLIVEIRA et al., 2013; CAVICHIOLI, 2016; ROSADO et al. 2019; MELO et al. 2020; SILVA et al. 2022), visto que, os fungos são considerados um dos principais agentes associados, devido à ampla distribuição, elevado número de espécies fitopatogênicas e grande variedade de hospedeiros susceptíveis (DEAN et al., 2012). Dentre os fungos, destaca-se as espécies do gênero *Colletotrichum*, considerado um importante patógeno de plantas por ser responsável por ocasionar a doença antracnose em diversas culturas de importância econômica (CANNON et al., 2012; DOYLE et al., 2013; JAYAWARDENA et al., 2021; TALHINHAS; BARONCELLI, 2021; LIU et al., 2022).

Nesse sentido, vários estudos têm sido realizados no sentido de elevar a produtividade, visando principalmente, o manejo fitossanitário que é fundamental para o sucesso da cultura do maracujazeiro (CAVICHIOLI, 2016). Dentre os diversos manejos utilizados na cultura para diminuir a incidência da doença antracnose, destaca-se o manejo químico que realizado de forma adequada e consciente é um dos mais importantes métodos de manejo de doenças, considerado eficiente e economicamente viável, garantindo alta produtividade e qualidade da produção (AMORIM et al., 2018). Em contrapartida, um controle complementar e eficaz é uso dos fungicidas biológicos, como por exemplo, *Trichoderma* spp. e *Bacillus* spp. que têm sido conhecidos há alguns anos como potencial agente de controle biológico (BAE & KNUDSEN 2005).

Dante disso, abordaremos uma breve explanação sobre a cultura do maracujazeiro, tendo em vista a doença antracnose e os manejos químico e biológico. Estudos de aplicação de mais de um manejo para controle de doenças são satisfatórios, e assim, pode garantir um aumento na produtividade das culturas.

2 | CULTURA DO MARACUJAZEIRO

As plantas geneticamente conhecidas como maracujazeiro (*Passiflora* spp.) pertencem a ordem violares, família Passifloraceae, composta por 18 gêneros, sendo *Passiflora* o mais expressivo em número de espécies, estimando-se em mais de 500, onde 150 são nativas do Brasil, um dos maiores centros de diversidade (VANDERPLANK,

1996; LOPES, 1991; CROCHEMEORE et al., 2003). Segundo sua classificação taxonômica pertence ao reino Plantae, filo Tracheophyta, divisão Magnoliophyta, classe Magnoliopsida, ordem Malpighiales, família Passifloraceae, gênero *Passiflora* (CEPLAC, 2016).

Dentre as espécies deste gênero que produzem frutos comestíveis estão: *Passiflora edulis* Sims (maracujá roxo), *P. edulis* Sims f. *flavicarpa* Deg. (maracujá-amarelo), *P. alata* Curtis (maracujá-doce, maracujá-açu), *P. maliformis* Linn. (maracujá cabaça doce, maracujá maçã, maracujá de osso), *P. setacea* (maracujazeiro-sururuca, maracujazeiro-dosono, maracujazeiro-de-veados), *P. nitida* Kunth (maracujá-suspiro, maracujá-do-cerrado), *P. cincinnata* Mast., (maracujá-do-mato), *P. gibertii* e *P. quadrangularis* L. (maracujá-de-quilo, maracujá-gigante, badea), porém, as espécies *P. edulis* (maracujá roxo) e *P. edulis* f. *flavicarpa* (maracujá-amarelo) são as mais utilizadas em plantios comerciais devido a qualidade dos frutos para consumo (ARAÚJO, 2007).

2.1 Aspectos botânicos do maracujazeiro

O maracujazeiro é uma planta trepadeira herbácea e/ou lenhosa, de crescimento vigoroso e contínuo, perene, de rápido crescimento e frutificação precoce, pode atingir 5 a 10 m de comprimento (RUGGIERO et al., 2000). Apresenta gavinha, apêndice filamentosos, solitárias e axilares que podem ser robustas e tênuas. Possuem movimentos chamado de tigmotropismo, e conseguem se enrolarem a suportes para manterem-se fixas (BRUCKNER et al., 2005).

O caule é cilíndrico, angular e raramente quadrangular de onde surgem as gemas vegetativas, das quais, cada uma dará origem a uma folha, uma gavinha e uma flor (MELETTI, 2005). O sistema radicular é superficial do tipo pivotante ou axial, e apresenta maior concentração na profundidade entre 0 e 45cm do solo. As raízes médias e a central são responsáveis pela sustentação da planta, enquanto as pequenas têm a função de absorção de água e nutrientes (KUDO, 2004).

As folhas são bastante variáveis em relação à forma, variando entre espécies e até mesmo dentro a mesma espécie ou planta. As folhas são alternadas e inicialmente são ovaladas e sem lobos. Dentro desse polimorfismo foliar podemos observar as seguintes formas: lobada, digitada, elíptica, ovada, serreada, lisa, glandulosa e subcoriácea (CERVI, 1997). Em sua base, encontram-se brácteas foliáceas que apresentam folhas modificadas e possuem a função de atrair animais polinizadores. Sob estresse, as folhas do maracujazeiro tendem a cair e voltam a brotar no início do ciclo seguinte da cultura (LEITÃO FILHO; ARANHA, 1974).

As flores do maracujazeiro são hermafroditas e vistosas e tem em sua base brácteas foliares. Crescem isoladamente a partir da quinta axila das folhas dos ramos novos. São diclamídeas, apresentando um cálice tubuloso, constituído por cinco sépalas oblongas e esverdeadas e uma corola formada por cinco pétalas oblongas. A corola é seguida por

uma corona, que é constituída por cinco séries de filamentos, que é uma característica deste gênero, e, na sua base está localizado o opérculo, que protege a câmara nectarífera (BRUCKNER et al., 2005; OLIVEIRA; FALEIRO; JUNQUEIRA, 2020a).

No centro da flor observa-se um tubo andrógino, em cuja base se localiza o ovário. Em sua parte inferior, se inserem cinco filetes terminados por anteras bem desenvolvidas, em cuja parte superior desenvolvem-se os estigmas (BRUCKNER et al., 2005; OLIVEIRA; FALEIRO; JUNQUEIRA, 2020a).

O pólen apresenta coloração creme e é pesado, o que desfavorece a polinização pelo vento (BRUCKNER et al., 2005; OLIVEIRA; FALEIRO; JUNQUEIRA, 2020a). Além disso, Burckner et al. (1995) afirmam que a frutificação é inteiramente dependente da polinização cruzada, em virtude da autoincompatibilidade e a eficiência desse processo depende dos agentes polinizadores.

O fruto é classificado como uma baga indeiscente de forma ovoide ou globosa, com variabilidade na cor, tamanho e no peso. A coloração da casca quando maduro varia de acordo com a espécie. A parte externa é formada pelo pericarpo e a interna constitui a polpa. As sementes são de coloração pardo-escura, revestidas pelo arilo, de onde é extraído o suco (MARTINS, 2006).

2.2 Importância econômica do maracujazeiro

O cultivo do maracujazeiro é uma atividade de grande expressão econômica no Brasil e pouco explorado nos demais países. De acordo com os últimos dados do IBGE (2022) foram produzidas 697.859 toneladas dos frutos em 45.602 hectares, tendo um rendimento médio de 15,303 t/ha da fruta. O maracujazeiro é cultivado em todas as regiões, principalmente, na região Nordeste, que é a maior produtora, responsável por cerca de 70% do total da produção do país (IBGE, 2022). Alagoas está em sétimo lugar na produção nacional da cultura, com cerca de 13.692 toneladas de frutos em 9.704 kg/ha (IBGE, 2022).

No Brasil, durante muitos anos, o maracujá era considerado apenas como uma fruta de pomar doméstico, sendo seu valor comercial descoberto no final da década de 60, quando cafeicultores, após um período de baixa comercialização do café, implantaram pomares de maracujá visando à possibilidade de rápido retorno financeiro oferecidos pela cultura. Assim, o maracujazeiro apresentou-se como uma opção economicamente viável, de grande importância econômica no Brasil, principalmente ao pequeno produtor da agricultura familiar, por ser uma atividade de impacto social, devido à alta rentabilidade do fruto (CAVICHIOLI; MELETTI; NARITA, 2018).

A partir da década de 90 ocorreu significativa ampliação da área cultivada do maracujá no País, com crescimento em torno de 75%, em apenas seis anos, o que tornou o maracujá uma cultura de expressão econômica (CRISÓSTOMO, 2009; MELETTI, 2011). Segundo Costa et al. (2005), além da importância econômica da cultura, possui um forte

apelo social, onde cada hectare implantado, gera em torno de treze empregos, sendo 4 diretos e 9 indiretos. Deste modo, ajuda a evitar o êxodo rural e garantido ao pequeno produtor a fonte de renda familiar.

O maracujá é uma das poucas frutíferas que possuem todas as partes da planta comercializável. Além de consumido *in natura*, o fruto também é utilizado na fabricação de polpa, geleia e néctar. Suas sementes, folhas e raízes são utilizadas pela indústria farmacêutica como antiespasmódicos, anti-helmínticos e sedativos. As flores são utilizadas pelo mercado da ornamentação (FALEIRO et al., 2005).

2.3 Antracnose em maracujazeiro

Na produção da cultura do maracujazeiro alguns fatores apresentam-se como entrave, dentre eles estão os problemas fitossanitários causados pelos fitopatógenos vírus, bactérias e fungos (SÃO JOSÉ, 2015). No entanto, os fungos são considerados um dos principais agentes associados, principalmente, aqueles que causa a doença antracnose (DEAN et al., 2012).

A antracnose é uma doença disseminada em todas as regiões produtoras de maracujá no Brasil. Possui grande importância por atacar a parte aérea das plantas em qualquer idade, sendo de difícil controle quando as condições climáticas são favoráveis às epidemias (PIO-RIBEIRO; MARIANO, 1997). O gênero *Colletotrichum* é o principal agente causal desta doença, sendo as espécies *Colletotrichum gloeosporioides*, *C. boninense*, *C. brasiliense*, *C. colombiense*, *C. karstii*, *C. torulosum*, *C. tropicale*, *C. fructicola*, *C. theobromicola*, *C. brevisporum*, *C. plurivorum*, *C. siamense* e *Colletotrichum constrictum* associadas à antracnose de *Passiflora* spp. em vários países ao redor do mundo, causando grandes prejuízos (TOZZE et al., 2010; DAMM et al., 2012; SILVA et al., 2021; SILVA et al., 2022, ZHANG et al., 2022; WANG et al., 2021).

Os sintomas nas folhas apresentam-se na forma de manchas com aparência aquosa, que evoluem para necrose podendo ocorrer uma intensa queda de folhas, morte dos ponteiros e secamento parcial da planta. Nos frutos jovens, apresentam-se em forma de lesões circulares ou irregulares de coloração pardo-clara que aumentam de tamanho de acordo com a maturação do fruto e torna-se pardo-escuras, de aparência oleosa, deprimido e murcho que afetam a polpa, muitas vezes apresentando-se na forma de podridão mole, provocando queda dos frutos (SÃO JOSÉ et al., 2000; KIMATI et al., 2011).

A sobrevivência do patógeno se dá em restos de cultura e em tecidos afetados na própria planta, fazendo com que a doença seja mais frequente e severa em uma determinada área a partir do segundo ano de cultivo. A ocorrência da doença é favorecida por alta umidade, especialmente com chuvas frequentes, abundantes e temperatura média entre 26° e 28°C. Nestas condições, ocorre intenso desfolhamento, morte dos ponteiros e podridão de frutos. A disseminação do patógeno ocorre através de sementes, respingos de

chuva, insetos e implementos agrícolas (KIMATI et al., 2011).

3 | MANEJO DA ANTRACNOSE EM MARACUJAZEIRO

O controle de doenças de plantas é um princípio fundamental para minimizar as perdas e garantir o máximo na produtividade (FRANCHINI et al., 2011). Pois sem controle, doenças de plantas podem ocasionar enormes prejuízos, de consequências sociais e econômica (BERGAMIN FILHO & AMORIM, 2018).

Conceituações econômicas e biológicas estão intimamente relacionadas, pois a prevenção da doença leva à diminuição dos danos (reduções na quantidade e/ou qualidade da produção) e, eventualmente, das perdas (reduções do retorno financeiro por unidade de área cultivada) (BERGAMIN FILHO & AMORIM, 2018).

3.1 Manejo químico

O manejo químico é recomendado para controle de doenças da parte área na cultura do maracujazeiro, dentre elas, destaca-se a antracnose. Sendo os fungicidas Difenoconazol, Tebuconazol, Clorotalonil, Alquilenobis + Piraclostrobina), Tiofanato metílico, Piraclostrobina, Flutriafol, Mancozebe, Tiabendazol, Tebuconazol + Trifluxostrobina, Fluxapiroxade + Piraclostrobina, Azoxistrobina + Mancozebe, Tiabendazole, Hidróxido de cobre e Óxido cuproso recomendado para a espécie *C. gloeosporioides*, agente causal da doença (AGROFIT, 2023).

Embora exista um número considerável de espécies de *Colletotrichum* associadas à antracnose em maracujazeiro no mundo, apenas *C. gloeosporioides* s.s. foi utilizado nos estudos de controle da doença dos fungicidas liberados para uso na cultura. Já foi demonstrado que as espécies de *Colletotrichum* apresentam comportamento diferenciado frente aos diferentes fungicidas e que este conhecimento pode ser utilizado para auxiliar e direcionar a escolha dos ingredientes ativos mais adequados no controle da doença (LIMA et al., 2015). Portanto, estudos comparativos do efeito dos diferentes fungicidas sobre as diferentes espécies que ocorrem em maracujazeiro precisam ser desenvolvidos com o objetivo de evitar a resistência dos patógenos pelo uso indiscriminado desses produtos.

3.1.1 Difenoconazole

Fungicidas inibidores de biossíntese de Esteróis constituem o maior e mais importante grupo desenvolvido para controle de doenças fúngicas como as causadas por ascomicetos, basidiomicetos e fungos anamórficos. Este grupo possui grande vantagem em relação a dificuldade de patógenos adquirirem resistência sem afetar sua adaptabilidade. Dentre os diversos compostos químicos, os triazóis são os mais importantes (KIMATI, 2011).

O difenoconazol (cis-trans-3-chloro-4-[4-methyl-2-(1H-1,2,4-triazol-1-yl)methyl])

-1,3-dioxolan-2-ylphenyl 4-chlorophenyl ether) é um fungicida sistêmico de amplo espectro do grupo químico do triazol, amplamente utilizados no controle de doenças fúngicas em culturas agrícolas (DONG et al., 2013; QUANGLIANG et al., 2014). Esses fungicidas foram sintetizados como inibidores da desmetilização (DMI) direcionada ao esterol 14 α -desmetilase, uma importante enzima que regula a biossíntese do ergosterol, inibindo o crescimento fúngico, apresentando efeito protetivo e curativo (WANG et al., 2008; DONG et al., 2013; PRICE et al., 2015; HE et al., 2019).

O difenoconazol, com nome comercial Score® é indicado para o controle de fungos fitopatogênicos nas seguintes famílias botânicas: Anacardiaceae (*C. gloeosporioides*), Fabaceae (*C. dematum*), Gentianaceae (*C. gloeosporioides*), Lauraceae (*C. gloeosporioides*), Rutaceae (*C. gloeosporioides*; *Elsinoe australis*), Salicaceae (*Melampsora medusae*), Solanaceae (*C. capsici*), Violaceae (*C. gloeosporioides*) (SCORE, 2022). Além da efetividade descrita pelo fabricante sobre *C. gloeosporioides* e *C. dematum*, há relatos na literatura da efetividade do difenoconazol sobre outras espécies do gênero, como *C. acutatum* (BAGGIO et al., 2018; GAMA et al., 2020), *C fructicola*, *C. siamense*, *C. nympheae* e *C. fioriniae* – subgrupos 1 e 2 (CHEN et al., 2016), incluindo a espécie *C. gloeosporioides* que causa a antracnose em Passifloraceae (SCORE, 2023).

De acordo com Liang et al. (2020) o uso de difenoconazol em diferentes isolados de *C. fructicola* apresentou alta atividade inibitória sob o crescimento micelial e baixa germinação dos conídios. Shi et al. (2021) mostram em seu trabalho que as espécies *C. scovillei*, *C. truncatum*, *C. fructicola* e *C. aenigma* provenientes da doença antracnose em pimenta, são sensíveis ao uso deste fungicida, reduzindo significativamente o crescimento micelial em relação à testemunha.

3.1.2 *Piraclostrobina*

Os fungicidas que agem como inibidores da respiração constituem uma das principais classes. As estrobulurinas são derivadas de um metabólito secundário do fungo *Strobilurus tenacellus*. Tem amplo espectro e boa ação sobre basidiomicetos, ascomicetos, fungos anamórficos e alguns oomicetos (KIMATI, 2011).

A piraclostrobina (Methyl N-{2-[1-(4-chlorophenyl)-1H-pyrazol-3-yloxymethyl] phenyl} (N-methoxy carbamate) é um fungicida sistêmico do grupo químico das estrobulurinas. Apresenta mecanismo de ação dos inibidores do complexo III: citocromo bc1 (ubiquinol oxidase) no sítio Qo, pertencente ao Grupo C3. Atua como inibidor do transporte de elétrons nas mitocôndrias das células dos fungos, inibindo a formação de ATP, essencial nos processos metabólicos dos fungos. Apresenta excelente ação protetiva, devido a sua atuação na inibição da germinação dos esporos, desenvolvimento e penetração dos tubos germinativos e proporciona maior atividade metabólica da planta, aumento da atividade da enzima nitrato redutase, resultando em melhor sanidade da planta. Sendo empregado no

controle de *Colletotrichum* spp. de plantas das famílias: Bromeliaceae (*C. gloeosporioides*), Malvaceae (*C. gloeosporioides*), Anonaceae (*C. gloeosporioides*), Dioscoreaceae (*C. gloeosporioides*), Fabaceae (*C. gloeosporioides*; *C. capsici*), Sapindaceae (*C. gloeosporioides*), Actidiaceae (*C. gloeosporioides*), Euphorbiaceae (*C. gloeosporioides*), Rosaceae (*C. gloeosporioides*), Anacardiaceae (*C. gloeosporioides*), Caricaceae (*C. gloeosporioides*), Passifloraceae (*C. gloeosporioides*), Punicaceae (*C. gloeosporioides*) (COMET, 2023).

No estudo de Vasic et al. (2019) mostram que o crescimento micelial dos fungicidas inibidores externos de quinona (Qol) foram os que mais reduziram o crescimento micelial *in vitro* de 24 isolados de *Colletotrichum destructivum*.

3.1.3 Flutriafol

O flutriafol ((RS)-2,4'-difluoro-a-(1H-1,2,4-triazol-1-ylmethyl) benzhydryl alcohol) é um fungicida sistêmico do grupo químico do triazol. Apresenta mecanismo de ação de desmetilase na biossíntese de esterol, pertencente ao Grupo G1, indicado para o tratamento de doenças da parte aérea causadas por *Colletotrichum* spp. nas famílias: Punicaceae (*C. gloeosporioides*), Solanaceae (*Colletotrichum* sp.; *C. gloeosporioides*) curcubitaceae (*C. gloeosporioides*; *C. gloeosporioides* f. sp. *cucurbitae*), Passifloraceae (*C. gloeosporioides*), Anacardiaceae (*Glomerella cingulata*), Apiaceae (*C. gloeosporioides*), Euphorbiaceae (*C. gloeosporioides*), Caricaceae (*C. gloeosporioides*), Fabaceae (*C. lini*; *C. truncatum*), Dioscoreaceae (*C. gloeosporioides*), Sapindaceae (*C. guaranicola*), Malvaceae (*C. gloeosporioides*), Liliaceae (*C. gloeosporioides* f.sp. *cepa*; *C. dematium* f.sp. *circinans*) e Lauraceae (*Colletotrichum* sp.) (FLUTRIAFOL, 2023).

Vasic et al. (2019) afirmam que os fungicidas inibidores de desmetilação (DMI), como por exemplo o flutriafol são eficazes no controle da espécie *C. destructivum*. Os resultados de Adiano et al. (2022) corroboram com as informações de Vasic et al. (2019) que afirmam a redução da taxa de crescimento micelial da colônia.

