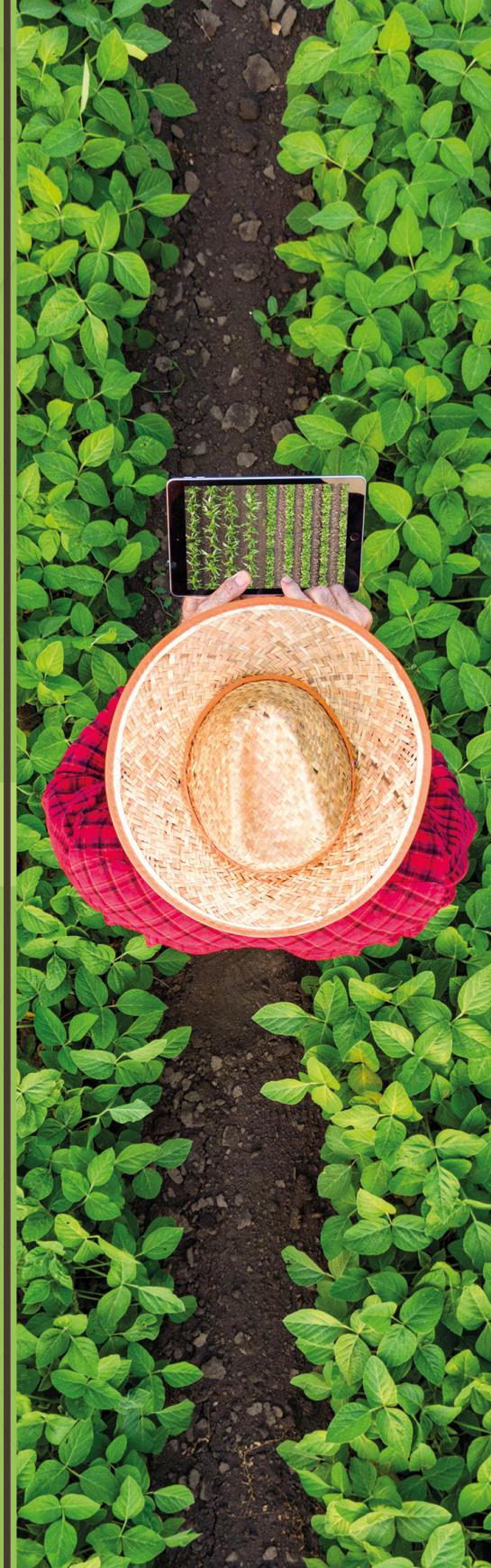


Perspectivas futuras para as Ciências Agrárias

DESAFIOS E INOVAÇÕES

Leonardo França da Silva
Jéssica Mansur Siqueira Furtado Crusoé
Roldão Carlos Andrade Lima
(Organizadores)



Perspectivas futuras para as Ciências Agrárias

DESAFIOS E INOVAÇÕES

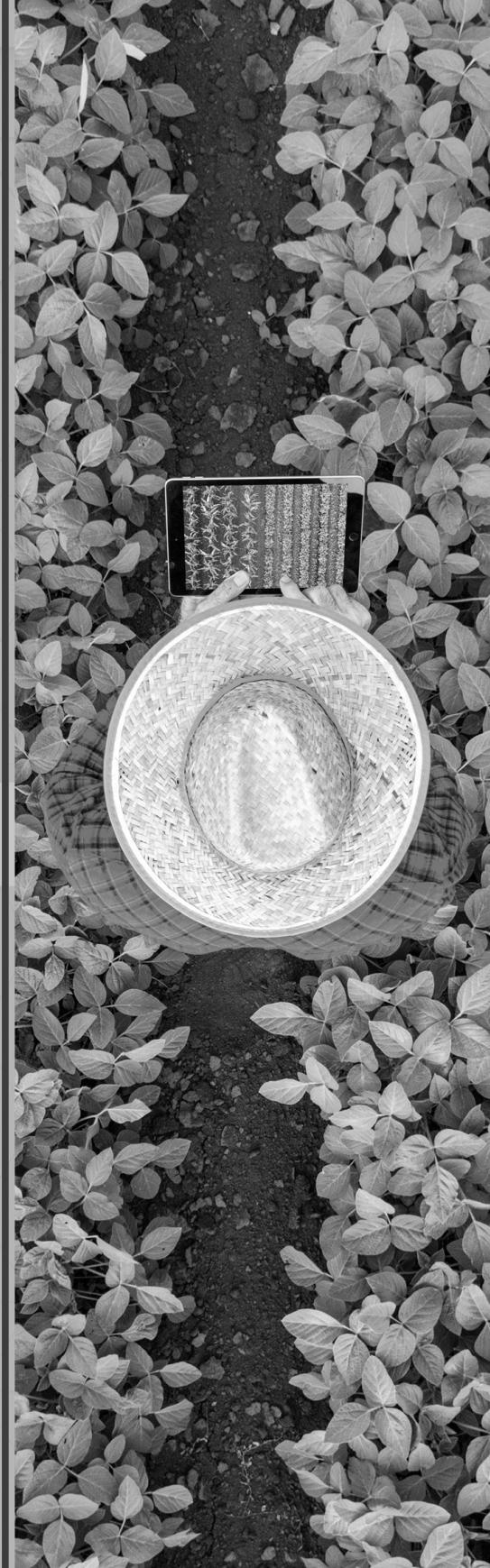
Leonardo França da Silva

Jéssica Mansur Siqueira Furtado Crusoé

Roldão Carlos Andrade Lima

(Organizadores)

 **Atena**
Editora
Ano 2025



Editora chefe	
Prof ^a Dr ^a Antonella Carvalho de Oliveira	
Editora executiva	
Natalia Oliveira	
Assistente editorial	
Flávia Barão	
Bibliotecária	
Janaina Ramos	
Projeto gráfico	2025 by Atena Editora
Ellen Andressa Kubisty	Copyright © Atena Editora
Luiza Alves Batista	Copyright do texto © 2025 O autor
Nataly Evilin Gayde	Copyright da edição © 2025 Atena
Thamires Camili Gayde	Editora
Imagens da capa	Direitos para esta edição cedidos à
iStock	Atena Editora pelo autor.
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 da obra e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva do autor, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos ao autor, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Os manuscritos nacionais foram previamente submetidos à avaliação cega por pares, realizada pelos membros do Conselho Editorial desta editora, enquanto os manuscritos internacionais foram avaliados por pares externos. Ambos foram aprovados para publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

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

Conselho Editorial

Ciências Agrárias

- Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof^a Dr^a Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Prof^a Dr^a Ariadna Faria Vieira – Universidade Estadual do Piauí
Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará
Prof^a Dr^a Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Cleberon Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^a Dr^a 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
Prof^a Dr^a Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Prof^a Dr^a Jessica Mansur Siqueira Crusoé – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof^a Dr^a Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Prof^a Dr^a 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
Prof^a Dr^a 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

Perspectivas futuras para as ciências agrárias: desafios e inovações

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Maiara Ferreira
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizadores: Leonardo França da Silva
Jéssica Mansur Siqueira Furtado Crusoé
Roldão Carlos Andrade Lima

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)	
P467	Perspectivas futuras para as ciências agrárias: desafios e inovações / Organizadores Leonardo França da Silva, Jéssica Mansur Siqueira Furtado Crusoé, Roldão Carlos Andrade Lima. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2025.
Formato:	PDF
Requisitos de sistema:	Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso:	World Wide Web
Inclui bibliografia	
ISBN	978-65-258-3156-5
DOI:	https://doi.org/10.22533/at.ed.649252401
1.	Ciências agrárias. I. Silva, Leonardo França da (Organizador). II. Crusoé, Jéssica Mansur Siqueira Furtado (Organizadora). III. Lima, Roldão Carlos Andrade (Organizador). IV. Título.
	CDD 630
Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166	

DECLARAÇÃO DO AUTOR

Para fins desta declaração, o termo 'autor' será utilizado de forma neutra, sem distinção de gênero ou número, salvo indicação em contrário. Da mesma forma, o termo 'obra' refere-se a qualquer versão ou formato da criação literária, incluindo, mas não se limitando a artigos, e-books, conteúdos on-line, acesso aberto, impressos e/ou comercializados, independentemente do número de títulos ou volumes. O autor desta obra: 1. Atesta não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação à obra publicada; 2. Declara que participou ativamente da elaboração da obra, 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 da obra para submissão; 3. Certifica que a obra publicada está completamente isenta de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirma a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhece ter informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autoriza a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da 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 da obra publicada, 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. A editora pode disponibilizar a obra em seu site ou aplicativo, e o autor também pode fazê-lo por seus próprios meios. Este direito se aplica apenas nos casos em que a obra não estiver sendo comercializada por meio de livrarias, distribuidores ou plataformas parceiras. Quando a obra for comercializada, o repasse dos direitos autorais ao autor será de 30% do valor da capa de cada exemplar vendido; 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. Em conformidade com a Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD), a editora não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como quaisquer outros dados dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

A coleção *Perspectivas Futuras para as Ciências Agrárias: Desafios e Inovações* surge como um marco no campo das ciências agrárias, consolidando discussões científicas que aliam pesquisa de ponta e temas contemporâneos. Composta por 8 capítulos, esta obra se dedica a explorar questões ambientais de relevância global, enfatizando a sustentabilidade e a responsabilidade humana na busca por estratégias abrangentes de desenvolvimento ambiental.

Este volume reúne um conjunto diversificado de estudos categorizados e interdisciplinares. Os textos incluem pesquisas originais, revisões literárias, relatos de casos e análises aplicadas, oferecendo uma visão panorâmica sobre o meio ambiente, sustentabilidade e áreas correlatas das ciências agrárias.

Vivemos uma era marcada por avanços tecnológicos acelerados e desafios ambientais urgentes. Nesse cenário, as ciências agrárias desempenham um papel central na busca por soluções sustentáveis. A integração entre inovação e agricultura torna-se essencial, moldando o futuro da produção de alimentos e do manejo responsável dos recursos naturais.

Historicamente, a agricultura tem se adaptado às mudanças, mas o ritmo atual de transformações é inédito. A combinação de biotecnologia, inteligência artificial, ciência de dados e nanotecnologia está promovendo uma revolução nos sistemas produtivos, trazendo novas perspectivas para o setor.

Este eBook reflete a prática fundamentada na teoria, com contribuições de professores, acadêmicos e pesquisadores que compartilham seus conhecimentos de forma clara e didática. A publicação é fruto de um esforço conjunto, promovido pela *Atena Editora*, que se posiciona como um espaço consolidado para a disseminação do saber científico.

Através deste trabalho, os autores buscam oferecer subsídios técnicos e científicos que reforçam a importância da sustentabilidade como uma aliada estratégica para o crescimento e o progresso. Além disso, a editora reafirma seu compromisso com a qualidade, incentivando pesquisadores de todo o mundo a apresentarem seus resultados em formatos diversificados, como livros, capítulos ou artigos científicos.

Convidamos o leitor a imergir neste rico panorama das ciências agrárias e descobrir como a união entre ciência e prática pode pavimentar um caminho sustentável para as gerações futuras.

Boa leitura!

Aproveite a leitura!

Leonardo França da Silva
Jéssica Mansur Siqueira Furtado Crusoé
Roldão Carlos Andrade Lima

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
TRATAMENTO DE SEMENTES DE SOJA EM RESPOSTA AO USO DE SILÍCIO	
Wellington Ferrari da Silva	
Pedro Otávio de Melo Marra	
Rafaela Camila Bontempo	
Letícia Mariane Pimenta de Lima	
Cecília Isabel da Silva Cruzeiro	
doi https://doi.org/10.22533/at.ed.6492524011	
CAPÍTULO 2	10
HIGIENIZAÇÃO EM ABATEDOUROS: REVISÃO DE LITERATURA SOBRE PRÁTICAS E IMPORTÂNCIA PARA A SEGURANÇA ALIMENTAR	
Kleber Graucio de Faria	
Odinéa Alves Ferraz Souza Rodrigues	
Willy Kelvin dos Anjos Candeira	
Jessica Stefane Costa	
Diogo Gomes Serra	
Marcelo de Abreu Falcão	
Larissa Jaynne Sameneses de Oliveira Mendonça	
David Hans da Silva Araujo	
Carla Janaina Rebouças Marques do Rosário	
Amanda Mara Teles	
doi https://doi.org/10.22533/at.ed.6492524012	
CAPÍTULO 3	21
AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO INICIAL DE MUDAS DE BACABA (<i>Oenocarpus bacaba</i> Mart.) EM DIFERENTES SUBSTRATOS	
Auriane dos Reis Pimentel	
Cristiano de Souza Matos	
David Mayke da Silva Pimentel	
Edinete Marques Moreira	
Jefter Batista Cardoso	
Joelma Lourenço Pereira Mendes	
Jonathan Correa Vieira	
Ozilene Maria Cativo Guimarães	
Willian Talhati	
Michelly Rios Arévalo	
Celeste Queiroz Rossi	
Dayse Drielly Souza Santana Vieira	
doi https://doi.org/10.22533/at.ed.6492524013	
CAPÍTULO 4	37
MICROBIAL CONSORCIA: A FEASIBLE ECOLOGICAL TECHNOLOGY FOR SUSTAINABLE AGRICULTURE	
Rafael Luiz Frinhani Rocha	
Fábio Lopes Olivares	
doi https://doi.org/10.22533/at.ed.6492524014	

SUMÁRIO

CAPÍTULO 5	57
UTILIZAÇÃO DE FARINHA DE BERINJELA (<i>Solanum melongena</i> , L.) PARA A FORMULAÇÃO DE PÃO	
Ana Carolina Pereira Kupper	
José Raniere Mazile Vidal Bezerra	
Ariádine Reder Custódio de Souza	
Maurício Rigo	
doi https://doi.org/10.22533/at.ed.6492524015	
CAPÍTULO 6	71
TÉCNICAS DE IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO VIRAL	
Adriana Moraes da Silva	
Ana Maria de Souza Almeida	
Maria Luiza Ribeiro Silva	
Wilia Marta Elsner Diederichsen de Brito	
doi https://doi.org/10.22533/at.ed.6492524016	
CAPÍTULO 7	87
AVALIAÇÃO DA VARIABILIDADE GENÉTICA EM UMA POPULAÇÃO DE <i>Oenocarpus bacaba</i> Mart EM JURUTI-PA	
Eulina Brito Marinho	
Ingrid Souza de Andrade	
Rebeca Laís Cancio dos Santos	
Marcia da Silva Pereira	
Frances Marques Moreira	
Jonathan Correa Vieira	
Michelly Rios Arévalo	
Celeste Queiroz Rossi	
Lucas Aragão da Hora Almeida	
Dayse Drielly Souza Santana Vieira	
doi https://doi.org/10.22533/at.ed.6492524017	
CAPÍTULO 8	103
PRÁTICAS DE CAMPO NO CURSO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E DO AMBIENTE EM REGIÃO DE TRÍPLICE FRONTEIRA AMAZÔNICA	
Andrea Rozendo Abelaez	
Patrício Freitas de Andrade	
doi https://doi.org/10.22533/at.ed.6492524018	
SOBRE OS ORGANIZADORES	115
ÍNDICE REMISSIVO	116

CAPÍTULO 1

TRATAMENTO DE SEMENTES DE SOJA EM RESPOSTA AO USO DE SILÍCIO

Data de submissão: 12/12/2024

Data de aceite: 02/01/2025

Wellington Ferrari da Silva

Engenheiro Agrônomo - Doutor em Ciências e Técnicas Nucleares – Centro Universitário de Patos de Minas – UNIPAM

<http://lattes.cnpq.br/4158472376850000>
<https://orcid.org/0000-0002-3722-8223>

Pedro Otávio de Melo Marra

Graduando Agronomia - Centro Universitário de Patos de Minas - UNIPAM

Rafaela Camila Bontempo

Graduanda Agronomia - Centro Universitário de Patos de Minas – UNIPAM

<http://lattes.cnpq.br/1347097547237292>

Leticia Mariane Pimenta de Lima

Engenheira Agrônoma - Centro Universitário de Patos de Minas - UNIPAM
<http://lattes.cnpq.br/0577736272371155>

Cecília Isabel da Silva Cruzeiro

Graduanda Agronomia - Centro Universitário de Patos de Minas - UNIPAM

RESUMO: Os elevados patamares produtivos alcançados no cultivo da soja se devem aos avanços em manejo e tecnologia aplicados durante todo o

desenvolvimento da cultura. Nesse cenário, o uso de silício em plantas de soja tem ganhado destaque nas últimas décadas, devido às suas propriedades benéficas para o desenvolvimento das plantas e resistência a estresses abióticos. Portanto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o uso de doses de silício no tratamento de sementes de soja, quantificando a germinação, vigor, plantas normais e anormais, sementes duras, sementes mortas, parte aérea e sistema radicular. O experimento foi instalado e conduzido em agosto de 2024 no Laboratório Núcleo de Pesquisa e Análises de Sementes, situado no Campus I do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM), no município de Patos de Minas – MG. Foram selecionadas 250 sementes por tratamento e posteriormente foram pesadas para que o peso fosse aferido. Em seguida as sementes foram tratadas com o produto Sifol Power® conforme as doses: (T1-0); (T2- 100); (T3- 200); (T4- 300) e (T5- 400), mL 100Kg⁻¹ de semente. Para a montagem das parcelas, foram utilizadas 50 sementes por folha de papel germitest. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado (DIC), com cinco tratamentos e cinco repetições cada. Foram avaliados a germinação, sementes não

germinadas, sementes normais e anormais, sementes duras e mortas e comprimento da parte aérea e raiz. Os resultados obtidos foram então submetidos à análise de variância (ANAVA) e ao teste Tukey a 5%. Dentre as variáveis analisadas, o número de sementes germinadas, não germinadas, normais, anormais, duras e mortas não apresentaram diferença estatística entre os tratamentos. Contudo, para as variáveis comprimento de raiz e comprimento de parte aérea, os tratamentos diferiram entre si, sendo que o tratamento ausente de aplicações apresentou as maiores médias. O uso do silicato pode não ter expressado todo o seu potencial devido à aplicação via tratamento de sementes (TS), isso se justifica em razão de a maioria das aplicações com silício serem feitas via foliar, quando as plantas já apresentam tamanho e estrutura para a metabolização do silício. Conclui-se, portanto, que o uso de doses de silício no tratamento de sementes não influenciou os parâmetros avaliados. Apesar de ter sido significativo para comprimento de raiz e parte aérea.

PALAVRAS-CHAVE: *Glycine max*, proteção, micronutriente

TREATMENT OF SOYBEAN SEEDS IN RESPONSE TO THE USE OF SILICON

ABSTRACT: The high production levels achieved in soybean cultivation are due to advances in management and technology applied throughout the development of the crop. In this scenario, the use of silicon in soybean plants has gained prominence in recent decades, due to its beneficial properties for plant development and resistance to abiotic stresses. Therefore, the present work aimed to evaluate the use of silicon doses in the treatment of soybean seeds, quantifying germination, vigor, normal and abnormal plants, hard seeds, dead seeds, aerial part and root system. The experiment was installed and conducted in August 2024 at the Seed Research and Analysis Center Laboratory, located on Campus I of the Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM), in the municipality of Patos de Minas – MG. 250 seeds were selected per treatment and were subsequently weighed so that the weight could be measured. Then the seeds were treated with the product Sifol Power according to the doses: (T1-0); (T2- 100); (T3- 200); (T4- 300) and (T5- 400), mL 100Kg⁻¹ of seed. To assemble the plots, 50 seeds were used per sheet of germitest paper. The experimental design used was completely randomized (DIC), with five treatments and five replications each. Germination, non-germinated seeds, normal and abnormal seeds, hard and dead seeds and length of the shoot and root were evaluated. The results obtained were then subjected to analysis of variance (ANAVA) and the Tukey test at 5%. Among the variables analyzed, the number of germinated, non-germinated, normal, abnormal, hard and dead seeds showed no statistical difference between treatments. However, for the variables root length and shoot length, the treatments differed from each other, with the treatment without applications presenting the highest averages. The use of silicate may not have expressed its full potential due to application via seed treatment (TS), this is justified because most applications with silicon are made via foliar, when the plants already have the size and structure for silicon metabolism. It is concluded, therefore, that the use of silicon doses in seed treatment did not influence the parameters evaluated. Although it was significant for root and shoot length.

KEYWORDS: *Glycine max*, protection, micronutrient

INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) teve sua origem na Ásia e graças ao avanço tecnológico na área de melhoramento, essa espécie passou a ser cultivada em diversos países (SILVA; SILVA, 2023). No Brasil, a produção de soja na safra 2023/24 cresceu em 12,5% o que representa um aumento próximo a 18,4 milhões de toneladas comparado à safra passada. Além disso, estima-se que a área cultivada nessa safra foi de 47,36 milhões de hectares, correspondendo a um aumento de área em torno de 2,6% (CONAB, 2024).

Com o objetivo de obter lavouras com elevado desempenho agronômico um dos quesitos que podem ser destacados é o uso de sementes de alta qualidade fisiológica e sanitária (REZENDE, 2022). A qualidade fisiológica está ligada a capacidade que as sementes têm de desempenhar suas funções vitais, caracterizada pela longevidade, germinação e vigor (COSTA et al., 2019). O vigor, por sua vez, é um atributo quantitativo e é influenciado por vários fatores relacionados ao desempenho geral das sementes, abrangendo a velocidade e a consistência da germinação das sementes, o crescimento das plântulas, a emergência em condições ambientais adversas e o desempenho após o armazenamento (JOVICIC et al., 2024).

Nesse cenário, os elevados patamares produtivos alcançados no cultivo da soja se devem aos avanços em manejo e tecnologia aplicados durante todo o desenvolvimento da cultura. Por isso, o uso de silício em plantas de soja tem ganhado destaque nas últimas décadas, devido às suas propriedades benéficas para o desenvolvimento das plantas e resistência a estresses abióticos. O silício, embora não seja considerado um nutriente essencial, desempenha um papel significativo na fisiologia das plantas, melhorando a estrutura celular, promovendo a resistência a doenças e aumentando a tolerância a condições adversas, como seca e salinidade (GONG et al., 2005; RODRIGUES et al., 2016).

Estudos demonstram que a aplicação de silício pode resultar em melhorias significativas no crescimento e na produtividade da soja, além de aumentar a eficiência no uso de água (ZHANG et al., 2012). As interações do silício com outros nutrientes e sua capacidade de induzir mecanismos de defesa nas plantas foram investigadas, revelando que ele pode atuar como um regulador bioquímico que modula respostas fisiológicas (MA; TAKAHASHI, 2002). Assim, o tratamento de sementes com silício se apresenta como uma estratégia promissora para otimizar o cultivo da soja, especialmente em condições de estresse ambiental.

Portanto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o uso de doses de silício no tratamento de sementes de soja, quantificando a germinação, plantas normais e anormais, sementes duras, sementes mortas, crescimento da parte aérea e sistema radicular.

METODOLOGIA

O experimento foi conduzido no Laboratório Núcleo de Pesquisa e Análises de Sementes no campus I, do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM) em agosto de 2024, situado no município de Patos de Minas – MG. Foram utilizadas sementes da cultivar de soja NS 7790 IPRO.

Foram separadas 250 sementes por tratamento e posteriormente foram pesadas para que o peso fosse aferido. Em seguida as sementes foram tratadas com o uso do produto Sifol Power®, conforme os tratamentos descritos na Tabela 1.

Tratamentos	Dose ml 100 kg ⁻¹ de sementes
T ₁	0
T ₂	100
T ₃	200*
T ₄	300
T ₅	400

*DR – Dose recomendada do produto

Tabela 1. Tratamentos referentes ao experimento intitulado “Tratamento de sementes de soja em resposta ao uso de silício”, Patos de Minas 2024.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado (DIC), com cinco tratamentos e cinco repetições cada. Foram avaliados a germinação, sementes não germinadas, sementes normais e anormais, sementes duras e mortas e avaliado o comprimento das raízes e da parte aérea.

O teste de germinação foi realizado de acordo com as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). As bancadas utilizadas para a realização do teste foram esterilizadas com álcool a 70%. Posteriormente, as sementes foram semeadas entre três folhas de papel germitest umedecidas anteriormente com água destilada, utilizando-se a quantidade de 2,5 vezes a massa de todos os papéis secos, aferida em balança de precisão. Após a disposição das sementes sobre duas folhas, utilizou-se uma folha de papel germitest também umedecida para recobrimento das sementes. Em seguida, foram confeccionados rolos de papel germitest, devidamente identificados.

Os rolos de cada tratamento foram colocados juntos em sacos plásticos transparentes e amarrados; posteriormente, foram acondicionados em germinador regulado para manter a temperatura a 25°C. Foi realizada uma primeira contagem no quinto dia e uma última no sétimo dia após a instalação do teste, determinando-se a porcentagem de plântulas normais, sendo consideradas aquelas que apresentassem parte aérea e raízes bem desenvolvidas.

Após o teste de germinação, realizou-se a análise de crescimento de plântulas, determinando-se o comprimento (da raiz até a inserção dos cotilédones) das plântulas

normais de cada repetição, com o auxílio de uma régua graduada em centímetros, sendo os resultados expressos em centímetros por plântula.

As médias foram submetidas à análise de variância através do programa computacional SISVAR, e posteriormente submetidas ao teste de Tukey, a nível de 5% de significância (FERREIRA, 2014).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dentre as variáveis analisadas, o número de sementes germinadas, não germinadas, normais, anormais, duras e mortas não apresentaram diferença estatística entre os tratamentos (Figuras 1, 2, 3, 4, 5 e 6). Esse resultado pode ser explicado em razão de uma toxicidade do produto nas sementes, visto que o uso de silicatos em soja e demais espécies dessa família têm sido feito via foliar.

Para a germinação, os resultados são contrários aos observados por Matichenkov et al. (2005), que trabalhando com sementes de trigo verificaram incremento constante nos testes de germinação e na primeira contagem de germinação com o aumento das doses de silício via tratamento de sementes. Por outro lado, Toledo et al. (2011) em sementes de aveia branca e Santos et al. (2010) com sementes de brachiaria não encontraram diferença para a germinação das sementes usando doses de silício.

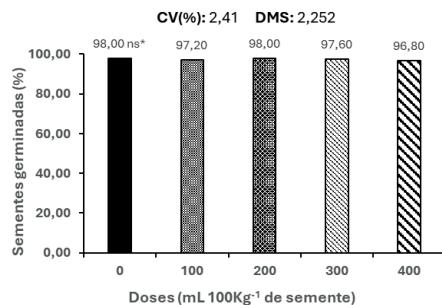


Figura 1: Porcentagens sementes germinadas no experimento intitulado “Tratamento de sementes de soja em resposta ao uso de silício”. Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). Patos de Minas, MG, 2024.

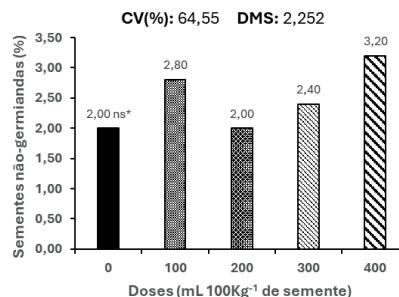


Figura 2: Porcentagens sementes não-germinadas no experimento intitulado “Tratamento de sementes de soja em resposta ao uso de silício”. Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). Patos de Minas, MG, 2024.

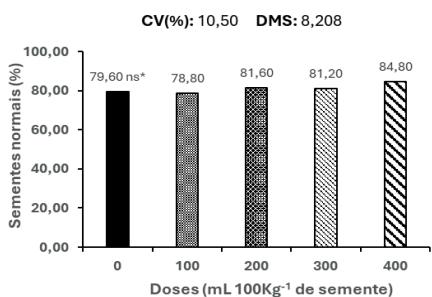


Figura 3: Porcentagens sementes normais no experimento intitulado “Tratamento de sementes de soja em resposta ao uso de silício”. Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). Patos de Minas, MG, 2024.

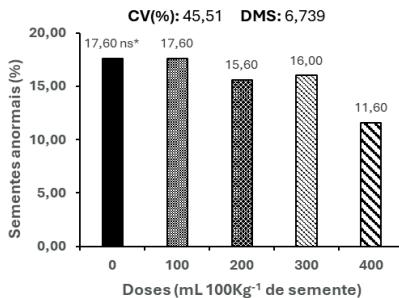


Figura 4: Porcentagens sementes anormais no experimento intitulado “Tratamento de sementes de soja em resposta ao uso de silício”. Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). Patos de Minas, MG, 2024.

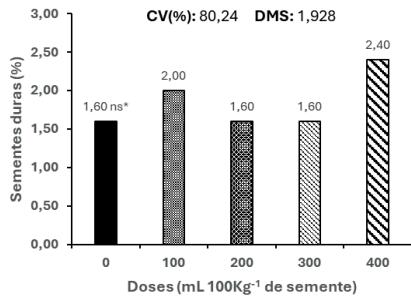


Figura 5: Porcentagens sementes duras no experimento intitulado “Tratamento de sementes de soja em resposta ao uso de silício”. Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). Patos de Minas, MG, 2024.

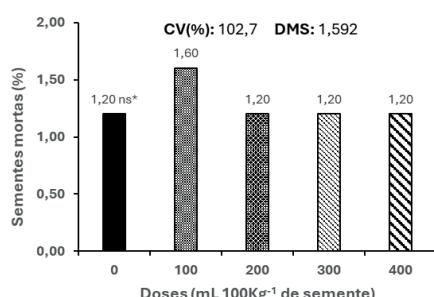


Figura 6: Número de sementes mortas no experimento intitulado “Tratamento de sementes de soja em resposta ao uso de silício”. Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). Patos de Minas, MG, 2024.

*NS = não significativo pelo Teste Tukey a 5%.

A aplicação de silício em leguminosas como soja e feijão, é feito em sua maioria via aplicação foliar, pois dessa forma tendem a responder melhor ao uso desse elemento (KORNDORFER et al., 2004). Isso pode justificar os resultados obtidos neste estudo e a possível toxidez causada no tratamento de sementes com o produto à base de silício.

As famílias das gramíneas tendem a responder melhor à aplicação de silício, porque são mais capazes de acumular esse metal em suas células e depositá-lo na camada cuticular, promovendo melhor arquitetura de plantas, resultando em folhas mais eretas e diminuindo o sombreamento o que acarreta mais eficiência fotossintética (KORNDORFER et al., 2004).

Contudo, para as variáveis comprimento de raiz e comprimento de parte aérea (Figuras 7 e 8), os tratamentos diferiram entre si no teste Tukey a 5% de probabilidade.

Para as variáveis de crescimento de raiz e parte aérea, foi observado que o tratamento ausente de aplicações apresentou melhores médias. Resultados contrários em estudo realizado por Souza et al., (2009) mostraram que a altura de planta foi influenciada pelos tratamentos, no entanto o crescimento de raiz não respondeu nem ao tratamento de sementes nem aplicação foliar.

Indo de encontro com o uso de silício em soja, mas contrário ao posicionamento, Moreira et al. (2010), observaram que, ao aplicar silicato em 3 estádios fenológicos, além de haver aumento da fitomassa seca de soja também houve incremento na área foliar da cultura, ocasionando melhor taxa fotossintética e maior rendimento de grãos ao fim do experimento. Isso sugere que a aplicação de silício é mais expressiva e eficiente quando feita via foliar do que via TS.

Alguns autores defendem que para avaliar os efeitos do uso de silício em soja, é viável utilizar técnicas que quantifiquem o balanço de carbono na cultura, que pode ser correlacionado a produtividade de grãos. Nesse sentido, o uso de análises fenométricas como a análise de crescimento se torna um dos métodos mais eficazes para quantificar se o uso de produtos silicatados são vantajosos, pois é possível mensurar a taxa fotossintética líquida, produção, comprimento e massa das plantas ao longo de intervalos de tempo (FAGAN, 2007).

Outros autores como Agarie (1998), salientam que o uso de silício é mais indicado em situações de estresses bióticos e abióticos, mas principalmente em situações de alta temperatura e baixa umidade do ar. Isso se deve em razão de o silício estar envolvido com a retenção foliar, manutenção fotossintética e distribuição de clorofila.

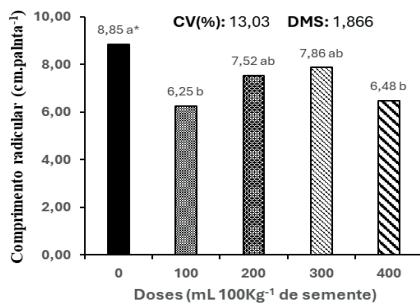


Figura 7: Comprimento radicular no experimento intitulado “Tratamento de sementes de soja em resposta ao uso de silício”. Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). Patos de Minas, MG, 2024.

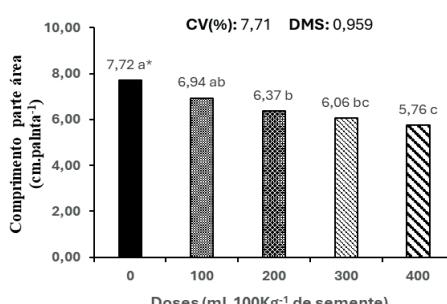


Figura 8: Comprimento de parte aérea no experimento intitulado “Tratamento de sementes de soja em resposta ao uso de silício”. Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). Patos de Minas, MG, 2024.

*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si no teste Tukey a 5%.

Da mesma forma, as aplicações de diferentes doses de nutrientes não influenciaram a altura das plantas (GOLO et al., 2009). Em gramíneas forrageiras as principais

características agronômicas como a altura de planta foram influenciadas com a aplicação de diferentes fontes de silício (SÁVIO et al., 2011).

Os resultados no presente trabalho são contrários ao defendido por Guntzer et al., (2012), onde os autores salientam que a aplicação de silício pode resultar em um aumento na biomassa da soja, bem como na melhoria da arquitetura das plantas.

O uso do silicato pode não ter expressado todo o seu potencial devido à aplicação via TS, isso se justifica em razão de a maioria das aplicações com silício serem feitas via foliar, quando as plantas já apresentam tamanho e estrutura para a metabolização do silício.

CONCLUSÃO

Conclui-se, portanto, que o uso de doses de silício no tratamento de sementes não influenciou nos parâmetros avaliados. Apesar de ter sido significativo para comprimento de raiz e parte aérea.

REFERÊNCIAS

- AGARIE, S. Effects of silicon on tolerance to water deficit and heat stress in rice plants (*Oryza sativa L.*), monitored by electrolyte leakage. In: **Plant Production Science**, Vol. 1, No. 2, p. 96-103. 1998.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes /** Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. – Brasília : Mapa/ACS, 2009.
- CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**, Brasília, DF, v. 12, safra 2024/25, n. 2, segundo levantamento, novembro 2024.
- COSTA. E.D.S. et al. Physiological quality of mung bean seeds according to the plant density. **Revista de agricultura neotropical**, Classilândia-MS, v.6, n. 4, p. 29-35, ou/dez. 2019.
- FAGAN, E. B. **A cultura da soja: modelo de aplicação de estrobilurina**. 84 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.
- FERREIRA. D. F. 2014. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciênc. agrotec.** [online]. 38: 109-112. Disponível en: ISSN 1413-7054. Acesso em 06/05/2024.
- GOLO, A. L.; KAPPES, C.; CARVALHO, M. A. C.; YAMASHITA, O. M. Qualidade das sementes de soja com aplicação de diferentes doses de molibdênio e cobalto. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 31, n. 1, p. 040-049, 2009.
- GUNTZER, F.; KELLER, C.; MEUNIER, J. D. Benefits of plant silicon for crops: a review. **Agronomy for Sustainable Development**, [S. I.], v. 32, n. 1, p. 201-213, 2012.
- GONG, H. J., et al. “Silicon alleviates oxidative stress and enhances the activity of antioxidant enzymes in soybean seedlings under salt stress.” **Environmental and Experimental Botany**, 2005.

JOVICIC.D. et al. Contribuition to the optimization of methods for vigor seed evaluation of *camelina sativa* (L.) Crantz. **Agronomy**. 2024.

KORNDORFER, G. H.; DATNOFF, L. E. **Papel do silício na produção de cana de açúcar**. In: SECAP 200, SEMINÁRIO DE CANA DE AÇÚCAR DE PIRACICABA, 5, Piracicaba. jul. 2004.

MA, J. F.; TAKAHASHI, E. "Soil, Fertilizer, and Plant Silicon Research in Japan." Elsevier. 2002.

MATICHENKOV, V. V.; KOSOBRUKHOV, A. A.; SHABNOVA, N. I.; BOCHARNIKOVA, E. A. Plant response to silicon fertilizers under salt stress. **Agrokhimiya, Rússia**, v. 10, p. 59-63, 2005.

MOREIRA, A. D. R. et al. Resposta da cultura de soja a aplicação de silício foliar. **Bioscience Journal**, v. 26, n. 3, p. 413-423, 2010.

REZENDE, T.M. **Vigor e germinação de sementes de soja com mancha-púrpura**. Urutai-Goiás, publicado em 2022.

RODRIGUES, C. A., et al. "Silicon in the soil-plant system: A review." **Scientia Agricola**, 2016.

SANTOS, F. C.; OLIVEIRA, J. A.; VON PINHO, E. V. R.; GUIMARÃES, R. M.; VIEIRA, A. R. Tratamento químico, revestimento e armazenamento de sementes de Brachiaria brizantha cv. Marandu. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 32, n.3, p. 069-078, 2010.

SÁVIO, F. L.; SILVA, G. C.; TEIXEIRA, I.R.; BORÉM, **A. Produção de biomassa e conteúdo de silício em gramíneas forrageiras sob diferentes fontes de silicato**. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 32, n. 1, p. 103-110. 2011.

SILVA, I. P. C; SILVA, W. F. Tolerância ao déficit hídrico na germinação de sementes de soja tratadas com Bacillus aryabhattai. **Revista Cerrado Agrociências**, v. 14: 46-55, 2023.

SOUZA, L. C. F.; ZANON, G. D.; PEDROSO, F. F.; ANDRADE, L. H. L. Teor de proteína e de óleo nos grãos de soja em função do tratamento de sementes e aplicação de micronutrientes. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 6, p. 1586-1593, nov./dez., 2009.

TOLEDO, M. Z.; GARCIA, R. A.; MERLINA, A; FERNANDES, D. M.Seed germination andseedling development of white oataffected by silicon and phosphorus fertilization. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 68, n. 1, p. 18-23, 2011.

ZHANG, W., et al. Silicon improves growth and water use efficiency in soybean under drought conditions. **Plant Science**. 2012.

CAPÍTULO 2

HIGIENIZAÇÃO EM ABATEDOUROS: REVISÃO DE LITERATURA SOBRE PRÁTICAS E IMPORTÂNCIA PARA A SEGURANÇA ALIMENTAR

Data de submissão: 08/11/2024

Data de aceite: 02/01/2025

Kleber Graucio de Faria

Universidade Estadual do Maranhão
<http://lattes.cnpq.br/7009387813619576>

Odinéa Alves Ferraz Souza Rodrigues

Universidade Estadual do Maranhão
<http://lattes.cnpq.br/1665553025082769>

Willy Kelvin dos Anjos Candeira

Universidade Estadual do Maranhão
<http://lattes.cnpq.br/2912608721418564>

Jessica Stefane Costa

Universidade Estadual do Maranhão
<http://lattes.cnpq.br/2269440307774382>

Diogo Gomes Serra

Universidade Estadual do Maranhão
<http://lattes.cnpq.br/6404888514912644>

Marcelo de Abreu Falcão

Universidade Estadual do Maranhão
<http://lattes.cnpq.br/3798324718178820>

Larissa Jaynne Sameneses de Oliveira Mendonça

Universidade Estadual do Maranhão
<https://lattes.cnpq.br/3673022321192791>

David Hans da Silva Araujo

Universidade Estadual do Maranhão
<http://lattes.cnpq.br/5363981891621097>

Carla Janaina Rebouças Marques do Rosário

Universidade Estadual do Maranhão
<http://lattes.cnpq.br/8929786232927576>

Amanda Mara Teles

Universidade Estadual do Maranhão
<http://lattes.cnpq.br/3933255152524601>

RESUMO: Esta revisão de literatura examina as etapas essenciais da higienização em abatedouros, abordando desde a remoção de resíduos sólidos até os processos de desinfecção e sanitização. Destaca a importância de cada fase para garantir a segurança alimentar, enfatizando a identificação e controle dos principais contaminantes, sejam eles biológicos, químicos, físicos ou alérgenos. São discutidas também as medidas preventivas e a implementação de programas de autocontrole, como as Boas Práticas de Fabricação (BPF), Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC) e Procedimentos Padrão de Higiene Operacional (PPHO), que contribuem para a qualidade sanitária dos produtos. Além disso, a revisão considera a avaliação dos veículos transportadores e as condutas dos

manipuladores de alimentos como fatores fundamentais para a manutenção da qualidade da carne, ressaltando a importância desses elementos no contexto da segurança e saúde pública.

PALAVRAS-CHAVE: abatedouro, higiene, segurança alimentar.

HYGIENIZATION IN SLAUGHTERHOUSES: LITERATURE REVIEW ON PRACTICES AND IMPORTANCE FOR FOOD SAFETY

ABSTRACT: This literature review examines the essential stages of hygiene in slaughterhouses, from the removal of solid waste to the disinfection and sanitization processes. It highlights the importance of each stage in ensuring food safety, emphasizing the identification and control of the main contaminants, whether biological, chemical, physical or allergenic. It also discusses preventive measures and the implementation of self-control programs, such as Good Manufacturing Practices (GMP), Hazard Analysis and Critical Control Points (HACCP) and Standard Operating Hygiene Procedures (SOPH), which contribute to the sanitary quality of products. In addition, the review considers the assessment of transport vehicles and the conduct of food handlers as fundamental factors in maintaining meat quality, highlighting the importance of these elements in the context of public health and safety.

KEYWORDS: slaughterhouse, hygiene, food safety.

1 | INTRODUÇÃO

A produção mundial de alimentos lida com o desafio de garantir a segurança e a qualidade dos produtos ao passo em que os disponibiliza em grande demanda; é de suma importância mitigar os riscos de agravos de origem alimentar, que afetam a saúde pública e a economia. Alimentos seguros e adequados para consumo através da higiene alimentar é responsabilidade de todos: produtores primários, fabricantes e processadores, manipuladores de alimentos, varejistas e consumidores (FAO & WHO, 2023).

O Brasil, sendo um importante fornecedor de alimentos para exportação e para o próprio mercado, enfrenta também exigência crescente por alimentos mais seguros para atender consumidores cada vez mais críticos em suas preferências (Feiten, 2021). A legislação brasileira contempla normativas direcionadoras de boas práticas, como o decreto 9.013, de 29 de março de 2017, disposto sobre inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal; a resolução 216, de 15 de setembro de 2004, que dispõe sobre boas práticas para serviços de alimentação; tais normativas são discorridas neste trabalho, que objetiva uma revisão de literatura acerca da importância da higiene nos abatedouros.

2 | METODOLOGIA

A metodologia deste estudo baseou-se em uma análise documental e qualitativa, com ênfase em uma revisão de literatura abrangente de fontes atualizadas, incluindo artigos científicos, teses e dissertações. A busca foi realizada em diversas plataformas

digitais, como Google Acadêmico, portal de periódicos da CAPES/MEC, Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações, SciELO, portal de pesquisa da BVS Veterinária, e na *Revista Higiene Alimentar*. Além disso, foram consultados portais legislativos específicos, incluindo o Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA) e a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), para garantir a inclusão das regulamentações vigentes e diretrizes relacionadas ao tema.

3 I REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Etapas da higienização

A remoção de resíduos sólidos provenientes dos processos industriais é realizada antes de qualquer procedimento químico, sendo fundamental eliminar resíduos sólidos e orgânicos das superfícies por meio de água pressurizada e ferramentas de limpeza física (Almeida, 2019). Essa etapa inicial remove detritos, sujeira e outros materiais indesejáveis das superfícies (Silva, 2020).

O uso de detergentes específicos, formulados para dissolver gorduras, sangue e outros resíduos orgânicos, é essencial para uma limpeza eficaz (Borges, 2021). A escolha do detergente deve levar em conta o tipo de sujidade e o material da superfície a ser higienizada (Costa, 2019).

Após a aplicação dos detergentes, um enxágue completo é necessário para remover quaisquer resíduos de detergente e sujidades. A qualidade química, física e microbiológica da água utilizada nesta fase é crucial para evitar falhas no processo e contaminações secundárias (Silva, 2020).

A desinfecção, etapa responsável pela eliminação de microrganismos patogênicos, é realizada com agentes químicos ou físicos. A escolha do desinfetante deve considerar a eficácia contra os microrganismos-alvo, a compatibilidade com a superfície e a segurança de uso. A seleção adequada de desinfetantes é essencial para a eliminação de microrganismos residuais, devendo ser validada em relação aos patógenos de interesse no setor alimentício e frigorífico (Barbosa, 2018).

Na sequência, a sanitização reduz os patógenos remanescentes a níveis seguros, utilizando produtos químicos ou métodos físicos adequados para cada tipo de instalação (Ferreira, 2022). A secagem, etapa final do processo, é crucial para inibir a proliferação de microrganismos em ambientes úmidos; conforme as especificações da planta, pode-se utilizar ar quente, toalhas de uso único ou permitir a secagem ao ar livre (Rocha, 2023).

Avaliações regulares e o monitoramento constante da eficácia dos procedimentos de higienização são indispensáveis para garantir os padrões de segurança e qualidade, ajustando as práticas conforme as legislações vigentes e as necessidades específicas da indústria (Nascimento, 2022).

3.2 Contaminantes

Contaminantes podem ser introduzidos nos alimentos em diferentes etapas da cadeia de produção, desde a matéria-prima até o produto, representando uma ameaça tanto à saúde pública quanto à reputação das empresas (Baptista, 2022; Liu, 2021).

Contaminantes biológicos incluem microrganismos patogênicos como bactérias, vírus, parasitas e fungos, cuja presença nos alimentos pode causar doenças alimentares, como infecções, toxinfecções e intoxicações, com quadros que variam de sintomas leves a condições de saúde graves (Havelaar, 2020).

Contaminantes químicos compreendem substâncias tóxicas, incluindo pesticidas, metais pesados, produtos químicos industriais e aditivos alimentares, que podem ser introduzidos nos alimentos durante a produção, armazenamento ou preparação (EFSA, 2019).

Contaminantes físicos são materiais estranhos, como fragmentos de vidro, metal, plástico, pedras e cabelo, que podem ingressar na cadeia alimentar durante o processamento, embalagem ou transporte (Singh, 2021).

Os alérgenos, por sua vez, são substâncias que podem desencadear reações alérgicas em indivíduos sensíveis, como proteínas de amendoim, leite, ovos, soja, trigo, peixe e crustáceos. Esses alérgenos podem estar presentes nos alimentos devido à contaminação cruzada ou adulteração (Gupta, 2021).