3.1.4 Azoxistrobina +Difenconazole

A junção desses dois princípios ativos é sistêmicos e pertence aos grupos químicos estrofobilurinas e triazol, respectivamente. A marca comercial amistar top tem atividade predominantemente preventiva, mas também com ação curativa e anti-esporulante, usado em pulverização para controle das doenças da parte aérea. Este fungicida composto apresenta dois diferentes modos de ação, o primeiro pertencente ao grupo C3 (Inibidores de extracelulares de Quinona - Qols) e o segundo pertencente ao grupo dos G1 (inibidores de desmetilação - DMIs). O uso do fungicida é liberado para o controle da antracnose em diversas culturas como abacate (*C. gloeosporioides*), acerola (*C. gloeosporioides*) amora (*C. gloeosporioides*), anonáceas (*C. acutatum*), azeitona (*C. gloeosporioides*), cacau (

C. gloeosporioides), caju (*C. gloeosporioides*), carambola (*C. gloeosporioides*), citros (*C. gloeosporioides*), cupuaçu (*C. gloeosporioides*), feijão (*C. lindemuthianum*), framboesa (*C. gloeosporioides*), guaraná (*C. gloeosporioides*), jiló (*C. gloeosporioides*), kiwi (*C. acutatum*), lichia (*C. gloeosporioides*), macadâmia (*C. gloeosporioides*), grão-de-bico (*C. capsici*), lentilha (*C. capsici*), mamão (*C. gloeosporioides*), mandioca (*C. gloeosporioides*), manga (*C. gloeosporioides*), mangaba (*C. gloeosporioides*), mirtilo (*C. gloeosporioides*), pimenta (*C. gloeosporioides*), pimentão (*C. gloeosporioides*), plantas ornamentais (*C. gloeosporioides*), pitanga (*C. gloeosporioides*), romã (*C. gloeosporioides*) e seriguela (*C. gloeosporioides*) (AMISTAR TOP, 2023).

Apesar de não haver recomendações do uso do Amistar top para o controle de antracnose no maracujazeiro, com o agente causal *Colletotrichum*, pode-se observar alguns estudos utilizando este fungicida para o controle da doença. Shanthini et al. (2021) afirmam que Amistar Top obteve um percentual de inibição do crescimento micelial de 94,43%, quando utilizaram a espécie *C. truncatum* proveniente da cultura da pimenta. Testado em condições de campo, Amistar top também mostrou grande eficiência sob o controle da antracnose em capim preto com severidade mínima de 6%, enquanto o tratamento controle com 78,51% (KUMAR et al., 2020).

3.2 Manejo biológico

O controle biológico consiste na regulação natural do número de seres vivo por seus inimigos naturais. É um fenômeno que ocorre em todas as cadeias e estágios de vida na natureza. Dentre esses inimigos naturais há um número bastante diversificado, que vai desde mamíferos até microrganismos como vírus, bactérias e fungos (PARRA et al., 2002).

Quando o foco é o uso do controle biológico de doenças de plantas, de modo geral, observa-se uma íntima interação do patógeno, hospedeiro e o antagonista como componentes do controle (BETTIOL, 1991). Esse controle ocorre de um organismo por outro organismo, ou ainda o controle de um agente causal de uma doença de planta por um microrganismo antagonista (BETTIOL; SILVA; CASTRO et al., 2019).

Por definição, o controle biológico é um fenômeno dinâmico que sofre influência de fatores climáticos, disponibilidade de alimentos e competição, além da diversidade (VAN DEN BOSCH et al., 1982). A definição mais aceita é a que foi proposta por Cook & Baker (1983) onde definem o controle biológico como a “Redução da soma de inóculo ou das atividades determinantes da doença provocada por um patógeno, realizada por ou através de um ou mais organismos que não o homem”.

O crescimento expressivo do uso de fungicidas no Brasil mostra a importância do controle químico de fitopatógenos, além de estudos que levem a introdução de alternativas de manejo e o controle biológico destaca-se nesse sentido por não haver impacto ambiental (MORANDI et al., 2009).

Bettoli (2011) define os fungicidas biológicos como organismos vivos (fungos, bactérias, protozoários, straminipila e vírus), animais microscópicos (nematoídes) e macrorganismos (predadores e parasitoides, insetos e ácaros) ou produtos naturais derivados desses organismos usados na proteção das plantas.

3.2.1 *Trichoderma spp.*

O *Trichoderma* pertence ao filo Ascomycota, classe Sordariomycetes, ordem Hipocreales, família Hipocreaceas. Este gênero é classificado como fungo anamorfo, descrito como decompositor de madeira, onde produzia massas de esporos de coloração verde. Tem como espécie tipo *T. viride*. Após 70 anos foi comprovado que esta espécie era a forma assexual do ascomiceto *Hypocrea rufa* (MONTE; BETTIOL; HERMOSA, 2019).

O gênero *Trichoderma* potencializou o cenário de controle biológico de doenças de plantas no Brasil tendo seu primeiro produto disponibilizado em 1987. A legislação tem sido fundamental para o crescimento no mercado (BETTIOL; SILVA; CASTRO et al., 2019). Atualmente, há 56 produtos fungicidas microbiológicos a base de *Trichoderma* ou compostos de *Trichoderma spp + Bacillus*. Dentre as espécies utilizadas estão *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma afroharzianum*, *Trichoderma viride*, *Trichoderma asperellum*, *Trichoderma amyloliquefaciens*, *Trichoderma koningiopsis* e *Trichoderma reesei*. (AGROFIT, 2023).

Uma das principais características deste gênero é a capacidade de parasitar fungos e controlar, principalmente, fungos habitantes do solo (MORANDI et al., 2009). Quitinases e glucanases são enzimas expressas na interação de espécies de *Trichoderma* com fungos fitopatogênicos que degradam a parede celular.

A produção de metabólitos secundários também apresenta grande potencial, pois possuem grande número de compostos contribuindo com diversidade metabólica do Reino Fungi (HERMOSA et al., 2014). Compostos como os peptaiboles, pequenos peptídeos não ribossômicos (NRP), poliquetídios (PK), terpenos e pironas como a 6-pentil-2H-piran-2-ona (6-PP) são os mais estudados e responsável pela cor amarela e cheiro de coco de muitos cultivos. A atividade antifúngica *in vitro* de muitos dos metabólitos secundários produzidos por *Trichoderma* são reconhecidos em gêneros como *Botrytis*, *Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Sclerotinia*, *Stachybotrys*, *Colletotrichum*, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Gaeumannomyces*, *Phytophthora* e *Pythium* (HERMOSA et al., 2014; MONTE; BETTIOL; HERMOSA, 2019).

A espécie *Trichoderma harzianum* Rifai (cepa ESALQ-1306) é uma das mais estudadas e utilizadas para o controle. O fungicida microbiológico Trichodermil SC 1306 ® (*T. harzianum*) é um microparasita necrotróficos de ocorrência natural em solos, eficaz no controle de inúmeros fungos fitopatogênicos. O conhecimento sobre o modo de ação do agente de biocontrole é essencial para o sucesso (BULA – TRICHODERMIL SC 1306, 2023).

O *Trichoderma* pode atuar por diferentes mecanismos, como é o caso do produto

comercial Trichodermil, que tem ação antagônica, parasita e antibiose. O antagonismo age inibindo a ocupação do espaço por outros microrganismos fitopatógenos que também se desenvolvem em determinado ambiente. Também agem de forma direta com o microparasitismo inviabilizando as estruturas vegetativas, reprodutivas e de resistência de fungos fitopatogênicos. Além disso, ocorre a interação entre os organismos pela antibiose, na qual os metabólitos produzidos pelo fungo (protease, lipase, glucanase e quitinases) promovem a degradação da parede celular de fungos (BULA – TRICHODERMIL SC 1306, 2023).

Costa et al. (2021) mostram em seu trabalho um grande potencial de *T. piluliferum* como biocontrole em banana na pós-colheita, onde os metabólitos reduziram os danos causados por *C. musae* quando comparadas com o fungicida imazali, ficando com aspecto de hifas inchadas e vacuolizadas.

A efetividade de diferentes espécies de *Trichoderma* foi avaliada no controle de *Alternaria alternata*, *Colletotrichum gloeosporioides* e *Penicillium digitatum* e obteve uma redução em torno de 80% nas infecções de laranjas quando os agentes causais eram resistentes ao fungicida pirimetanil (FERREIRA et al., 2020).

3.2.2 *Bacillus spp.*

Uma das primeiras bactérias a ser descrita na literatura foi a espécie *Vibrio subtilis* por Ehrenberg em 1835. No entanto, o primeiro relato do gênero *Bacillus* foi em 1872 quando Cohn renomeou o organismo como *Bacillus subtilis* e descreveu esta como bactérias produtoras de estruturas resistentes ao calor e, a partir desse estudo, tal organismo passou a ser a espécie tipo (COHN, 1872; GORDON, 1981). As espécies do gênero *Bacillus* pertencem ao Reino Monera, Filo Firmicutes; Classe Bacilli; Ordem Bacillales e Família Bacillaceae (MAUGHAN & VAN DER AUWER, 2011).

A principal característica dessa família é a produção de endósporos circulares, ovalados ou cilíndricos, estruturas com alto índice de refração quando expostas à luz, formadas no interior da célula bacteriana. Cohn foi o responsável pela descoberta da resistência dos endósporos ao calor, enquanto Koch foi o primeiro a descrever o ciclo de formação do endósporo em uma célula bacteriana e a formação de uma nova célula a partir do endósporo formado (KEYNAN & SANDLER, 1983). A resistência não usual do endósporo fez com que despertasse o interesse de pesquisadores no gênero até os dias atuais, sendo este o gênero bacteriano mais estudado (MELO; NASCIMENTO, SERRA, 2021).

As bactérias do gênero *Bacillus* são gram positivas, possui crescimento aeróbio, mas também, pode ser anaeróbio facultativo. Possui mobilidade flagelar e tamanho que varia entre 0,5 a 10 µm, e crescimento ótimo em pH neutro e temperaturas entre 30 e 45 °C. As bactérias desse gênero além de ser amplamente utilizada na promoção do crescimento

vegetal também são bastante estudadas para controle de fitopatógenos devido a sua diversidade metabólica (TEJERA-HERNÁNDEZ et al., 2011; VILLARREAL-DELGADO et al. 2018).

Diversos trabalhos mostram que espécies do gênero *Bacillus* podem ser utilizadas como biocontrole de doenças de plantas e aumento da produtividade de diversas culturas de importância econômicas (NGUGI et al., 2005; YAO et al., 2006). O antagonismo deste gênero pode ser visualizado de forma indireta e direta. As espécies do gênero *Bacillus* aplicada como biocontrole tem ação indireta quando gera resistência sistêmica induzida, que pode ser ativada por patógenos e organismos não patogênicos, fortalecendo as defesas das plantas (LANNA FILHO et al., 2010; PASCHOLATI, 2011). De forma direta este antagonismo é observado através de antibiose, competição por espaço e nutrientes, além da produção de compostos orgânicos voláteis nocivos às espécies que se quer controlar (LEELASUPHAKUL, 2008).

Diversas espécies do gênero *Bacillus* (*B. subtilis*, *B. pumilus*, *B. amyloliquefaciens* e *B. licheniformis*) são amplamente estudadas acerca de doenças de plantas de importância econômica (RAAIJMAKERS et al., 2010). Galindo et al., (2015) desenvolveu um biofungicida a base de *B. subtilis*, que tem grande eficácia naturalmente sobre diversos fitopatógenos. Este biofungicida tem ação preventiva contra diversos gêneros de fitopatógenos como: *Colletotrichum*, *Erysiphe*, *Leveillula*, *Botrytis*, *Sphaerothecamacularis*, em uma ampla gama de hospedeiros (GALINDO et al., 2015).

Bacillus subtilis é encontrada em diversos locais como solo e rizosfera. As colônias possuem grande variabilidade na coloração, indo do esbranquiçado ao preto. É uma bactéria móvel que forma esporos centrais com formato cilíndrico. Está é uma bactéria que desperta interesse devido a produção de secundários utilizáveis tanto para uso agrícola quanto medicinal (MONNERAT et al. 2020).

Venkataramanamma et al. (2022) isolaram dez cepas de *Bacillus* e, em seus ensaios *in vitro*, observaram diferentes respostas comportamentais desses isolados frente a *Fusarium oxysporum* f.sp. *Ciceris*. Dois dos isolados conseguiram inibir significativamente o crescimento do patógeno. Foi possível observar alteração na cor do micélio em alguns dos testes de antagonismo e acredita-se que foi devido aos metabólitos fungistáticos secretados pelos isolados de *Bacillus*.

REFERÊNCIAS

ADRIANO, B.; ROMÕ, D.; UACIQUETE, A.; MONDJANA, A.M.; BILA, J. In vitro assessment of copper oxychloride and flutriafol for the control of cashew leaf and fruit blight fungi. **Agrarian and Biological Sciences**, v. 11, n. 12, 2022.

AGROFIT. 2023. Disponível em: https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso: maio/2023

AMISTAR TOP. **Fungicida amistar top**. Disponível em: https://www.syngenta.com.br/sites/g/files/kgtny466/files/media/document/2023/03/08/BULA_AMISTAR_TOP_FEV_23.pdf. Acesso: maio/2023

AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; FILHO, A. B. **Manual de Fitopatologia: Princípios e Conceitos**. 5. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 2018, p.561.

ARAÚJO, F. P. **Caracterização da variabilidade morfoagronômica de maracujazeiro (*Passiflora cincinnata* Mast.) no semi-árido brasileiro**. 2007. 94f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP, Botucatu – SP, 2009.

BAE, Y. S.; KNUDSEN, G. R. Soil microbial biomass influence on growth and biocontrol efficacy of *Trichoderma harzianum*. **Biological Control**, 32, 236–242, 2005.

BAGGIO, J.S.; WANG, N.Y.; PERES, N.A.P.; AMORIM, L. Baseline sensitivity of *Colletotrichum acutatum* isolates from brazilian strawberry fields to azoxystrobin, difenoconazole, and thiophanate-methyl. **Tropical Plant Pathology**, v.43, p.533-542, 2018.

BERGAMIN FILHO, A.; AMORIM, L. Controle de doenças. In: AMORIM, L.; RESENDE, J.A.M.; BERGAMIN FILHO, A. **Manual de Fitopatologia: Princípios e Conceitos**. 5. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 2018, p.561.

BETTIOL, W (1991). **Componentes do controle biológico de doenças de plantas**. In: KRETZCHMAR, A.A.; COSTA, A.S.; AUER, C.G. et al. controle biológico de doenças de plantas. Jaguariúna: EMBRAPA-CNPDA, 1991, 388p.

BETTIOL, W. Biopesticide use and research in Brazil. **Outlooks on Pest Management**, v. 22, n. 6, p. 280-284, 2011.

BETTIOL, W.; SILVA, J.C.; CASTRO, M.L.M.P. **Uso atual e perspectivas do Trichoderma no Brasil**. In: MEYER, M.C.; MAZARO, S.M.; SILVA, J.C. *Trichoderma: uso na agricultura*. Brasília: Embrapa, 2019.

BRUCKNER, C. H.; CASALI, V. W. D.; MORAES, C. F. de; REGAZZI, A. J.; SILVA, E. A. M. Self-incompatibility in passion fruit (*Passiflora edulis* Sims). **Acta Horticulturae**, v. 370, p. 45-57, 1995.

BRUCKNER, C. H.; SUASSUNA, T.M.F.; RÊGO, M.M.; NUNES, E.S. **Autoincompatibilidade do maracujá - implicações no melhoramento genético**. In: FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; BRAGA, M. F. Maracujá germoplasma e melhoramento genético. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2005, p.315-338, 2005.

BULA TRICHODERMIL SC 1306. Disponível em: https://www.koppert.com.br/content/brasil/Documents/Trichodermil/F1342060176_Trichodermil_SC_bula_-_23.08.2021_AGROFIT_-_Cat_5_2_01.pdf. Acesso: 10/2023.

CANNON, P. F.; DAMM, U.; JOHNSTON, P. R.; WEIR, B. S. *Colletotrichum*-current status and future directions. **Studies Mycology**, v.73, p. 181–213, 2012.

CAVICHIOLI, J.C.; MELETTI, L.M.M.; NARITA, N. **aspectos da cultura do maracujazeiro no Brasil**. Disponível em: <https://www.todafruta.com.br/wp-content/uploads/2018/05/MARACUJA.pdf>

CERVI, A.C. Passifloraceae do Brasil. Estudo do gênero *Passiflora* L., Subgênero Passiflora. **Fontqueria**, v.5, p. 1-92, 1997.

CHEN, S.N.; LUO, C.X.; HU, M.J.; SCHNSBRL, G. Sensitivity of *Colletotrichum* Species, Including *C. floriniae* and *C. nymphaeae*, from Peach to Demethylation Inhibitor Fungicides. **Plant disease**, v.108, n.12, p. 2434-2441, 2016.

COHN, F. Untersuchungen Über Bakterien. **Beitrage zur Biologie Pflanz**, v.1, p.127-1224, 1872.

COMET. **Fungicida piraclostrobina**. Disponível em: https://www.adapar.pr.gov.br/sites/adapar/arquivos_restritos/files/documento/2023-05/comet.pdf. Acesso: 05/2023

COOK, R.J.; BAKER, K.F. **The nature and practice of biological control of plant pathogens**. St, Paul: The American phytopathological society, 1983, 539p.

COSTA, A. de F. S. et al. Plantio, formação e manejo da cultura do maracujá. In: COSTA, A. de F. S.; COSTA, A. N. de (Ed.). **Tecnologias para a produção de maracujá**. Vitória: INCAPER, 2005. p. 23-53.

COSTA, A.C.; MIRANDA, R.F.; COSTA, F.A.; ULHOA, C.J. Potential of *Trichoderma piluliferum* as a biocontrol agent of *Colletotrichum musae* in banana fruits. **Biotechnology**, v. 34, 2021

CRISÓSTOMO, L. A; NAUMOV, A. Adubando para alta produtividade e qualidade: fruteiras tropicais do Brasil. **Embrapa Agroindústria Tropical**, p. 238, 2009.

CROCHEMORE, M.L.; MOLINARI, H.B.; STENZEL, N.M.C. Caracterização agromorfológica do maracujazeiro (*Passiflora* spp.) **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, n. 1, p.5-10, 2003.

DAMM, U.; CANNON, P.F.; WOUDENBERG, J.H.C.; CROUS, P.W. The *Colletotrichum acutatum* species complex. **Studies in Mycology**, v. 73, p.37-113, 2012.

DAMM, U.; CANNON, P.F.; WOUDENBERG, J.H.C.; JOHNSTON, P.R.; WEIR, B.S.; TAN, Y.P.; SHIVAS, JOHNSTON, P.R.; WEIR, B.S.; TAN, Y.P.; SHIVAS, R.G.; CROUS, P.W. et al. The *Colletotrichum boninense* species complex. **Studies in Mycology**, v. 73, n.1, p.1-36, 2012.

DEAN, R. et al. The Top 10 fungal pathogens in molecular plant pathology. **Molecular Plant Pathology**, v. 13, n. 4, p. 414–430, 2012.

DONG, F.; LI, J.; CHANKVETADZE, B.; CHENG, Y.; XU, J.; LIU, X.; LI, Y.; CHEN, X.; BERTUCCI, C.; TADESCO, D.; ZANASI, R.; ZHENG, Y. Chiral triazole fungicide difenoconazole: Absolute stereochemistry, stereoselective bioactivity, aquatic toxicity, and environmental behavior in vegetables and soil. **Environmental Science & Technology**, v.47, p. 3386-3394, 2013.

DOYLE, V. P.; OUDEMANS, P. V.; REHNER, S. A.; LITT, A. Habitat and host indicate lineage identity in *Colletotrichum gloeosporioidess*. I. from wild and agricultural landscape in North America. **PLoS ONE**, v. 8, n.5, p.1–21, 2013.

EMBRAPA. 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/1038/maracuja-azedo-brs-sol-do-cerrado-brs-sc1#:~:text=Maracuj%C3%A1%20azedo%20BRS%20Sol%20do%20Cerrado%20%28BRS%20SC1%29,apresentando%20rendimento%20de%20polpa%20em%20torno%20de%2038%25..> Acesso em: 10/2023

FALEIRO, F. G. et al. **Maracujá germoplasma e melhoramento genético.** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2005, p. 315-338.

FERREIRA, F.V.; HERRMANN-ANDRADE, A.M.; CALABRESA, C.D.; BELLO, F.; VÁZQUEZ, D.; MUSUMECI, M.A. Effectiveness of *Trichoderma* strains isolated from the rhizosphere of citrus tree to control *Alternaria alternata*, *Colletotrichum gloeosporioides* and *Penicillium digitatum* A21 resistant to pyrimethanil in post-harvest oranges (*Citrus sinensis* L. (Osbeck)). **Journal of Applied Microbiology**, v. 129, n.3, 2020.

FLUTRIAFOL. **Fungicida flutriafol.** Disponível em: https://www.adapar.pr.gov.br/sites/adapar/arquivos_restritos/files/documento/2020-10/tenaz250sc0920.pdf. Acesso em: 05/2023.

FRANCHINI, J.C.; COSTA, J.M.; DEBIASI, H. controle de doenças de plantas é um princípio fundamental para minimizar as perdas e garantir o máximo na produtividade. **Informações Agronômicas**, n. 134, 2011.

GALINDO, E.; SERRANO-CARREÓN, L.; GUTIÉRREZ, C.R.; BALDERAS-RUÍZ, K.A.; MUÑOZ-CELAYA, A.L.; MEZO-VILLALOBOS, M.; ARROYO-COLÍN, J. Desarrollo histórico e os retos tecnológicos e legais para comercializar Fungifree AB®, o primer biofungicida 100% mexicano. **TIP Revista Especializada em Ciências Químico-Biológicas**, v.18, p.52-60, 2015.