3.3 Programas de Autocontrole (PAC)

Os Programas de Autocontrole (PAC) garantem a segurança das matérias-primas e produtos ao longo dos processos produtivos. Com a necessidade de atender a padrões rigorosos, as indústrias alimentícias foram incentivadas a aprimorar seus sistemas de gestão da qualidade, abrangendo toda a cadeia produtiva. Paralelamente, os órgãos reguladores atuaram rapidamente para aprovar normas que orientam esses produtores. Dessa forma, o PAC responde à demanda por alimentos de alta qualidade, desde a produção até a comercialização do produto (Schiavone, 2022).

Visando facilitar o gerenciamento de dados nas empresas, o PAC inclui monitoramentos contínuos (Ramos; Vilela, 2016), permitindo que o controle de qualidade da empresa e as inspeções durante auditorias conduzidas por órgãos fiscalizadores sejam realizados de maneira eficaz. Para isso, o PAC utiliza ferramentas de verificação e inspeção regulares, sustentadas por uma combinação de documentos que validam cada etapa do processo (BRASIL, 2005).

3.4 Boas práticas de fabricação (BPF)

Os princípios e regras de higiene devem ser rigorosamente seguidos para garantir a segurança alimentar desde a matéria-prima até o produto final, protegendo a saúde do consumidor. A atenção aos hábitos dos manipuladores é essencial para assegurar a qualidade dos produtos alimentares. Além disso, equipamentos e superfícies sujas podem ser fontes de contaminação e causadores de surtos de doenças transmitidas por alimentos (Santos, 2012). Para garantir alimentos de boa qualidade e seguros para consumo, é fundamental padronizar todos os processos de produção (Haroldo, 2014), resultando em alimentos com padrões higiênico-sanitários adequados (Perez, 2015). São indispensáveis programas que abordem o controle dos seguintes aspectos:

- **Edifícios e Instalações:** Fábricas de alimentos devem ser localizadas em áreas adequadas à limpeza e ao saneamento, minimizando o impacto ambiental e evitando contaminações. Tanto o ambiente interno quanto o externo devem ser mantidos livres de pragas, e os resíduos precisam ser devidamente isolados e removidos (Almeida, 2011).
- **Limpeza e Conservação de Instalações:** A manutenção e higienização de máquinas, equipamentos e espaços previnem a contaminação. Os produtos de limpeza utilizados devem ser registrados no Ministério da Saúde e autorizados para uso em estabelecimentos comerciais e industriais de alimentos (Miorelli, 2010).
- **Qualidade da Água:** A água utilizada para aquecimento, resfriamento, limpeza e desinfecção de equipamentos, produtos e instalações deve atender aos padrões exigidos, além de suprir a demanda das áreas sanitárias e de produção (Rêgo, 2005).
- **Recebimento e Estocagem de Matérias-Primas:** O recebimento e armazenamento devem ocorrer em locais limpos, organizados, ventilados e protegidos contra insetos e outros animais, pois esses fatores influenciam diretamente na segurança dos alimentos. A manipulação deve ocorrer em áreas apropriadas, com controle de temperatura e tempo específicos para cada alimento, evitando-se contaminações (Machado, 2000).
- **Saúde e Higiene do Pessoal:** Os trabalhadores devem manter boa saúde e práticas de higiene, como tomar banho antes e depois de manusear alimentos, manter cabelos limpos e cobertos, escovar os dentes após refeições, evitar frangrâncias, cobrir barba e bigode com máscaras, manter unhas curtas e limpas, e trocar uniformes diariamente, assegurando que estejam limpos e conservados (OPAS, 2005).
- **Controle Integrado de Pragas:** Prevenir a atração, abrigo, acesso e reprodução de vetores é essencial, e inclui medidas preventivas e corretivas, como monitoramento e inspeções internas e externas, com registros e relatórios regulares (Silva; Correia, 2009).

- **Treinamento Periódico para Funcionários:** Os profissionais que manipulam e processam alimentos devem ser continuamente instruídos e capacitados em práticas operacionais e controle higiênico-sanitário. Treinamentos devem ser revisados e atualizados conforme necessário (Durek, 2005).
- **Prevenção de Contaminação Cruzada:** Seguir as boas práticas de fabricação, como lavagem das mãos, higienização de equipamentos, separação e armazenamento corretos dos materiais, e limpeza dos locais de produção, reduz significativamente o risco de contaminação (Alencar, 2007).

3.5 Análise de perigos e pontos críticos de controle

A análise de perigos e pontos críticos de controle (APPCC) é uma ferramenta fundamental para prevenir perigos físicos, químicos e biológicos, garantindo a segurança alimentar ao longo de toda a cadeia de produção (ROSSETO, 2020). Para que o APPCC seja eficaz, é essencial que as boas práticas de fabricação (BPF) e os procedimentos operacionais padrão (POPs) estejam bem implementados na empresa. O objetivo do APPCC é reduzir retrabalhos, aumentar a produtividade, melhorar a qualidade, diminuir as reclamações dos consumidores e agregar valor ao produto, principalmente por meio da certificação de qualidade, entre outros benefícios (Dias, 2021).

É igualmente importante realizar algumas etapas iniciais específicas, como o engajamento da liderança, a nomeação de um responsável pelo sistema, a formação de um grupo de profissionais de diversas áreas, a elaboração de uma descrição detalhada do produto, destacando suas especificidades, e a criação e verificação do diagrama de processo (Wallace et al., 2014).

Após a conclusão dessas etapas iniciais, os sete princípios para a implementação do plano APPCC podem ser seguidos: 1) análise de perigos e medidas preventivas; 2) identificação de pontos críticos de controle; 3) estabelecimento de limites críticos para cada ponto identificado; 4) monitoramento de cada ponto crítico; 5) definição de ações corretivas; 6) documentação e manutenção de registros; e 7) procedimentos de verificação (BRASIL, 2017). A Tabela 1 apresenta alguns dos benefícios do APPCC.

Benefícios	Justificativas
Maior segurança alimentar	Redução significativa dos riscos de DTA's e melhoria da qualidade dos produtos cárneos.
Aumento da competitividade	Fortalecimento da imagem da empresa e conquista de novos mercados.
Redução de custos	Minimização das perdas decorrentes de produtos deteriorados e a redução de retrabalho causados por falhas de qualidade.
Melhoria da gestão da qualidade	Implementação de uma cultura de qualidade e segurança em todo o abatedouro.
Facilitação do comércio internacional	Atendimento às exigências sanitárias internacionais e abertura de novas oportunidades de exportação.

Tabela 1. Benefícios da implementação do APPCC em abatedouros.

Fonte: Autores

3.6 Procedimento padrão de higiene operacional (PPHO)

Estabelece diretrizes para garantir a limpeza e sanitização diárias, inspeções pré-operacionais, testes microbiológicos, práticas de higiene e segurança, e o descarte adequado de soluções, além de fornecer orientações para a manutenção e o armazenamento de ferramentas (Sampers et al., 2010; Germano, 2013).

A higiene no processo de fabricação não é uma ação isolada, mas sim o resultado de uma colaboração entre todos os setores da fábrica, com o objetivo de garantir a produção de um produto de alta qualidade. O POP é uma ferramenta essencial na gestão da qualidade, consolidando os procedimentos para o controle dos elementos críticos relacionados à segurança alimentar. Com o intuito de assegurar a excelência na prestação de serviços, o POP busca mitigar falhas nas operações diárias, funcionando como um guia dinâmico. Ele consiste em uma descrição detalhada de todas as etapas necessárias para a execução de uma atividade específica, estabelecendo assim um padrão a ser seguido na realização de cada tarefa (Germano, 2013; Dall'oglio, 2014).

3.7 Avaliação dos veículos transportadores

Devem ser considerados diversos fatores, como o estado do veículo transportador, a capacidade de carga dos animais, a rota de viagem, as condições das estradas, a duração do trajeto e as condições da indústria para recepção e descarregamento dos animais. Todas as etapas do manejo e transporte, tanto na propriedade rural quanto no abatedouro frigorífico, são fundamentais para garantir o bem-estar dos animais e, consequentemente, a qualidade da carne produzida (Jimenez Filho, 2012; Mendonça et al., 2016).

3.8 Microrganismos indicadores de higiene

Marcadores que indicam contaminação por patógenos similares devem ser facilmente detectáveis, distinguir-se claramente de outros microrganismos e apresentar características de crescimento semelhantes. A ausência de organismos indicadores, patógenos ou uma contagem elevada de bactérias em alimentos e superfícies é um indicativo da eficácia da limpeza (APHA, 2001; Ajao & Atere, 2009).

4 | CONCLUSÃO

A higienização adequada em abatedouros é essencial para garantir a segurança alimentar e a qualidade da carne produzida, protegendo a saúde dos consumidores e mantendo a reputação das empresas do setor. O cumprimento rigoroso de boas práticas de fabricação (BPF), juntamente com o uso de programas de autocontrole (PAC) e a implementação de procedimentos operacionais padronizados (POPs), são fundamentais para prevenir contaminações biológicas, químicas, físicas e alérgicas ao longo da cadeia produtiva.

Além disso, a análise de perigos e pontos críticos de controle (APPCC) se destaca como uma ferramenta crucial na gestão de riscos, assegurando que os produtos alimentares atendam aos padrões higiênico-sanitários exigidos. A eficácia das práticas de limpeza e sanitização, monitoradas por inspeções regulares e a utilização de indicadores microbiológicos, contribui para um processo produtivo seguro e de alta qualidade. Portanto, a adoção de medidas rigorosas de controle e a capacitação contínua dos profissionais envolvidos são determinantes para a produção de alimentos seguros e de qualidade no setor frigorífico.

REFERÊNCIAS

- AJAO, A.T.; ATERE, T.G. Bacteriological assessment and hygienic standard of food canteens in Kwara State Polytechnic, Ilorin, Nigeria. **African Scientist Journal**, v. 3, n. 10, p. 173-180, 2009.
- ALMEIDA, F.J.; SOARES, P.M. **Higiene na Indústria de Alimentos: Práticas de Limpeza**. Editora Food Safety, 2019.
- ALMEIDA, J.A. **Diretrizes para elaboração de manual de boas práticas de laboratório para indústrias de laticínios de pequeno e médio porte, com base na representação social dos utilizadores**. Dissertação de mestrado em ciência e tecnologia do leite e derivados. Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, p. 128. 2011.
- ANGELO, K.M.; NISLER, A.L.; HALL, A.J., BROWN, L.G.; GOULD, L.H. Epidemiology of restaurant associated foodborne disease outbreaks, United States, 1998-2013. **Epidemiology and Infection**, v.145, n.3, p.523-534, 2017.
- APHA. American Public Health Association. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. Washington, 4th Edition, 2001.

BAPTISTA, R.C. et al. Assessment of food safety in meat processing plants: A review. **Food Control**, 108663, 133, 2022.

BORGES, A.C.; LIMA, F.R. **Detergentes na indústria alimentícia e em abatedouros**. 1. Ed. São Paulo: Editora Agrotech, 2021.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Decreto Nº 9.013, de 29 de março de 2017. 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 a inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, Seção 1, p. 3. 30 mar. 2017.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal. **Circular nº 175/2005/CGPE/DIPOA, de 16 de maio de 2005. Procedimentos de Verificação dos Programas de Autocontrole**. Brasília, DF, 16 mai. 2005.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 216, de 14 de setembro de 2004. Dispõe sobre o Regulamento Técnico de Boas Práticas de Fabricação para os Serviços de Alimentação. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 16 set. 2004.

CORREIA, H.V.R. **Programas de autocontrole no fluxograma de abate em suínos**. 2023.

COSTA, M.J.; BARBOSA, L.P. **Desinfecção em Indústrias Alimentícias e Frigoríficos**. Editora BioSafe, 2018.

COSTA, M.R.; ALVES, D.J. **Química e Tecnologia de Detergentes**. São Paulo: Editora Tech, 2019.

DALL'OGLIO, H. **Procedimento Operacional Padronizado de Higienização como Requisito para Segurança Microbiológica em Formas de Chocolate**. 2014. 39 f. Monografia. Disponível em <<https://www.univates.br/bdu/bitstream/10737/650/1/2014HenriqueDallOglio.pdf>>. Acesso em 09 abr. 2024.

DE ALENCAR, C.R. **Manual de implantação e execução do Sistema de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC) em indústrias alimentícias**. Monografia de Pós-graduação. Universidade Castelo Branco, São Paulo, p. 56, 2007.

DIAS, J.; RODOLPHO, D. Análises dos perigos e pontos críticos de controle (APPCC): importância para a agroindústria de alimentos. **Revista Interface Tecnológica**, v. 18, n. 2, p. 701-710, 2021.

DUREK, C.M. **Verificação das boas práticas de fabricação em indústrias de leite e derivados, registradas no serviço de inspeção federal – SIF Curitiba**. Dissertação de Mestrado em Ciências Veterinárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, p. 96, 2005.

EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY (EFSA). **Chemical contaminants in food: EFSA's risk assessment**. EFSA Journal, 17(S1), e170720, 2019.

FAO & WHO. **General principles of food hygiene**. Codex Alimentarius Code of Practice, No. CXC 1-1969. Codex Alimentarius Commission. Rome, 2023.

FARIAS, H.S.N. de et al. **Boas práticas em matadouros: uma revisão**. 2014. 67 fl. (Trabalho de Conclusão de Curso – Monografia), Curso de Bacharelado em Medicina Veterinária, Universidade Federal de Campina Grande, 2014.

FEITEN, M.C. **A Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APCC) como ferramenta de controle de qualidade no abate de aves: uma revisão narrativa.** Tecnologia e Microbiologia Sob a Perspectiva da Segurança dos Alimentos. Guarujá: Editora Científica Digital, v. 1, p. 93-114, 2021.

FERREIRA, C.A.; GONÇALVES, M.E. **Sanitização Avançada em Ambientes de Processamento de Alimentos.** São Paulo: Editora CleanFood, 2022.

GERMANO, P.M.L.; GERMANO, M.I.S. **Sistema de Gestão: Qualidade e Segurança dos Alimentos.** Editora Manole, 2013.

GUPTA, R.S. et al. **The epidemiology and burden of food allergy in the global context.** The Journal of Allergy and Clinical Immunology: In Practice, 9(6), 1955-1967, 2021.

HAVELAAR, A.H. et al. World Health Organization global estimates and regional comparisons of the burden of foodborne disease in 2010. **PLoS Medicine**, 17(12), e10034358, 2020).

JIMENEZ FILHO, D.L. Efeitos do transporte sobre a qualidade da carne – revisão. **Medicina Veterinária**, v.6, n.4, p.26-31, 2012.

LIMA, S.V.; GONÇALVES, R.T. **Desinfecção em Ambientes Hospitalares: Protocolos e Práticas.** Editora Saúde e Bem-Estar, 2018.

LIU, Y. et al. Current status and future trends of abattoir effluent treatment: A review. **Journal of Environmental Management**, 290, 112712, 2021.

MACHADO, R.L.P. **Boas práticas de armazenagem na indústria de alimentos.** Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos, p.28 p, 2000. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/34409/1/2000-DOC-0042.pdf>>. Acesso em 09 abr 2024.

MENDONÇA, F.S.; VAZ, R.Z.; COSTA, O.A.D.; GONÇALVES, G.V.B.; MOREIRA, S.M. Fatores que afetam o bem-estar de bovinos durante o período pré-abate. **Archivos de Zootecnia**, v.65, n.250, p.279-287, 2016.

MIORELLI, A. **Inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal.** Trabalho de conclusão em tecnologia de alimentos, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, Bento Gonçalves, p.39, 2010.

NASCIMENTO, G.F.; OLIVEIRA, K.L. **Monitoramento da Higiene em Indústrias Alimentícias e Frigoríficos.** Editora QualityFood Safety, 2022.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A AGRICULTURA E A ALIMENTAÇÃO (FAO). Garantir a qualidade e inocuidade dos alimentos nas pequenas e médias empresas alimentares. In: CONFERÊNCIA REGIONAL FAO/OMS SOBRE INOCUIDADE DOS ALIMENTOS EM ÁFRICA, Harare, 2005. Relatório final. Roma: FAO/OMS, 2005. p. 7-8.

PERES, L.A. **Boas práticas de fabricação em matadouro-frigorífico de bovinos.** 2015.

RAMOS, G.V.; VILELA, J.B. **Implantação dos programas de autocontrole em Indústrias de alimento de origem animal.** XII SEGET: Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia Desenvolvimento de Competências Frente aos Desafios do Amanhã, 2016.

RÉGO, M.J.P. **Estudo comparativo dos métodos de detecção do resíduo de metabissulfito de sódio em camarão marinho.** Monografia de Graduação em Medicina Veterinária, departamento de medicina veterinária. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2005.

ROCHA, L.M.; SOUSA, P.V. **Secagem e Controle de Umidade em Instalações Alimentícia.** Editora HigroControl, 2023.

ROSSETTO, M.; BATISTELLA, V.M.C.; VEIGA, R.L. Análise de perigos e pontos críticos de controle: um estudo de caso em uma propriedade leiteira do Município de Sertão, Rio Grande do Sul, Brasil. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 8, p. e69985136-e69985136, 2020.

SAMPERS, I.; JACXSENS, L.; LINING, P.A.; MARCELIS, W.J.; DUMOULIN, A.; UYTTENDAELE, M. Performance of food safety management systems in poultry meat preparation processing plants in relation to *Campylobacter* sp. contamination. **Journal of Food Protection**, v.73, ed.8, p.1447-1457, ago. 2010.

SANTOS, E.A.; BONNAS, D.S. Boas práticas de fabricação em abatedouros de aves fiscalizados pelo Serviço de Inspeção Municipal de Uberlândia, MG. **Higiene Alimentar**, p. 47-52, 2012.

SCHIAVONE, T. et al. Programas de autocontrole no gerenciamento da qualidade de alimentos: histórico e aplicação. **Alimentos: Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente**, v. 3, n. 2, p. 90-100, 2022.

SILVA, E.; MENEZES, L.F.G. **Fundamentos e Aplicações da Limpeza em Ambientes Industriais.** 1. ed. São Paulo: Editora Limpeza Eficiente, 2020.

SILVA, E.R.; MENDONÇA, T.S. **Qualidade da Água em Processos de Higienização de Alimentos.** 1. ed. Rio de Janeiro: Editora AquaClean, 2020.

SILVA, L.A.; CORREIA, A.F.K. Manual de boas práticas de fabricação para indústria fracionadora de alimentos. **Revista de Ciência & Tecnologia**, São Paulo, v.16, n.32, p.39- 57, 2009.

SINGH, A. et al. Physical contaminants in food: Sources, detection, and control measures. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, 20(2), 2035-2059, 2021.

WALLACE, C.A., HOLYOAK, L., POWELL, S.C.; DYKES, F.C. HACCP e the difficulty with Hazard Analysis. **Food Control**, 35(0), 233-240, 2014.

WOLF, C. **Estudo de Caso da Higiene (Limpeza e Desinfecção) em Matadouro-frigorífico de Bovinos, Suínos e Ovinos.** Porto Alegre. 2017. 30 f. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/163628>. Acesso em 09 abr 2024.

CAPÍTULO 3

AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO INICIAL DE MUDAS DE BACABA (*Oenocarpus bacaba* Mart.) EM DIFERENTES SUBSTRATOS

Data de submissão: 29/11/2024

Data de aceite: 02/01/2025

Auriane dos Reis Pimentel

Universidade Federal do Oeste do Pará,
Campus Universitário de Juruti (CJUR/
UFOPA)
Juruti – Pará
<http://lattes.cnpq.br/8343885897912562>

Cristiano de Souza Matos

Universidade Federal do Oeste do Pará,
Campus Universitário de Juruti (CJUR/
UFOPA)
Juruti -Pará
<https://lattes.cnpq.br/6232275441066918>

David Mayke da Silva Pimentel

Universidade Federal do Oeste do Pará,
Campus Universitário de Juruti (CJUR/
UFOPA)
Juruti -Pará
<https://lattes.cnpq.br/4955453999793665>

Edinete Marques Moreira

Universidade Federal do Oeste do Pará,
Campus Universitário de Juruti (CJUR/
UFOPA)
Juruti – Pará
<http://lattes.cnpq.br/0323324327520750>

Jefter Batista Cardoso

Universidade Federal do Oeste do Pará,
Campus Universitário de Juruti (CJUR/
UFOPA)
Juruti – Pará
<http://lattes.cnpq.br/4898124817167116>

Joelma Lourenço Pereira Mendes

Universidade Federal do Oeste do Pará,
Campus Universitário de Juruti (CJUR/
UFOPA)
Juruti – Pará
<http://lattes.cnpq.br/8910077176111896>

Jonathan Correa Vieira

Empresa Farinharia Puxirum
Juruti – Pará
<http://lattes.cnpq.br/0625146331814138>

Ozilene Maria Cativo Guimarães

Universidade Federal do Oeste do Pará,
Campus Universitário de Juruti (CJUR/
UFOPA)
Juruti – Pará
<http://lattes.cnpq.br/6264366248112621>

Willian Talhati

Empresa Farinharia Puxirum
Juruti – Pará
<http://lattes.cnpq.br/1108441976105234>

Michelly Rios Arévalo

Universidade Federal do Oeste do Pará, Campus Universitário de Juruti (CJUR/UFOPA)
Juruti – Pará
<http://lattes.cnpq.br/9084234962228553>

Celeste Queiroz Rossi

Universidade Federal do Oeste do Pará, Campus Universitário de Juruti (CJUR/UFOPA)
Juruti – Pará
<http://lattes.cnpq.br/4242217997345355>

Dayse Drielly Souza Santana Vieira

Universidade Federal do Oeste do Pará, Campus Universitário de Juruti (CJUR/UFOPA)
Juruti – Pará
<http://lattes.cnpq.br/2057759102444626>

RESUMO: A palmeira *Oenocarpus bacaba* Mart., pertencente à família Arecaceae, possuindo distribuição geográfica nos Estados do Pará, Acre, Amazonas, Amapá e Rondônia. Devido a sua importância regional no uso socioeconômico, tanto no extrativismo como cultivo comercial. O objetivo do presente estudo foi avaliar o crescimento inicial de bacaba em diferentes substratos, a fim de propor uma alternativa viável para produção de mudas com boa qualidade para plantios na região. O experimento foi em esquema fatorial 2X3, com 2 genótipos e 3 tipos de substratos, totalizando 6 tratamentos com 7 repetições cada, em casa de vegetação do Campus Universitário de Juruti (CJUR/UFOPA). As plântulas foram doadas por um produtor do município de Juruti, com 100 dias. As plântulas foram transplantadas para vasos de 5 litros com diferentes composições de substratos, a saber: T1 – Solo 1 + Genótipo 1 (G1); T2 – Solo 2 + G1; T3 – Solo 2 + G1 + esterco bovino (20%), T4 – Solo 1 + Genótipo 2 (G2), T5 – Solo 2 + G2 e T6 – Solo 2 + G2 + esterco bovino (20%). O acompanhamento ocorreu por 153 dias após o transplantio, onde foram realizadas 6 mensurações. No decorrer do experimento foram avaliadas a altura, o diâmetro do colo e o número de folhas das mudas. Ao final do experimento foram mensuradas as variáveis de massa fresca e seca da parte aérea, massa fresca e seca da raiz, volume da raiz e o Índice de qualidade de Dickson (IQD). Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade, utilizando o software SISVAR. Com base nas variáveis analisadas, os genótipos 1 e 2 apresentaram interação significativa com os substratos utilizados, sendo que o G2, com polpa verde-abacate, apresentou melhor crescimento. Nos tratamentos T3 e T6, apresentaram médias superiores aos demais tratamentos, sugerindo que a utilização de esterco bovino no substrato, pode ser uma alternativa viável na produção de mudas de bacabeira. Além disso, segundo o IQD obtido, as mudas obtidas aos 153 dias de crescimento, apresentaram valores satisfatórios.

PALAVRAS-CHAVE: Bacabeira. Qualidade de mudas. Palmeira. Composto orgânico.

EVALUATION OF THE INITIAL GROWTH OF BACABA SEEDLINGS (*Oenocarpus bacaba* Mart.) IN DIFFERENT SUBSTRATES

ABSTRACT: The palm tree *Oenocarpus bacaba* Mart., It belongs to the Arecaceae family and is geographically distributed in the states of Pará, Acre, Amazonas, Amapá and Rondônia. Due to its regional importance in socio-economic use, both in extractivism and commercial cultivation. The aim of this study was to evaluate the initial growth of bacaba in different substrates in order to propose a viable alternative for producing good quality seedlings for planting in the region. The experiment was a 2X3 factorial design, with 2 genotypes and 3 types of substrate, totaling 6 treatments with 7 replications each, in a greenhouse at the Juruti University Campus (CJUR/UFOPA). The seedlings were donated by a producer in the municipality of Juruti and were 100 days old. The seedlings were transplanted into 5-liter pots with different substrate compositions, as follows: T1 - Soil 1 + Genotype 1 (G1); T2 - Soil 2 + G1; T3 - Soil 2 + G1 + cattle manure (20%), T4 - Soil 1 + Genotype 2 (G2), T5 - Soil 2 + G2 and T6 - Soil 2 + G2 + cattle manure (20%). Follow-up took place 153 days after transplanting, when six measurements were taken. During the experiment, the height, neck diameter and number of leaves of the seedlings were assessed. At the end of the experiment, the variables of fresh and dry mass of the aerial part, fresh and dry mass of the root, root volume and the Dickson Quality Index (IQD) were measured. The data obtained was subjected to analysis of variance and the means were compared using the Scott-Knott test at 5% probability, using the SISVAR software. Based on the variables analyzed, genotypes 1 and 2 showed a significant interaction with the substrates used, with G2, with avocado-green pulp, showing the best growth. Treatments T3 and T6 showed higher averages than the other treatments, suggesting that the use of cattle manure in the substrate could be a viable alternative in the production of bacabeira seedlings. In addition, according to the IQD obtained, the seedlings obtained at 153 days of growth showed satisfactory values.

KEYWORDS: Bacabeira. Quality of seedlings. Palm tree. Organic compost.

1 | INTRODUÇÃO

A palmeira *Oenocarpus bacaba* Mart., conhecida como bacaba, pertencente à família Arecaceae, com distribuição geográfica nos estados do Pará, Acre, Amazonas, Amapá e Rondônia, tem destaque no uso socioeconômico na região norte, apresentando utilização integral, principalmente pelo “vinho” extraído dos seus frutos (CARVALHO *et al.*, 2022). O Pará ocupa o segundo lugar na extração do fruto da bacaba, com destaque para o município de Oriximiná, com cerca de 112 estabelecimentos o que realizam (IBGE, 2017).

O habitat das bacabeiras se dá em diferentes ecossistemas, ocorrendo em matas densas e secundárias, capoeiras, em áreas de terra firme, com solos pobres, argilosos ou em áreas abertas de solos bem drenados, podendo também ser encontrada próximo as várzeas e igapós (CARVALHO *et al.*, 2022).

Segundo Moraes *et al.* (2020), dentre as palmeiras com importância econômica, a bacaba é bastante explorada em comunidades extrativistas na região norte do Brasil. A oferta do fruto na região acontece de dezembro a abril, com a utilização do fruto na

alimentação e na geração de renda, visto que promove uma rendimento complementar para as famílias, com preparo do suco (MORAES *et al.*, 2020).

A propagação de *O. bacaba* acontece exclusivamente por via sexuada (CARVALHO *et al.*, 2022). Com relação as sementes de *O. bacaba*, são classificadas como recalcitrantes e sensíveis à dessecação, apesar disso, o substrato ideal para germinação das sementes é sobre areia (JOSÉ; ERASMO; COUTINHO, 2012).

Segundo Queiroz e Bianco (2009) definiram os eventos morfológicos de *O. bacaba* em três fases de desenvolvimento, sendo: Fase Pré-germinativa acontecendo a abertura do opérculo e emissão do botão germinativo, 4 dias após a semeadura; Fase Germinativa, ocorrendo a emissão da raiz primária e formação da lígula; e a Fase Plântular termina aos 125 dias após a emergência do botão germinativo, onde ocorre o esgotamento das reservas do haustório. Segundo os autores, a espécie é indicada para cultivo em sistemas agroflorestal, devido ao alto percentual de germinação (95%) e ao curto período para obtenção de mudas para o transplantio, cerca de 4 meses.

Relacionado a melhor época para o plantio, considerando as características climáticas da Região Norte, está deve ser realizada no início das chuvas, respeitando espaçamentos sugeridos de 6x6m ou 7x7m e uso de substratos adequados, visando a produção dos frutos das espécies *O. bacaba* e *O. distichus* aos 5,5 anos. Contudo, algumas espécies *O. minor* e *O. mapora*, iniciam sua produção por volta dos 3 anos (OLIVEIRA; OLIVEIRA; CUNHA, 2022).

Pereira *et al* (2013) enfatizam que o Brasil dispõe de uma posição de destaque em publicações e patentes, porém, pouco se conhece através de estudos tecnológicos e científicos, sobre a espécie de *O. bacaba*, visto que é pouco estudada no meio acadêmico na região amazônica, também ressaltam que as pesquisas científicas podem desenvolver de forma significativa a economia de uma sociedade.

Nesse contexto, e considerando o grande potencial de exploração das bacabeiras na região, bem como uma possível expansão para outras localidades, pouco se conhece sobre a produção de mudas dessa palmeira. Diante disso, o objetivo deste estudo foi avaliar o crescimento inicial de bacaba em diferentes substratos, a fim de propor uma alternativa economicamente viável para produção de mudas com boa qualidade para os plantios.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local de realização do experimento, Material vegetal e Caracterização química do solo e composto orgânico

As atividades foram realizadas nas dependências do Campus Universitário de Juruti, da Universidade Federal do Oeste do Pará (CJUR/UFOPA), localizado na cidade Juruti-PA (latitude 02° 09' 08" S e longitude 56° 05' 32" W). O experimento foi desenvolvido na casa de vegetação II, no período de maio a outubro de 2023.

Foram utilizadas as cultivares de *O. bacaba* (Figura 1), oriundas do município de Juruti-PA, sendo que a genótipo 1 (G1), possui polpa na coloração bege; e o Genótipo 2 (G2) polpa com coloração verde-abacate (Tabela 1).

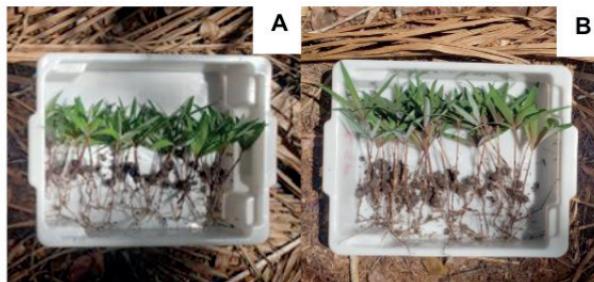


Figura 1 - Genótipos avaliados: A) polpa bege; B) polpa verde-abacate.

Fonte: PIMENTEL, A. R. (2023).

GENÓTIPOS	COR DA POLPA	LOCAL DE COLETA
G1	Bege	Comunidade Três Bocas (02° 22' 07" S 56° 08' 41" W)
G2	Verde-abacate	Comércio local (02° 09' 08" S 56° 05' 32" W)

Tabela 1 - Genótipos avaliados.

Fonte: PIMENTEL, A. R. (2023).

Os solos utilizados na montagem do experimento, com textura média, foram coletados em áreas diferentes, na profundidade de 0-20 cm, na comunidade Três Bocas (02° 22' 07" S 56° 08' 41" W), município de Juruti-PA. A caracterização química do solo utilizado no experimento foi realizada de acordo com a metodologia da Embrapa (2017). Na tabela 2 está apresentada a caracterização química dos solos 1 e 2.

O solo 1 foi considerado de baixa fertilidade, e o solo 2 considerado com fertilidade mediana. A caracterização química do esterco bovino utilizado no experimento, para composição na proporção de 20% junto com o solo 2 de um dos tratamentos, está identificado na tabela 3.

Profundidade (0-20 cm)	M.O	Ca+Mg	Ca	Al	H+Al	pH	Na	K	P
cm	dag/dm ³				Cmol _c /kg				(mg/kg)
Solo 1	1,3	0,4	0,3	0,6	3,5	4,6	0,0	10	7,7
Solo 2	2,0	3,7	3,0	0,1	4,9	5,4	0,0	12	58,7

MO: Matéria orgânica.

Tabela 2 - Resultado das análises da fertilidade dos solos utilizados no experimento.

N total (g/kg)	P (g/kg)	K (g/kg)	Ca (g/kg)	Mg (g/kg)	S (g/kg)
25,2	4,4	20,3	9,7	5,7	4,0

Tabela 3 - Caracterização química de esterco bovino utilizado no experimento agronômico para produção de mudas de bacaba.

Fonte: PIMENTEL, A. R. (2023).

2.2 Implantação e condução do experimento

As plântulas utilizadas no experimento foram obtidas em uma propriedade particular na comunidade Três Bocas (30 quilômetros do centro da cidade de Juruti). Foram obtidas plântulas de dois genótipos, sendo uma tradicional, encontrada na região, que apresenta coloração da polpa bege, e outra, mais rara, que apresenta coloração da polpa verde-abacate, estando ambas no mesmo estágio de desenvolvimento.

As plântulas foram transplantadas para vasos de 5 litros contendo: uma camada de brita (300g), um tecido sintético para evitar a perda de substrato, e o substrato determinado para cada tratamento. O experimento foi montado em esquema fatorial 2x3, sendo 2 cultivares e 3 tipos de substrato, com 7 repetições cada, totalizando 6 tratamentos e 42 unidades experimentais (Tabela 4).

A irrigação foi realizada em dias alternados, em horários temperaturas mais amenas. Foram realizadas o controle das plantas daninhas de forma manual, afim de reduzir a competição por água e nutrientes, além do acompanhamento e controle de pragas e/ou doenças.

TRATAMENTO	GENÓTIPO	SUBSTRATO
T1	G1 (polpa bege)	Solo 1
T2	G1 (polpa bege)	Solo 2
T3	G1 (polpa bege)	Solo local 2 + Esterco bovino (20%)
T4	G2 (polpa verde-abacate)	Solo 1
T5	G2 (polpa verde-abacate)	Solo 2
T6	G2 (polpa verde-abacate)	Solo 2 + Cultivar B + Esterco bovino (20%)

Tabela 4 - Composição dos tratamentos de acordo com as cultivares e substratos utilizados no experimento implantado em esquema fatorial (2X3), sendo 2 genótipos e 3 substratos.

Fonte: PIMENTEL, A. R. (2023).

2.3 Variáveis analisadas

As mudas foram avaliadas mensalmente, durante 153 dias, correspondente a 5 meses, sendo mensuradas as seguintes variáveis: altura da planta (AP); diâmetro do colo (DC) e número total de folhas (NTF). A altura da planta foi mensurada com auxílio de uma trena (cm) a partir do colo ao ápice da planta, o diâmetro do colo realizou-se com auxílio de

um paquímetro digital (mm) e a contagem das folhas ocorreu de forma manual (unidade), sendo as folhas expandidas marcadas com fita. As mensurações foram realizadas, a cada 30 dias, sendo medidas no 1º, 30º, 61º, 92º, 123º e 153º.

Ao final do experimento, 5 meses após transplantio, foi utilizado a metodologia destrutiva, para a obtenção das mensurações nas variáveis massa fresca e seca da parte área e da raiz, além do volume de raiz. Para a obtenção da massa fresca foi utilizado balança digital. Além disso, a fim de obter a massa seca, tanto da parte aérea quanto da raiz, as mesmas, foram colocadas separadamente em sacos de papel e colocados na estufa com circulação de ar forçada a 65°C por 48h, e posteriormente pesados na balança digital; o volume de raiz foi definido a partir do método indireto com a utilização de uma proveta graduada.

Com base nos dados obtidos, foi calculado o índice de qualidade de Dickson (IQD), pela fórmula $\text{IQD} = [\text{matéria seca total} / (\text{RAD} + \text{RPAR})]$, sendo: RAD - relação entre altura da planta e diâmetro do coletor; RPAR - relação do peso seco da parte aérea/peso seco das raízes (RPAR); e matéria seca total – pela soma do peso seco da parte aérea e peso seco das raízes (DICKSON *et al.*, 1960).

2.4 Análises dos dados

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste Scott-Knott ao nível de 5% de significância, utilizando o software SISVAR. Para todas as variáveis foram utilizadas 7 repetições por tratamento ($n = 7$).

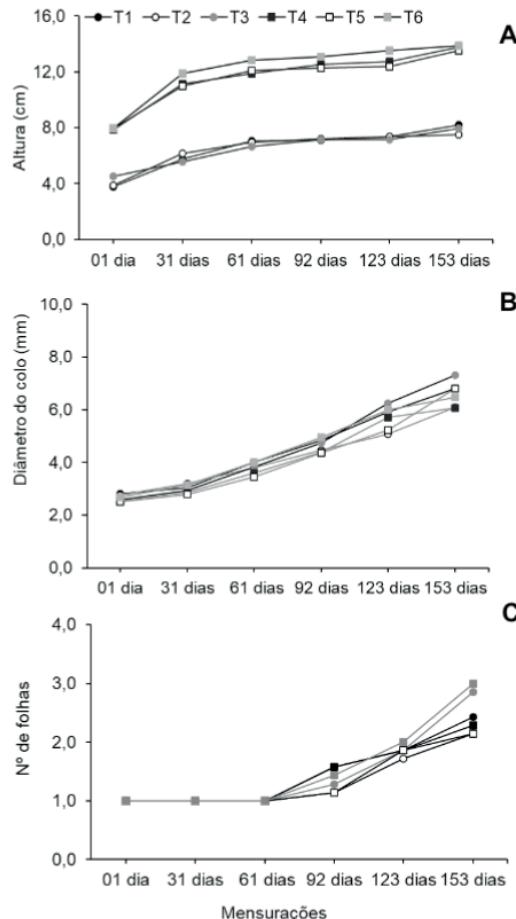
3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao longo de 153 dias foi avaliado o crescimento inicial das mudas de bacabeira (*O. bacaba* Mart.) em diferentes substratos, sendo os dados de altura (cm), diâmetro do caule (mm) e número de folhas (unidade), obtidos em 6 mensurações, apresentados na Figura 2.

Comparando-se os valores médios da altura da planta (AP), diâmetro do colo (DC) e do número total de folhas (NTF) nas mensurações realizadas, durante os 5 meses de condução do experimento, observa-se que as mudas cresceram ao longo do período, sendo notório uma diferença entre as cultivares relacionadas à altura da planta (Figura 2A), visto que o G1, com polpa bege, apresentou altura inferior ao G2, com polpa verde-abacate. Relativo ao diâmetro do caule e nº de folhas, os genótipos apresentaram comportamento semelhante durante o período de avaliação.

Na Tabela 5 são apresentados os dados da última medida, aos 153 dias de crescimento, submetidos a análise de variância. Os coeficientes de variação encontrados foram inferiores a 30%, apresentando boa confiabilidade aos dados obtidos. De modo geral, foi observado que houve interação com os substratos entre os genótipos 1 e 2, em

relação a variável altura. O G2 apresentou maior altura em todos os substratos avaliados quando comparado ao G1, contudo, dentro de cada cultivar, não ocorreu diferenças estatísticas devido ao substrato. Relativo ao diâmetro do coletor, não ocorreu diferença entre os genótipos, entretanto, dentro do G1, o tratamento 2, apresentou valor inferior aos demais (T1 e T3). Resultados semelhantes também foram observados em relação ao nº de folhas desse mesmo genótipo.



Nota: T1 – Solo 1 + G1; T2 – Solo 2 + G1; T3 – Solo 2 + G1 + Esterco bovino (20%); T4 – Solo 1 + G2; T5 – Solo 2 + G2; T6 – Solo 2 + G2 + Esterco bovino (20%). Análise para variáveis alturas das mudas (cm), diâmetro do colo (mm), e números de folhas (unidade)

Figura 2 - Média da altura (A), Diâmetro do colo (B) e Número de folhas (C) das mudas de *O. bacaba* Mart. mensuradas ao 1º, 31º, 61º, 92º, 123º e 153º dia de condução do experimento.

Tratamentos	Altura		Diâmetro do Colo		Nº de Folhas				
	Média	DP	Média	DP	Média	DP			
T1	8,21	± 0,45	Ba	6,79	± 0,79	Aa	2,43	± 0,53	Ab
T2	7,50	± 1,15	Ba	6,09	± 0,46	Ab	2,14	± 0,38	Ab
T3	7,93	± 0,93	Ba	7,32	± 0,86	Aa	2,86	± 0,38	Aa
T4	13,79	± 2,40	Aa	6,07	± 0,55	Aa	2,29	± 0,49	Ab
T5	13,50	± 1,35	Aa	6,81	± 0,98	Aa	2,14	± 0,38	Ab
T6	13,86	± 1,84	Aa	6,48	± 0,97	Aa	3,00	± 0,00	Aa

Nota: Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ($p<0,05$) realizado no SISVAR. Médias seguidas de letras maiúscula distintas diferem entre os substratos nos diferentes genótipos (comparações: grupo 1 (solo 1) – T1 e T4; grupo 2 (Solo 2) – T2 e T5); grupo 3 (Solo 2 + esterco bovino 20%); e letras minúsculas distintas indicam diferenças significativas dentro da mesma cultivar com diferentes substratos (comparações: grupo 1 – T1 a T3 e grupo 2 - T4 a T6).

Tabela 5 - Altura da muda, diâmetro do colo e número de folhas aos 153 dias após o transplantio das mudas, nos 6 tratamentos avaliados.

Fonte: PIMENTEL, A. R. (2023).

Para o parâmetro número de folha, não ocorreu diferenças entre os genótipos, mas dentro de cada um deles (genótipos), tanto para G1 quanto para G2, o substrato contendo esterco bovino (T3 e T6) apresentou os melhores resultados. Assim sendo, o esterco bovino composto com solo 2, auxilia de forma positiva no crescimento inicial de mudas de bacabeira, visto que apresentou melhores resultados na emissão de folhas.

De acordo com Oliveira; Oliveira; Cunha (2022), as mudas de *O. bacaba*, podem ser levadas ao campo com 8 meses após a repicagem ou quando emitirem mais de cinco folhas. Associando essa informação ao resultado encontrado no presente estudo, podemos inferir que a utilização de esterco bovino pode ser um aliado na produção de mudas de bacabeira, visto que incentiva a emissão de folhas, o que pode favorecer para às mudas irem mais cedo ao campo.

Além disso, de acordo com Costa, Oliveira, Brandão (2021), que avaliaram o desenvolvimento de mudas de bacabi (*O. mapora* Karsten.) em substratos orgânicos, durante doze meses, encontrado as maiores médias nas variáveis de NTF (6,4 folhas) e DC (18,4 mm), foram registradas nos substratos terriço + esterco bovino, apresentando o melhor desenvolvimento. Fato este que corrobora com os resultados encontrados no presente estudo relativo ao maior número de folhas no substrato com esterco bovino.

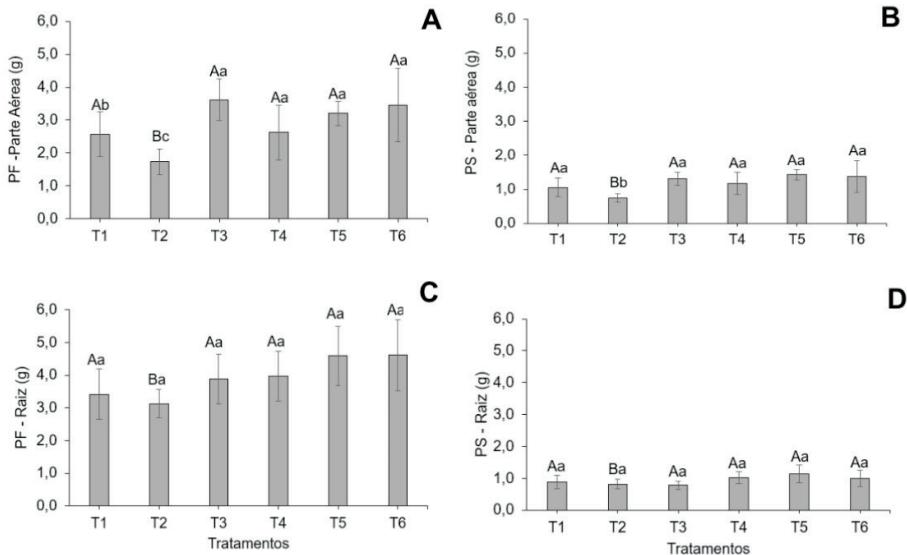
No trabalho realizado por Welter *et al.* (2013), que avaliaram a produção de mudas de *O. bacaba* em diferentes substratos, incluindo composição do solo, esterco bovino curtido, esterco ovino curtido e tronco de buriti triturado, os dois tratamentos constituídos de solo (S) + esterco bovino (EB), sendo: (50%S + 50%EB e 75%S + 25%EB), proporcionaram aumento significativo no pH (7,3 e 7,5) nos substratos, apresentando nos resultados, os dados das variáveis semelhantes ao da testemunha, composto somente de solo.

A Embrapa (2021) instrui que, a Comissão Estadual de Sementes e Mudas do Pará – CESM, estabeleça normas e padrões para mudas de açaizeiro, visto que

devem apresentar: altura uniforme de 40 cm a 60 cm, aspecto vigoroso, cor e folhagem harmônicas, possuir cinco folhas (maduras), pecíolos longos, conter de 4 a 8 meses de idade, a partir da emergência das plântulas, sistema radicular bem desenvolvido, além de não apresentar raízes expostas acima do colo. No entanto, ainda não existem uma padronização semelhante a esta para às mudas de bacabeira. No experimento avaliado, aos 153 dias, as cultivares A e B apresentaram de 2 à 3 folhas desenvolvidas, o que indica a necessidade de mais dias para se chegar ao tamanho adequado para implantação no campo, tendo como referência os parâmetros das mudas de açaizeiro.

Na Figura 3, estão apresentados os dados relacionados ao peso fresco (PF - A) e peso seco (PS - B) da parte aérea. Foi observado que ocorreu diferenças dentro do G1 nos substratos utilizados, sendo que no PF da parte aérea, o valor encontrado foi maior em T3, seguido por T1 e depois por T2. Já no PF da raiz, T1 e T3 apresentaram comportamento semelhante, e T2 apresentou o menor resultado. Relativo ao PS da parte aérea para o G1, T1 e T3 foram semelhantes estatisticamente, e T2 apresentou o pior resultado. Com relação ao G2, não ocorreram diferenças estatísticas significativas entre os substratos avaliados para tais variáveis (PF aérea e raiz, PS aérea e raiz). Relativo à comparação entre as cultivares, observa-se que a G2, apresenta melhores resultados quando no substrato com solo local (T5), quando comparado ao G1 no mesmo substrato (T2). Esse fato demonstra uma interação significativa entre substrato e cultivar.