GAMA, A.B.; BAGGIO, J.S.; REBELLO, C.S.; LOURENÇO, S.A.; GASPAROTO, M.C.G.; SILVA JÚNIOR, G.J.; PERES, N.A.; AMORIM, E. Sensitivity of *Colletotrichum acutatum* isolates from *Citrus* to carbendazim, difenoconazole, tebuconazole, and trifloxystrobin. **Plant Disease**, v.104, n.6, p. 1621-1628, 2020.

GORDON, R. E. One hundred and seven years of the genus *Bacillus*.

HE, M.; WANG, Y.O.; WU, E.J.; SHEN, L.L.; YANG, L.N.; WANG, T.; SHANG, L.P.; ZHU, W.; ZHAN, J. Constraining evolution of *Alternaria alternata* resistance to a demethylation inhibitor (DMI) fungicide difenoconazol. **Frontiers in Microbiology**, v.10, p.1-12, 2019.

HERMOSA, R.; CARDOZA, R. E.; RUBIO, M. B.; GUTIÉRREZ, S.; MONTE, E.(2014). Secondary metabolism and antimicrobial metabolites of *Trichoderma*. In: GUPTA, V. K.; SCHMOLL, M.; HERRERA-ESTRELLA, A.; UPADHYAY, R. S.; DRUZHININA, I.; TUOHY, M. (Ed.). **Biotechnology and biology of Trichoderma**. Amsterdam: Elsevier, 2014, p. 125-137.

IBGE (2022). Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/maracuja/al>. Acesso em: 10/2023

JAYAWARDENA, R. S.; BHUNJUN, C. S.; HYDE, K. D.; GENTEKAKI, E. ITTHAYAKORN, P. *Colletotrichum*: lifestyles, biology, morpho-species, species complexes and accepted species. **Mycosphere**, v. 12, p. 519–669, 2021.

JUNQUEIRA, N. T. V.; PEIXOTO, J. R.; BRANCHER, A.; JUNQUEIRA, K. P.; FIALHO, J. F. Melhoramento genético do maracujá-doce. In: MANICA, I.; JOSÉ, A. R. S.; BRUCKNER, C. H.; HOFFMANN, M. (Eds.). **Maracujá-doce: Tecnologia de produção, pós-colheita e Mercado**. Porto Alegre: Cinco continentes, 2005, p. 39–46.

KEYNAN, A.; SANDLER, N. Spore research in historical perspective, 1983.

KIMATI, H. Controle químico. In: AMORIM, L.; REZENDE, J.A.M.; BERGAMIN FILHO, A. **Manual de fitopatologia: Princípios e conceitos**. Editora agronômica ceres, são Paulo-SP, 2011.

KUDO, A. S. **Reação de genótipos de maracujazeiro azedo a *Septoria passiflorae* e a *Cladosporium herbarum***. 2004. 97 f. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Universidade de Brasília, Brasília, DF.

KUMAR, A.; RAWAL, R.; ROY, N.; AHAMAD, A.; KUMAR, H. Evaluation of fungicides for management of anthracnose disease of black gram (*Vigna mungo* l.) in growing areas of district Jhansi of Bundelkhand region. **Journal of Applied and Natural Science**, v. 12, n. 2, p. 110-114, 2020

LANNA FILHO, R.; FERRO, H. M.; PINHO, R. S. C. Controle biológico mediado por *Bacillus subtilis*. **Revista Trópica: Ciências Agrárias e Biológicas**, v.4, n.2, 2010.

LEELASUPHAKUL, W.; HEMMANEE, P.; CHUENCHITT, S. Growth inhibitory properties of *Bacillus subtilis* strains and their metabolites against the green mold pathogen (*Penicillium digitatum* Sacc.) of citrus fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 48, n.1, p. 113-121, 2008.

LEITÃO FILHO, H. F.; ARANHA, C. Botânica do maracujazeiro. In: **SIMPÓSIO DA CULTURA DO MARACUJÁ**, 1., 1971. Campinas. Campinas: SBF, 1974, 13p.

LIANG, S.; YUXUAN, M.; MIN, F.; NI, H.; GUOPING, W. Sensitivity of difenoconazole to *Colletotrichum fructicola* at major pear cultivation areas in South China. **Chinese journal of pesticide science**, v. 22, n. 1, p. 54-59, 2020.

LIMA, N. B.; LIMA, W. G.; TOVAR-PEDRAZA, J. M.; MICHEREFF, S. J.; CÂMARA, M. P. S. Comparative epidemiology of *Colletotrichum* species from mango in northeastern Brazil. **European Journal of Plant Pathology**, v. 141, n. 4, p. 679-688, 2015.

LIU, F.; MA, Z. Y.; HOU, L. W.; DIAO, Y. Z.; WU, W. P.; DAMM, U.; SONG, S.; CAI, L. Updating species diversity of *Colletotrichum*, with a phylogenomic overview. **Studies in Mycology**, v. 101, p. 1–56, 2022.

LOPES, S.C. Citogenética do maracujá, Passiflora spp. In: SÃO JOSÉ, A.R.; FERREIRA, F.R.; VAZ, R.L. (Eds.) **A cultura do maracujá no Brasil**. Jaboticabal: FUNEP, 1991, p. 201-209.

MARTINS, I. (2006) **Reação de progênies de maracujazeiro-amarelo ao *Colletotrichum gloesporioides* e biocontrole da antracnose com *Trichoderma* spp.** 2006. (Dissertação de Mestrado) Faculdade De Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, 137 p.

MAUGHAN, H.; VAN DER AUWERA, G. A taxonomia de *Bacillus* na era genômica considera os fenótipos essenciais, embora muitas vezes enganosos. **Infecção, Genética e Evolução**, v. 11, p.789-797, 2011.

MELETTI, L. M. M. Avanços na cultura do maracujá no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, Volume Especial, p.083-091,2011.

MELETTI, L. M. M.; SOARES-SCOTT, M. D.; BERNACCI, L. C.; PASSOS, I. R. S. Melhoramento genético do maracujá: passado e futuro. In: FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; BRAGA, M. F. (Ed.). **Maracujá, germoplasma e melhoramento genético**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2005, p. 55-78.

MELO, A.L.; VIEIRA, R.D.; OLIVEIRA, J.C. Efeito do tipo de armazenamento e de embalagem sobre a germinação e vigor de sementes de maracujá giberti (*Passiflora gibertii* N. E. Brown). **Revista brasileira de fruticultura**, v. 22, n. 2, p. 257-259, 2000.

MELO, N.J.A.; NEGREIRO, A.M.P.; MEDEIROS, H.L.S.; SALES JÚNIOR, R. Evaluation of *Fusarium* wilt disease in passion fruit species inoculated with *Fusarium oxysporum* f.sp. *passiflorae*. **Journal of Phytopathology**, v. 168, n.2, 2020.

MELO, T.A.; NASCIMENTO, I.T.V.S.; SERRA, I.M.R.S. The *Bacillus* genus applied to the biological control of plant diseases. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 9, 2021

MONNERAT, R.; MONTALVÃO, S.C.L.; MARTINS, E.S.; QUEIROZ, P.R.M.; SILVA, E.Y.; GARCIA, A.R.M.; CASTRO, M.T.; ROCHA, G.T.; FERREIRA, A.D.C.L.; GOMESS, A.C.M.M. **Manual de produção e controle de qualidade de produtos biológicos à base de bactérias do gênero Bacillus para uso na agricultura**. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2020. 46 p.

MONTE, E.; BETTIOL, W.; HERMOSA, R. *Trichoderma* e seus mecanismos de ação para o controle de doenças de plantas. In: MEYER, M.C.; MAZARO, S.M.; SILVA, J.C. *Trichoderma: uso na agricultura*. Brasília: Embrapa, 2019.

MORANDI, M.A.B.; JÚNIOR, T.J.P.; BETTIOL, W.; TEIXEIRA, H. Controle biológico de fungos fitopatogênicos. In: VENZON, M.; JÚNIOR, T.J.P.; BETTIOL, W.; TEIXEIRA, H. **Controle biológico de pragas, doenças e plantas invasoras**. Epamig, 2009, 124p

NGUGI, H. K.; DEDEJ, S.; DELAPLANE, K. S.; SAVELLE, A. T.; SCHERM, H. Effect of flower-applied Serenade biofungicide (*Bacillus subtilis*) on pollination-related variables in rabbiteye blueberry. **Biological Control**, v.33, n.1, p.32-38, 2005.

OLIVEIRA, J.S.; FALEIRO, F.G.; JUNQUEIRA, N.T.V. Diversidade genética inter e intraespecífica de acessos do banco de Germoplasma de Passiflora ‘Flor da Paixão’. In: FALEIRO, F.G.; OLIVEIRA, J.S.; WALTER, B.M.T. **Banco de germoplasma de Passiflora L. ‘Flor da Paixão’: Caracterização fenotípica, diversidade genética, fotodocumentação e herborização**. - Brasília, DF : ProImpress, 2020.

OLIVEIRA, M. Z. A.; PRATES JÚNIOR, P.; BARBOSA, C.J.; ASSMAR, C. C. *Lasiodiplodia theobromae*: um problema para a agricultura baiana. **Revista Bahia Agrícola**, v. 9, n.2, 2013.

PARRA, J.R.P.; BOTELHO, P.S.; CORRÊA-FERREIRA, B.S.; BENTO, J.M. Controle biológico: Terminologia. In: PARRA, J.R.P.; BOTELHO, P.S.; CORRÊA-FERREIRA, B.S.; BENTO, J.M. **Controle biológico no Brasil: Predadores e parasitóides**. São Paulo: Manole, 2002, 635p.

PASCHOLATI, S.F. Fisiologia do parasitismo: como os patógenos atacam as plantas. In: AMORIN, L.; REZENDE, J.A.M.; BERGAMIN FILHO, A. **Manual de Fitopatologia: princípios e conceitos**. Agronomica Ceres, 2011, p.545-591.

PIO-RIBEIRO, G.; MARIANO, R. L. R. Doenças do maracujazeiro. In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; BERAGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A.; REZENDE, J. A. M. **Manual de Fitopatologia**. 3 ed. v.2, São Paulo: Agronômica Ceres, 1997.

PRICE, C.L.; JOSIE, P.; WARRILOW, A.G.S.; KELLY, D.; KELLY, S. Azole fungicides – Understanding resistance mechanisms in agricultural fungal pathogens. **Pest Management Science**, v.71, n.8, p.1054-1058, 2015.

QUANGLIANG, L.; JUN, C.; YUBIN, X.; JIANLONG, W. Crystal structure of trans-3-chloro-4-[4-methyl-2-(1H-1,2,4-triazol-1-ylmethyl)-1,3-dioxolan-2-yl]phenyl-4-chlorophenyl ether, $C_{19}H_{17}C_{12}N_3O_3$. Zeitschrift für Kristallographie - **New Crystal Structures**, v.229, n.3, p.233-234, 2014.

RAAIJMAKERS, J. M.; BRUIJN, I.; NYBROE, O.; ONGENA, M. Natural functions of lipopeptides from *Bacillus* and *Pseudomonas*: more than surfactants and antibiotics. **FEMS microbiology reviews**, v.34, n.6, p.1037-1062, 2010. -related variables in rabbiteye blueberry. **Biological Control**, v.33, n.1, p.32-38, 2005.

ROSADO, A.W.C.; CUSTÓDIO, F.A.; PINHO, D.B.; FERREIRA, A.P.S.; PEREIRA, O.L. *Cladosporium* species associated with disease symptoms on *Passiflora edulis* and other crops in Brazil, with descriptions of two new species. **Phytotaxa**, v. 409, n. 5, p.15, 2019.

RUGGIERO, C. Situação do maracujazeiro no Brasil. **Informe Agropecuário**, v. 21, p. 5-9, 2000.

SÃO JOSÉ, A. R.; REBOUÇAS, T. N. H.; PIRES, M. de M.; ANGEL, D. N.; SOUZA, I. V. B.; BOMFIM, M. P. **Maracujá – Práticas de Cultivo e Comercialização**. Vitória da Conquista, Ba, DFZ/UESB, 2000, 79p.

SÃO JOSÉ, A.R.**Controle fitossanitário do maracujá**. 2015. Disponível em: <https://revistacamponegocios.com.br/controle-fitossanitario-do-maracuja/>

SCORE. **Fungicida score**. 2022. Disponível em: https://www.syngenta.com.br/sites/g/files/kgtney466/files/media/document/2022/05/06/score_1.pdf. Acesso: 05/2023

SEBRAE. 2016. **O cultivo e o mercado do maracujá**. Disponível em: <https://sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/o-cultivo-e-o-mercado-do-maracuja,108da5d3902e2410VgnVCM100000b272010aRCRD>. Acesso em:11/2023

SHANTHINI, D.V.; THERADIMANI, M.; THIRUVUDAINAMBI, S.; RENUKA, R.; BEAULAH, A.; BRINDHADEVI, S.; VALLAIKUMAR, S. Compatability of Strobilurin fungicides with *Bacillus subtilis* and their efficacy against chilli *Colletotrichum truncatum*. **The Pharma Innovation Journal**, v.10, n. 4, p. 127-130, 2021.

SHI, N.N.; RUAN, H.C.; JIE, Y.L.; CHEN, F.R. Characterization, fungicide sensitivity and efficacy of *Colletotrichum* spp. from chili in Fujian, China. **Crop Protection**, v. 143, 2021

SILVA, J.L.; LOPEZ, L.E.M.; SILVA-CABRAL, J.R.; COSTA, J.F.O.; LIMA, G.S.A.; ASSUNÇÃO, I.P. *Colletotrichum* species associated with anthracnose in passion fruit in Brazil. **Diversitas Journal**, v. 7, n. 3, p. 1205-1224, 2022.

SILVA, J.L.; SILVA, W.F.; LOPEZ, L.E.M.; SILVA, M.J.S.; SILVA-CABRAL, J.R.A.; COSTA, J.F.O.; LIMA, G.S.A.; ASSUNÇÃO, I.P. First Report of *Colletotrichum tropicale* Causing Anthracnose on *Passiflora edulis* in Brazil. **Plant disease**, v.105, n.11, p. 3761, 2021.

TALHINHAS, P.; BARONCELLI, R. *Colletotrichum* species and complexes: geographic distribution, hostrange and conservation status. **Fungal Diversity**, v. 110, p. 109–198, 2021.

TEJERA-HERNÁNDEZ, B.; ROJAS-BADÍA, M.M.; HEYDRICH-PÉREZ, M. Potencialidades do gênero *Bacillus* na promoção do crescimento vegetal e no controle de bons fitopatógenos. **Revista CENIC Ciências Biológicas**, v. 42, p.131-138, 2011. **The Aerobic Endospore Forming Bacteria**, p. 9-45, 1981.

TOZZE JÚNIOR, H. J.; FISCHER, I. H.; CÂMARA, B. M. P. S.; MASSOLA JÚNIOR, N. S. First report of *Colletotrichum boninense* infecting yellow passion fruit (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) in Brazil. **Plant Disease Notes**, v. 5, p. 70–72, 2010.

VAN DER BOSCH, R.; MESSENGER, P.S.; GUTIERREZ, A.P. **An introduction to biological control**. New York. Plenum press, 1982, 247p.

VANDERPLANK, J. **Passion flowers**. Massachusetts: MIT Press, 1996, 224p.

VASIC, T.; VOJINOVIC, U.; ZUJOVIC, S., VESNA KRNJAJA, V.; ZIVKOVIC, S.; MARKOVICA, J.; STEVI, M. Em vitrotoxicidade de fungicidas com diferentes modos de ação para alfafafungo antracnose, *Colletotrichum destructivum*. **Revista de ciência ambiental e saúde**, v. 54, n. 12, p. 964–971, 2019.

VENKATARAMANAMMA, K., REDDY, BVB, JAYALAKSHMI, RS et al. Isolamento, avaliação in vitro de *Bacillus* spp. contra *Fusarium oxysporum* f.sp. *ciceris* e sua atividade de promoção de crescimento. **Egito J Biol Controle de pragas**, v.32, n. 123, 2022.

VIANA, F. M. P.; FREIRE, F. C. O.; CARDOSO, J. E.; VIDAL, J. C. **Principais doenças do maracujazeiro na região Nordeste e seu controle**. Fortaleza, CE: Embrapa Agroindústria Tropical, 2003. 11 p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Comunicado Técnico, 86).

VILLARREAL-DELGADO, M.F.; VILLA-RODRÍGUEZ, E.D.; CIRA-CHÁVEZ, L.A.; ESTRADA-ALVARADO, M.I. El género *Bacillus* como agente de control biológico y sus implicaciones en la bioseguridad agrícola. **Rev. mex. Fitopatol**, v.36, n.1, 2018.

WANG, Z.; YANG, T.; QUIN, D.M.; GONG, Y.; JI, Y. Determination and dynamics of difenoconazole residues in Chinese cabbage and soil. **Chinese Chemical Letters**, v.19, p.969-972, 2008.

YAO, A.; BOCHOW, H.; KARIMOV, S.; BOTUROV, U.; SANGINBOY, S.; SHARIPOV, A. (2006). Effect of FZB 24 *Bacillus subtilis* as a biofertilizer on cotton yields in field tests. **Archives of Phytopathology and Plant Protection**, v. 39, n. 1, p. 323-328, 2006.

ZHANG, L.; HUANG, X.; ZHANG, Y.; HU, H.; REN, E. First Report of Anthracnose on *Passiflora edulis* Caused by *Colletotrichum siamense* in Guangdong Province in China. **Plant disease**, v.108, n.8, p. 2258, 2022.

CAPÍTULO 12

DESAFIOS NA PRODUÇÃO CAFEEIRA: GESTÃO HÍDRICA COMO PILAR DE SUSTENTABILIDADE FRENTE A AMEÇAS CLIMÁTICAS

Data de aceite: 01/12/2023

Wilian Rodrigues Ribeiro

Pós Doutor em Agronomia, Universidade Federal do Espírito Santo - UFES, Espírito Santo. <https://orcid.org/0000-0003-0711-7669>

Dalila da Costa Gonçalves

Doutoranda, Agronomia, Universidade Federal do Espírito Santo - UFES, Espírito Santo. <https://orcid.org/0000-0003-3802-2398>

Daniel Soares Ferreira

Doutor em Agronomia, Universidade Federal de Viçosa - UFV, Minas Gerais <https://orcid.org/0000-0003-3428-4964>

Morgana Scaramussa Gonçalves

Doutora em Agronomia, Universidade Federal do Espírito Santo - UFES, Espírito Santo. <https://orcid.org/0000-0003-3724-5477>

Matheus Gaspar Schwan

Mestrando em Engenharia Agrícola, UNESP - Campus de Botucatu, São Paulo. <https://orcid.org/0000-0002-9476-9608>

Lucas Rosa Pereira

Doutor em Agronomia Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, Espírito Santo <https://orcid.org/0000-0002-1299-9355>

Camila Aparecida da Silva Martins

Professora Doutora em Agronomia, Universidade Federal do Espírito Santo - UFES, Espírito Santo. <https://orcid.org/0000-0001-5645-9230>

Marcelo Antônio Tomaz

Professor Doutor em Agronomia, Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, Espírito Santo. <https://orcid.org/0000-0002-9228-7541>

José Francisco Teixeira do Amaral

Professor Doutor, Agronomia, Universidade Federal do Espírito Santo - UFES, Espírito Santo. <https://orcid.org/0000-0003-3027-4830>

Edvaldo Fialho dos Reis

Professor Doutor, Agronomia, Universidade Federal do Espírito Santo - UFES, Espírito Santo. <https://orcid.org/0000-0003-3823-1472>

RESUMO: A produção cafeeira emerge como uma atividade agrícola de proeminência no contexto nacional. À luz das transformações climáticas e do estabelecimento de critérios mais rigorosos nos mercados, a avaliação da produtividade deixa de se restringir unicamente a parâmetros convencionais,

abrindo espaço para discussões sobre aprimoramentos na qualidade do produto e a busca incessante por incrementos na sustentabilidade do processo produtivo. A eficiência no emprego de recursos naturais, notadamente água e insumos, emerge como um dos pilares para a instauração de sistemas ecologicamente sustentáveis. Nesse contexto, o presente estudo teórico objetiva não apenas explorar a relevância da cafeicultura no Espírito Santo, mas também destacar os impactos da seca, e sugerir a gestão hídrica como elemento crucial para segurança produtiva e sustentável dos cafezais. Esta pesquisa propõe uma abordagem que enfatiza os potenciais impactos adversos decorrentes de eventos climáticos. Na análise apresentada, discutiremos de maneira concisa o comportamento fisiológico das plantas sob condições de estresse hídrico, delineando as ameaças à produtividade da cultura em virtude da variabilidade climática, especialmente a diminuição da disponibilidade hídrica, que constitui um desafio de grande magnitude na agricultura global. A conclusão almejada por esta pesquisa reside na compreensão dos leitores de que práticas agronômicas voltadas para a gestão podem conferir robustez substancial à produção de café, consolidando-se como elementos-chave para a sustentabilidade da cafeicultura no cenário estadual assim como no cenário nacional.

PALAVRAS-CHAVE: Cafeicultura. Gestão hídrica. Sustentabilidade agrícola.

CHALLENGES IN COFFEE PRODUCTION: WATER MANAGEMENT AS A PILLAR OF SUSTAINABILITY IN THE FACE OF CLIMATE THREATS

Abstract: Coffee production assumes a prominent role within the national agricultural landscape. Confronted with the challenges posed by climate change and the imposition of increasingly stringent market criteria, the evaluation of productivity transcends traditional parameters. This shift allows for nuanced discussions concerning enhancements in product quality and a relentless pursuit of heightened sustainability within the production paradigm. Efficiency in the utilization of natural resources, notably water and inputs, stands as a foundational tenet for the establishment of ecologically sustainable systems. Within this framework, this theoretical investigation aspires not only to delineate the significance of coffee cultivation in Espírito Santo but also to underscore the ramifications of drought. Furthermore, it advocates for water management as an indispensable component safeguarding the productivity and sustainability of coffee plantations. The research posits an approach accentuating the potential adverse impacts stemming from climatic events. The ensuing analysis will succinctly expound upon the physiological responses of plants subjected to water stress, elucidating the perils to crop productivity resultant from climatic variability. Notably, the diminishing water availability emerges as a formidable challenge in the global agricultural landscape. The sought-after conclusion of this research converges on the readers' comprehension that agronomic practices oriented towards meticulous management endow coffee production with substantial resilience. These practices, therefore, manifest as pivotal constituents underpinning the sustainability of coffee farming within the state and national milieu.

KEYWORDS: Coffee farming. Water management. Agricultural sustainability.

1 | PANORAMA DA CAFEICULTURA IRRIGADA NO ESPÍRITO SANTO

A cafeicultura destaca-se como uma das atividades agrícolas com grande influência na economia e nos aspectos socioeconômicos do país. O Brasil ostenta a posição de maior produtor e exportador global de café, seguido pelo Vietnã e Colômbia. Dentre os principais estados produtores, destaca-se o Espírito Santo (ES), que, apesar de abranger apenas 0,5% do território nacional, contribui com impressionantes 68% da produção de café Conilon (CONAB, 2023).

O café é uma planta perene pertencente à família Rubiaceae, do gênero *Coffea*, no qual mais de 90 espécies já foram descritas, com destaque para as mais cultivadas e comercializadas, *Coffea arabica* e *Coffea canephora* (FERRÃO *et al.*, 2020; IPPC, 2021).

O *Coffea* sp. é originário do continente africano, sendo o *C. canephora* de uma ampla área que se estende da Guiné ao Congo, da costa oeste à região central do continente, predominando em regiões de baixa altitude, de temperaturas mais elevadas em áreas baixas da floresta tropical (CHARRIER; BERTHAUD, 1988). No contexto brasileiro, seu cultivo prevalece em regiões de menor altitude e temperaturas mais elevadas, com média anual variando entre 22°C e 26°C.

Com mais de 11 milhões de hectares dedicados à produção de café em todo o mundo, a cultura é considerada um meio de subsistência importante para milhões de produtores, principalmente pequenos agricultores familiares (LÄDERACH *et al.*, 2016). Segundo dados levantados pela Gerência de Dados e Análises da Secretaria da Agricultura, Abastecimento, Aquicultura e Pesca (Seag), o café conilon é a principal fonte de renda em 80% das propriedades rurais capixabas, gerando cerca de 400 mil empregos diretos e indiretos, e está presente em mais de 75 mil das 108 mil propriedades agrícolas do Estado (SEAG, 2023), portanto variações na produtividade influenciam diretamente o cenário nacional e internacional.

Segundo a Conab (2023), a produtividade média do café conilon em 2022 atingiu 47,7 sacas por hectare, com uma previsão para 2023 de 38,9 sacas por hectare, refletindo uma queda já prevista anteriormente, essa redução é justificada pelas condições climáticas adversas durante as fases cruciais do ciclo de crescimento da cultura. No entanto, destacando a resiliência da produção capixaba, Ferrão *et al.* (2017) observaram um significativo aumento na produtividade ao longo das últimas décadas, passando de uma média de 9,2 sacas por hectare em 1992 para aproximadamente 47 sacas por hectare atualmente. Esse avanço não apenas impulsiona a rentabilidade dos cafeicultores, como reforça a necessidade no aprimoramento contínuo de práticas e tecnologias de cultivo (RONCHI; DAMATTA, 2017).

Contudo, a produção cafeeira, assim como a agricultura em geral, enfrenta desafios decorrentes da intensidade e variações sazonais. Mudanças nos padrões climáticos, como variações extremas de temperatura e alterações nos regimes de chuvas, colocam em risco

a viabilidade da produção de café (LÄDERACH *et al.*, 2016; RIBEIRO *et al.* 2018). De acordo com Bunn *et al.* (2015), a crescente probabilidade de eventos climáticos extremos reduzirão a área global adequada para o café em cerca de 50%.

Entre os principais desafios elencados em literatura os quais relacionam-se às mudanças climáticas, está a adaptação ao sistema produtivo a alteração da disponibilidade de água. Este cenário, promove um “sinal de alerta” para a necessidade de condutas e estratégias para mitigar os impactos das mudanças climáticas na produção de café.

A aplicação da técnica de irrigação surge quando o balanço hídrico revela que a demanda hídrica das plantas ultrapassam a quantidade disponível no solo (BONOMO *et al.*, 2013; MARTINS *et al.*, 2018). Em áreas caracterizadas pela escassez ou irregularidade de precipitação, a irrigação assume um papel crucial para assegurar o desenvolvimento saudável dos cafezais e a viabilidade da produção, entretanto, um fator crítico para o manejo da irrigação da lavoura cafeeira é quantificar com precisão o volume de água a ser aplicado, pois isso afeta diretamente a produtividade da lavoura (BONOMO *et al.*, 2013; VICENTE *et al.*, 2017).

Nas últimas décadas, a irrigação tornou-se crucial na cafeicultura do Espírito Santo, sendo ferramenta base no impulsionamento da produtividade e rendimento dos cafezais, aumentando significamente o do rendimento por área cultivada. Sua importância vai além do simples crescimento da produção, destacando-se como uma ferramenta essencial para a diversificação e otimização eficiente da colheita cafeeira no estado (BONOMO *et al.*, 2013). Além de garantir o suprimento adequado de água em períodos críticos, a prática da irrigação possibilita a implementação da fertirrigação, otimizando a eficácia na aplicação de fertilizantes e promovendo um manejo agrícola mais sustentável e eficiente.

A virada de chave que a irrigação representou no Espírito Santo é reflexo a necessidade de complementação hídrica mesmo com registros pluviométricos anuais acima dos 1200 mm. Apesar de grande parte do Estado possuir condições térmicas ideais para o cultivo do cafeeiro conilon, existem restrições para o aspecto hídrico (PEZZOPANE *et al.*, 2010), decorrentes a distribuição irregular das chuvas no estado, que por si ocasiona eventos com elevados índices de déficits hídricos. Esses períodos de seca intensificam a dependência da produção em relação à complementação hídrica, conforme ressaltado por PIMENTEL *et al.* (2010).

Nesse contexto, a irrigação assumiu papel de protagonista e como recurso vital na maximização da produtividade na agricultura cafeeira contemporânea (RIBEIRO *et al.*, 2018; CASTANHEIRA *et al.*, 2013). E por isto, as estimativas indicam que aproximadamente 70% das lavouras de café conilon no estado do ES são conduzidas com o uso de irrigação (SEAG, 2023).

No entanto, desafios ainda precisam ser superados na cafeicultura irrigada capixaba. Primeiramente é importante ainda salientar que essa técnica não está ao alcance de todos os agricultores, especialmente aqueles com recursos financeiros limitados para investir em

infraestrutura de irrigação.

Em determinados cenários, a falta de conhecimento técnico e os custos financeiros na implementação de programas de manejo têm conduzido a produtividades abaixo das expectativas, resultando em baixa produtividade da água. O uso inadequado dos sistemas de irrigação não só gera custos elevados, mas também podem causar impactos ambientais substanciais, comprometendo tanto a disponibilidade quanto a qualidade da água, conforme destacado por BIZARI *et al.* (2009).

Nesse contexto, aprimoramentos no manejo hídrico tornam-se imperativos para otimizar o rendimento do café, especialmente em ambientes com limitações hídricas (BLUM, 2005; SILVA *et al.*, 2013). Além disso, as preocupações ambientais agravam as condições, já que o aumento da produtividade em plantações irrigadas demanda um maior consumo de água doce. Em algumas regiões, cafeicultores enfrentam desafios significativos relacionados à disponibilidade e qualidade da água para irrigação (DAMATTA *et al.*, 2018). Essa realidade destaca a necessidade de abordagens equitativas para o gerenciamento e manejo da irrigação para enfrentar os desafios relacionados à irrigação na cafeicultura.

Para mitigar estes problemas, é necessário investimentos de recursos humanos financeiros, propondo aumentar o rigor quanto a eficiência dos sistemas de irrigação entregues aos produtores no estado. Além disto, o manejo e fornecimento da água passa a ter um papel central quando relacionamento a implementação de práticas sustentáveis. Ao adotar estratégias que otimizam o uso da água, os agricultores não apenas promovem a eficiência hídrica, mas também contribuem para a sustentabilidade ambiental, reduzindo o desperdício e minimizando impactos adversos nos recursos hídricos locais.

O manejo da irrigação é uma técnica viável e de baixo custo, que visa auxiliar na determinação da quantidade necessária de água às plantas no momento correto. Constitui-se como uma técnica muito importante do ponto de vista econômico e ambiental numa atividade agrícola irrigada, proporcionando economia de água, energia, aumento da produtividade da cultura e melhoria na qualidade do produto (BONOMO *et al.*, 2013).

A otimização da eficiência na irrigação requer uma abordagem abrangente que leve em conta uma análise holística, considerando diversos fatores como aspectos técnicos, agronômicos, econômicos, políticos, sociais e ambientais. Essa perspectiva integrada é essencial para compreender como a água é utilizada e garantir práticas sustentáveis e eficientes no contexto da agricultura (FRIZZONE, 2007). Para o planejamento e gerenciamento eficaz da água, se requer um conhecimento profundo dos cultivos para possibilitar soluções eficientes (SACCON, 2018).

Por não adotar um método de controle da irrigação, tem-se como resultados irrigação em excesso, que tem como consequência o desperdício de energia e de água, ou a falta de água nas plantas, promovendo estresse hídrico (RIBEIRO *et al.* 2018). Este cenário compromete recursos hídricos importantes e por vezes limitados (SACCON, 2018) e em diversas circunstâncias limitam ainda mais o aumento produtivo das lavouras

2 | ASPECTOS FISIOLÓGICOS DO CAFEEIRO SUBMETIDO A DÉFICIT HÍDRICO

Embora a produção cafeeira seja fortemente afetada pela seca, a maioria dos cultivos está situada em regiões propensas a esse fenômeno, consideradas zonas marginais para o crescimento e produção do café (ARAUJO *et al.*, 2011; DAMATTA & RAMALHO, 2006; SILVA *et al.*, 2013). Essas áreas estão suscetíveis aos efeitos do déficit hídrico no solo, um fenômeno que ocorre frequentemente durante o ciclo de desenvolvimento do cafeeiro (RODRIGUES *et al.*, 2013). Esse déficit hídrico é reconhecido como o principal estresse abiótico capaz de afetar o crescimento e produção (ARAUJO *et al.*, 2011; DaMATT & RAMALHO, 2006), pois, impõe restrições nas taxas de assimilação de CO₂, transpiração e condutância estomática (RENA & MAESTRI, 2000; SILVA *et al.*, 2013), resultando, consequentemente, em redução nas taxas fotossintéticas e acúmulo de massa nas plantas.

Segundo Peloso *et al.*, (2017) em condições mais severas de déficit hídrico, reduções nas taxas fotossintéticas podem ocorrer devido à inibição de processos metabólicos específicos como, a fotofosforilação, a capacidade de regeneração da ribulose - 1,5 - bisfosfato (RuBP) e redução de atividade da ribulose 1,5 bifosfato carboxilase oxigenase (Rubisco) e de outras enzimas envolvidas no ciclo de Calvin (TAIZ *et al.*, 2017). Além disso, a exposição ao déficit hídrico poderá ocasionar desbalanço entre a absorção e a utilização da energia luminosa nos cloroplastos (PELOSO *et al.*, 2017). Tal desbalanço pode causar um expressivo aumento na produção de espécies reativas de oxigênio, as quais estão associadas a diversos danos celulares, como a oxidação de lipídeos, proteínas e ácidos nucléicos. Esse processo, em última instância, pode culminar na morte do tecido vegetal (TAIZ *et al.*, 2017).

A resposta das plantas ao estresse provocado pelo déficit hídrico se revela através de uma série de manifestações morfológicas, tais como clorose foliar, senescênciadas folhas e morte de ramos. Esses distúrbios são agravados pela interação sinérgica de diferentes condições de estresse, destacando a complexidade das respostas adaptativas das plantas frente a essa adversidade (DAMATTA *et al.*, 2018). Desta forma, destaca-se que o dano que o déficit hídrico acarreta ao cafeeiro está diretamente relacionado ao impacto sobre a fisiologia da planta e, por conseguinte, sua morfologia (WU *et al.*, 2018).

A regulação do fechamento estomático é a primeira linha de defesa a ser acionada, resultando na consequente redução da transpiração (TAIZ *et al.*, 2017). Estudo com diferentes clones apontam as estratégia adotada pelas plantas para minimizar os danos provocados pela deficiência hídrica, envolvendo a ativação de rotas metabólicas secundárias relacionadas à sensibilidade e à tolerância. Entre esses compostos, destacam-se as substâncias osmoticamente ativas nas raízes, desempenhando um papel fundamental na redução do potencial osmótico, essencial para a absorção de água, principalmente em solos com baixos potenciais hídricos. No entanto estes mecanismos podem variar entre os

genótipos (ARRUDA *et al.*, 2015; CHAVES *et al.*, 2002; TAIZ *et al.*, 2017).

Em situações comuns, os efeitos da seca no café conilon podem ser intensificados por temperaturas extremas, resultando em danos celulares e estresses secundários, como estresse osmótico e oxidativo pela geração descontrolada de espécies reativas de oxigênio (DAMATTA & RAMALHO, 2006; CAVATTE *et al.*, 2012). A importância da fisiologia do cafeiro para altos rendimentos reside na capacidade da planta de otimizar seu metabolismo e desempenhar essas funções de maneira eficiente, especialmente em condições de estresses hídricos, temperaturas extremas e outras condições ambientais adversas previstas.

3 I CRISE HÍDRICA NO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

A baixa disponibilidade hídrica representa um desafio significativo na agricultura global (SHAO *et al.*, 2008). O déficit hídrico destaca-se entre os diversos fatores limitantes da produção vegetal, pois não apenas afeta as relações hídricas e o metabolismo das plantas, mas também impactua extensas áreas cultiváveis (NOGUEIRA *et al.*, 2001)

A crise hídrica no Espírito Santo em 2014/2015, afetou severamente as plantações de café devido à escassez de água prolongada juntamente com às altas temperaturas, gerando fragilidade nas plantas e forçando muitos produtores a abandonar a atividade, impactando significativamente a economia do estado (DAMATTA *et al.*, 2018). Entre 2015 e 2017, a quantidade de chuvas ficou aquém da média projetada, coincidindo com eventos de El Niño. Esse fenômeno contribuiu para um aumento anormal da temperatura, com média anual superior a 26°C, intensificando a deficiência hídrica e agravando os impactos adversos no metabolismo fisiológico das plantas.

A estiagem prolongada reduziu significativamente o volume dos rios, córregos e barragens de propriedades rurais, muitas vezes inviabilizando o uso de sistemas de irrigação. A crise hídrica prolongada, gerou em dificuldades de abastecimento urbano em algumas regiões, e na zona rural desencadeou pequenos conflitos quanto ao uso da água. Neste cenário, emergencialmente houve proibição do uso da irrigação, adicionalmente, observaram-se impactos significativos as plantas (DAMATTA, *et al.*, 2018), as quais foram submetidas a condições de déficit hídrico. Como resultado, a maior parte dos cafezais tiveram baixo rendimento de colheita, casos mais severos culminaram em safra zero, especialmente devido abortamento floral e de chumbinhos. Tais condições levaram alguns produtores a optarem pela recepa ou arranquio das lavouras (CONAB, 2017).

Os cafeicultores enfrentaram perdas financeiras significativas, as quais segundo estimativas governamentais, chegaram a alcançar redução de impressionantes 48% nos anos subsequentes. Estas condições ligaram um sinal de alerta quanto ao aspecto hídrico na produção de cafés, expondo a fragilidade do sistema o qual a cada via-se mais ameaçada pelo aumento dessa variabilidade climática (PADOVAN *et al.*, 2018). Além disto,

este período revelou uma influência direta e maior do que o imaginado relacionado ao déficit hídrico na diminuição da colheita (VENANCIO *et al.*, 2020).

A crise hídrica de certa forma impulsionou a busca por melhorias no sistema produtivo. Neste aspecto, inicia-se a busca melhorias que são ampla discussão não apenas quanto ao uso da irrigação, mas sim no uso eficiência da irrigação, e de forma mais proeminente, avançando em conceitos relacionados a gestão hídrica. Neste momento, é oportuno salientar a virada de chave, onde produtores e entidades passam a entender a gestão como fundamental, afinal, não é possível utilizar a água uma vez que nem a temos disponível.

Neste sentido, observou-se esforços contínuos para melhorias nos reservatórios de água nas mais diversas propriedades rurais. Incentivos governamentais foram fornecidos para a construção de barragens. O entendimento da erosão como processo de degradação do solo e da água foram iniciativas que ajudaram a mobilizar uma nova forma de entendimento. E por fim o entendimento que o aumento da eficiência do uso da água na irrigação era fundamental neste novo cenário.

4 | CENÁRIO DE MUDANÇAS E A NECESSIDADE DA GESTÃO HÍDRICA

A experiência em vivenciar a impraticabilidade da irrigação dada ausência de água, causou perplexidade a comunidade, porém levou à compreensão de que a irrigação, por si só, carece de utilidade significativa sem uma gestão eficaz. Até o momento, muitas propriedades agrícolas dependem fortemente da irrigação, no entanto, não possuem reservas de água adequadas para atender à demanda. A negligência de princípios básicos de gestão da agricultura irrigada, especialmente no que diz respeito ao planejamento de recursos, foi por muito tempo uma realidade em grande parte dos usuários de irrigação.

As frequentes irregularidades pluviométricas expuseram esta problemática como um ponto crítico para o processo produtivo. Pequenas sazonalidades de chuvas, podem ocasionar uma escassez precoce do recurso, dificultando assim a implementação de quaisquer práticas de manejo da irrigação, colocando em risco todo trabalho realizado. Sabendo que para atingir o rendimento potencial de uma cultura, é crucial atender à suas demanda hídrica, podemos dizer que a otimização da gestão da irrigação é fundamental para aumentar a eficiência no uso da água na agricultura, evitando o desperdício desnecessário de recursos hídricos, muitas vezes escassos e vitais.

A adaptação ao sistema produtivo sob uma possível alteração da disponibilidade de água e em função das demandas na agricultura deve ser encarada como um dos grandes desafios das mudanças climáticas. O aumento na frequência e na intensidade de períodos de seca, associados a altas temperaturas, é esperado em futuro próximo, como consequência das mudanças climáticas, causando perdas substanciais em áreas agrícolas (ARRUDA *et al.*, 2015).

Nesse contexto, o debate em torno da gestão da agricultura irrigada precisam ser tratadas com seriedade. O planejamento no uso dos recursos hídricos inicia-se a partir do entendimento sobre a necessidade garantir aplicação de técnicas que possibilitem o armazenamento de água, em volume compatível com a demanda dos cultivos. Dentre as intervenções efetivas para aumentar a disponibilidade hídrica elenca-se como prioridade técnicas que promovam a redução do processo erosivo. O aumento da rugosidade ao solo, reduz a velocidade de escoamento superficial permitindo melhor infiltração da água no solo, e resultam consequentemente no reabastecimento de mananciais, lençóis freáticos. A construção de barragens tem correspondido a este objetivo, fornecendo uma contribuição significativa para o armazenamento de água.

Para este fim, a busca por armazenamento e aumento da infiltração de água no solo ganhou apoio governamental, a qual por meio de políticas públicas incentivaram a construção de barragens em todo Estado do Espírito Santo. É preciso enfatizar neste tópico que, antes de utilizar o recurso, é necessário possuir o recurso.

Uma vez atendido este preceito, conseguimos de fato, avançar na discussão de partindo agora para o entendimento de que não basta apenas irrigar, deve-se saber irrigar. Esta afirmativa leva ao entendimento de que o manejo da água não se trata mais de uma simples opção técnica, mas sim uma estratégia inserida em um conceito mais amplo de agricultura irrigada. Deste modo, estabelecemos aqui o segundo pilar no modelo de gestão hídrica, a qual fundamenta-se além da sustentabilidade o aumento da produção e da rentabilidade da propriedade agrícola. Apesar do entendimento da irrigação ferramenta fundamental para o sucesso produtivo, a grande maioria dos usuários, ainda não adotam quaisquer estratégias de manejo de irrigação (BONOMO *et al.*, 2014). Juntamente com os baixos índices de eficiência verificados nos sistemas, resulta num cenário onde há baixa eficiência de utilização da água (BRITO *et al.* 2012).