No trabalho realizado por Welter et al. (2013) constatou-se que mudas de bacaba apresentaram melhor desenvolvimento ao serem submetidos ao tratamento com composição de solo + esterco, atingindo 11,58 cm de altura, avaliadas em casa de vegetação. Nogueira et al. (2020), também observaram que mudas de açaizeiro produzidas com esterco bovino apresentaram maior valor de massa seca da parte aérea. Colaborando com esses resultados, Maekawa, Coelho, Weber (2020) também verificaram que a produção de biomassa da parte aérea e raiz em mudas de Apuí-preto (*Ficus gomelleira* Kunth) e a relação altura/diâmetro são mais eficientes nos substratos solo + esterco bovino (25%).



Nota: Letras maiúscula distintas indicam diferenças significativas entre os substratos nas diferentes cultivares (comparações: grupo 1 (solo 1) – T1 e T4; grupo 2 (Solo 2) – T2 e T5); grupo 3 (Solo 2 + esterco bovino 20%); e letras minúsculas distintas indicam diferenças significativas dentro da mesma cultivar com diferentes substratos (comparações: grupo 1 – T1 a T3 e grupo 2 - T4 a T6), segundo o teste de Scott-Knott ($p<0,05$) realizado no SISVAR.

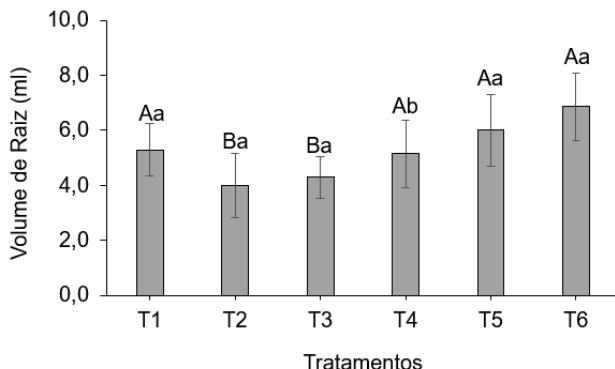
Figura 3 - Peso fresco da parte aérea (A), Peso seco da parte aérea (B), Peso fresco da raiz (C) e Peso seco da raiz (D) aos 153 dias após o transplante nos 6 tratamentos avaliados.

Os resultados do presente estudo sugerem que G1, nos tratamentos com a presença da mesma composição dos tratamentos do G2, apresentaram os menores valores (comparação entre T2 e T5). Desse modo, pode-se sugerir que o G1 apresenta uma maior exigência nutricional para seu crescimento e acúmulo de biomassa, quando comparada com o G2.

Para os autores Maekawa, Coelho, Weber (2020), referente a massa seca de parte aérea e massa seca de raiz, foram encontrados boa produção em substratos com composição de 25% de esterco bovino. Além disso, de acordo com Nogueira *et al.* (2020), que observaram que o uso de cama de frango e esterco bovino em mudas de açaizeiro, avaliados em viveiro durante 10 meses, proporcionaram melhor desenvolvimento nas variáveis altura, diâmetro do colo, número de folhas e massa seca da raiz. Essas variáveis, associadas as variáveis de alocação de biomassa fornecem um importante parâmetro para se analisar a qualidade das mudas pelo índice de qualidade de Dickson (IQD).

Na Figura 4 são apresentados os dados relacionados ao volume de raiz. Observa-se que o G1, não ocorreram diferenças significativas no volume de raiz produzido pelas mudas nos diferentes substratos utilizados. Contudo, para G2, os resultados dos tratamentos T5 e T6 comportaram-se de forma semelhante, apresentando os melhores valores, seguido pelo

T4, diferente estatisticamente dos demais. Já a resposta dos genótipos nos substratos, verifica-se que o G2 apresentou resultados superiores, com maior volume de raiz, em relação ao G1 nos tratamentos T5 e T6, quando comparados ao T2 e T3.



Nota: Letras maiúscula distintas indicam diferenças significativas entre os substratos nos diferentes genótipos (comparações: grupo 1 (solo 1) – T1 e T4; grupo 2 (Solo 2) – T2 e T5); grupo 3 (Solo 2+ esterco bovino 20%); e letras minúsculas distintas indicam diferenças significativas dentro da mesma cultivar com diferentes substratos (comparações: grupo 1 – T1 a T3 e grupo 2 - T4 a T6), segundo o teste de Scott-Knott ($p<0,05$) realizado no SISVAR.

Figura 4 - Volume de raiz em mudas de *O. bacaba* Mart. aos 153 dias após ao transplantio, nos 6 tratamentos avaliados.

Vale ressaltar que o sistema radicular é fundamental na sustentação das plantas, bem como com relação ao maior volume de solo explorado, possibilitando o aproveitamento de nutrientes, assim como, na obtenção de água e consequentemente decisivo para tolerância a seca, condições que interferem na produtividade e sobrevivência da planta (SALTON e TOMAZI, 2014). De acordo com Martins Filho et al. (2007), o esterco bovino quando misturado ao solo, mostra-se uma ótima fonte de matéria orgânica, melhorando a estrutura para as espécies de palmeiras, e proporcionando mudas de qualidade.

Na Tabela 6 é possível observar os resultados para matéria seca total (MST), relação altura da planta e diâmetro do coleto (RAD), relação do peso seco da parte aérea e peso seco das raízes (RPAR) e o índice de qualidade de Dickson (IQD) em mudas de *O. bacaba*.

Tratamentos	MST	RAD	RPAR	IQD
T1	1,93±0,48 Aa	1,22±0,16 Ba	1,20±0,05 Ab	0,80±0,21 Aa
T2	1,57±0,21 Ba	1,24±0,26 Ba	0,95±0,25 Bc	0,72±0,10 Aa
T3	2,09±0,30 Aa	1,09±0,11 Ba	1,69±0,18 Aa	0,75±0,12 Aa
T4	2,19±0,49 Aa	2,28±0,45 Aa	1,14±0,21 Aa	0,65±0,13 Aa
T5	2,57±0,42 Aa	2,02±0,36 Aa	1,30±0,20 Aa	0,68±0,22 Aa
T6	2,37±0,69 Aa	2,18±0,49 Aa	1,39±0,30 Ba	0,68±0,22 Aa
Média Geral	2,12	1,67	1,28	0,71
CV (%)	21,6	20,05	16,63	23,74

Nota: Médias seguidas de letras maiúscula distintas diferem entre os substratos nos diferentes genótipos (comparações: grupo 1 (solo 1) – T1 e T4; grupo 2 (Solo 2) – T2 e T5); grupo 3 (Solo 2 + esterco bovino 20%); e letras minúsculas distintas indicam diferenças significativas dentro da mesma cultivar com diferentes substratos (comparações: grupo 1 – T1 a T3 e grupo 2 - T4 a T6).

Tabela 6 - Teste de média para matéria seca total (MST); relação altura da planta e diâmetro do coleto (RAD); relação do peso seco da parte aérea e peso seco da raiz (RPAR) e o índice de qualidade de Dickson (IQD) em mudas de *O. bacaba*

Fonte: PIMENTEL, A. R. (2023).

O índice de qualidade Dickson é considerado um bom indicador da qualidade das mudas, visto que associa e analisa vários parâmetros importantes, a altura da planta, diâmetro do coleto e massa seca da parte aérea e raiz, tornando os resultados fundamentais para avaliação da qualidade (FONSECA et al., 2002). Além disso, o IQD, avalia a robustez e o equilíbrio da biomassa das plantas, indicando que quanto maior for o seu valor, melhor será a qualidade da muda (VIDAL et al., 2006).

Considerando os valores encontrados relacionados a massa seca total (MST), verificou-se que o G1 teve um desenvolvimento inferior ao G2 no mesmo substrato com solo local (B – T2 e T5), o que infere uma interação do genótipo com o substrato utilizado (Tabela 6). Para os demais resultados de MST, não ocorreram diferenças estatísticas. Com relação aos valores da relação altura e diâmetro do coleto (RAD), o G2 foi superior em todos os substratos quando comparada com o G1. Na relação peso seco da parte aérea e peso seco de raiz (RPAR), observa-se que o G1 foi melhor no T3, quando comparada ao G2 no mesmo substrato (T6), sendo que ambos possuem a presença do esterco bovino; contudo, o G1 foi pior no T2, quando comparado ao G2 no mesmo substrato (T5). Esse fato corrobora com a possibilidade de o G1 possuir desenvolvimento mais lento, quando comparada ao G2.

Em relação ao IQD, não foram observadas diferenças significativas entre os genótipos e substratos analisados, contudo os valores encontrados foram superiores a 0,65. Segundo Hunt (1990), uma muda de boa qualidade deve possuir IQD superior à 0,20. Diante disso, apesar de terem sido avaliadas somente por 5 meses, os resultados sugerem que as mudas estavam em um processo adequado de formação.

Pereira (2017), avaliando desenvolvimento vegetativo de açaí (*Euterpe Oleracea*) em diferentes tamanhos de recipientes e proporções de substratos, constatou que os índices de IQD foram superiores em dois tratamentos na composição de solo e composto

orgânico (solo 80% + 20 estercos bovino/resto de roçagem; e solo 60% + 40% esterco bovino e resto de roçagem).

De acordo com Pereira et al. (2013), avaliando mudas de trezes clones da variedade “Conilon Vitória”, todos os índices de qualidade de Dickson oscilaram entre 0,26 a 0,51, apresentando qualidade comercial. Diante do exposto, pode-se considerar que as mudas obtidas a partir do presente estudo apresentaram boa qualidade e valor comercial, quando comparadas com os trabalhos supracitados.

4 | CONCLUSÕES

O G2, com polpa verde-abacate, obteve melhor crescimento na maioria das variáveis avaliadas, quando comparada ao G1, com polpa bege.

O esterco bovino apresentou potencial ao ser adicionado ao solo 2 (T3 e T6), visto que em algumas variáveis analisadas, as mudas nesses substratos, apresentaram melhores resultados. É válido ressaltar que, o esterco bovino auxilia na estruturação, sendo sugerido como uma alternativa viável na produção de mudas de bacabeira (*O. bacaba Mart.*) na região oeste do Pará, visto que é um componente de fácil acesso.

Contudo, ao menos no período avaliado, de 153 dias, a presença do esterco bovino não foi essencialmente decisiva no desenvolvimento das mudas, o que pode estar relacionado a características rústica da bacabeira, sendo sugerido um maior período de avaliação do crescimento das mudas.

REFERÊNCIAS

CARVALHO, A.V. et al. *Oenocarpus spp.*: bacaba. Brasília: Embrapa, 2022. p. 394-412. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1144337/1/Plantas-para-o-Futuro-Norte-395-413.pdf>. Acesso em: 2 nov. 2023.

COSTA, L.R. de J.; OLIVEIRA, M do S.P.; BRANDÃO, C.P., Substratos orgânicos no desenvolvimento de mudas de bacabi (*Oenocarpus mapora* Karsten). **Research, Society and Development**, v. 10, n. 8, 2021. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/227334/1/17086-Article-218011-1-10-20210707.pdf>. Acesso em: 9 nov. 2023.

DICKSON, A.; LEAF, A.; HOSNER, J.F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **The Forest Chronicle**, West Mattawa, v. 36, p. 10-13, 1960.

EMBRAPA. Açaí: **Formação das mudas**. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/acai/producao/metodos-de-propagacao/semeadura-e-formacao-de-mudas/formacao-das-mudas>. Acesso em: 9 nov. 2023.

FONSECA, E. P. et al. Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume, produzidas sob diferentes períodos de sombreamento. **Revista Árvore**, v. 26, n. 4, p.515-23, 2002. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rarv/a/BNYqFjJTqcyx3cpjPfXPQgL/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 12 nov. 2023.

GOMES, J. M. et al. Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa, v.26, n.6, p. 655-664, 2002. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rarv/a/cCfXhbwHwJ4LLmFpXZJfH6x/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 12 nov. 2023.

HUNT, G. A. (1990, August). Effect of styroblock design and Cooper treatment on morphology of conifer seedlings. Proceedings Target Seedling Symposium, Meeting of the Western Forest Nursery Associations (pp. 218-222). Roseburg. Fort Collins: United States Department of Agriculture, Forest Service. General Technical Report RM-200. Disponível em: <https://rngr.net/publications/proceedings/1990/hunt.pdf>. Acesso em 12 nov. 2023.

IBGE. **Censo Agropecuário**. Brasil, 2017. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/6950>. Acesso em: 22 out. 2023.

JOSÉ, A.C.; ERASMO, E.A.L.; COUTINHO, A.B. Germinação e tolerância à dessecação de sementes de bacaba (*Oenocarpus bacaba* Mart.). **Revista Brasileira de Sementes**, Minas Gerais, vol.34, n.4, p.651-657, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbs/a/FQhBpYJf88cfpnSgxZvkfxz/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 2 nov. 2023.

QUEIROZ, M. S. M.; BIANCO, R. Morfologia e desenvolvimento germinativo de *Oenocarpus bacaba* Mart. (Aceraceae) da Amazônia Ocidental. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 33, n. 6, p. 1037-1042, 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rarv/a/W8MGh9nCT8PjRXzVV5RYxqg/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 20 maio 2023.

MAEKAWA, L.; COELHO, M. F. B.; WEBER, O.L.S. Substratos e restrição luminosa na produção de mudas de *Ficus gomelleira* Kunth. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 63, 2020. Disponível em: <http://btcc.ufra.edu.br/index.php/ajaes/article/view/3143>. Acesso em 10 nov. 2023.

MARTINS FILHO, Sebastião et al. Diferentes substratos afetando o desenvolvimento de mudas de palmeiras. **Revista CERES**, 54, 80-86. 2007. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/13346/1/3218-4831-1-PB.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2023.

MORAES, C. K. A. et al. Diversidade socioprodutiva associada ao manejo florestal madeireiro como alternativa de renda para comunidades agroextrativistas Santarém/PA. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, v.63, 2020. Disponível em: <http://www.repositorio.ufra.edu.br:8080/jspui/handle/123456789/1449>. Acesso: 25 maio 2023.

NOGUEIRA, R. S. et al. Diferentes Fontes e Proporções de Adubo Orgânico na Produção de Mudas de Açaí-Solteiro. Anais e Proceedings de eventos (considerados no todo). Embrapa Acre, Rio Branco-AC.2020. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/216566/1/27046.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2023.

OLIVEIRA, M.S.P; OLIVEIRA, N.P.; CUNHA, E.F.M. *Oenocarpus spp.*: bacabeiras. Brasília: Embrapa, 2022. p. 1240-1254. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1144334>. Acesso em: 2 nov. 2023.

PEREIRA, L. R. et al. Qualidade de mudas de café conilon vitória produzidas em viveiros do Sul Capicaba. **Encyclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer – Goiânia, v. 9, n. 17; p. 2213, 2013. Disponível em: <https://www.conhecer.org.br/enciclop/2013b/CIENCIAS%20AGRARIAS/Qualidade%20de%20mudas.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2023.

PEREIRA, S.A. et al. Prospecção sobre o conhecimento de espécies amazônicas - Inajá (*Maximiliana maripa* Aublt.) e bacaba (*Oenocarpus bacaba* Mart.). **Revista GEINTEC-Gestão, Inovação e Tecnologias**, São Cristóvan, v. 3, n. 2, p. 110-122, 2013. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Sammy-Aquino/publication/242517582_PROSPECCAO_SOBRE_O_CONHECIMENTO_DE_ESPECIES_AMAZONICAS_inaja_Maximiliana_maripa_Aublt_e_bacaba_Oenocarpus_bacaba_Mart/links/5ffdf6dea6fdccdc84d67cc/PROSPECCAO-SOBRE-O-CONHECIMENTO-DE-ESPECIES-AMAZONICAS-inaja-Maximiliana-maripa-Aublt-e-bacaba-Oenocarpus-bacaba-Mart.pdf. Acesso em: 3 nov. 2023.

PEREIRA, T. R. S. Desenvolvimento vegetativo de Euterpe oleracea cultivada em diferentes tamanhos de recipientes e proporções de substratos. Cruz das almas, 2017. Disponível em: http://repositorioexterno.app.ufrb.edu.br/bitstream/123456789/1220/1/TCC_Thaise_vers%C3%A3odigital.pdf. Acesso em: 12 nov. 2023.

SALTON, J. C.; TOMAZI, M. **Sistema Radicular do Solo e Qualidade do Solo**. Comunicado Técnico. Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados – MS. n. 128, p.6, 2014. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/115481/1/COT-198.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2023.

VIDAL, L. H. I. et al. Qualidade de mudas de guaco produzidas por estaqueia em casca de arroz carbonizada com vermicomposto. **Horticultura Brasileira**, v.24, p. 26-30, 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/9rLb3Fv9c9yg7TgFQxBCyVN/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 12 nov. 2023.

WELTER, M.K. et al. Avaliação da produção de mudas de bacaba (*Oenocarpus bacaba* MART.) à diferentes substratos. **Fórum de Integração Ensino, Pesquisa, Extensão e Inovação Tecnológica do IFRR-e-ISSN 2447-1208**, v. 1, n. 1, 2013. Disponível em: https://periodicos.ifrr.edu.br/index.php/anais_forint/article/view/356/195. Acesso em: 9 nov. 2023.

CAPÍTULO 4

MICROBIAL CONSORCIA: A FEASIBLE ECOLOGICAL TECHNOLOGY FOR SUSTAINABLE AGRICULTURE

Data de submissão: 17/12/2024

Data de aceite: 02/01/2025

Rafael Luiz Frinhami Rocha

Centro Universitário Multivix, Serra & Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Vargem Alta, Espírito Santo, Brasil.

Fábio Lopes Olivares

Laboratório de Biologia Celular e Tecidual & Núcleo de Desenvolvimento de Insumos Biológicos para a Agricultura (NUDIBA), Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, UENF, Rio de Janeiro, Brasil.

ABSTRACT: The multispecies community drives the complex microbial process in the soil-plant system. Lessons from the environment suggest that microbial consortia have several advantages over single microbial strain-based products for sustainable agriculture. Due to physical and metabolic cooperation, proper synthetic microbial communities are potentially more efficient and stable in maintaining specific microbial processes. The mutualistic interaction that occurs in a stable microbial consortium has shown adaptative advantages compared to a single microbial application that results in better resilience under biotic and abiotic fluctuation and

environmental disturbances, promoting benefits to the soil-plant system and plant growth by diverse mechanisms, such as bioavailability of nutrients or decomposition of organic waste. Representing a promising biotechnological advance, the use of microbial consortia is complex. It requires an integration of different areas, methodological approaches, and techniques for understanding the interaction elements and their development and efficient application in the field. Microbial consortia in agriculture correspond to a sustainable alternative to conventional practices, ensuring the productivity of crops and gains in terms of economy and ecology, fundamental for future agriculture. The present work aimed to present relevant concepts and information about biochemical mechanisms involved in microbial compatibility and synergy, methods of formulating microbial consortia, and proposals for use for environmentally sustainable and productive agriculture.

KEYWORDS: Microbial communities, microbial ecology, green agriculture, biological inputs.

INTRODUCTION

Since the green revolution in the early 1970s, chemical fertilizers and pesticides in agriculture have increased considerably (Naik et al., 2019). In addition, the continuous population growth exerted intense pressure on agriculture to maintain such practices to meet market demands since the use of these agrochemicals resulted in considerable increases in agricultural productivity (Gupta, Bisaria, and Sharma 2015). However, sanitary, environmental, economic, and agricultural factors have demonstrated the infeasibility of using conventional methods, and the search for conciliatory agriculture between production and sustainability is increasing (Struik and Kuyper 2017; Valenzuela 2016; Weekley, Gabbard, and Nowak 2012). That is where biological inputs for agriculture arise.

The design and development of bio-based technologies convert natural processes in the soil-plant system into bio-input technologies (Sousa and Olivares 2016). However, when studied under laboratory conditions from tests with microorganisms in pure culture, some of these natural processes have unsatisfactory results, with methodological and efficiency limitations (Guo et al., 2011). In contrast, studies that address microbial communities characterized by the coexistence of different populations of microorganisms in each habitat and are imitated through synthetic microbial consortia are a way to overcome the limitations of individual microbes (Hays et al., 2017).

Despite advances in technologies and analysis methods, cultivation and laboratory approaches differ from microorganisms behavior in their natural habitats, grouped in complex communities (Stocker, 2012; Agapakis et al., 2012). The concept of manipulating microbial communities for consortia's artificial selection based on different microbial strains may increase tolerances to the overall conditions to which one intends to insert them (Lee, Show, and Wang, 2013). In this way, microbial consortia can reduce the metabolic load on a single species, optimizing processes and reducing cellular energy demand. From the presentation of the theme and its context, this review addresses microbial consortia and relevant aspects of technology and methodologies and their applications for more sustainable agriculture.

Characterization of microbial consortiums

The use of microorganisms in agriculture is vast, and its benefits are diverse. Therefore, many approaches focus on maximizing the use of these microorganisms by optimizing beneficial characteristics. Studies with genetically modified microorganisms, for example, provide promising results. Still, in addition to not being an ecological approach, improving a desirable feature in a microorganism can result from the limitation of another element necessary for its development (Scott and Harsty, 2016). In this context, microbial consortia and their wide applications arise.

Microbial communities and their artificial representation, the microbial consortia,

correspond to complex conglomerates that coexist in a habitat with strains with different physiological attributes (Lee, Show, and Wang, 2013). These microbial arrangements are widely distributed in nature, colonizing the most diverse environments, and correspond to a more promising and reliable environmental strategy than pure cultures (Jain et al., 2013; Gupta and Kumar, 2016). Furthermore, the spatial arrangement of these consortia corresponds to sites of constant competition and cooperation relationships, and these relationships are responsible for the specification and dynamics of the ecosystem (Kong et al., 2018).

Besides the relationship between microorganisms in agriculture, it is necessary to consider the plant and its rhizosphere as microbial habitats. In this habitat, several connections are established. The plant can directly reflect these relationships, modulating how microbial communities, mainly in the root and rhizosphere, are considered a hotspot of microbial interactions (Li et al., 2016). Some examples of existing relationships between microorganisms in the soil and the rhizosphere are shown in figure 1.

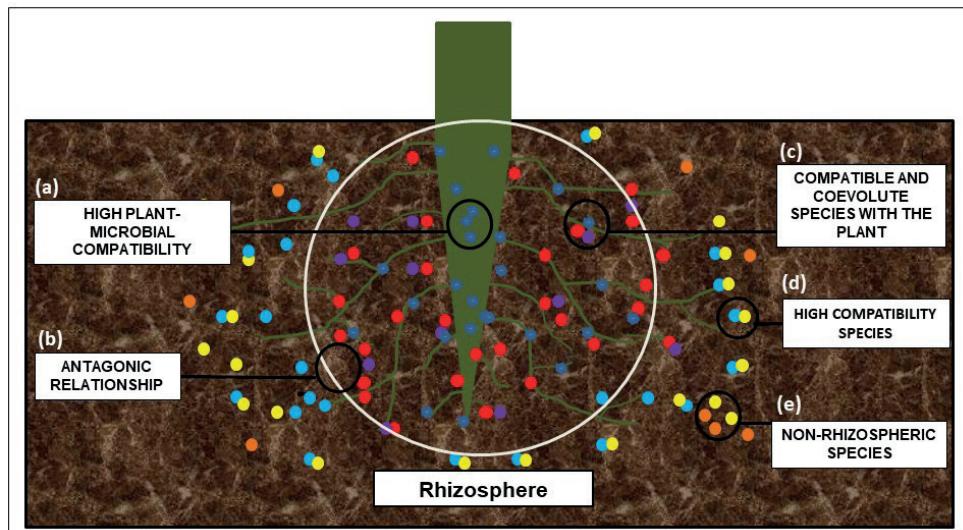


Figure 1. Different microbial relationships that occur in the rhizosphere: (a) microorganisms with high compatibility with the plant; (b) antagonistic relationships between varied species of microorganisms, not developing closely together; (c) species compatible and convoluted with the plant, existing only when associated with the plant; (d) microbial species that have high compatibility with each other; (e) non-rhizospheric microbial compatible species.