Geralmente esta ausência de manejo resulta em uma aplicação com quantitativo volumétrico de água inferior ao requerido pela necessidade dos cultivos. Desta maneira, gradativamente observa-se mesmo em cultivos irrigados, plantas submetidas ciclos contínuos de déficit hídrico de curta duração, seja devido a limitações relacionadas ao baixo volume de água disponível na propriedade (erro de planejamento), ou pela não adoção de práticas de manejo da irrigação. Neste aspecto torna-se necessário a busca contínua pela otimização da eficiência no uso da água na produção agrícola. Práticas de irrigação mais eficientes podem reduzir o volume de água aplicado aos campos agrícolas em 30-70% e pode aumentar o rendimento das colheitas em 20 a 90% (SACCON, 2018).

Por fim, é necessário entender que o futuro da irrigação envolve produtividade e rentabilidade sustentados pela eficiência no uso da água, da energia e de insumos, ao mesmo tempo em que respeitam o meio ambiente. Esses pilares fundamentais não apenas otimizam o desempenho agrícola, mas também buscam a harmonia entre práticas agrícolas e a preservação ambiental, delineando um caminho mais equilibrado e sustentável para os

cultivos irrigados.

REFERÊNCIAS

- ARAUJO, G. L. et al. Influência do déficit hídrico no desenvolvimento inicial de duas cultivares de café conilon. **Irriga**, v. 16, n. 2, p. 115-124, 2011. <https://doi.org/10.15809/irriga.2011v16n2p115>
- ARRUDA, I. M. et al. Crescimento e produtividade de cultivares e linhagens de amendoim submetidas a déficit hídrico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 2015, n. 2, p. 146–154, 2015. <https://doi.org/10.1590/1983-40632015v4529652>
- BLUM, A. Drought resistance , water-use efficiency , and yield potential — are they compatible , dissonant , or mutually exclusive ? **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 56, n. 11, p. 1159–1168, 2005. <https://doi.org/10.1071/AR05069>
- BONOMO, D. Z. et al. Desenvolvimento vegetativo do cafeiro conilon submetido a diferentes lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 7, n. 2, p. 157–169, 2013.
- BRITO, R. R. et al. Uso da água na irrigação. **Fórum Ambiental**, v. 8, n. 2, p. 373–383, 2012.
- BUNN, C. et al. A bitter cup: climate change profile of global production of Arabica and Robusta coffee. **Climatic change**, v. 129, n. 1, p. 89-101, 2015. <https://doi.org/10.1007/s10584-014-1306-x>
- CAVATTE, P. C. et al. The physiology of abiotic stresses. In: FRITSCHE-NETO, R., BORÉM, A. **Plant Breeding for Abiotic Stress Tolerance**. Springer, Berlin, Heidelberg, p. 21-51, 2012. https://doi.org/10.1007/978-3-642-30553-5_3
- CHAVES, M. M. et al. How Plants Cope with Water Stress in the Field . Photosynthesis and Growth. **Annals of Botany**, v. 89, n. 7, p. 907–916, 2002. <https://doi.org/10.1093/aob/mcf105>
- CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de café safra 2017**. Primeiro levantamento janeiro 2017. v. 4, n. 1, p. 98, 2017.
- _____. **Acompanhamento da safra brasileira de café**. Brasília, DF, v. 10, safra 2023, n. 3 terceiro levantamento, setembro 2023. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafe>
- DAMATTA, F. M.; COCHICHO RAMALHO, J. D. Impacts of drought and temperature stress on coffee physiology and production: A review. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 18, n. 1, p. 55–81, 2006. <https://doi.org/10.1590/S1677-04202006000100006>
- DAMATTA, F. M. et al. Physiological and agronomic performance of the coffee crop in the context of climate change and global warming: A review. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 66, n. 21, p. 5264-5274, 2018. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b04537>
- FERRÃO, M. A. G. et al. Origem, dispersão, taxonomia e diversidade genética de Coffea canephora. In: FERRÃO, R. G. et al. **Café conilon**. Vitória, ES: Incaper. 2007.
- FERRÃO, R. G. et al. Cultivares de cafés Conilon e Robusta. **Informe Agropecuário**, v. 41, n. 309, p. 17–25, 2020. Disponível em: <http://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/handle/123456789/4230>

FRIZZONE, J. A. Planejamento da Irrigação com Uso de Técnicas de Otimização. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 1, n. 1, p. 24–49, 2007.

IPPC - International Plant Protection Convention. IPPC Secretariat. 2021. **Scientific review of the impact of climate change on plant pests – A global challenge to prevent and mitigate plant pest risks in agriculture, forestry and ecosystems**. Rome. FAO on behalf of the IPPC Secretariat. <https://doi.org/10.4060/cb4769en>

LÄDERACH, P. et al. Climate change adaptation of coffee production in space and time. **Climatic change**, v. 141, n. 1, p. 47-62, 2017. <https://doi.org/10.1007/s10584-016-1788-9>

MARTINS, L. D. et al. Carbon and water footprints in Brazilian coffee plantations-the spatial and temporal distribution. **Emirates journal of food and agriculture**, v. 7, n. 4, p. 487- 504, 2018. <https://doi.org/10.4236/ajcc.2018.74030>

MANTOVANI, E. C. Cafeicultura irrigada: produtividade, rentabilidade com sustentabilidade. In: MANTOVANI, E. C.; SOARES, A. R. **Irrigação do cafeiro: informações técnicas e coletânea de trabalhos**. Viçosa: UFV, DEA, p. 9-45, 2003.

NOGUEIRA, R. J. M. C. et al. Modifications in vapor diffusion resistance of leaves and water relations in barbados cherry plants under water stress. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 13, n. 1, p. 75–87, 2001.

PADOVAN, M. P. et al. Water loss by transpiration and soil evaporation in coffee shaded by Tabebuia rosea Bertol . and Simarouba glauca dc. compared to unshaded coffee in sub-optimal environmental conditions. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 248, n.15, p. 1–14, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.agrmet.2017.08.036>

PEZZOPANE, J. R.M. et al. Zoneamento de risco climático para a cultura do café Conilon no Estado do Espírito Santo. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 3, p. 341-348, 2010. <https://doi.org/10.1590/S1806-66902010000300004>

RENA, A. B.; MAESTRI, M. **Relações hídricas no cafeiro. Irrigação & tecnologia moderna**. Brasília: ABID, p. 34–41., 2000. <http://www.sbicafe.ufv.br/handle/123456789/526>

RIBEIRO, W. R. et al. Water deficit as a limiting factor to the initial growth of coffee conilon variety Diamante. **Journal of Experimental Agriculture International**, v. 22, n. 5, p. 1–11, 2018. <https://doi.org/10.9734/JEAI/2018/4115>

RONCHI, C.P.; DAMATTA, F.M . Aspectos fisiológicos do Café Conilon. In: FERRÃO, R. G. et al. **Café Conilon**. Vitória, ES: Incaper, p. 103-124, 2017.

ROSA, D. R. Q. et al. Disseminando conhecimentos sobre manejo da irrigação no cafeiro. **Revista ELO-Diálogos em Extensão**, v. 8, n. 1, 2019. <https://doi.org/10.21284/elo.v8i1.1309>

SHAO, H. et al. Water-deficit stress-induced anatomical changes in higher plants. **Comptes rendus biologies**, v. 331, n. 3, p. 215-225, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.crvi.2008.01.002>

SEAG- SECRETARIA DE ESTADO DA AGRICULTURA, ABASTECIMENTO, AQUICULTURA E PESCA (SEAG). **Exportações do agronegócio capixaba**. Disponível em: [https://seag.es.gov.br/Media/Seag/Importacao/3%C2%BA%20trimestre%20-%20Exporta%C3%A7%C3%A7%C5%8B%20do%20agroneg%C3%B3cio%20capixaba%20\(2\).pdf](https://seag.es.gov.br/Media/Seag/Importacao/3%C2%BA%20trimestre%20-%20Exporta%C3%A7%C3%A7%C5%8B%20do%20agroneg%C3%B3cio%20capixaba%20(2).pdf)

SILVA, P. E. M. et al. The functional divergence of biomass partitioning, carbon gain and water use in *Coffea canephora* in response to the water supply: Implications for breeding aimed at improving drought tolerance. **Environmental and Experimental Botany**, v. 87, p. 49–57, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2012.09.005>

SACCON, P. Water for agriculture, irrigation management. **Applied Soil Ecology**, v. 123, n.October, p. 793–796, fev. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2017.10.037>

TAIZ, L. et al. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6. ed. Porto Alegre : Artmed, 2017.

VENANCIO, L. P. et al. Impact of drought associated with high temperatures on *Coffea canephora* plantations: a case study in Espírito Santo State, Brazil. **Scientific reports**, v. 10, n. 1, p. 19719, 2020. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-76713-y>

VICENTE, M. R. et al. Spacial distribution of fertigated coffee root system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 41, p. 72-80, 2017. <https://doi.org/10.1590/1413-70542016411021316>

WU, G. et al. Differential responses of stomata and photosynthesis to elevated temperature in two co-occurring subtropical forest tree species. **Frontiers in plant science**, v. 9, p. 467, 2018. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00467>

CAPÍTULO 13

CHITIN DEACETYLASE OF *Bemisia tabaci* (HEMIPTERA: ALEYRODIDAE) AS NEW TARGET FOR PESTICIDE DISCOVERY

Data de aceite: 01/12/2023

Ciro Pedro Guidotti Pinto

Universidade de São Paulo Paulista
(USP), Faculdade de Ciências
Farmacêuticas de Ribeirão Preto. Av.
Prof. Dr. Zeferino Vaz - Vila Monte Alegre,
Ribeirão Preto - SP

Narian Romanello

Centro Universitário de Rio Preto UNIRP-
Hospital Veterinário, Rodovia BR 153 s/n
Km 69, Rua Halim Atique Doutor, SP

ABSTRACT: Chitin deacetylases are enzymes responsible for structuring chitin of chitin-producing organisms, such as insects. Chitin deacetylases are well studied in fungi and bacteria, but the canonical structure was just recently characterized for an insect, the silk moth *Bombyx mori* (Lepidoptera: Bombycidae) (PDB: 5ZNT; 5ZNS). The whitefly *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) is a polyphagous insect that causes severe losses in agriculture every year and there is a lack of new and safer modes of action for controlling such pest. In the present study, the three-dimensional structure of *B. tabaci* chitin deacetylase was modeled discussed using as model the newly insect chitin deacetylase described.

Firstly, by BLAST, the amino acid sequence of *B. tabaci* chitin deacetylase was obtained from GenBank according to its identity to *B. mori* chitin deacetylase. The three-dimensional model and quality estimation of *B. tabaci* chitin deacetylase was obtained by Swiss-Model tool. Active sites, chitin binding site and the overall structure of *B. tabaci* chitin deacetylase were observed to be in agreement to the crystal structure of *B. mori* chitin deacetylase. It is expected that three-dimensional model of chitin deacetylases may be valuable for rational pesticide design. Further, other molecular targets can be searched and studied with the same *in silico* tools.

KEYWORDS: *Bombyx mori*, whitefly, insect, polyphagous, three-dimensional.

QUITINA-DESACETILASE DE *Bemisia tabaci* (HEMIPTERA: ALEYRODIDAE) COMO NOVO ALVO PARA DESCOBERTA DE PESTICIDAS

RESUMO: As quitina-desacetilases são enzimas responsáveis pela estruturação da quitina de organismos produtores de da mesma, como insetos. As quitina-desacetilases são bem estudadas em fungos e bactérias, mas em insetos, a estrutura

canônica foi apenas recentemente caracterizada para a mariposa-da-seda *Bombyx mori* (Lepidoptera: Bombycidae) (PDB: 5ZNT; 5ZNS). A mosca-branca *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) é um inseto polífago que causa perdas severas na agricultura todos os anos e há falta de novos e mais seguros modos de ação para o controle dessa praga. No presente estudo, a estrutura tridimensional da quitina-desacetilase de *B. tabaci* foi modelada usando como modelo a nova quitina-desacetilase de insetos descrita. Primeiramente, por BLAST, a sequência de aminoácidos de *B. tabaci* quitina-desacetilase foi obtida do GenBank de acordo com sua identidade com a quitina-desacetilase de *B. mori*. O modelo tridimensional e a estimativa da qualidade da quitina-desacetilase de *B. tabaci* foram obtidos pela ferramenta Swiss-Model. Os sítios ativos, sítio de ligação na quitina e a estrutura geral da quitina-desacetilase de *B. tabaci* foram observados de acordo com a estrutura cristalina da quitina-desacetilase de *B. mori*. Espera-se que o modelo tridimensional de quitina-desacetilases possa ser valioso para o planejamento racional de pesticidas. Além disso, outros alvos moleculares podem ser pesquisados e estudados com as mesmas ferramentas *in silico*.

PALAVRAS-CHAVE: *Bombyx mori*, mosca-branca, inseto, polífago, tri-dimensional.

INTRODUCTION

The chitin biosynthesis route is widely explored for pest management due to its exclusive effect to arthropods. Either insecticides or acaricides use active ingredients targeting chitin synthase, a transmembrane enzyme with the function of catalyzing bonds in the β -(1,4) position between subunits of the amino sugar GlcNAc, whose polymerization will result in the formation of chitin (Van Leeuwen, 2012). Inhibitors of chitin biosynthesis lead insects or mites to several symptoms such as failure in ecdysis, sterile eggs, degraded peritrophic membrane, disorders of the immunologic system, morphological malformation, stop on food consumption and death (Merzendorfer 2013, Nasr et al. 2010).

The whitefly *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) is a widespread polyphagous insect that causes agricultural losses throughout all continents. This insect, beyond damaging plants by sucking the sap, is a vector of several phytopathogenic viruses, which makes it a threat to global food security (Chen et al. 2016). Buprofezin is the only commercial insecticide that acts directly on the chitin biosynthesis route of *B. tabaci*, and several cases of resistance have been reported (APRD, 2019). Therefore, different proteins from the chitin biosynthesis route may be interesting targets for exploration and discovery of new and safer pesticides.

Chitin deacetylase enzymes(CDA) belong to the family of carbohydrate esterase enzymes and their functions remain on catalyzing the removal acetyl groups from chitin, forming a polymer β -(1,4) D-glucosamine residues, playing an important role in formatting and modifying the chitin matrix (Tsigos et al. 2000, Liu et al. 2019a). Further, several microorganisms, such as bacteria and fungi, or animals, such as insects, express CDAs and it has been proposed to use such enzyme as a target for the design and discovery of antibiotics or pesticides (Brosson et al. 2005, Baker et al. 2007, Wang et al. 2010, Yang et

al. 2018, Pusztahelyi 2018, Tetreau and Wang 2019).

Recently, Liu et al. (2019a) reported two crystal structures of an insect CDA, the silkworm *Bombyx mori* (Lepidoptera: Bombycidae), available in Protein Data Bank (<https://www.rcsb.org/>; PDB codes: 5ZNS and 5ZNT). Authors described two distinct proteins, one acting towards cuticle modifications and other modifying the peritrophic membrane. Three-dimensional structures of hemipteran CDA are not available and the structural knowledge of such protein would be interesting since it may be used as a target for novel pesticide development. New pesticide molecules are expected to be highly specific for the targeted protein and active in a selective way for the organism of interest (Sparks 2013). Thus, three dimensional models may help us to investigate such compounds by structure-based screening on chitin biosynthesis targets, which is a safer route for exploring pesticides than nervous system (Schmitid et al. 2014, Liu et al. 2019b).

In this study, *B. tabaci* CDA (*Bt*-CDA) was modeled as an initial step for specific structure-based pesticide design. A CDA gene from *B. tabaci* is available in the GenBank (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>; NCBI accession number: XP_018899356.1) as uncharacterized protein. Here, the homologous three-dimensional model of *B. tabaci* is characterized and, based on the crystal structure of *B. mori* CDA (*Bm*-CDA) as template, the canonical structure of the enzyme, *in silico* methods and the possibility of developing new pesticides, are discussed.

MATERIAL AND METHODS

Firstly, BLASTp search was performed with *Bm*-CDA sequence (Protein Data Bank: 5zns) as query. In GenBank (NCBI) the amino acid sequence of *Bt*-CAD was found as an uncharacterized protein, but with a high identity (~90%; XP_018899356.1). The web-based server Swiss-Model was used for building and evaluating the quality of the three-dimensional model of *Bm*-CDA (Waterhouse et al. 2018). The CDA sequence of whitefly obtained from BLASTp was searched against the primary amino acid sequence contained in the Swiss-Model Template Library. Unsurprisingly, the template with the highest percentage of identity found was from *B. mori* (PDB code 5zns) at a resolution of 2.5 Å. For comparing amino acid sequences identity, primary structures were aligned by ClustalW and edited by BioEdit v.7.2.6 (Hall 1999). Finally, the generated three-dimensional model of *B. tabaci* was edited and analyzed with Discovery Studio 4.5 (Accelrys).

RESULTS AND DISCUSSION

Amino acid sequences of *Bt*-CDA and *Bm*-CDA share high sequence identity, as compared in Fig. 1. There are 378 amino acid residues, sharing 340 identic, composing the primary structure of the protein (90%). The identity observed is an important feature that makes *B. mori* qualified as a satisfactory template for modeling *Bt*-CDA. Furthermore,

active sites, according the original template (PDB: 5zns) are also conserved, as highlighted in Fig. 1.

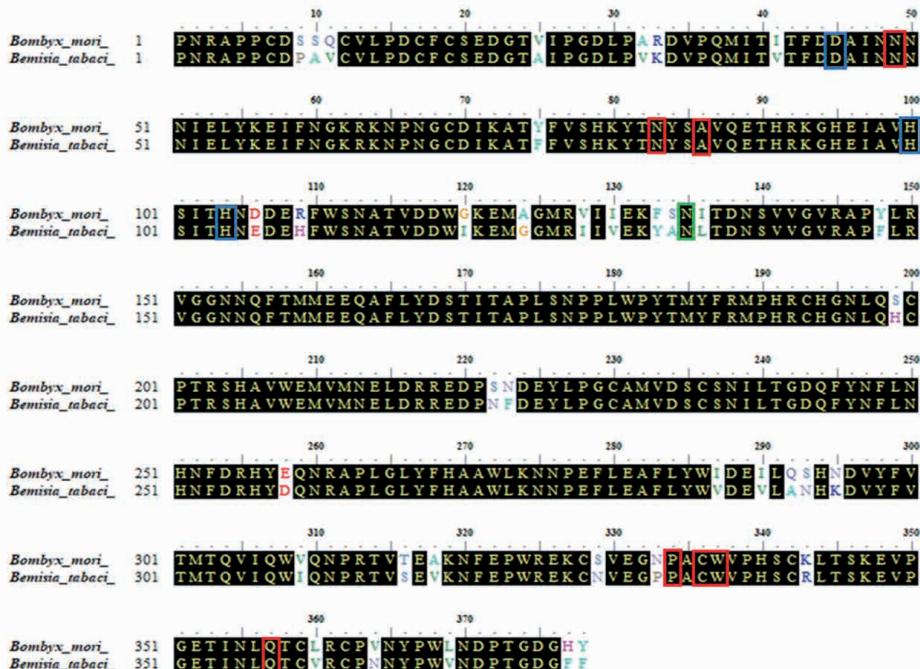


Fig.1. Aligned sequences of CDAs from *Bombyx mori* (PDB: 5zns) and *Bemisia tabaci* (GenBank: XP_018899356.1). Blue, red and green boxes denote active sites 1, 2 and 3, respectively.

The overall quality of the model was obtained by Ramachandran Plot, where 94.92% of the residues appeared to be in preferred regions, 4.81% in allowed regions and 0.27% are outliers (Suppl. Fig. 1A). That means, most amino acids are placed in an adequate phi-psi distribution, consistent with right-handed α -helix, pointing as a good quality model. The Local Estimate Quality also was satisfactory, with most amino acid residues among 0.8 and 1.0, being the ideal above 0.6 (Suppl. fig. 1B). The Global Model Quality Estimation (GMQE), a parameter that reflects the expected accuracy of the model, was 0.98 out of 1. Further, the QMEAN-z, a scoring function that indicates the “degree of naiveness” of the built model was -0.39, which means a good quality model (BENKERT et al. 2010). Further, the compatibility of the model with its sequence was measured by Verify-3D.

The model of *Bt*-CDA was superposed on the structure of *Bm*-CDA, the only available structure of an insect CDA in PDB. An overview of the superposed structures shows that the 3D models are, overall, structurally similar (Fig. 2). Similar to the model of *B. mori*, described by Liu et al. (2019a), we found that the secondary structure of *Bt*-CDA is also a $(\beta/\alpha)7$ barrel composed of seven parallel β -strands arranged in a barrel, surrounded by six

α -helix (Fig. 2).

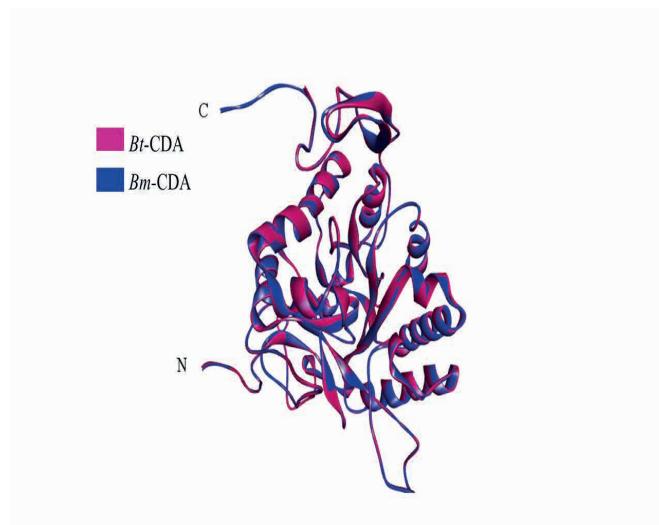


Fig.2. Overall superposed three-dimensional models of *Bt*-CDA and *Bm*-CDA colored magenta and blue, respectively. C and N represent C-terminus and N-terminus, respectively.

The structure of *Bt*-CDA is divided into N-terminus (1-23), chitin binding domain (24-122), lipo-protein receptor domain (123-161) and the catalytic domain (all amino acids from 162), according Figure 3, similar to the crystalized model of *B. mori* (Liu et al. 2019a).

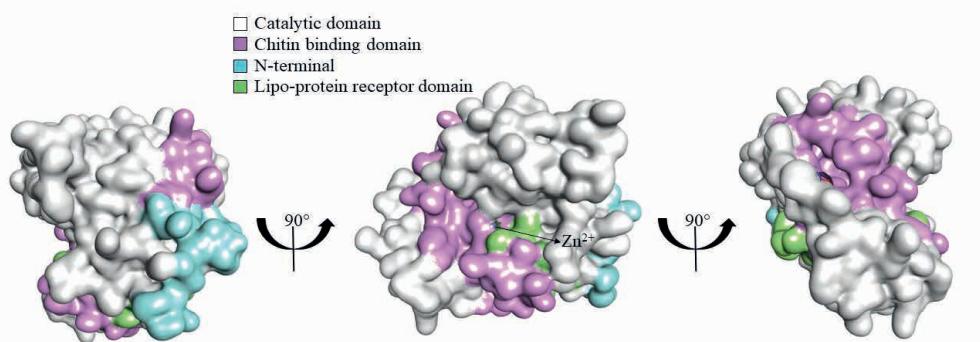


Fig.3. Surface graphic representing overall structure and domains of *Bt*-CDA. Domains were modeled based on crystallographed CDA of *Bombyx mori* (PDB: 5zns; Liu et al., 2019a).

The substrate binding site is composed of a Zinc ion surrounded for amino acid residues responsible for deacetylation of chitin. Amino acid residues that surround the zinc ion and compose the binding site of *Bt*-CDA are His 100/114/269, Asp 44/45, Ser 78, Arg 145, Ala 146, Pro 147 and Phe 148 (Fig. 4).

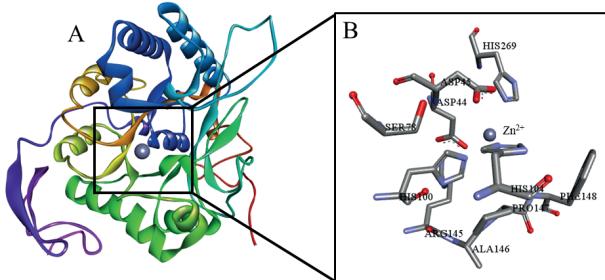


Fig.4. Chitin binding site of *Bt*-CDA composed by a zinc ion and surrounded by amino acid residues. A- ribbon overall structure; B- chitin binding site with zinc ion sorounded by amino acids.

Chitin pathways is an eco-friendly target to manage pests in crops, where biopesticides or selective molecules are used to suppress harmful insect populations (Liu et al. 2019b). Chitin deacetylase is a potential, but still unexplored, target in crop protection. This enzyme has important roles for structuring the integument, so it is found abundantly in ectoderm-derived tissues (Wu et al. 2019). Even so, these enzymes are also found in endoderm-derived chitinous tissues such as the peritrophic membrane of chewing insects (Liu et al. 2019a).

For instance, the artificial inhibition of CDA expression in chewing insects, provokes the reduction of leaf consumption index (Wu et al. 2019, Yu et al. 2016). The application of dsRNA for CDA inhibition in *Nilaparvata lugens* (Hemiptera: Delphacidae) nymphs caused mortality of up to 98% of insects (Xi et al. 2014). Bacteria also have carbohydrate esterase enzymes, the same family as the insect CDAs. Through virtual docking based on three-dimensional models, it was possible to elucidate effective inhibitors to such enzymes, providing the basis for the search for new molecules (Sarkar et al. 2017, Giastas et al. 2018).

Importantly, the amino acids that make up the active sites of *Bm*-CDA and *Bt*-CDA are conserved (Fig. 1), which somewhat hinders the search for taxon-specific compounds based on these sites. Even so, non-conserved allosteric sites can be sought for pesticide development. The spinosyn is an important example of the use of allosteric sites in pest control. Such molecules modulate allosteric nicotine receptor sites of postsynaptic neurons (Salgado and Saar 2004). Buprofezin is one of the few molecules available for controlling white fly targeting chitin pathway. Even though, due to misuse and the limited modes of action available, several cases of resistance are reported (APRD, 2021). This is why studies for searching for new modes of action should be carried out, as well as the awareness of companies, agronomists and farms for the rational use of insecticides and adopting non-chemical practices for pest control.

Designing specific inhibitors against the CDA of the targeted organism may be useful

to obtain an efficient inhibition. As 3D structure of an insect CDA was recently elucidated, the key for designing a structure-based inhibitor to act as insecticide became tangible. Although there are no CDA inhibitors for insect control, in this paper we propose this enzyme as a strong candidate for the development of new molecules. Once the canonical structure of this enzyme has been unraveled, the construction of new models and application of virtual docking against giant compound libraries became possible. Thus, it is expected that in the future new modes of action, increasingly safe for the environment and selective to natural enemies, will be investigated and available for pest control.

REFERENCES

- APRD. Arthropod Pesticide Resistance Database, online. Available in: <<http://www.pesticideresistance.org/>>. Access: march 15th 202119.
- Baker LG, Specht CA, Donlin MJ and Lodge JK (2007). Chitosan, the deacetylated form of chitin, is necessary for cell wall integrity in *Cryptococcus neoformans*. *Eukaryotic cell*, 6(5):855-867.
- Benkert P, Biasini M, and Schwede, T (2011). Toward the estimation of the absolute quality of individual protein structure models. *Bioinformatics*, 27(3): 343-350.
- Brosson D, Kuhn L, Prenier G, Vivarès CP and Texier C (2005). The putative chitin deacetylase of Encephalitozoon cuniculi: a surface protein implicated in microsporidian spore-wall formation. *FEMS Microbiol. Lett.*, 247(1): 81-90.
- Chen W, Hasegawa DK, Kaur N, Kliot A, Pinheiro PV, Luan J, Stensmyr MC, Zheng Y, Liu W, Sun H and Xu Y (2016). The draft genome of whitefly *Bemisia tabaci* MEAM1, a global crop pest, provides novel insights into virus transmission, host adaptation, and insecticide resistance. *BMC Biol.*, 14(1): 1-15.
- Giasas P, Andreou A, Papakyriakou A, Koutsoulis D, Balomenou S, Tzartos SJ, Bouriotis, V. and Eliopoulos, E.E. (2018). Structures of the peptidoglycan N-acetylglucosamine deacetylase Bc1974 and its complexes with zinc metalloenzyme inhibitors. *Biochemistry*, 57(5): 753-763.
- Hall TA (1999). BioEdit: a user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/NT. In *Nucleic acids symposium series* (Vol. 41, No. 41: 95-98). [London]: Information Retrieval Ltd., c1979-c2000..
- Liu L, Zhou Y, Qu M, Qiu Y, Guo X, Zhang Y, Liu T, Yang J and Yang Q (2019). Structural and biochemical insights into the catalytic mechanisms of two insect chitin deacetylases of the carbohydrate esterase 4 family. *J. Biol. Chem.*, 294(15): 5774-5783.
- Liu X, Cooper AM, Yu Z, Silver K, Zhang J, and Zhu KY (2019). Progress and prospects of arthropod chitin pathways and structures as targets for pest management. *Pestic. Biochem. Phys.*, 161: 33-46.
- Merzendorfer H (2013). Chitin synthesis inhibitors: old molecules and new developments. *Insect Sci.*, 20(2): 121-138.

- Nasr HM, Badawy ME and Rabea EI (2010). Toxicity and biochemical study of two insect growth regulators, buprofezin and pyriproxyfen, on cotton leafworm *Spodoptera littoralis*. Pestic. Biochem. Phys., 98(2): 198-205.
- Pusztaehelyi T (2018). Chitin and chitin-related compounds in plant-fungal interactions. Mycology, 9(3): 189-201.
- Salgado VL and Saar R (2004). Desensitizing and non-desensitizing subtypes of alpha-bungarotoxin-sensitive nicotinic acetylcholine receptors in cockroach neurons. J. Insect Phys., 50(10): 867-879.
- Sarkar S, Gupta S, Chakraborty W, Senapati S and Gachhui R (2017). Homology modeling, molecular docking and molecular dynamics studies of the catalytic domain of chitin deacetylase from *Cryptococcus laurentii* strain RY1. Int. J. Biol. Macromol., 104: 1682-1691.
- Schmidt T, Bergner A and Schwede T (2014). Modelling three-dimensional protein structures for applications in drug design. Drug Discov. Today, 19(7): 890-897.
- Sparks TC (2013). Insecticide discovery: an evaluation and analysis. Pestic. Biochem. Phys., 107(1): 8-17.
- Tetreau G and Wang P (2019). Chitinous structures as potential targets for insect pest control. *Targeting Chitin-containing Organisms*: 273-292.
- Tsigos I, Martinou A, Kafetzopoulos D and Bouriotis V (2000). Chitin deacetylases: new, versatile tools in biotechnology. Trends in Biotechnology, 18(7): 305-312.
- Van Leeuwen T, Demaeht P, Osborne EJ, Dermauw W, Gohlke S, Nauen R, Grbić M, Tirry L, Merzendorfer H and Clark RM (2012). Population bulk segregant mapping uncovers resistance mutations and the mode of action of a chitin synthesis inhibitor in arthropods. PNAS, 109(12): 4407-4412.
- Wang G, Maier SE, Lo LF, Maier G, Dosi S and Maier RJ (2010). Peptidoglycan deacetylation in *Helicobacter pylori* contributes to bacterial survival by mitigating host immune responses. Infec. Immun., 78(11): 4660-4666.
- Waterhouse A, Bertoni M, Bienert S, Studer G, Tauriello G, Gumienny R, Heer FT, de Beer TAP, Rempfer C, Bordoli L and Lepore R (2018). SWISS-MODEL: homology modelling of protein structures and complexes. Nucleic Acids Res., 46(W1): W296-W303.
- Wu JJ, Chen ZC, Wang YW, Fu KY, Guo WC and Li GQ (2019). Silencing chitin deacetylase 2 impairs larval-pupal and pupal-adult molts in *Leptinotarsa decemlineata*. Insect Mol. Biol., 28(1): 52-64.
- Xi Y, Pan PL, Ye YX, Yu B and Zhang CX (2014). Chitin deacetylase family genes in the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Hemiptera: Delphacidae). Insect Mol. Biol., 23(6): 695-705.
- Yang WJ, Xu KK, Yan X, Chen CX, Cao Y, Meng YL and Li C (2018). Functional characterization of chitin deacetylase 1 gene disrupting larval-pupal transition in the drugstore beetle using RNA interference. Comp. Biochem. Phys., 219: 10-16.

Yu R, Liu W, Li D, Zhao X, Ding G, Zhang M, Ma E, Zhu K, Li S, Moussian B. and Zhang J (2016). Helicoidal organization of chitin in the cuticle of the migratory locust requires the function of the chitin deacetylase2 enzyme (LmCDA2). *J. Biol. Chem.*, 291(47): 24352-24363.

CAPÍTULO 14

ANÁLISE E MAPEAMENTO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DE NOVO HORIZONTE DO NORTE – MT DE 1986 A 2020

Data de aceite: 01/12/2023

William James Vendramini

Doutorando do Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS-

CPTL.

ORCID: 0000-0002-7738-2276

RESUMO: Este artigo consiste no estudo do uso e ocupação do solo de Novo Horizonte do Norte MT utilizando técnicas de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento para mapeamento nas modificações do uso e ocupação do solo ocorridas entre os anos de 1986 e 2020. O município de Novo Horizonte do Norte passa por perspectivas de aumento de área destinada a agricultura de larga escala, como resultado a tendência é que ocorra uma substituição de áreas destinadas a pastagens para a utilização de agricultura, dessa forma a delimitação para a pesquisa da área útil de uso do solo da área de estudo foi organizado por: pecuária, agricultura, mata e zona urbana. Conclui-se que o município apresenta mais de 68% de seu território foi desmatado, destinada a agropecuária, sendo que a maior parte do desmatamento ocorreu entre os anos de

1986 e 2000.

PALAVRAS-CHAVE: Ocupação do solo. Geoprocessamento. Diagnóstico ambiental.

ABSTRACT: This article consists of the study of land use and occupation in Novo Horizonte do Norte MT using Remote Sensing and Geoprocessing techniques for mapping changes in land use and occupation that occurred between 1986 and 2020. The municipality of Novo Horizonte do Norte goes through perspectives of increasing the area destined to large-scale agriculture, as a result the tendency is that there is a substitution of areas destined to pastures for the use of agriculture, thus the delimitation for the research of the useful area of land use of the area of study was organized by: livestock, agriculture, forest and urban area. It was concluded that the municipality has more than 68% of its territory deforested, destined for agriculture and livestock, and most of the deforestation occurred between the years 1986 and 2000.

KEYWORDS: Soil occupation. Geoprocessing. Environmental diagnosis.

INTRODUÇÃO

A cobertura vegetal é um elemento importante para o equilíbrio ambiental, uma vez que garante a proteção dos solos contra a erosão. Segundo estudo da EMBRAPA (2005), as plantas de cobertura dos solos têm por finalidade proteger o solo contra o impacto das gotas da chuva, assim diminuindo o risco de erosão e tornando o ambiente mais propício para que haja ciclagem dos nutrientes. Ainda impedem a perda de nutrientes e contribuem para a manutenção e/ou melhoria dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo.

Ao tratarmos sobre o uso do solo, podemos entender como sendo a forma pela qual o espaço geográfico está sendo tomado pelo ser humano e as atividades que estão sendo desenvolvidas por eles. “A forma de uso e ocupação do solo pela atividade agrícola é um exemplo de geração de passivos ambientais” (Maia et al., 2015).

As formas de uso do solo e práticas de utilização do território tem grande impacto sobre os ecossistemas e os recursos naturais incluindo a água, solo e a própria sociedade que está presente no espaço geográfico. Toda e qualquer atividade humana causa um impacto no ambiente, que pode ser negativo ou positivo. Os impactos negativos são extremamente conhecidos pela população, sendo exemplos, poluição, destruição de habitat, redução do número de indivíduos de espécies silvestres e extinção de espécies. Atividades como pecuária, habitação, agricultura e os transportes utilizam os solos e modificam as suas configurações, funções e o seu estado natural.

Conforme dados obtidos no portal Mato Grosso (2017) a sustentação econômica do Município de Novo Horizonte do Norte está na agricultura, entre as culturas destaca-se o café, arroz, feijão, milho e algodão. Tem se também o extrativismo vegetal, das quais destaca-se o mogno, cerejeira, angelim, itaúba, cedro, champagne e jatobá. A pecuária também tem destaque.

Com a implantação e expansão da agricultura na região, levando ainda em consideração que o Município de Novo Horizonte do Norte é constituída basicamente de agricultura familiar de subsistência, com pequenos sitiamentos distribuídos em comunidades rurais, algumas inclusive beneficiárias de reforma agrária, faz-se necessário um estudo da utilização do solo, objetivando evitar uma possível migração desses sitiamentos para a cidade, ou ainda para outras regiões, o que impactaria diretamente no número de pessoas “redução da população do município”, renda per capita por habitante, alunos em escolas, bem como os fatores ambientais que podem ser diretamente impactados com tal expansão da agricultura.

A agricultura de grande escala é importante para o desenvolvimento da região, no entanto, é importante que seja analisado à forma que se dá o crescimento das áreas que estão sendo plantadas, se está sendo observado as legislações ambientais, se as pessoas envolvidas no processo de expansão da agricultura estão conscientes da importância da manutenção da agricultura familiar, se os representantes da sociedade estão preparando o

município para instalações de empresas do ramo agrícola, tais como revenda de máquinas, insumos e prestação de serviços.

Uma das formas de analisar essas ocorrências de mudanças no uso e ocupação do solo é através da observação de dados obtidos pela utilização da técnica de sensoriamento remoto, podendo esses dados - ser em tempo real (ou o mais recente possível) e/ou comparado com imagens de tempos anteriores, podendo ser dias, semanas, meses, anos ou até mesmo décadas, o que é classificado como análise temporal de estudo.

Seguindo este contexto, teremos como apoio o Sensoriamento Remoto que pode ser definido quanto a técnica de alcance de informações e dados a respeito de objetos a distância, ou seja, não sendo necessário estar em contato direto com eles. Alguns desses objetos de interesse, genericamente denominados por alvos, são geralmente construções, tipos de vegetação, curso e corpos d'água, solos, relevo e outros. Conforme Moraes (2002, p. 07),

O Sensoriamento Remoto pode ser entendido como um conjunto de atividades que permite a obtenção de informações dos objetos que compõem a superfície terrestre sem a necessidade de contato direto com eles. Estas atividades envolvem a detecção, aquisição e análise (interpretação e extração de informações) da energia eletromagnética emitida ou refletida pelos objetos terrestres e registradas por sensores remotos. A energia eletromagnética utilizada na obtenção dos dados por sensoriamento remoto é também denominada de radiação eletromagnética.

Observar o território de um local, neste caso do município de Novo Horizonte do Norte / Estado de Mato Grosso, nos remete a algumas indagações, tais como, à 12 proporção que é ocupada por zona urbana, ou ainda a porção que está destinada a agricultura, pecuária, mata, entre outros. Sabemos ainda que este Município pertence ao Bioma da Amazônia. As respostas para tais indagações podem servir de norteador para políticas públicas de expansão em diversas áreas, ou ainda para políticas públicas de reflorestamento de áreas degradadas, principalmente aquelas próximas aos rios, riachos, córregos que percorrem o Município.

Muitos problemas ambientais têm origem pelo tipo de utilização que está sendo empregada ao solo, podendo provocar alterações no clima, poluição das águas, do ar, dos solos e até perda de biodiversidade. Isso reforça a necessidade da valorização das discussões sobre a preservação e manutenção das áreas de preservação natural, bem como o reflorestamento de áreas que apresentam alto índice de degradação, com baixo índice de produção.

Desta forma o objetivo geral desta pesquisa foi analisar através do processamento de imagens de satélite e pesquisa literária, como está distribuído o uso e ocupação do solo no Município de Novo Horizonte do Norte – MT. Realizar análise temporal relacionados ao uso e ocupação do solo transcorridas nos anos de 1986 a 2020. Elaborar mapas e tabelas que demonstrem como se encontra o uso e ocupação do solo, para que o leitor tenha

facilidade e um melhor entendimento sobre os resultados obtidos no decorrer deste estudo. Encaminhar ao órgão competente da esfera Municipal, os resultados obtidos com esta pesquisa, com o propósito de que através deste possam ser adotadas políticas públicas, para a melhor utilização do uso e ocupação do solo, melhorias no processo de utilização e expansão de área urbana e rural, visando um melhor acompanhamento dos recursos naturais disponíveis a sociedade que se encontra presente no município de estudo.

CAMINHOS METODOLÓGICOS

A metodologia foi agrupada em dois conjuntos de mapeamento, o primeiro se concentra no mapeamento do município com a análise do uso e ocupação do solo atualmente e o segundo em uma análise temporal compreendida entre os anos de 1986 e 2020, ambos resultaram na proposição de medidas para um melhor planejamento da expansão agrícola/pecuária mantendo a conservação do meio ambiente bem como a elaboração de mapas o que permite identificar os maiores pontos de risco ambiental.

Para levantamento de medida territorial, porcentagens empregadas na atividade agropecuária, área de mata preservada e ocupação urbana (ocupação do solo) e processamento dos dados foi utilizado a pesquisa bibliográfica e geoprocessamento de imagens e dados. O geoprocessamento consiste em utilização de imagens nesse caso de satélites onde foi utilizado os Satélites Landsat 5 TM e o Sentinel 2. O método de confecção dos mapas seguiu critérios técnicos e analíticos conforme normas da cartografia nacional como o decreto 89.817 de 1984. O software utilizado foi o QGIS 3.14 e as bases vetoriais e shapefiles extraídas do site do IBGE com os anos de referências de 1986, 2017, 2018, 2019 e 2020.