As observed in the image above, some microbial species co-evolved with plants and appear to be closely related to their respective host, growing in the region of influence of the root, the rhizosphere, or even directly associated with the rhizoplane, while in some cases, the plants produce metabolites that inhibit the growth of certain groups of microorganisms (Berg and Smalla, 2009). Also, in the soil, inhibition relationships between species with similar ecological niches (antagonism) and mutualistic relationships can occur, where

species develop in the same habitat and benefit from this interaction (Stamford et al., (2005).

According to Jial et al. (2016), the main advantages of microbial consortia are the division of complex tasks, greater adaptability, and stability to the dynamism of environmental conditions. Furthermore, the multispecificity of microbial communities results in horizontal gene transfer, which in addition to altering the environment, influences the growth and development patterns of microbial populations (Hays et al., 2017). Therefore, the observance of the constancy of these relationships in their natural environments and agrosystems can make the consortia that may be developed more phenotypically complex and more adapted to environmental fluctuations compared to what is provided by microbial cultures while isolated (Alnahhas et al., 2020; Hays et al., 2017).

In addition to microbial interactions and their genetic variability, a spatial structure and availability of resources also exert selective pressure for efficient growth in their microbial assemblages. This selective pressure refers to the natural processes of changing the behavior and adaptability of microorganisms within the microbial system, spreading in more stable communities, whether in superficial microbial communities or even in dynamic soil-plant-microbe systems (Lee, Show, and Wang, 2013; Roller and Shmidt, 2015).

Despite the knowledge about the natural microbial consortia represented by microbial communities, more detailed studies on these interactions and interactions between microorganisms and their habitats, as well as their benefits, effective mechanism, and applications, are recent (Welbaum et al., 2004; Weekley et al. al., 2012). Thus, improving techniques for handling microbial consortia requires advances in methodological approaches and multidisciplinary integration of different areas.

Study methods for design and formulation of microbial consortiums

The manipulation of microorganisms for the composition of a microbial consortium comprises several steps, and several techniques can be used. First, assuming a more ecological bias and without genetic alteration, the cultivation techniques associated with tools such as omics allow the development of a consortium with natural microorganisms without compatible and synergistic modifications it executing their desirable ecophysiological roles. Two prospects can formulate a microbial consortium (Figure 2).

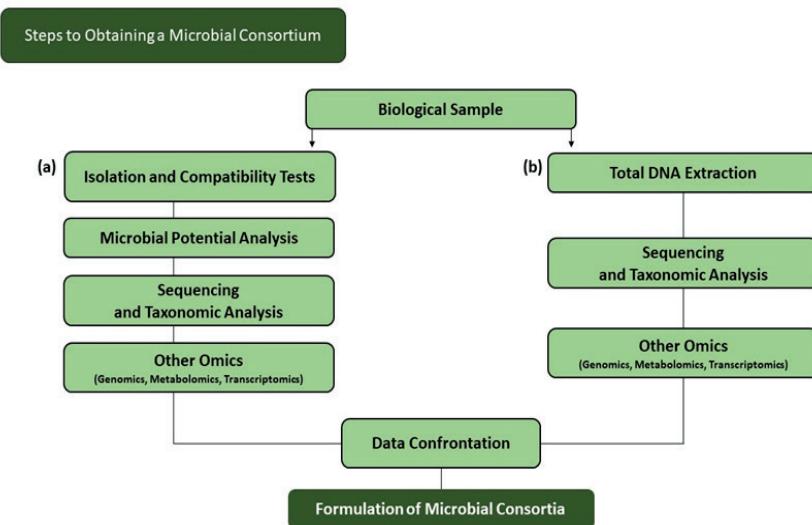


Figure 2. Steps for elaborating a microbial consortium consider two possibilities: (a) from the bottom up from isolation and cultivation; (b) and considering only refined techniques for understanding the consortia present in the biological sample.

Starting from good material related to the objective to be achieved, microorganisms can prospect, assessed in tests of biotechnological potential and their characteristics of compatibility or antagonism. Finally, they are identified and characterized, for example, concerning their metabolites and genes. Regarding direct use with omics, the total DNA is extracted, and the sequencing and metabolic and genomic characterization of microorganisms is carried out. Cultivable approaches are necessary to develop microbial consortia to manipulate and select microorganisms. Considering the need for a harmonious relationship between the strains involved, they must be confronted and present positive results; they are compatible and preferably synergistic concerning ecophysiological capacities. Therefore, techniques based on co-cultivation, or the “microbial antagonism and compatibility method,” should be used, as shown in Figure 3 (Bell, Weels and Markham, 1982; Fuentes et al., 2016).

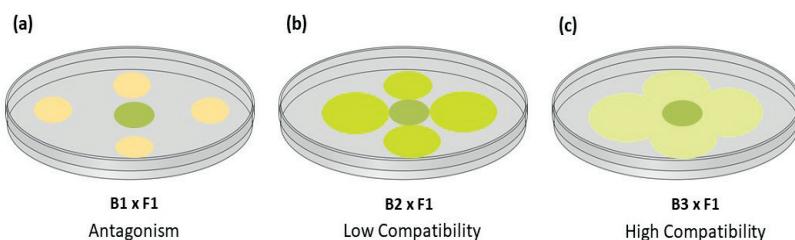


Figure 2. Scheme of antagonism and compatibility assays with different interactions. B1, B2, and B3: Generic bacteria; F1: Generic fungus. (a) Antagonism relationship; (b) Low compatibility; (c) High compatibility.

This method presents numerous possibilities for methodological adaptation and evaluation. Through this methodology, microorganisms of biotechnological interest are confronted and demonstrate characteristics of antagonism or interaction at diverse levels, facilitating their selection. Based on the interest of the experiment, it is possible to categorize microorganisms as antagonists (a) when there is no positive interaction between microorganisms involved or even inhibition, or as low (b) or high compatibility (c). The microbial compatibility and antagonism method allows confronting microorganisms to propose, for example, microbial consortia formulated based on a free-living N₂-fixing bacteria and a rhizospheric fungus (AMF). In this way, once the synergism of the microorganisms involved has been proven, the microbial consortium would be able to promote nutritional improvements to the soil and the associated culture through biological nitrogen fixation through bacterial action and greater efficiency in the absorption of nutrients, such as phosphorus, through fungal action (Paula et al., 1992; Miyauchi et al., 2008; Zhu et al., 2018).

Using consortia, it is necessary to understand the ecological, metabolic, and genetic aspects eliminated for further manipulation. Regarding microbial ecology, incompatibility between species can result in physiological or metabolic commitment. In this scenario, the integration of omics provides information on the mechanisms involved in the interaction and establishment of the consortia so that the natural attributes of the proposed consortia become stable and viable and their applications (Hays et al., 2017; Woo and Pepe, 2018). Greater detailing of microbial consortia considering sophisticated techniques can offer a different strategic view to increasing the persistence and activity of microorganisms (Li et al., 2017). We highlight cross-feed and Quorum sensing among the possibilities of integrating omics, metabolomics, and genomics (Figure 4).

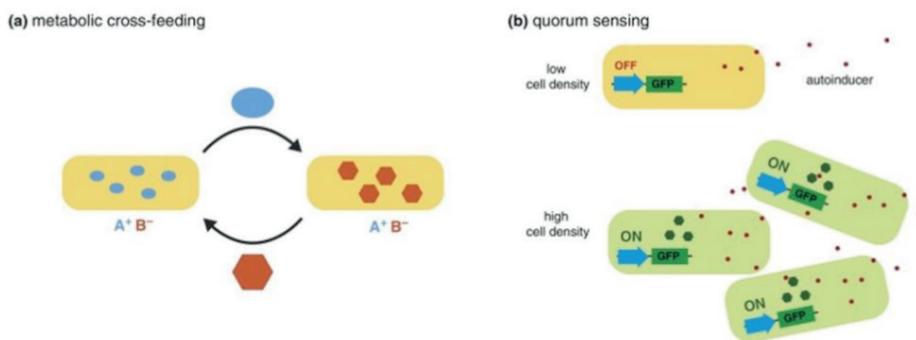


Figure 4. (a) Cross-feed: One cell produces metabolite A but does not create metabolite B. The second strain cannot produce metabolite A but makes B, benefiting each other and allowing survival. (b) Quorum sensing: Cells have an auto inductive molecule that increases at high cell concentrations, causing an increase in a responsive promoter, resulting in changes in gene expression. (Hays et al., 2017- Adapted).

In Cross-feed, a microorganism supplies another with a metabolite that it produces in excess while feeding on a metabolite that does not produce but is released by another organism present in the same microbial community (Hays et al., 2017). For example, in a co-cultivation study, Deveau et al. (2010) demonstrated that a *Pseudomonas* fluorescence bacterial strain produces thiamine. This water-soluble vitamin belongs to the B complex, enabling the development of the mycorrhizal fungus *Laccaria*, which in turn supplies the bacterium with trehalose disaccharide, produced and accumulated in its hyphae.

As for quorum sensing (QS), it is a mechanism for the secretion of molecular (self-inducing) signals, common in bacteria; through it, the microorganisms of a given habitat can detect the population density of the microbial community so that it is possible to coordinate the gene expression and affect its differentiation (Scott and Harsty, 2016; Stephens and Bentley, 2020). About quorum sensing and microbial consortia, Liu et al. (2021) investigated the hydrogen recovery from the action of microbial consortia on residues via electro-fermentation and pretreatment with free nitrous acid together with quorum sensing. According to the author, the distinct species showed synergistic relationships with biofilm formation and quorum sensing, resulting in higher yields in hydrogen recovery.

Still, conventional techniques with isolation of individuals allow for microbial prospecting, but omics provide different insights into the persistence and activity of microorganisms involved in consortia (Li et al., 2017). The integration of the two approaches makes it possible to understand the influence of environmental variations on the modulation and production of metabolites by microorganisms and how they react to these disturbances, expressing or repressing related genes, resulting in improved formulation and establishment of an efficient microbial consortium.

Applications in agriculture

The so-called plant growth promotion microorganisms (PGPM) are naturally endowed with many traits with extensive agricultural uses (Naik et al., 2019). The benefits of microbial action to soil and plants are widely described in the literature (Olivares et al., 2017; Igiehon and Babalola, 2017; Khan, Pimentel et al., 20120; Bano and Curá, 2020). Among these, the decomposition of crop residues, biological nitrogen fixation, production of phytohormones, phosphorus solubilization, and optimization of the root system, among others, stand out. Some of the applications proposed in studies with microbial consortia in the last two decades are shown in Table 1.

Microorganisms Involved	Major Functions	Reference
<i>Pichia guillermondii</i> and <i>Bacillus mycoides</i>	Biocontrol of pests and diseases	Guetsky et al., 2001
<i>Ceriporiopsis subvermispora</i> , <i>Cellulomonas</i> sp. and <i>Azospirillum brasiliense</i>	Lignocellulosic biomass deconstruction	Beary, Boopathy and Templet, 2002
<i>Chryseobacterium</i> sp., <i>Comamonas</i> sp. and others	Bioremediation of contaminated soils	Radianingtyas, Robinson and Bull, 2003
<i>Trichoderma reesei</i> , <i>Aspergillus niger</i> and <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Lignocellulosic biomass deconstruction	Yang et al., 2004
Multispecific consortium formulated with many bacteria and fungi	Bioremediation of contaminated soils	Viñas et al., 2005
<i>Bacillus subtilis</i> , <i>Streptomyces</i> sp. and <i>Cellulomonas</i> sp.	Lignocellulosic biomass deconstruction	Guevara and Zambrano, 2006
<i>Pseudomonas</i> spp., <i>Burkholderia</i> sp., <i>Flavobacterium</i> sp. and <i>Vibrio</i> sp.	Bioremediation of contaminated soils	Murthy and Manonmani, 2007
<i>Escherichia coli</i> and <i>Ochrobactrum</i> sp.	Bioremediation of contaminated soils	Zhang et al., 2008
<i>Bacillus subtilis</i> and <i>Bacillus licheniformis</i>	Plant growth promotion	Lim et al., 2009
<i>Bacillus subtilis</i> and <i>Bacillus licheniformis</i>	Biocontrol of pests and diseases	Chung, Lim and Kim, 2010
<i>Azospirillum</i> sp., <i>Azotobacter</i> sp., <i>Pseudomonas</i> sp. and <i>Bacillus</i> sp.	Plant growth promotion	Rajasekar and Elango, 2011
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Trichoderma harzianum</i> and <i>Bacillus subtilis</i>	Biocontrol of pests and diseases	Jain et al., 2012
Undefined microbial consortium	Lignocellulosic biomass deconstruction	Hui et al., 2013
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Bacillus cereus</i> and <i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	Biocontrol of pests and diseases	Thakkar and Saraf, 2014
<i>Bacillus megaterium</i> , <i>Pseudomonas fluorescens</i> and <i>Trichoderma harzianum</i>	Plant growth promotion	Gupta et al., 2015
<i>Bacillus</i> sp., <i>Providencia</i> sp. and <i>Ochrobactrum</i> sp.	Lignocellulosic biomass deconstruction	Poszytek et al., 2016
<i>Rhizobium</i> sp. and <i>Trichoderma</i> sp.	Bioremediation of contaminated soils	Madariaga-Navarrete et al., 2017
Multispecific complex (Proteobacteria and other phyla)	Lignocellulosic biomass deconstruction	Liang et al., 2018
<i>Azotobacter</i> sp., <i>Rhizobium japonicum</i> , <i>Trichoderma harzianum</i> and others	Stress relief and growth promotion	Bradacová et al., 2019
<i>Planomicrobium chinense</i> and <i>Bacillus cereus</i>	Stress relief and growth promotion	Khan et al., 2020
<i>Rhizoglomus irregulare</i> and <i>Pseudomonas putida</i>	Plant growth promotion	Pacheco et al., 2021
<i>Halomonas aquamarina</i> and <i>Pseudomonas extremorientalis</i>	Plant growth promotion	Devi et al., 2022
<i>Azotobacter vinelandii</i> , <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> , <i>Burkholderia ambifaria</i> and others	Plant growth promotion	Hett et al., 2023

Table 1. Microorganisms and their applications in microbial consortia have been proposed in biotechnological studies for agriculture in the last two decades.

In the last two decades, the proposed use of consortia has grown with several applications for agriculture and the environment and industry. This advance is due to the need to implement ecological alternatives for crops and modern technologies to formulate inoculants. Microbial consortia formulations can be based on microorganisms from the same or different habitats. These combinations can improve their capabilities, enabling biotechnologies to benefit the soil and increase crop productivity (Weekley et al., 2012). In this way, attention is drawn to microbial communities as drivers for developing these microbial consortia.

Soil microbial communities, mainly represented by bacteria and fungi, live in an intimate and close relationship with the rhizosphere, providing several direct and indirect benefits to associated plants (Mondal et al., 2020). The approaches in the development of microbial consortia aim to obtain and insert the help of these microorganisms in a potentialized way through modified microbial consortia for bioprocesses, studies of projected micro-ecosystems, or in agrosystems (Alnahhas et., 2020). Some more specific examples of the performance of microbial consortia with effects on the growth promotion of plants and crops will be presented below.

Minerals solubilization

The mineral solubilization process takes place through the conversion of insoluble forms of these minerals into biologically assimilable soluble forms (Liu et al., 2016; Kalayu, 2019). In this process, several recognized microorganisms are being declared as solubilizers, the so-called phosphate solubilizing microorganisms (PSM's) and potassium solubilizing microorganisms (KSM's) (Meena, Maurya and Verma, 2014; Kalayu, 2019). Although bacteria and fungi have this ability, most works on solubilizing microorganisms are based on the use of pure cultures, even though, in nature, the action of these microorganisms occurs during constant interaction processes. According to Xiao et al. (2020), in reports from their research group, they proposed microbial consortia, if possible, to solubilize phosphate sources more efficiently.

Although there are several ways to solubilize phosphate minerals, such as lowering the pH at the site of action and chelation of K-linked cations, for example (Meena et al., 2014; Alori, Glick and Babalola, 2017; Soumare et al., 2019), several works describe the production of liquids as an efficient strategy in the bioavailability of minerals (Benbrik et al., 2020). The production of organic acid, mainly malic acid, acetic acid, oxalic acid, citric acid, and gluconic acid, results in acidification of the microbial cell as well as its surroundings,

promoting mineral solubilization (Meena et al., 2014, Mukhtar et al., 2017; Mendoza-Arroyo et al., 2020). Considering the production of these acids, it is essential to consider that not all microorganisms can produce them, indicating that the combined use of different microorganisms becomes an exciting approach. According to a survey conducted by Meena et al. (2014), other acids are found in varied bacteria and fungi. Thus, greater enzymatic complexation would be provided by a multispecific microbial mix.

In an experiment comparing solubilization activity, Gupta and Kumar (2015) report greater efficiency in assimilation by microbial consortia than microorganisms evaluated alone, through the greater synergy provided by the microbial multispecificity involved. Several reports with comparable results are presented in a survey conducted by Behera et al. (2021), showing the application of consortia as a promising strategy. Common to the experiments mentioned here, the results are attributed to the physiological complementation provided by the released metabolites or even by establishing new synergistic microbial associations (Dipak and Sankar, 2015; Woo and Pepe, 2018).

Decomposition of cultural residues

The performance of microbial consortia even in the natural environment can be evidenced in the breakdown of lignocellulose compounds. The decomposition of these highly recalcitrant residues requires the joint action of several enzymes that, in nature, are divided into distinct microbial groups, forming complex enzymatic associations (Gomes et al., 2017). In this process, fungi, essentially saprophytic organisms, act in the initial stage of putrefaction of the essential components of plants, such as lignocelluloses. Then the bacteria end the process by eating the digestible materials (Mondal et al., 2020).

Lignocellulose polymers have a complex and organized structural arrangement and are primarily composed of cellulose, a crystalline matrix of linear β -(1,4)-d-glucans which requires different enzymatic groups for its breakdown (Moreira et al., 2011; Vyas et al., 2018; Houfani et al., 2020) as showed in Figure 5.

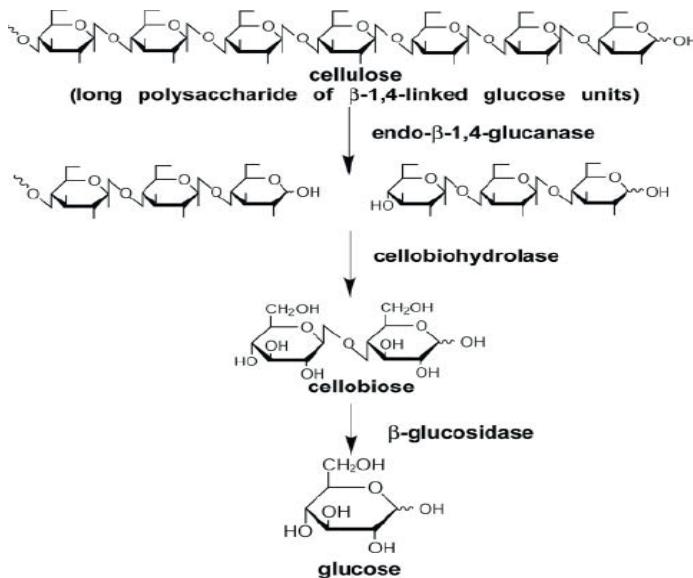


Figure 5. Enzymes are involved in breaking down the complex structure of the cellulose molecule. (Xie et al., 2007).

Cultural residues such as corn stalk and sugarcane straw are rich in lignocellulosic compounds and correspond to potential raw materials for the generation of energy or other value-added products (Yamaguchi et al., 2017; Reinehr et al., 2021). Although the microbial decomposition of these residues has been extensively researched, most studies have been based on inoculums with pure cultures, resulting in unsatisfactory lignocellulolytic activities with a low capacity to decompose the complex structure of natural lignocellulose (Guo et al., 2011).

In breaking down these highly recalcitrant compounds, microbial consortia composed of bacteria, actinomycetes, and fungi are more promising compared to inoculums consisting of pure cultures, as they can provide a multi enzymatic action, being even more resistant to non-sterile conditions (Hui et al., 2013; Liang et al., 2018). Three main classes of cellulases are described concerning these enzymes: the endoglucanases, which act randomly on the soluble and insoluble cellulose chains. In addition, the exoglucanases include cellobiohydrolases work to release cellobiose and sometimes glucose, and glycosidases release glucose from cellobiose and exoglycosidases (Himmel et al., 2010; Moreira et al., 2011; Fülöp and Ecker, 2020).

Thus, the application of microbial consortia with high multi enzymatic complementation in the decomposition of organic compounds rich in lignocellulose has agroecological and economic potential, as it can reduce the impacts of these residues on the soil, such as the proliferation of pests and diseases and compromise the development of shoots (Campos et al., 2010). Furthermore, its benefits may further extend to optimizing the supply of organic

matter and nutrient release to the soil (Rasche and Diego, 2019; Cherubin et al., 2019).

Biocontrol and biosynthesis of phytohormone

Most approaches to biological control of plant diseases are based on techniques such as increasing the disease suppression mechanism in the biological control agents (BCAs), inhibiting competitive communities and developing microbial consortia with high biological control activity (Thakkar and Saraf, 2014). However, using multiple microorganisms as biocontrol agents is more robust as it encompasses different antagonistic and stress tolerance characteristics. Therefore, it can be assumed that at least one biological control mechanism will be functional in the circumstances faced by released BCAs (Jain et al., 2012).

The role in biocontrol may result from the direct relationship between healthy microorganisms and the host plant or indirectly through the antagonistic relationship with phytopathogenic microbes (Mondal et al., 2020). In both cases, the microbial action can be stimulated via exudates released into the rhizosphere, with the microbial species co-evolved with the host plant tending to prevail. In addition to the antagonistic relationship potentiated by the synergism of the consortium, their use provides more effective disease management, as they occupy different rhizospheric microbial niches, thus restricting competition between them and increasing disease suppression (Sarma et al., 2015).

Assessing the effect of bacteria in the control of *Fusarium spp.*, Palmieri et al. (2017) observed better results when they used a consortium composed of four bacteria to the detriment of other less diverse consortia and mainly to the applications of isolated species. However, it is crucial to consider that the test used bacteria with growth-promoting characteristics, such as phosphate solubilization and phytohormones production. According to Sarma et al. (2015), multispecific biocontrol agents containing microbial species with distinct characteristics can promote benefits beyond the suppression of pathogens, thus optimizing plant growth promotion through at least two forms of action.

Regarding the production of phytohormones, studies with microbial consortia are still lacking. However, some works highlight this ability. Assessing the effect of mixed inoculation of *Pseudomonas fluorescence* and *Trichoderma asperellum*, Singh et al. (2018) observed, among other advantages, an increase in hormone synthesis and more significant growth in chickpea seedlings. In a co-inoculation assay, Bilal et al. (2018) observed strict hormonal regulation in soybean plants, reducing metallic stress by inhibiting metal absorption and translocation. Also, according to the authors, higher absorption of essential nutrients was observed and, consequently, better plant growth.