Os mapas utilizaram a projeção cilíndrica equidistante, sob o Datum SIRGAS 2000 Datum WGS 84. Para a elaboração do mapa temático de uso e ocupação do solo, utilizou-se da Classificação Supervisionada, que segundo Moreira (2003), afirma que a utilização de algoritmos cujo reconhecimento dos padrões espectrais na imagem se faz com base na amostra de área de treinamento, e que a categorização (rotulação) dos níveis de cinza é feita utilizando algoritmos estatísticos (programas computacionais) de reconhecimento dos padrões espectrais.

Pesquisas complementares foram efetuadas no decorrer do estudo nos órgãos da EMPAER – (Empresa Mato Grossense de extensão Rural), INDEA – (Instituto de Defesa Agropecuária do Estado de Mato Grosso) e SEMA – (Secretaria de Estado do Meio Ambiente), sendo esses órgão com grande quantidade de informações referentes ao quantitativo de área utilizada no município para diversos setores econômicos, ou ainda empresas que trabalham direto com a elaboração de projetos de preservação ambiental e/ou projetos de incentivo aos pequenos produtores rurais do Município.

Utilizamos as pesquisas bibliográfica, documental e estudo de caso. Segundo

Zanella et al. (2009), pode-se observar os seguintes tipos de pesquisa: Pesquisa bibliográfica: realizada com uso de fontes bibliográficas, permitindo ao pesquisador uma cobertura mais ampla de determinada temática, sendo desenvolvida a partir de material já elaborado, como livros e artigos científicos; Pesquisa documental: semelhante à pesquisa bibliográfica, entretanto, a natureza das fontes é constituída de materiais que ainda não receberam um tratamento analítico ou que podem ser reelaborados de acordo com os objetivos da pesquisa; Estudo de caso: estudo profundo que permite um amplo e detalhado conhecimento acerca dos objetivos propostos. É considerado como o delineamento mais adequado para a investigação de um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto real.

RESULTADOS E DISCUSSÕES: CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Distrito criado com a denominação de Novo Horizonte, pela lei estadual nº 3718, de 31-05-1976, subordinado ao município de Porto dos Gaúchos. Em divisão territorial datada de 1-1-1979, o distrito de Novo Horizonte figura no município de Porto Gaúcho. Elevado à categoria de município com a denominação de Novo Horizonte do Norte, pela lei estadual nº 5.013, de 13-05-1986, desmembrado do município de Porto dos Gaúchos (IBGE CIDADES, 2020).

Os habitantes se chamam novo-horizontinos. O município se estende por 920,048 km², conta com 3.749 habitantes no censo IBGE 2010 e 4.051 habitantes estimada para 2020 conforme informação disponibilizada também pelo IBGE (2020). A densidade demográfica é de 4,26 habitantes por km² no território do município. Vizinho dos municípios de Porto dos Gaúchos e Juara, Novo Horizonte do Norte se situa a 25 km a Sul-Leste de Juara a maior cidade nos arredores.

Situado a 272 metros de altitude, de Novo Horizonte do Norte tem as seguintes coordenadas geográficas: Latitude: 11° 24' 38" Sul, Longitude: 57° 21' 33" Oeste (CIDADE BRASIL, 2021), distante 595 km da Capital Cuiabá, como pode ser notado na figura 01. No município realizamos o mapeamento da área com uso de imagens de satélite, onde, os resultados obtidos através de processamento de dados, utilizando imagens dos satélites Landsat 5 TM e Sentinel – 2, softwares de processamento software QGIS 3.14, estão demonstrados em mapas temáticos coloridos, o que facilita a leitura e entendimento dos dados demonstrados, bem como apresenta de forma dinâmica e atual como está o uso e ocupação do solo no município.

Mapa de localização de Novo Horizonte do Norte - MT

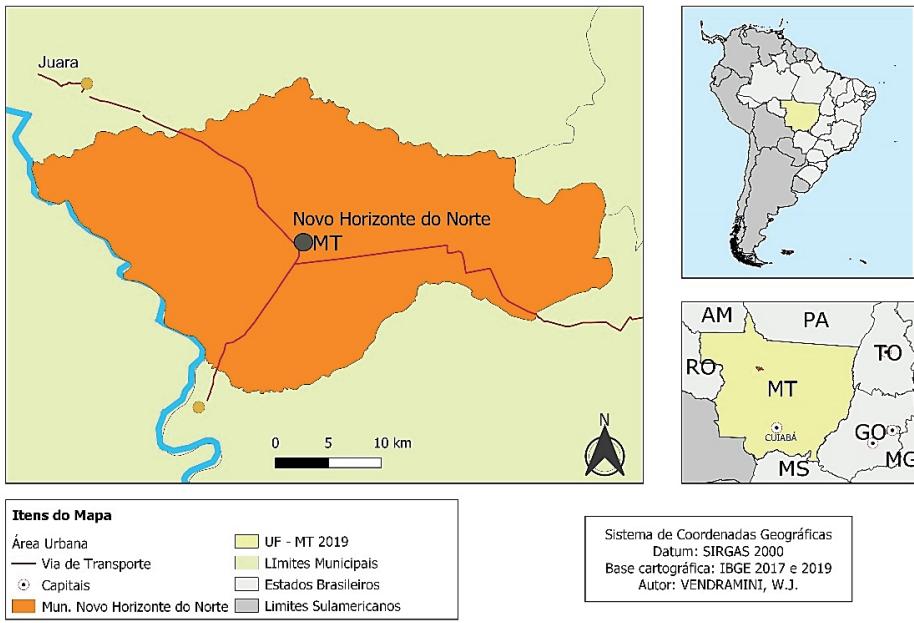


Figura 01: Mapa de localização da área de estudo

Elaboração: Willian James Vendramini (2020).

O município segundo IBGE (2020) o município apresenta,

7.5% de domicílios com esgotamento sanitário adequado, 51.9% de domicílios urbanos em vias públicas com arborização e 2.9% de domicílios urbanos em vias públicas com urbanização adequada (presença de bueiro, calçada, pavimentação e meio-fio).

Já em relação ao clima é equatorial quente e úmido, com períodos de seca que vai de junho a agosto, já a temperatura média anual de 24° C, sendo maior máxima de 40° C, e menor mínima de 4° C. (PORTAL DE MATO GROSSO, 2017).

O seu principal curso de água no município é o Rio Arinos, que de acordo com (EPE, 2020) o rio Arinos está localizado integralmente no estado do Mato Grosso, sua bacia possui cerca de 59.000 km² de área e abrange 14 municípios. O rio Arinos nasce na Serra Azul e percorre cerca de 760 km até desaguar no rio Juruena, sendo o rio dos Peixes o principal afluente. Na figura 02 temos a imagem do rio Arinos fazendo a divisa de Municípios entre Novo Horizonte do Norte e Juara.

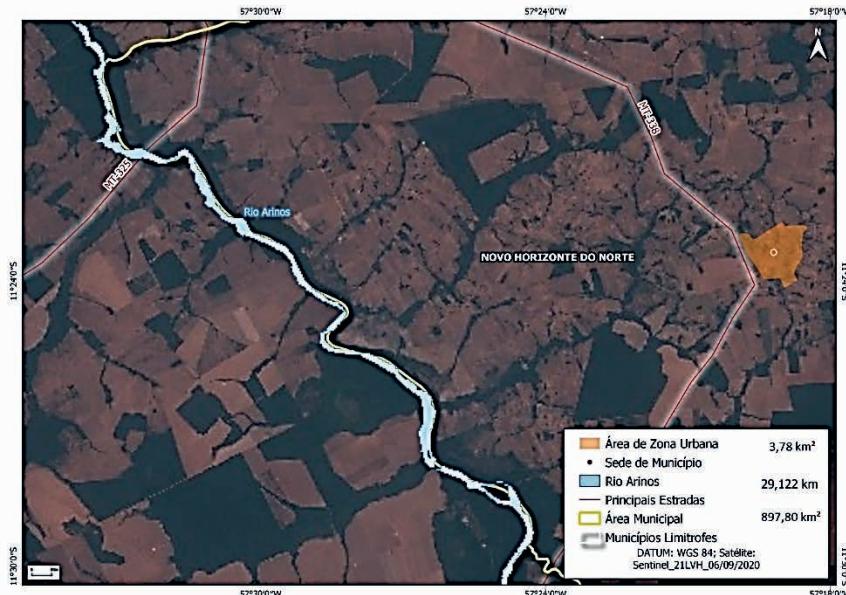


Figura 02: Divisão Municipal – Rio Arinos

Elaboração: Rodrigues e Rodrigues, (2021).

Observa-se que o rio Arinos percorre por 29 km a delimitação entre os municípios de Novo Horizonte do Norte e Juara, percebe-se também que em suas margens a grande presença de desmatamento e consequentemente a retirada a mata ciliar conforme observado na figura 02.

Mata ciliar são florestas, ou outros tipos de cobertura vegetal nativa, que ficam às margens de rios, igarapés, lagos, olhos d’água e represas. O nome “mata ciliar” vem do fato de serem tão importantes para a proteção de rios e lagos como são os cílios para nossos olhos, (WWF-Brasil, 2020).

Obtendo como parâmetro a construção da ponte de concreto que está ocorrendo sobre o Rio Arinos na divisa dos municípios de Porto dos Gaúchos e Juara o rio possui mais de 200 metros de largura conforme informativo da (SINFRA-MT, 2020) a ponte terá uma extensão de 240 metros, logo, conforme Lei 12.651 de 25 de maio de 2012 em seu Capítulo II, Art. 4º, inciso I, letra d, deve-se preservar 200 (duzentos) metros de mata ciliar, para os cursos d’água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura.

Na região do Vale do Arinos, onde está localizado o município de Novo Horizonte do Norte, objeto de nossa pesquisa, está ocorrendo o avanço da agricultura, com abertura de novas áreas, construção de silos e armazéns, em contrapartida ocorre a diminuição de área de pastagem, possíveis problemas de erosão do solo, migração da população da zona rural para a zona urbana ou ainda para outros municípios.

Uso e ocupação do solo no Município de Novo Horizonte do Norte/MT.

O termo “uso e ocupação do solo” pode ser definido como o “fator que determina como as mais diferentes regiões de um município deve se desenvolver” (Fontoura, 2013). Cabe ao Legislativo e Executivo Municipal a inserção de leis municipais que determinam e caracterizam da melhor forma possível o uso e ocupação do solo, logo objetivando ser um norteador e uma referência para os gestores locais no que tange o processo de tomada de decisão para que as cidades cresçam de um jeito organizado, logicamente analisando os potenciais e capacidades de cada região, buscando um crescimento mais igualitários e mais homogêneo.

Em Novo Horizonte do Norte foi aprovada a Lei 905 de 10 de agosto de 2011 que dispõe sobre o Fundo Municipal do Meio Ambiente, que entre outros assuntos visa o uso racional e sustentável de recursos naturais e a proteção, recuperação, conservação e melhoria na qualidade ambiental.

Ainda segundo Takeda (2013, p. 21),

O uso e ocupação do solo tem por principais finalidades: a) Organizar o território potencializando as aptidões, as compatibilidades, as contiguidades, as complementariedades, de atividades urbanas e rurais; b) Controlar a densidade populacional e a ocupação do solo pelas construções; c) Otimizar os deslocamentos e melhorar a mobilidade urbana e rural; d) Evitar as incompatibilidades entre funções urbanas e rurais; e) Eliminar possibilidades de desastres ambientais; f) Preservar o meio-ambiente e a qualidade de vida rural e urbana.

Com as imagens obtidas da área de interesse de estudo foi realizada o estudo de caso, separando em porcentagem a quantidade de cada área. Conforme o CREA-MT, 2006, uma cidade ter lei de uso e ocupação do solo significa dizer que ela possui uma forma de controlar a utilização do espaço e definir as atividades permitidas nela, devendo ocorrer sob intervenção do Município ou do Estado, que legalmente buscam o desenvolvimento integrado com a proteção ambiental.

Novo Horizonte do Norte é o menor município do Vale do Arinos, sua população sendo formada por pessoas simples, na maioria sitiantes que trabalham com pecuária de corte e leite, sendo que a pecuária de corte é impulsionada por Juara – município vizinho – possuir um frigorífico de grande escala do JBS, e a pecuária de leite está diretamente ligada a um ponto de apoio que a Cooperativa Agropecuária Mista Terranova LTDA - instalou no município a aproximadamente dois anos.

Em conversa informal com moradores que estão no município desde sua colonização, que se deu por volta dos anos 1970 percebemos que o desmatamento desordenado do município ocorreu nos anos 1980 e 1990, principalmente no final dos anos 1990 quando uma grande área improdutiva foi destinada a reforma agrária, contemplando mais de 200 famílias, essa área conforme relatos era toda de vegetação nativa e foi desmatada para dar

lugar a plantações e a atividade de pecuárias.

A figura 03, destaca o Município de Novo Horizonte do Norte delimitado com imagem de satélite, onde é possível observar parcialmente o uso e ocupação do solo no momento.

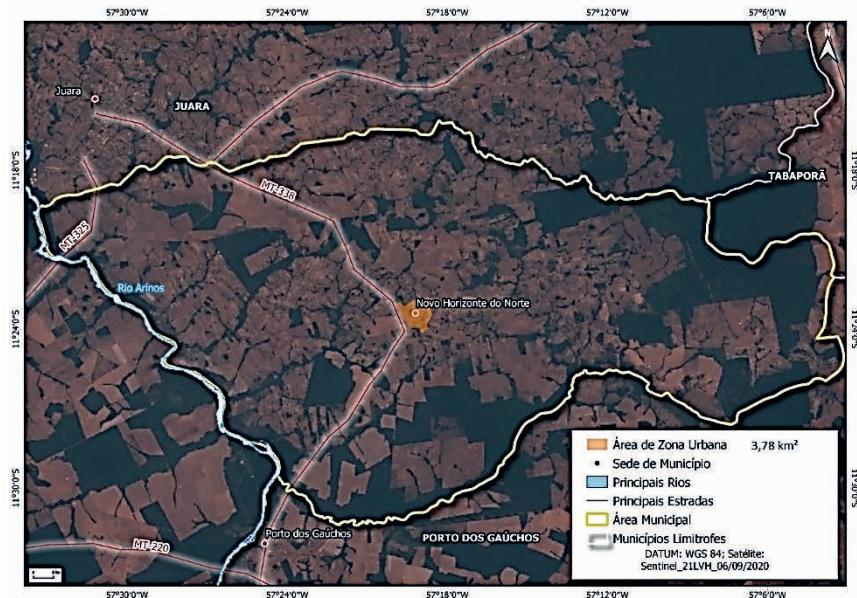


Figura 03: O município e seus confrontantes.

Elaboração: Rodrigues e Rodrigues (2021).

Na figura 03 observa-se em imagens obtidas pelo satélite Sentinel-2 o município de caracterização do estudo e seus municípios limítrofes, bem como o principal Rio, sendo o Rio Arinos, a principal rodovia sendo a MT 338 e a zona urbana do Município. Na próxima figura temos por cor o uso e ocupação do solo.

Esta classificação permite buscar conhecimento de toda forma de utilização ou não utilização por parte do homem, bem como a caracterização de tipos de classes de vegetação natural que reveste o solo, como também suas respectivas localizações. De forma geral, a expressão “uso da terra ou uso do solo” pode ser entendida como sendo a forma pela qual o espaço está sendo ocupado pelo homem (ROSA, 2007).

Na figura 04, podemos observar o uso e ocupação do município estudado no ano de 1986, imagem do Satélite Landsat 5 TM com data de 30/12/1986, portanto no mesmo ano em que a área de estudo passou a categoria de Município.

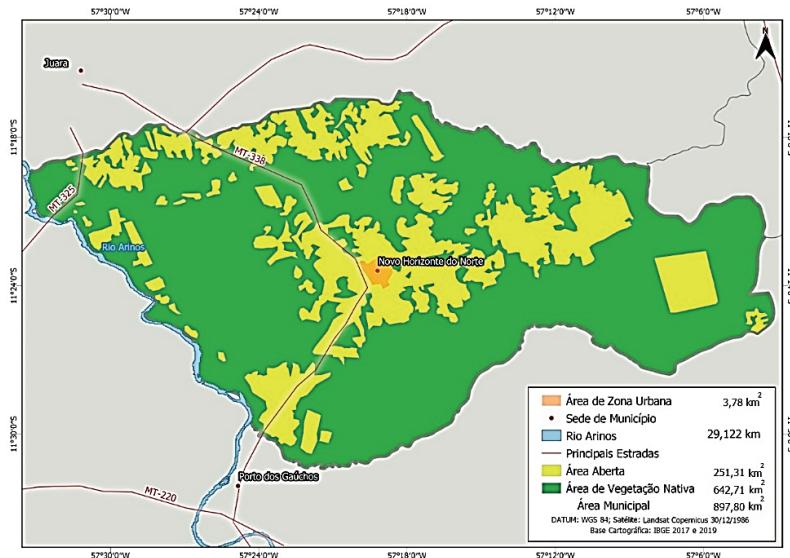


Figura 04: Mapa de uso e ocupação do solo no ano de 1986.

Elaboração: Rodrigues e Rodrigues (2021).

A evolução do uso e ocupação do solo pode ser observada nas figuras 05, 06 e 07 que apresentam respectivamente a situação temporal de Novo Horizonte do Norte nos anos de 2000, 2010 e 2020, com intensa taxa de mudanças de área nativa sendo substituído por área de pastagens e agricultura.

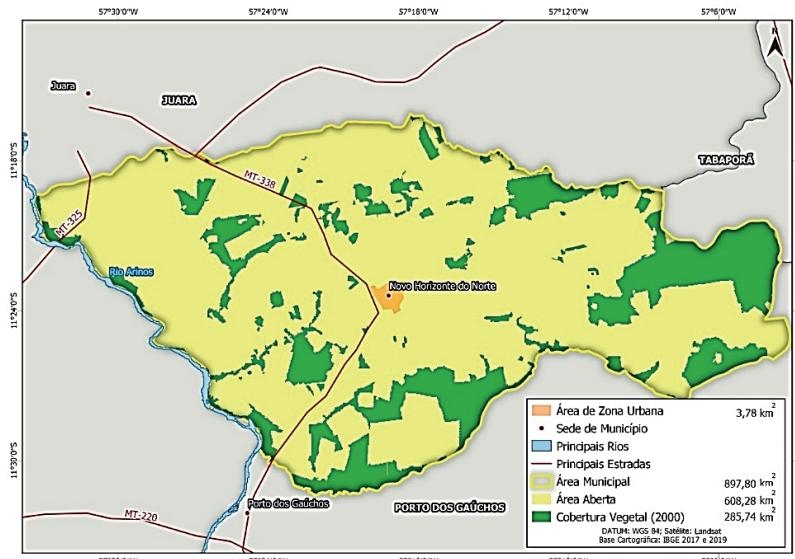


Figura 05: Mapa de uso e ocupação do solo no ano de 2000.

Elaboração: Rodrigues e Rodrigues, (2021).

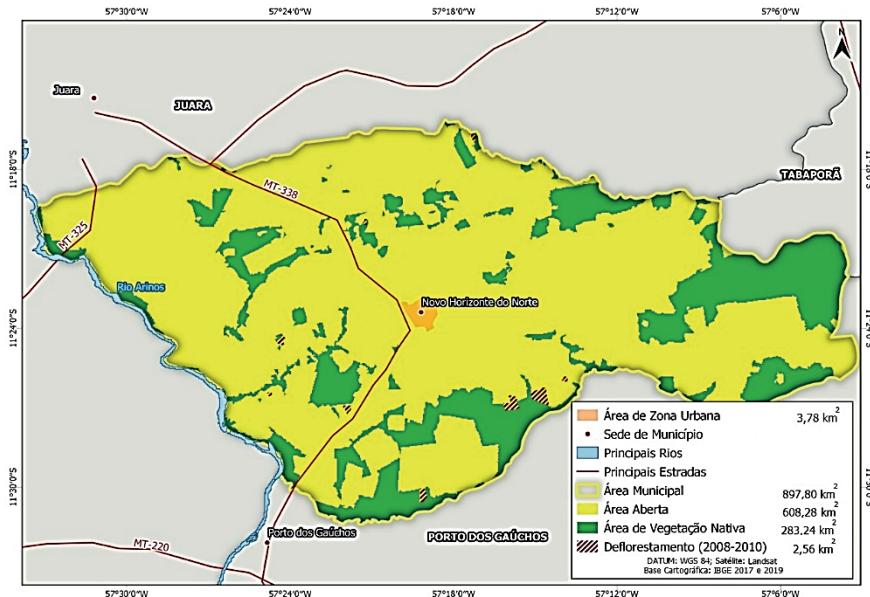


Figura 06: Mapa de uso e ocupação do solo no ano de 2010.

Elaboração: Rodrigues e Rodrigues, (2021).

A classificação da figura 07 ocorreu através de informações obtidas do satélite Sentinel da rota 21 LVH com imagem datada de 06 de setembro 2020, tendo como referência as mesmas imagens utilizadas para a emissão do CAR (Cadastro Ambiental Rural) que foi Criado pela Lei N° 12.651/2012, no âmbito do Sistema Nacional de Informação sobre Meio Ambiente - SINIMA, e regulamentado pela Instrução Normativa MMA nº 2 de 5 de maio de 2014 (MAPA, 2021), as imagens foram processadas através do Programa QGIS 3.14.

O processo para classificação das imagens foi iniciado com a coleta de amostras das imagens, sendo que dividimos em 04 vertentes de estudo (1) Mata – Vegetação Nativa, (2) Área de cultivo agrícola, (3) Área de pecuária extensiva e (4) Área Urbana, ressaltamos que na área aberta fizemos a classificação em área de pecuária e área de agricultura.

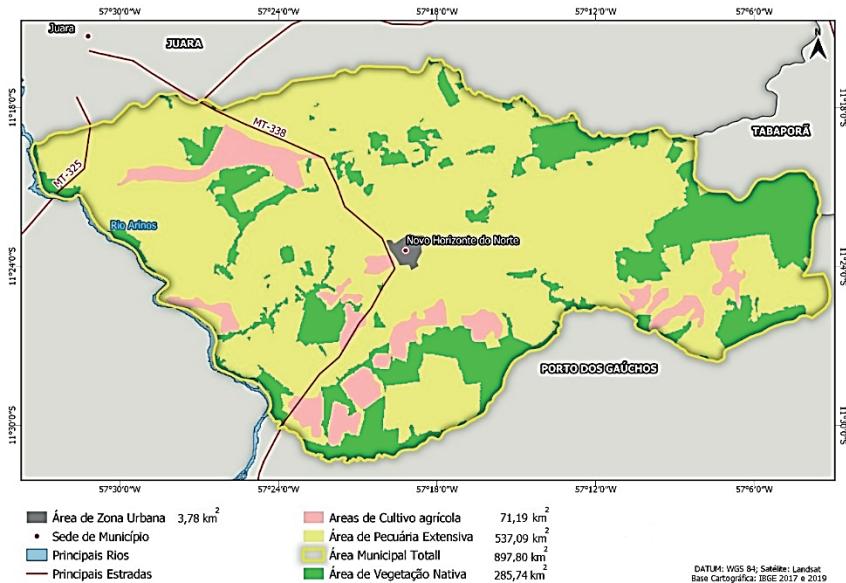


Figura 07: Mapa de uso e ocupação por atividade (pecuária e agricultura) ano de 2020.

Elaboração: Rodrigues e Rodrigues, (2021).

Com a coloração inserida na imagem de satélite fica ainda mais evidente o total de área aberta - retirada da vegetação nativa - representada pela cor amarela presente no município de estudo, demonstrando que a vegetação natural – representada pela cor verde - que havia foi retirada para utilização do solo.

Quanto a vegetação nativa observa-se um valor de 285,74 km², dando ainda maior clareza e confirmando o que é dito pelos moradores mais antigos sobre a derrubada desordenada que houve da vegetação nativa que foi substituída no primeiro momento por plantio de café, feijão, outras atividades de agricultura familiar e mais tarde foi sendo mais intenso a substituição da agricultura pela pecuária.

CATEGORIAS	AREA OCUPADA 1986		AREA OCUPADA 2000		AREA OCUPADA 2010		AREA OCUPADA 2020	
	Km ²	%						
Zona Urbana	3,78	0,42	3,78	0,42	3,78	0,42	3,78	0,42
Área com pecuária	251,31	27,99	563,68	62,78	598,14	66,62	537,09	59,82
Área com cultivo agrícola	0	0	44,6	4,97	12,14	1,35	73,19	8,15
Vegetação Nativa	642,71	71,59	285,74	31,83	283,74	31,60	283,74	31,60
TOTAL	897,8	100	897,8	100	897,8	100	897,8	100

Tabela 01: Área ocupada pelas categorias de uso e ocupação de solo no município de Novo Horizonte do Norte em 1986, 2000, 2010 e 2020.

Elaboração: Rodrigues e Rodrigues, 2021.

Com os resultados obtidos foi possível observar que o Município de Novo Horizonte do Norte teve grande retirada de vegetação nativa entre os anos de 1986 e 2000, onde a proporção de área aberta passou de 27,99% para 67,75% um aumento de aproximadamente 142%, entre 2000 e 2010 houve um pequeno crescimento passando de 608,28 km² para 610,28 km² que é a área que consta atualmente.

Nos anos de 1986 a 2010 não foi efetuado o levantamento de área utilizada com pastagem ou agricultura, uma vez que conforme pesquisa até os anos de 2015 não havia agricultura de grande escala implantada no Município, dessa forma nestes anos foi considerado como área de pecuária.

Observamos que o município de Novo Horizonte do Norte possui 68,17% de sua área total com uso e ocupação do solo sem vegetação nativa, ou seja, nessas áreas a vegetação nativa deu espaço a zona urbana bem como as atividades de agricultura e pecuária que movem a economia local dos pequenos sitiantes, sobretudo a pecuária de corte e leite.

A agricultura está em franca expansão conforme podemos observar no relatório sobre produção de grãos por Município da SEDEC/MT-2020, tal relatório traz uma visão do ano de 2000 até 2020, sendo que é possível observar que até 2010 o município não contava com área destinada a produção de soja e no ano de 2015 já apresentava cerca de 4.089 ha (hectares) destinado a esse tipo de agricultura e em 2020 alcançou a casa dos 6.000 ha, crescimento aproximado de 50% em um período de 5 anos, levando em consideração esse estudo no ano safra 2020-2021 teremos cerca de 7.100 ha destinado a agricultura de larga escala soja – milho.

O relatório da SEDEC/MT apresenta ainda o total de toneladas colhidas, sendo que Novo Horizonte colheu 19.800 toneladas, o que perfaz um total de 55 sacas de soja por hectare no ano de 2020, índice menor do que o apresentado na produção estadual que bateu 57,97 sacas por hectare no mesmo período.

Quanto a pecuária o município apresenta 53.709,4799 ha destinado a criação de bovinocultura de corte e leite, conforme informação apresentada pelo INDEA/MT o município possuía no ano de 2020 um rebanho de 98.457 animais o que perfaz um total de 1,83 animais por hectare, tal índice é melhor do que o índice nacional que em estudo realizado em 2017 pelo IBGE (2017) que apontava média nacional de 1,15 animais por hectare.

Quanto a questão ambiental o Município está em desconformidade do proposto na Lei 12.651 de 25 de maio de 2012, na Seção I, Artigo 12, Inciso I, letra a que trata sobre as áreas localizadas na Amazônia legal devem respeitar 80% de Reserva legal, neste quesito Novo Horizonte do Norte está no caminho contrário, possuindo apenas 31,60% da área municipal com vegetação nativa, ficando muito abaixo do percentual proposto. Em relação a ocupação do Estado de Mato Grosso também a grande disparidade, conforme estudo da (EMBRAPA, 2017) Mato Grosso possui 64,8% da área territorial com Vegetação

nativa, 24,5% destinado a pecuária, 10,4% destinado a agricultura e 0,3% ocupado com infraestrutura, cidades.

Portanto, ocorreu no Município de Estudo grande quantidade de desmatamento até o momento, o que nos faz pensar nas consequências que em escala local poderá acontecer em decorrência deste desmatamento, e conforme estudo realizado pela (WWF-BRASIL), “é impossível fazer uma lista abrangente de tudo que se perde com o desmatamento, mas alguns dos principais impactos são os seguintes, perda da Biodiversidade, degradação do habitat, perda do ciclo hidrológico e impactos sociais”.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A conclusão desta pesquisa teve uma perspectiva negativa na parte ambiental, pois percebe-se que ocorreu grande retirada de vegetação nativa e grande concentração de área de pastagem e agricultura, de modo que deixa aberto um estudo futuro mais aprofundado quanto a recuperação destas áreas, bem como mantendo ou até mesmo aumentando a renda das pessoas que estão inseridas na zona rural do município.

Entender os impactos desse processo, fornecem subsídio para atuação de políticas públicas que minimizem a degradação do meio ambiente, apoiem a manutenção de pequenos produtores na zona rural e contribua para a melhor utilização territorial do município, para tal, podemos contar com o auxílio das Geotecnologia, tendo como matéria de conhecimento de estudo a Geografia, que tem a característica de estudar e avaliar a paisagem, podendo propor um planejamento para sua melhor utilização.

Otimizar o uso do território é necessário para ajudar a resolver conflitos de uso do solo e seus danos ecológicos e sociais. Essa otimização pode ser alcançada por meio de estratégias de planejamento com base em pesquisa e plano de ações consistentes em melhorar a condição estrutural dos ocupantes dessas áreas, bem como melhorar a condição ambiental, propondo reflorestamento de áreas que estão degradadas e sem níveis de produção adequados, transferindo suas produções para áreas com melhores índices, melhorando o solo já aberto e reflorestando, aquele que não possui aptidão a agricultura ou que se encontram em locais de grande impacto ambiental, como é o caso de nascentes, rios ou riachos.

Observando o contexto acima, bem como os resultados obtidos com essa pesquisa, os órgãos públicos municipais competentes poderão propor políticas públicas de incentivo aos pequenos produtores rurais, bem como meios de melhor utilizar o espaço disponível de suas áreas, aqui podemos citar o sistema mandala muito utilizado no Nordeste, a rotação de culturas, o consorcio agricultura/pecuária, ou ainda através de plantio de árvores nativas ou frutíferas – podendo ser diversas variedades no mesmo espaço - sendo que no último caso servem também como renda extra ao proprietário da área, e consequentemente melhora a forma de utilização no uso e ocupação do solo.

REFERÊNCIAS

BRASIL. **Lei Federal nº 12651 de 25 de maio de 2012:** Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 1º de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 1º de setembro de 1965, e 7.754, de 1º de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-7, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Brasília, 2012.

BRASIL. **Lei Federal nº 4771 de 15 de setembro de 1965:** Institui o Novo Código Florestal. Brasília, 1965.

BRASIL. **Constituição (1988).** Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Centro Gráfico, 1988.

CAPRA, F. **A teia da vida.** São Paulo: Editora Cultrix, Edição Brasileira 1996.

CHRISTOFOLETTI, A. **Análise de Sistemas em Geografia.** São Paulo: Editora Hucitec, Editora da Universidade de São Paulo, 1979.

CHUVIECO, E. **Fundamentos de teledetección espacial.** Madrid: Ediciones Rialp, 1990, 453p.

CIDADE BRASIL, 2021, **Município de Novo Horizonte do Norte,** disponível em: <https://www.cidade-brasil.com.br/municipio-novo-horizonte-do-norte.html>. Acessado em 10 de março de 2021.

CREA – MT, **Lei de Uso e ocupação do solo: você sabe o que é e para que serve?** disponível em: <https://www.crea-mt.org.br/portal/lei-de-uso-e-ocupacao-do-solo-voce-sabe-o-que-e-e-para-que-serve/>, acesso em 06 de abril de 2021.

EMBRAPA (2005), Manejo das plantas e cobertura dos solos, Disponível em <https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Uva/MesaNorteMinas/manejo.htm>. Acesso em 10 de março de 2021.

EMBRAPA (2017), Síntese Ocupação e Uso das Terras no Brasil, Disponível em <https://www.embrapa.br/car/sintese>. Acesso em 10 de março de 2021.

EPE (2020), Empresa de Pesquisa Energética, **estudo sobre instalação da Usina Hidrelétrica Castanheira,** disponível em: <http://www.uhecastanheira.com.br/>, acessado em 30 de março de 2021.

FONTOURA, L. N. J. **Planejamento urbano-ambiental: o uso e ocupação do solo no Distrito Federal.** Revista Especialize On-Line IPOG. 5ª Edição nº 005 v.01/2013. Goiânia-GO, 2013.

IBGE (2018) – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – **Monitoramento da Cobertura e Uso da Terra do Brasil 2016 a 2018,** disponível em <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=2101703>. Acessado em 14 de junho de 2020.

IBGE (2020) – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, disponível em <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mt/novo-horizonte-do-norte/panorama>, acessado em 14 de junho de 2020.

IBGE (2017) – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, disponível em <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mt/novo-horizonte-do-norte/historico>, acessado em 14 de junho de 2020.

LIMBERGER, L. **Abordagem sistêmica e complexidade na geografia**, 2006, disponível em <http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/geografia/article/view/6590/5978>, acessado em 15 de junho de 2020.

LOCH, R. E. N. **Cartografia: representação, comunicação e visualização de dados espaciais**. Florianópolis: Ed. Da UFSC, 2006.

MACEDO, S. S. **Quadro do Paisagismo no Brasil**. São Paulo, 1999, 144 p.

MAIA, S. A. et al. **Os impactos da agricultura urbana na qualidade da água na nascente do Igarapé do Mindu - comunidade Nova Esperança (Manaus - AM)**. Boletim Amazônico de Geografia (ISSN: 2358-7040 - online), Belém, v. 02, n. 04, p. 01-09. jul./dez. 2015.

MAPA (2021), **O que é o Cadastro Ambiental rural (CAR)** disponível em: <https://www.florestal.gov.br/cadastro-ambiental-rural>, acessado em 10 de março de 2021.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, **Resoluções**, disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>, acessado em 03/05/2021.

MORAES, E. C. **Fundamentos de Sensoriamento Remoto**. 2002. Disponível em: <http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/sergio/2005/06.14.12.18/doc/>. Acessado em: 14/06/2020.

MORALES, N. F. B. **Teledetección Espacial: Landsat, Sentinel-2, Aster L1T y MODIS**. 1^a. ed. Peru, 2017.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. Ed. UFV. 2^a ed. Viçosa, MG, 2003.

MOTA, S. **Planejamento Urbano e Preservação Ambiental**. Fortaleza, Edições UFC, 1981.

MÜLLER, A.S. **Aplicabilidade de medidas não estruturais no controle de cheias urbanas: estudo de caso Bacia Hidrográfica do Rio Cachoeira – Joinville – SP**. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental. São Paulo: 2011. 235 p.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. São Paulo: Edgard Blucher, 1989. 3.a ed. 308 p.

PORTAL MATO GROSSO, **Economia de Novo Horizonte do Norte**, 2017 disponível em: <https://portalamatogrosso.com.br/economia-de-novo-horizonte-do-norte/>. Acesso em 10 de março de 2021.

ROSA, R. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**, 5^º ed., Uberlândia. Ed. Universidade Federal de Minas Gerais, 2003.

ROSA, Roberto. **Introdução ao sensoriamento remoto**. Uberlândia: Ed. UFU, 2007. 248 p.

SEDEC-MT, **Produção de grãos por município**, disponível em: <http://www.sedec.mt.gov.br-/14352337-producao-de-graos-por-municipio>, acessado em 02 de abril de 2021.

SINFRA-MT, **Ponte de concreto sobre rio Arinos IV avança rápido; obra vai melhorar logística na MT-220**, disponível em: <http://www.sinfra.mt.gov.br-/15803008-ponte-de-concreto-sobre-rio-arinos-iv-avanca-rapido-obra-vai-melhorar-logistica-na-mt-220>, acessado em 02 de abril de 2020.

SKORUPA. L.A. **Áreas de preservação permanente e desenvolvimento sustentável**. Embrapa Meio Ambiente. Jaguariúna-SP, 2004. 4p.

SOUZA, et al. **Mapeamento do uso e ocupação do solo da Bacia do Rio Descoberto – DF utilizando imagens de satélite CBERS-2** - Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal – RN. 2009. Disponível em <http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.18.01.16/doc>: Acesso em 14 de junho de 2020.

TAKEDA, T. O. **Uso e ocupação do solo urbano**. Disponível em http://www.jurisway.org.br/v2/dhall.asp?id_dh=12363. Acesso em 04 de abril de 2021.

WWF-BRASIL, **Desmatamento**, disponível em: https://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/areas_prioritarias/amazonia1/ameacas_riscos_amazonia/desmatamento_na_amazonia/, acessado em 30 de março de 2021

WWF-BRASIL, **O que são as matas ciliares**, disponível em: https://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/questoes_ambientais/matas_ciliares/, acessado em 30 de março de 2021.

ZANELLA, L. C. H. **Técnicas de pesquisa**. Adaptação: Eleonora Falcão Vieira; Marialice de Moraes. Universidade Federal de Santa Catarina, Curso de Graduação em Ciências Contábeis, Florianópolis, 2009. 104 p.

DENIS MEDINA GUEDES - Engenheiro Agrícola e Ambiental formado pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), com mestrado em Engenharia Agrícola na área de mecanização agrícola pela mesma instituição. Possui experiência no desenvolvimento de equipamentos agrícolas, como secadores, fornalhas e transportadores, tendo atuado no mercado de trabalho como supervisor de projetos em uma indústria de Máquinas e equipamentos agrícolas. Também atuou como professor substituto na UFV Campus de Florestal e como professor efetivo e coordenador do curso de Tecnologia em Gestão Ambiental no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Mato Grosso campus Sorriso. Atualmente é professor efetivo na UFV campus Florestal, onde já coordenou os cursos de Agronomia e Técnico em Agropecuária. Atua principalmente nas áreas de topografia e geoprocessamento, agricultura de precisão e secagem e armazenagem de produtos agrícolas.

LEONARDO FRANÇA DA SILVA - Engenheiro Agrônomo pela Universidade Federal De Minas. Mestre em Agronomia pela Mestre em Agronomia pela Universidade Estadual Paulista -UNESP. Especialista em Engenharia de segurança do trabalho e de produção. Atualmente, é pesquisador de Doutorado em Engenharia Agrícola (Construções Rurais e Ambiência) pela Universidade Federal de Viçosa e membro colaborador do Núcleo de Pesquisa em. Possui experiência nas áreas de Engenharia agrícola, com ênfase em Engenharia de Construções Rurais, Desenvolvimento rural, Sustentabilidade em sistemas de produção (Agrícola / Animal), Segurança do trabalho e Ergonomia.

VICTOR CRESPO DE OLIVEIRA - Engenheiro Agrícola pela Universidade Federal de Lavras. Mestre em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa. É atualmente pesquisador de doutorado em Engenharia Agrícola na Universidade Estadual Paulista (UNESP). Possui experiência internacional no desenvolvimento de projetos científicos e atua diretamente no desenvolvimento de pesquisas na área de Construções Rurais e Ambiência.

A

- Aedes aegypti* 39, 40, 41, 48, 49, 50, 51, 52
Agricultura familiar 99, 100, 101, 102, 106, 107, 108, 127, 143, 181, 191
Agro ecológico 110
Alimentação 1, 2, 3, 6, 7, 97, 98, 99, 101, 102, 103, 106, 107
Alimentos 1, 2, 3, 6, 35, 36, 37, 67, 68, 70, 75, 97, 99, 101, 102, 103, 106, 107, 108, 137, 148
Ancestral 110, 124, 126, 127, 137
Antagonistas 140
Anthocyanins 22, 36, 37
Antioxidant capacity 22

B

- Balanço hídrico climatológico 8, 76, 78, 79, 84, 89
Biocontrole 39, 40, 41, 42, 43, 44, 47, 149, 150, 151, 155
Biológicos 3, 92, 141, 149, 156, 181
Bombyx mori 171, 172, 173, 174, 175

C

- Cafeicultura 160, 161, 162, 163, 169
Catalisadores 92
Células somáticas 67, 70, 72
Circuitos alternativos de comercialización 110
Colletotrichum 139, 140, 141, 144, 145, 147, 148, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 157, 158

D

- Deficit hídrico 76
Diagnóstico ambiental 180
DTA's 2

E

- Enzimas exógenas 92

F

- Fatores antinutricionais 92
Fungicidas 44, 139, 140, 141, 145, 146, 147, 148, 149, 158

G

- Geografia 53, 54, 180, 193, 194, 195
Geografia Física 54
Geoprocessamento 53, 61, 64, 180, 183, 197
Geotecnologia 53, 193
Gestão hídrica 159, 160, 166, 167

H

- Hidrolases 92

I

- Insect 44, 45, 48, 51, 52, 171, 172, 173, 174, 176, 177, 178
Inseticidas botânicos 40, 45, 47

M

- Maracujá 140, 141, 142, 143, 144, 152, 153, 154, 155, 156, 157
Mashua negra 21, 22, 23, 24, 35, 37
Microencapsulation 22, 36, 37, 38
Mudanças climáticas 8, 162, 166

N

- Nutrição animal 92, 97

O

- Ocupação do solo 180, 181, 182, 183, 184, 187, 188, 189, 190, 192, 193, 194, 196
Orgânica 110, 127, 138

P

- Polyphagous 171, 172
Precipitação mensal 8
Precipitação pluviométrica 8, 16, 76, 78, 83, 86, 87
Processamento digital de imagens 53, 55, 58
Programa de aquisição de alimentos 99, 101, 103, 107, 108
Programa nacional de alimentação escolar 99, 101, 107

R

- Rabdomiólise 1, 2, 3, 5, 6

S

- Saúde pública 41, 67, 69, 73, 75
Seguridad 110, 112, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122
Semi orgánica 110
Sistema de informações geográficas 53
Sustentabilidade agrícola 160

T

- Three-dimensional 171, 173, 175, 176, 178
Total phenols 22, 38

V

- Vetor 39, 40, 41, 42, 44, 45, 46, 47

W

- Whitefly 171, 172, 173, 177



AVANCES CIENTÍFICOS Y TECNOLÓGICOS EN CIENCIAS AGRÍCOLAS 3

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

@atenaeditora 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 



AVANCES CIENTÍFICOS Y TECNOLÓGICOS EN CIENCIAS AGRÍCOLAS 3

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

@atenaeditora 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 