Biological nitrogen fixation

Atmospheric nitrogen is not available to most living beings, except for a selected group of archaea and bacteria called diazotrophs, which convert it into assimilable forms through biological nitrogen fixation (FBN) (Batista and Dixon, 2019). The FBN process is widely studied. Several bacterial genera are described as diazotrophic, directly associated with plants (endophytic) or free-living, establishing close plant-microbe relationships (Conalghi et al., 1997; Serrato, 2014; Olivares et al., 2017).

Although this characteristic is restricted to specific microbial groups, some legumes have greater nitrogen assimilation and develop better when co-inoculated with diazotrophic bacteria and arbuscular mycorrhizal fungi (AMF). Furthermore, in the presence of compatible fungal strains, the nodulation and fixation processes are more efficient, indicating the mutualistic relationship of the intercropping application of these microorganisms when compared to plants with isolated inoculum, even under stress conditions (Linderman, 1991; Saia et al., 2014).

Moreover, Pereira et al. (2013) observed synergistic effects in mixed inoculations with arbuscular mycorrhizal fungi, actinomycetes, and rhizobia evaluated, with gains in area biomass and nodule biomass. However, despite reports indicating the effects of intercropping inoculations, the mechanisms of this cooperation and the effects on the rhizosphere's resident microbiota are not fully understood (Woo and Pepe, 2018). Thus, there is a commitment to propose these applications at the commercial level, especially concerning FBN, one of the principal areas of application of microbial-based inputs due to the relevance of nitrogen in agriculture (Chianu et al., 2010; Olivares et al., 2017; Soumare et al., 2020).

Application vehicles for microbial consortia

The microbial consortia to be used need an application vehicle. These vehicles make up most of the inoculant volume and help deliver a physiologically viable number of microbial cells and favor the inoculant dispersion through the favorable conditions provided. Despite this knowledge, one of the biggest challenges in using microbial consortia is the difficulty of maintaining the viability of microorganisms throughout the storage and logistics period (Reis, 2007). In this sense, several studies have been carried out to improve the survival of microbial cells, thus ensuring the efficiency of the microbial consortium.

Various materials and substances have been analyzed as support for inoculation, including peat, coal, clay, rock phosphate and natural gums (Rocha, 2018). Among these, peat stands out, as it has better quality and availability than other potential vehicles and offers physical protection against soil adversities (Zilli et al., 2010; Santos et al., 2022). Other alternatives have also been valuable, such as the inoculation of stalks in sugarcane and

seeds, such as corn. In these cases, inoculation is carried out under controlled conditions, and when the stems or seeds go to the field, the consortia are already in the colonization phase. In general, there is still no consensus or vehicle that helps apply consortia in different cultures. Thus, it is necessary to know the microorganisms involved so that the consortium, the vehicle and the plant are compatible and the expected results are obtained.

FINAL CONSIDERATIONS AND PROSPECTS

The successful use of consortia depends on the existing compatibility between the microorganisms involved since two antagonistic organisms, even if beneficial, can compromise stability and reach the expected results. Thus, understanding the molecular and physiological bases involved can be a way to improve manipulation techniques in microbial consortia, suppressing or expressing genes of interest. Therefore, using multidisciplinary approaches can facilitate the development and improvement of stable consortia.

Finally, understanding microbial ecology in the most diverse environments and the requirements of organisms for their joint action is necessary for the development of studies and techniques that enable the application of microbial consortia. By being an engaging area that still requires deep investigations, and insertion of modern technologies and methods, including to be developed, microbial consortia still fit as promising natural alternatives. However, they will collaborate to create and establish productive, healthy, and sustainable future agriculture.

REFERENCES

- Alnahhas, Razan N. et al. (2020). Majority Sensing in Synthetic Microbial Consortia. *Nature Communications* 11(1).
- Alori, E. T., Glick, B. R., e Babalola, O. O. (2017). Microbial phosphorus solubilization and its potential for use in sustainable agriculture. *Frontiers in microbiology*, 8, 971.
- Batista, Marcelo Bueno, and Ray Dixon. 2019. "Manipulating Nitrogen Regulation in Diazotrophic Bacteria for Agronomic Benefit." *Biochemical Society Transactions* 47(2): 603–14.
- Behera, Biswaranjan et al. (2021). Microbial Consortia for Sustaining Productivity of Non-Legume Crops: Prospects and Challenges. *Agricultural Research* 10(1).
- Bell, D. K. (1982). *In Vitro* Antagonism of Trichoderma Species Against Six Fungal Plant Pathogens. *Phytopathology* 72(4): 379.
- Berg, Gabriele, and Kornelia Smalla. (2009). Plant Species and Soil Type Cooperatively Shape the Structure and Function of Microbial Communities in the Rhizosphere. *FEMS Microbiology Ecology* 68(1): 1–13.

Bilal, Saqib et al. (2018). Endophytic Microbial Consortia of Phytohormones-Producing Fungus Paecilomyces Formosus Lhl10 and Bacteria Sphingomonas Sp. Lk11 to Glycine Max l. Regulates Physio-Hormonal Changes to Attenuate Aluminum and Zinc Stresses. *Frontiers in Plant Science* 9(September): 1–18.

Bradáčová, Klára et al. (2019). Microbial Consortia versus Single-Strain Inoculants: An Advantage in PGPM-Assisted Tomato Production?" *Agronomy* 9(2).

de Campos, Luiz Henrique Franco et al. 2010. "Sistemas de Manejo Da Palhada Influenciam Acúmulo de Biomassa e Produtividade Da Cana-de-Açúcar (Var. RB855453). *Acta Scientiarum - Agronomy* 32(2): 345–50.

Chantre, N. C. S. (2018). Veículo de inoculação à base de exopolissacarídeo em formulações bacterianas para cana-de-açúcar.

Che, S., Xu, Y., Qin, X., Tian, S., Wang, J., Zhou, X., ... & Yang, X. (2024). Building microbial consortia to enhance straw degradation, phosphorus solubilization, and soil fertility for rice growth. *Microbial Cell Factories*, 23(1), 232.

Cherubin, Maurício R. et al. (2019). Sugarcane Straw Removal: Implications to Soil Fertility and Fertilizer Demand in Brazil. *Bioenergy Research* 12(4): 888–900.

Chung, Soohee, Jong Hui Lim, and Sang Dal Kim. (2010). Powder Formulation Using Heat Resistant Endospores of Two Multi-Functional Plant Growth Promoting Rhizobacteria Bacillus Strains Having Phytophthora Blight Suppression and Growth Promoting Functions. *Journal of Applied Biological Chemistry* 53(4): 485–92.

Colnaghi, Rita et al. (1997). Strategies for Increased Ammonium Production in Free-Living or Plant Associated Nitrogen Fixing Bacteria. *Plant and Soil* 194(1–2): 145–54.

De Souza Moreira, Fatima Maria, Krisle Da Silva, Rafaela Simão Abrahão Nóbrega, and Fernanda De Carvalho. (2010). Bactérias Diazotróficas Associativas: Diversidade, Ecologia e Potencial de Aplicações. *Comunicata Scientiae* 1(2): 74–99.

Devi, R., Kaur, T., Kour, D., Yadav, A. N., & Suman, A. (2022). Potential applications of mineral solubilizing rhizospheric and nitrogen fixing endophytic bacteria as microbial consortium for the growth promotion of chilli (*Capsicum annuum* L.). *Biologia*, 77(10), 2933-2943.

Dos Santos, L. G., Baldani, V. L. D., Ferreira, J. S., Bahia, B. L., Santana, M. S., & Peixouto, L. S. (2022). Sobrevivência de bactérias diazotróficas em suporte inoculante alternativo de casca de algodão. *Conjecturas*, 22(2), 1386-1397.

Fuentes, María S., Verónica L. Colin, María J. Amoroso, and Claudia S. Benimeli. (2016). Selection of an Actinobacteria Mixed Culture for Chlordane Remediation. Pesticide Effects on Microbial Morphology and Bioemulsifier Production. *Journal of Basic Microbiology* 56(2): 127–37.

Fülöp, László, and János Ecker. (2020). An Overview of Biomass Conversion: Exploring New Opportunities. *PeerJ* 8.

Gomes, Helder Andrey Rocha et al. (2017). Identification of Multienzymatic Complexes in the Clonostachys Byssicola Secretomes Produced in Response to Different Lignocellulosic Carbon Sources. *Journal of Biotechnology* 254(January): 51–58.

Guetsky, R., D. Shtienberg, Y. Elad, and A. Dinoor. (2001). Combining Biocontrol Agents to Reduce the Variability of Biological Control. *Phytopathology* 91(7): 621–27.

Guevara, Claudia e María Mercedes Zambrano. (2006). Sugarcane Cellulose Utilization by a Defined Microbial Consortium. *FEMS Microbiology Letters* 255(1): 52–58.

Gupta, Rashi; Bisaria, V. S., Sharma, Shilpi. (2015). Effect of agricultural amendments on *Cajanus cajan* (pigeon pea) and its rhizospheric microbial communities - A comparison between chemical fertilizers and bioinoculants. *PLoS One*, v. 10, n. 7, p. 1–17.

Gupta, Rashi, V. S. Bisaria, and Shilpi Sharma. (2015). Effect of Agricultural Amendments on *Cajanus Cajan* (Pigeon Pea) and Its Rhizospheric Microbial Communities - A Comparison between Chemical Fertilizers and Bioinoculants. *PLoS ONE* 10(7): 1–17.

Hays, Stephanie G., Leo L.W. Yan, Pamela A. Silver, and Daniel C. Ducat. (2017). Synthetic Photosynthetic Consortia Define Interactions Leading to Robustness and Photoproduction. *Journal of Biological Engineering* 11(1): 1–14.

Hett, J., Döring, T. F., Bevvivino, A., & Neuhoff, D. (2023). Impact of microbial consortia on organic maize in a temperate climate varies with environment but not with fertilization. *European Journal of Agronomy*, 144, 126743.

Himmel, Michael E. et al. (2010). Microbial Enzyme Systems for Biomass Conversion: Emerging Paradigms. *Biofuels* 1(2): 323–41.

Houfani, Aicha Asma et al. (2020). Insights from Enzymatic Degradation of Cellulose and Hemicellulose to Fermentable Sugars – a Review. *Biomass and Bioenergy* 134(February): 105481.

Hui, Wang et al. (2013). Bioconversion of Un-Pretreated Lignocellulosic Materials by a Microbial Consortium XDC-2. *Bioresource Technology* 136: 481–87.

Igiehon, Nicholas O., Olubukola O. Babalola. 2017. “Biofertilizers and Sustainable Agriculture: Exploring Arbuscular Mycorrhizal Fungi.” *Applied Microbiology and Biotechnology* 101(12): 4871–81.

Jain, A., S. Singh, B. Kumar Sarma Ee H. Bahadur Singh. (2012). Microbial Consortium-Mediated Reprogramming of Defence Network in Pea to Enhance Tolerance against *Sclerotinia sclerotiorum*. *Journal of Applied Microbiology* 112(3): 537–50.

Kalayu, Girmay. (2019). Phosphate Solubilizing Microorganisms: Promising Approach as Biofertilizers. *International Journal of Agronomy*.

Khan, Naeem, Asghari Bano, and José Alfredo Curá. (2020). Role of Beneficial Microorganisms and Salicylic Acid in Improving Rainfed Agriculture and Future Food Safety. *Microorganisms* 8(7): 1–22.

Kong, Wentao, David R. Meldgin, James J. Collins, and Ting Lu. (2018). Designing Microbial Consortia with Defined Social Interactions. *Nature Chemical Biology* 14(8): 821–29.

Lee, Duu Jong, Kuan Yeow Show, and Aijie Wang. (2013). Unconventional Approaches to Isolation and Enrichment of Functional Microbial Consortium - A Review. *Bioresource Technology* 136: 697–706.

Lee, Myung Hwan, and Seon-Woo Lee. (2013). Bioprospecting Potential of the Soil Metagenome: Novel Enzymes and Bioactivities. *Genomics e Informatics* 11(3): 114.

Li, Renyi, Ulrike Dörfler, Jean Charles Munch, and Reiner Schroll. (2017). Enhanced Degradation of Isoproturon in an Agricultural Soil by a *Sphingomonas* sp. Strain and a Microbial Consortium. *Chemosphere* 168: 1169–76.

Liang, Jiajin, Xiuxiu Fang, Yunqin Lin, and Dehan Wang. (2018). A New Screened Microbial Consortium OEM2 for Lignocellulosic Biomass Deconstruction and Chlorophenols Detoxification. *Journal of Hazardous Materials* 347(Jan.): 341–48.

Lima, Rissele Paraguai et al. (2015). Apore e Decomposição da Serapilheira na Caatinga no Sul do Piauí. Litter Contribution and Decomposition in the Caatinga In.” 22(November 2011): 42–49.

Linderman, R. G. (1991). Mycorrhizal Interactions in the Rhizosphere. *The Rhizosphere and Plant Growth*: 343–48.

Liu, Chenggang et al. (2019). Drivers of Soil Bacterial Community Structure and Diversity in Tropical Agroforestry Systems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 278(March): 24–34.

Liu, Min et al. (2016). Selection and Evaluation of Phosphate-Solubilizing Bacteria from Grapevine Rhizospheres for Use as Biofertilizers. *Spanish Journal of Agricultural Research* 14(4).

Liu, Zhihong et al. (2021). Quorum Sensing Shaped Microbial Consortia and Enhanced Hydrogen Recovery from Waste Activated Sludge Electro-Fermentation on Basis of Free Nitrous Acid Treatment. *Science of the Total Environment* 766: 144348.

Meena, Vijay Singh, B. R. Maurya, and Jay Prakash Verma. (2014). Does a Rhizospheric Microorganism Enhance K⁺ Availability in Agricultural Soils? *Microbiological Research* 169(5–6): 337–47.

Mendoza-Arroyo, Gustavo Enrique et al. (2020). Inorganic Phosphate Solubilization by a Novel Isolated Bacterial Strain *Enterobacter* sp. Itcb-09 and Its Application Potential as Biofertilizer. *Agriculture (Switzerland)* 10(9): 1–15.

Miyauchi, Marina Yumi Horta et al. (2008). Interactions between Diazotrophic Bacteria and Mycorrhizal Fungus in Maize Genotypes. *Scientia Agricola* 65(5): 525–31.

Mondal, Subhadeep, Suman Kumar Halder, Ajay Nath Yadav, and Keshab Chandra Mondal. 2020. *Microbial Consortium with Multifunctional Plant Growth-Promoting Attributes. Future Perspective in Agriculture*.

Mukhtar, Salma, Samina Mehnaz, and Kauser Abdulla Malik. (2019). Microbial Diversity in the Rhizosphere of Plants Growing under Extreme Environments and Its Impact on Crop Improvement. *Environmental Sustainability* 2(3): 329–38.

Murthy, H. M.Rajashekara, and H. K. Manonmani. 2007. “Aerobic Degradation of Technical Hexachlorocyclohexane by a Defined Microbial Consortium.” *Journal of Hazardous Materials* 149(1): 18–25.

Naik, Kalyani; Mishra, Snehasish; Srichandan, Haragobinda; Singh, Puneet Kumar; Sarangi, Prakash Kumar. (2019). Plant growth-promoting microbes: Potential link to sustainable agriculture and environment. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, [S. l.], v. 21, n. July, p. 101326.

Olivares, Fábio Lopes et al. (2017). Plant Growth Promoting Bacteria and Humic Substances: Crop Promotion and Mechanisms of Action. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture* 4(1): 1–13.

Pacheco, Inês et al. (2021). Microbial Consortium Increases Maize Productivity and Reduces Grain Phosphorus Concentration under Field Conditions. *Saudi Journal of Biological Sciences* 28(1): 232–37.

Palmieri, D., D. Vitullo, F. De Curtis, and Giuseppe Lima. (2017). A Microbial Consortium in the Rhizosphere as a New Biocontrol Approach against Fusarium Decline of Chickpea. *Plant and Soil* 412(1–2): 425–39.

Paul, Dipak, and Sankar Narayan Sinha. (2015). Biological Removal of Phosphate Using Phosphate Solubilizing Bacterial Consortium from Synthetic Wastewater: A Laboratory Scale. *EnvironmentAsia* 8(1): 1–8.

Paula, M A, S Urquiaga, and J O Siqueira. (1992). And Diazotrophic Bacteria on Nutrition and Growth of Sweet Potato. 61–66.

Pereira, Guilherme Henrique Almeida et al. (2013). Decomposição Da Serrapilheira, Diversidade e Funcionalidade de Invertebrados Do Solo Em Um Fragmento de Floresta Atlântica. *Bioscience Journal* 29(5): 1316–26.

Poszytek, Krzysztof, Martyna Ciezkowska, Aleksandra Skłodowska, and Lukasz Drewniak. (2016). Microbial Consortium with High Cellulolytic Activity (MCHCA) for Enhanced Biogas Production." *Frontiers in Microbiology* 7(MAR): 1–11.

Radianingtyas, Helia, Gary K. Robinson, and Alan T. Bull. (2003). Characterization of a Soil-Derived Bacterial Consortium Degrading 4-Chloroaniline. *Microbiology* 149(11): 3279–87.

Rajasekar, S, and R Elango. (2011). "Effect of Microbial Consortium on Plant Growth and Improvement of Alkaloid Content in Withania Somnifera (Ashwagandha)." *Current Botany* 2(8): 27–30.

Rasche, Livia, and Ruth Sos Del Diego. (2020). Pros and Cons of Sugarcane Straw Recovery in São Paulo. *Bioenergy Research* 13(1): 147–56.

Razafimbelo, Tantely et al. (2006). Effect of Sugarcane Residue Management (Mulching versus Burning) on Organic Matter in a Clayey Oxisol from Southern Brazil. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 115(1–4): 285–89.

Reinehr, Thiago Olinek et al. (2021). Study of Pyrolysis Kinetic of Green Corn Husk. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry* 143(4): 3181–92.

Reis, V. M. Uso de Bactérias Fixadoras de Nitrogênio como Inoculante para Aplicação em Gramíneas. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2007. 22 p. (Documentos, Embrapa Agrobiologia. ISSN 1517-8498: 232).

Rocha, J. F. D. (2018). Estudo da mistura carboximetilcelulose/Lithothamnium como veículo para inoculantes rizobianos.

Rocha, R. L. F. Atributos químicos e microbiológicos associados ao sistema solo-palha de cana-de-açúcar (2018). Dissertação (Mestrado). Programa de Pós Graduação em produção Vegetal - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Campos dos Goytacazes, RJ.

Roller, Benjamin R.K., and Thomas M. Schmidt. (2015). The Physiology and Ecological Implications of Efficient Growth. *ISME Journal* 9(7): 1481–87.

Roscoe, R.; Machado, P.L.O.A. (2002). Fracionamento físico do solo em estudos da matéria orgânica Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste. 86p.

Saia, Sergio et al. (2014). Influence of Arbuscular Mycorrhizae on Biomass Production and Nitrogen Fixation of Berseem Clover Plants Subjected to Water Stress. *PLoS ONE* 9(3).

Sarma, Birinchi Kumar, Sudheer Kumar Yadav, Surendra Singh and Harikesh Bahadur Singh. (2015). Microbial Consortium-Mediated Plant Defense against Phytopathogens: Readdressing for Enhancing Efficacy. *Soil Biology and Biochemistry* 87: 25–33.

Scott, Spencer R., and Jeff Hasty. (2016). Quorum Sensing Communication Modules for Microbial Consortia. *ACS Synthetic Biology* 5(9): 969–77.

Singh, Radha, and Ashok K. Dubey. (2018). Diversity and Applications of Endophytic Actinobacteria of Plants in Special and Other Ecological Niches. *Frontiers in Microbiology* 9(AUG).

Soumare, Abdoulaye, Kenza Boubekri, et al. (2020). From Isolation of Phosphate Solubilizing Microbes to Their Formulation and Use as Biofertilizers: Status and Needs. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology* 7(January): 1–14.

Soumare, Abdoulaye, Abdala G Diedhiou, Moses Thuita, and Mohamed Hafidi. (2020). Exploiting Biological Nitrogen Fixation : A Route. *Plants*: 1–22.

Stephens, Kristina, and William E. Bentley. (2020). Synthetic Biology for Manipulating Quorum Sensing in Microbial Consortia. *Trends in Microbiology* 28(8): 633–43.

Stocker, Roman. (2012). Marine Microbes See a Sea of Gradients. *Science* 338(6107): 628–33.

Sun, Hai et al. (2017). Effects of Different Leaf Litters on the Physicochemical Properties and Bacterial Communities in Panax Ginseng-Growing Soil. *Applied Soil Ecology* 111: 17–24.

Sun, X., Tao, R., Xu, D., Qu, M., Zheng, M., Zhang, M., & Mei, Y. (2023). Role of polyamide microplastic in altering microbial consortium and carbon and nitrogen cycles in a simulated agricultural soil microcosm. *Chemosphere*, 312, 137155.

Sousa, Jucimara Anunciação De Jesus; Olivares, Fabio Lopes. (2016). Plant growth promotion by streptomyces: Ecophysiology, mechanisms and applications. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, v. 3, n. 1, p. 1–12.

Struijk, Paul C.; Kuyper, Thomas W. (2017). Sustainable intensification in agriculture: the richer shade of green. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, [S. I.], v. 37, n. 5.

Thakkar, A., and M. Saraf. (2015). Development of Microbial Consortia as a Biocontrol Agent for Effective Management of Fungal Diseases in Glycine Max L. *Archives of Phytopathology and Plant Protection* 48(6): 459–74.

Valenzuela, Hector. Agroecology: A global paradigm to challenge mainstream industrial agriculture. *Horticulturae*, [S. I.], v. 2, n. 1, 2016.

Viñas, Marc et al. (2005). Culture-Dependent and -Independent Approaches Establish the Complexity of a PAH-Degrading Microbial Consortium. *Canadian Journal of Microbiology* 51(11): 897–909.

Vyas, Preeti, Ashwani Kumar, and Suren Singh. (2018). Biomass Breakdown: A Review on Pretreatment, Instrumentations and Methods. *Frontiers in Bioscience - Elite* 10(1): 155–74.

Welbaum, Gregory E., Antony V. Sturz, Zhongmin Dong, and Jerzy Nowak. (2004). Managing Soil Microorganisms to Improve Productivity of Agro-Ecosystems. *Critical Reviews in Plant Sciences* 23(2): 175–93.

Weekley, Jonathan; Gabbard, Joseph; Nowak, Jerzy. (2012). Micro-Level Management of Agricultural Inputs: Emerging Approaches. *Agronomy*, v. 2, n.4, p.321–357.

Woo, Sheridan L., and Olimpia Pepe. (2018). Microbial Consortia: Promising Probiotics as Plant Biostimulants for Sustainable Agriculture. *Frontiers in Plant Science* 9(2003): 7–12.

Xiao, Chunqiao et al. (2020). Biosolubilization of Low-Grade Rock Phosphate by Native Microbial Consortia from Phosphate Mines: Effect of Sampling Sources and Culture Media. *Geomicrobiology Journal* 37(9): 859–66.

Xie, Gary et al. (2007). Genome Sequence of the Cellulolytic Gliding Bacterium *Cytophaga hutchinsonii*. " *Applied and Environmental Microbiology* 73(11): 3536–46.

Yamaguchi, Carina Sayuri et al. (2017). Sugarcane Straw Decomposition and Carbon Balance as a Function of Initial Biomass and Vinasse Addition to Soil Surface. *Bragantia* 76(1): 135–44.

Yang, Y. H. et al. (2004). Research on Solid-State Fermentation on Rice Chaff with a Microbial Consortium. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces* 34(1): 1–6.

Zhang, Heng et al. (2008). Functional Assembly of a Microbial Consortium with Autofluorescent and Mineralizing Activity for the Biodegradation of Organophosphates. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56(17): 7897–7902.

Zhu, Chen et al. (2018). N-Fertilizer-Driven Association between the Arbuscular Mycorrhizal Fungal Community and Diazotrophic Community Impacts Wheat Yield. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 254(June 2017): 191–201.

CAPÍTULO 5

UTILIZAÇÃO DE FARINHA DE BERINJELA (*Solanum melongena*, L.) PARA A FORMULAÇÃO DE PÃO

Data de submissão: 16/12/2024

Data de aceite: 02/01/2025

Ana Carolina Pereira Kupper

Acadêmica do Curso de Engenharia de Alimentos, DEALI, Laboratório de Processos na Indústria de Alimento, LAPIA, da Universidade Estadual do Centro-Oeste, UNICENTRO Guarapuava, Paraná, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/6156498707602700>

Maurício Rigo

Professor associado C, do Departamento de Engenharia de Alimentos, DEALI, Laboratório de Processos na Indústria de Alimento, LAPIA, da Universidade Estadual do Centro-Oeste, UNICENTRO Guarapuava, Paraná, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/9947725470648907>

José Ranieri Mazile Vidal Bezerra

Professor associado C, do Departamento de Engenharia de Alimentos, DEALI, Laboratório de Processos na Indústria de Alimento, LAPIA, da Universidade Estadual do Centro-Oeste, UNICENTRO Guarapuava, Paraná, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/4037944185551242>

Ariádine Reder Custódio de Souza

Professora Colaborador, do Departamento de Engenharia de Alimentos, DEALI, Laboratório de Processos de Separação, LAPROS, da Universidade Estadual do Centro-Oeste, UNICENTRO Guarapuava, Paraná, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/0735492067544792>

RESUMO: Define-se pão como sendo o produto obtido a partir da farinha de trigo e/ou de outras farinhas, adicionado de líquido, resultante do processo de fermentação ou não e cocção, podendo conter outros ingredientes, desde que estes não descaracterizem o produto. A berinjela (*Solanum melongena*, L.) é fonte de proteínas, minerais, carboidratos e fibras. Essa fruta é rica nutricionalmente e apresenta grande potencial a ser explorado por possuir melhor disponibilidade de fibra e se distinguir de outras devido à boa digestibilidade. O objetivo deste trabalho foi estudar as propriedades físicas de um pão formulado com farinha de berinjela (*Solanum melongena*, L.). Foram estudadas três formulações de pães, sendo uma sem adição de farinha de berinjela (Controle=F0) e duas com diferentes percentuais de FB

(F1=5% e F2=10%), calculados com base no teor de farinha de trigo. Pode-se observar, a partir da diferença de diâmetro, antes e após o forneamento dos pães, que a adição de FB proporcionou bom comportamento da massa, quanto à sustentação e estrutura, originando pães no formato desejado. A farinha de berinjela (*Solanum melongena*, L.) é uma matéria prima promissora para o desenvolvimento de produtos que se enquadram no segmento de saudabilidade, pois suas propriedades funcionais podem ser bem aproveitadas na indústria de alimentos.

PALAVRAS-CHAVE: Produto; Nutricional; Processamento.

Abstract: Bread is defined as a product obtained from wheat flour and/or other flours, added with liquid, resulting from the fermentation or non-fermentation process and cooking, and may contain other ingredients, as long as they do not distort the product. Eggplant (*Solanum melongena*, L.) is a source of proteins, minerals, carbohydrates and fiber. This fruit is nutritionally rich and has great potential to be explored as it has better fiber availability and stands out from others due to its good digestibility. The objective of this work was to study the physical properties of a bread formulated with eggplant flour (*Solanum melongena*, L.). Three bread formulations were studied, one without the addition of eggplant flour (Control=F0) and two with different percentages of BF (F1=5% and F2=10%), calculated based on the wheat flour content. It can be seen, based on the difference in diameter, before and after baking the breads, that the addition of FB provided good dough behavior in terms of support and structure, resulting in breads in the desired shape. Eggplant flour (*Solanum melongena*, L.) is a promising raw material for the development of products that fall into the health segment, as its functional properties can be well used in the food industry.

KEYWORDS: Product; Nutritional; Processing.

1 | INTRODUÇÃO

Na contemporaneidade, devido ao maior nível de informação, os consumidores demonstram desejo crescente por uma vida saudável, buscando implementar à sua dieta alimentos que, além da considerável qualidade nutricional, disponham, também, de propriedades funcionais e efeitos benéficos à saúde. A fim de seguir as tendências de mercado, o setor da indústria alimentícia tem buscado novas maneiras de agradar ao consumidor, mas sem perder a qualidade sensorial dos produtos (Agência Brasil, 2018).

O pão é um dos alimentos mais antigos conhecidos e é consumido diariamente no mundo, independente da classe social. Segundo uma pesquisa divulgada em 2020 pela Associação Brasileira da Indústria de Panificação e Confeitaria (ABIP) o pão francês é o principal produto das padarias brasileiras, porém, em 2019, seu consumo caiu 4,5%, tal fato se relaciona com a falta de modernização por parte de algumas empresas, que insistem em não acompanhar as tendências do mercado. Segundo uma pesquisa feita em 2017 pelo Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas, o consumo per capita do brasileiro é de 22,61 kg de pães por ano (SEBRAE, 2017).

Além disso, de acordo o Instituto Tecnológico da Panificação e Confeitaria, desde

2015 observa-se um aumento no consumo de pão, o que não tem sido revertido, contudo, em crescimento para empresas tradicionais, que não se adaptaram e/ou se modernizaram em relação às necessidades atuais do mercado e dos consumidores (ITPC, 2017).

O pão é um produto obtido da farinha de trigo e/ou de outras farinhas, adicionado de líquido, resultante do processo de fermentação ou não e cocção, podendo conter outros ingredientes, desde que estão não descharacterizem o produto. Pode apresentar cobertura, recheio, formato e textura diversos (ANVISA, 2005).

A farinha de trigo é o ingrediente básico na formulação do pão. Tem a função de fornecer as proteínas formadoras do glúten, além de outras proteínas. O glúten é formado quando a farinha de trigo, a água e os demais ingredientes são misturados e sofrem uma ação mecânica (amassamento). O glúten dá elasticidade e consistência à massa, retém o gás carbônico (CO_2), oriundo da fermentação, e faz com que haja um aumento do volume do pão (ANVISA, 2012).

A água possui a função de hidratar a farinha, dissolver parte das proteínas, e inchar os grãos de amido, assegurando a união das proteínas que darão origem à rede de glúten na qual se insere o amido. Ao mesmo tempo, promove a formação de um meio úmido favorável às atividades fermentativas e enzimáticas (AQUINO, 2012).

A água atua como solvente e plastificante, permitindo que, durante o processo de cozimento do pão, ocorra o fenômeno da gelatinização do amido (PAVANELLI, 2000).

O sal tem grande influência em três aspectos da panificação: melhora o sabor, pois o pão feito sem sal é insosso e insípido; contribui para o fortalecimento do glúten, dando mais força à farinha; e controla a ação do fermento. Sem adição de sal, o fermento atuaria rapidamente, esgotando os açucares presentes e produzindo uma crosta pálida (EL-DASH et al., 1994).

O fermento biológico é a levedura e outros microrganismos utilizados em processos de tecnologia alimentar que envolvem fermentação. Quando adicionada à massa, a levedura utiliza o açúcar como alimento e o transforma em gás carbônico, álcool e substâncias aromáticas. O gás produzido é o responsável pelo crescimento da massa. O álcool e as substâncias aromáticas contribuem para o sabor e o aroma do pão. Na receita de pão, do total da massa (165%), a farinha corresponde com 100% (ANVISA, 2012).

A introdução de outros tipos de farinhas em produtos de panificação, em uma substituição parcial, pode representar uma oportunidade para o mercado agroindustrial brasileiro, utilizando-se diferentes matérias-primas, com a finalidade de produção com potencial nutricional.

A reduzida ingestão de fibra alimentar pelo homem vem sendo associada ao aumento de inúmeras doenças crônicas não transmissíveis. Dessa forma, o consumo de alimentos ricos em fibra alimentar é essencial para manter a saúde e reduzir os riscos de determinadas doenças, como o *diabetes mellitus* e dislipidemias. Para suprir o deficit do consumo de fibra alimentar, a indústria alimentícia vem utilizando a fibra para a produção

ou o enriquecimento de seus produtos, buscando, desta forma, aumentar seu teor de fibra alimentar e nutricional (CERQUEIRA et al., 2008).

A fibra alimentar é descrita como uma classe de compostos de origem vegetal que, quando ingeridos, são resistentes à hidrólise enzimática, à digestão e à absorção no intestino delgado, apresentando fermentação parcial no intestino grosso. Estes compostos de origem vegetal incluem polissacarídeos, oligossacarídeos, lignina e substâncias associadas. Os efeitos fisiológicos exercidos pela fibra alimentar são: laxação, aumento do bolo fecal, atenuação do colesterol e da glicemia sanguínea. Dentre outros fatores, esses efeitos relacionam a solubilidade da fibra em água, podendo-se classificá-las em solúveis (pectinas, gomas e mucilagens) e insolúveis (celulose, hemicelulose e lignina) (CERQUEIRA et al., 2008).

A berinjela (*Solanum melongena*, L.) é originária do leste e o do sudeste da Ásia e se difundiu pelo mundo a partir da Índia. Cultivada por pequenos produtores em praticamente todo o território brasileiro, a produção de berinjela sofre grandes perdas no período da safra devido ao excesso de oferta. Por suas características nutricionais, a farinha de berinjela desponta como um ingrediente alimentar altamente desejável para enriquecer outros alimentos (PEREZ, 2004). O alto teor de fibra permite que a farinha de berinjela possa ser utilizada na elaboração de produtos de panificação (biscoitos e pães) e massas alimentícias, ampliando a oferta de produtos com alto teor de fibra, tanto para consumidores sadios, quanto para aqueles que apresentam algumas patologias (constipação intestinal, alto nível de colesterol, obesidade entre outras).

As vantagens da secagem da fruta são várias, entre as quais temos a melhor conservação do produto e redução do seu peso. Além disso, em termos de preço, muitas vezes a secagem é mais econômica do que outros processos de conservação. Sabemos que a umidade é necessária ao crescimento dos microrganismos; assim, se diminuimos bastante o conteúdo líquido, criaremos condições desfavoráveis para o crescimento microbiano. A redução do peso (50-80%) é feita não só pela eliminação da água, como também pela retirada de partes não comestíveis (casca, semente, caroços, etc.). Haverá não só redução do peso, como também de volume, o que terá importância na embalagem, no transporte e no armazenamento dos alimentos. Alguns produtos, quando submetidos a secagem, conservam bastante intactas suas características físicas e nutritivas e, quando lhes é restituída a água, retornarão ao aspecto natural ou mudarão muito pouco (GAVA, 2009).

2 | OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho foi avaliar as propriedades físicas de pães formulados com substituição parcial da farinha de trigo por farinha de berinjela (*Solanum melongena*, L.).

3 | METODOLOGIA

3.1 Matéria - prima

As berinjelas (*Solanum melongena, L.*) utilizadas neste experimento foram comprados e selecionados de um único lote, proveniente de mercados da região de Guarapuava/PR.

Nesta pesquisa, a farinha de trigo, os ovos, o óleo de soja, o açúcar, o sal, e o fermento biológico foram adquiridos em estabelecimento comercial de Guarapuava/PR.

3.2 Obtenção da farinha de berinjela (*Solanum melongena, L.*)

O processamento da farinha de berinjela (*Solanum melongena, L.*) foi realizado no Laboratório de Processos na Indústria de Alimentos, LAPA, Campus Cedeteg, da Universidade Estadual do Centro-Oeste, UNICENTRO.

As berinjelas (*Solanum melongena, L.*) foram higienizadas em água corrente, sanitizadas (solução de hipoclorito de sódio 200 ppm) e, em seguida, cortadas em rodelas com espessura de 1,5 cm. As rodelas passaram por um processo de desidratação com secador e circulação forçada de ar com bandeja (Pardal, Brasil), a uma temperatura de 65 °C, por 24 horas, de acordo com a metodologia descrita por Borba (2005).

Após esse período, as rodelas foram desidratadas e trituradas em liquidificador (Metvisa, Brasil) e ajustado à granulometria em peneira (Modelo Bertel, com 32/mesh de abertura).

Após, foi embalado em sacos plásticos de polietileno e armazenado em temperatura de 25°C.

A Figura 01 mostra o fluxograma para a obtenção da farinha de berinjela (*Solanum melongena, L.*).

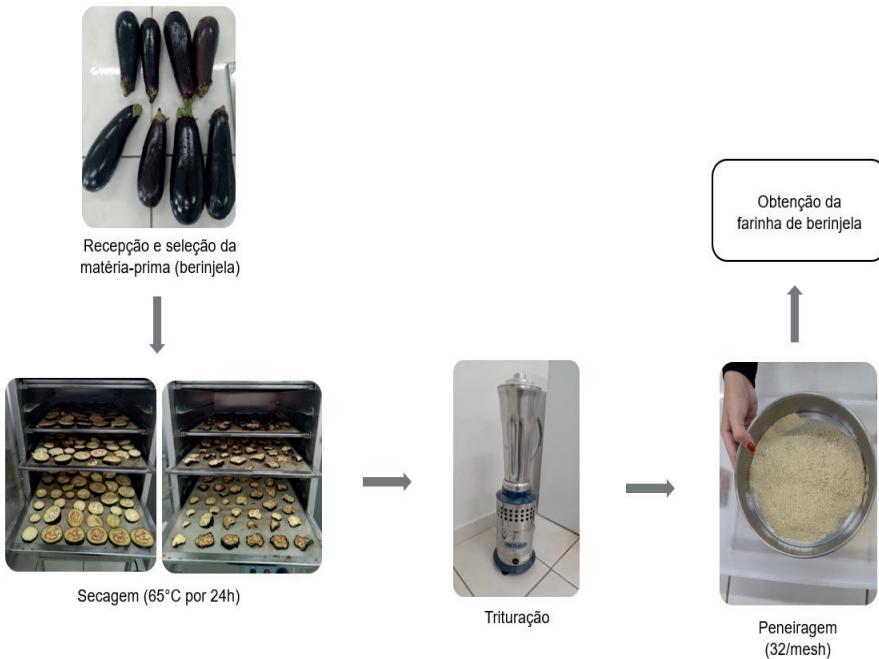


Figura 01. Fluxograma para obtenção da farinha de berinjela (*Solanum melongena, L.*)

3.3 Elaboração dos pães com adição de farinha de berinjela (*Solanum melongena, L.*)

A elaboração dos pães com a farinha berinjela (*Solanum melongena, L.*) foi realizada no Laboratório de Processos na Indústria de Alimentos, LAPIA.

Na Figura 2 demonstra-se o fluxograma para elaboração dos pães com adição de farinha de berinjela (*Solanum melongena, L.*). Foram estudas três formulações de pão, sendo uma sem adição de farinha de berinjela (*Solanum melongena, L.*) (Controle=F0) e duas com diferentes percentuais de FB (F1=5,0% e F2=10%), calculados com base no teor de farinha de trigo, como apresentado na Tabela 01.

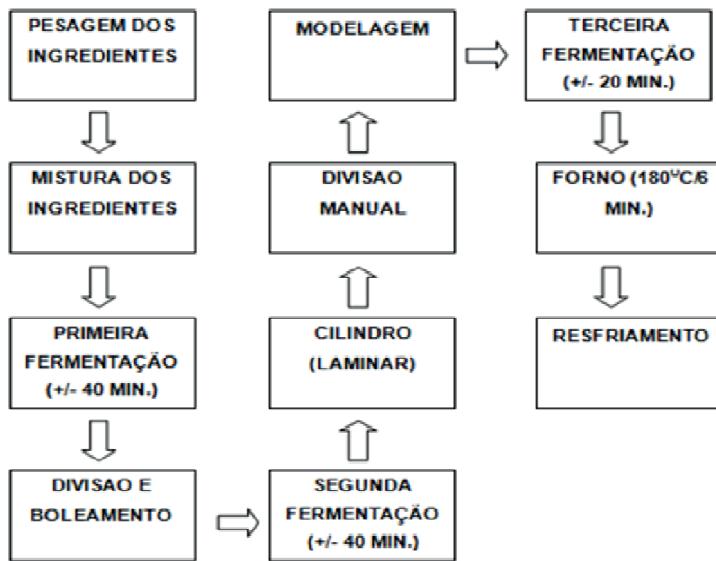


Figura 2 – Fluxograma para elaboração dos pães com adição de farinha de berinjela (*Solanum melongena*, L.)

Para o preparo dos pães foram misturados, em um recipiente, primeiramente, os ingredientes secos; após, o fermento biológico dissolvido em água; e, por fim, o óleo de soja. Em seguida, a massa foi sovada, até tornar-se uniforme, por dez minutos. A primeira fermentação da massa foi realizada por trinta minutos, em câmara de fermentação (Cimapi®, Brasil), regulada na temperatura de $32\pm1^\circ\text{C}$ e umidade relativa de 80%.

Após essa etapa, os pães foram modelados, manualmente, em porções de 50 gramas e colocados em uma assadeira, sendo levados novamente para a câmara de fermentação, regulada na temperatura de $32\pm1^\circ\text{C}$ e umidade relativa de 80%.

Após 105 minutos de fermentação foram assados em forno convencional (Venâncio®, Brasil), na temperatura de 180°C , por aproximadamente trinta minutos. A espera pelo resfriamento dos pães foi de 60 minutos.

Ingredientes (g)	Formulações		
	F0 (%)	F1 (%)	F2 (%)
Farinha de trigo	53,5	50,8	48
Farinha de berinjela	0	2,6	5,4
Água	35	35	35
Açúcar	2,6	2,6	2,6
Óleo	5,3	5,3	5,3
Fermento biológico em pó	1,6	1,6	1,6
Sal	1	1	1

Melhorador de farinha	0,5	0,5	0,5
Total	100	100	100

F0=controle, F1= 5,0% e F2=10% FB.

Tabela 1 – Formulação dos pães com e sem adição de farinha de *berinjela* (*Solanum melongena, L.*)

3.4 Análises físico-químicas da farinha de berinjela (*Solanum melongena, L.*)

A análise da composição centesimal foi realizada em triplicata, no Laboratório de Análise de Alimentos, do Departamento e Engenharia de Alimentos, *Campus Cedeteg*, da UNICENTRO, em Guarapuava-PR.

As análises físico-químicas feitas na farinha de *berinjela* (*Solanum melongena, L.*), foram: Determinação da umidade (realizada de acordo com Vidal-Bezerra, 2016, Instituto Adolfo Lutz, 2008, que consiste em secagem, a 105°C, até peso constante).

Determinação de proteínas (realizada através da avaliação do nitrogênio total da amostra, pelo método KJELDAHL; com o fator de conversão de nitrogênio para proteína de 6,25), conforme a metodologia do Instituto Adolfo Lutz, 2008.

Determinação de lipídios (as amostras foram avaliadas pelo método de Bligh e Dyer, 1959). Determinação de cinzas (a porcentagem de cinzas foi determinada em mufla a 550°C, conforme metodologia de AOAC, 2000 e LEES, 1979).

Determinação de fibra bruta (conforme a metodologia do Instituto Adolfo Lutz, 2008). O conteúdo de carboidratos foi obtido por meio da diferença dos demais componentes, de acordo com a Equação 1.

$$\text{Carboidratos \%} = 100 - (\text{umidade} + \text{proteína} + \text{lipídios} + \text{cinzas})$$

Equação 1 – Equação referente ao conteúdo de carboidratos.

3.5 Avaliações físicas do produto final

A avaliação física foi realizada em um único experimento, com três pães de cada formulação, amostrados de forma aleatória. Foram determinados os valores médios de: massa e diâmetro, antes e uma hora após o forneamento; altura; volume aparente; volume específico; e fator de expansão. A massa (g) foi determinada em balança semi-analítica. A altura (cm) e o diâmetro (cm) foram determinadas por meio de paquímetro.

O volume aparente (mL) dos pães foi determinado pelo deslocamento das sementes de painço, conforme Machado et al., 2010. O volume específico foi calculado pela razão entre o volume aparente e a massa do pão após o forneamento (mL/g), segundo Feddern et al. (2011). O fator de expansão foi calculado pela razão entre o diâmetro e a altura (cm/cm) do pão.

Os resultados da avaliação física foram tratados por análise de variância (ANOVA) e o Teste de Tukey foi usado para verificar diferenças estatísticas entre as amostras, ambos

ao nível de 5% de significância.

4 | RESULTADOS

A composição centesimal nos fornece através de análises específicas, as proporções dos componentes presentes em determinado alimento, a fim de informar ao consumidor o valor nutritivo e calórico. Existem legislações, onde se tem um limite de cada componente para garantir que o alimento está dentro dos padrões de identidade e qualidade (Rodrigues, 2019).

A composição centesimal da farinha de *berinjela* (*Solanum melongena*, L.), obtida pelos métodos citados no item 3.4. está disposta na Tabela 2.

Análise físico-químicas (%)	Farinha de <i>berinjela</i> (%)
Umidade	10,37 ± 0,06
Cinzas	6,20 ± 0,03
Lipídeos	1,81± 0,02
Fibras	15,50 ± 0,31
Proteínas (Nx6,25)	12,31 ± 0,13
Carboidratos	69,31 ± 0,28

Dp (desvio padrão) possui n=3

Tabela 2 – Resultados para a composição centesimal da farinha de *berinjela* (*Solanum melongena*, L.)

De acordo com os padrões exigidos pela RDC 263/2005, que estabelece um teor máximo de umidade de 15% para farinhas (BRASIL, 2005), a farinha de *berinjela* (*Solanum melongena*, L.), está de acordo, pois ele tem um teor de umidade de 10,80%. O que indica que a farinha pode ser armazenada sem controle de temperatura e umidade, apresentando-se apenas em embalagens adequadas. Segundo a legislação brasileira (Portaria 354/1996), os diferentes tipos de farinha de trigo podem possuir no máximo 2,5 % de cinzas, que seria a integral, e a comum o valor não poderia ultrapassar de 1,35%. O teor de cinzas encontrado para a farinha de *berinjela* (*Solanum melongena*, L.), é de 6,2%. O teor de lipídeos encontrado para a farinha de *berinjela* (*Solanum melongena*, L.), foi de 1,81%. Os valores encontrados por Soares, 2012 foi de 4,1% de lipídeos, sendo então superior aos valores obtidos para a farinha de *berinjela*.

A farinha de *berinjela* (*Solanum melongena*, L.), apresentou um valor médio de 15,5% de fibras alimentares. Estes resultados mostram a importância da farinha de *berinjela* (*Solanum melongena*, L.), como fonte de fibra alimentar, uma vez que, de acordo com a Anvisa (2012), um alimento com teor de 6% pode ser considerado com alto teor de fibra. Os valores encontrados por Possetti, 2011 foram de 45,35% de fibras, sendo então superior aos valores obtidos para a farinha de *berinjela* (*Solanum melongena*, L.).

O valor de proteínas encontrado foi de 12,31%, que é próximo ao encontrado por Possetti, 2011 onde a farinha de berinjela se destacou nos teores de proteínas apresentando 8,02%. As formulações estudadas no presente trabalho podem ser vistas na Figura 3 e na Figura 4. Cada formulação gerou um rendimento total de quatro unidades de pães de 50g cada.



Figura 3 – Formulações estudadas de massas de pães antes do forneamento ($F_1=5,0\%$, $F_2=10\% FB$ e $F_0=controle$).



Figura 4 – Formulações estudadas de massas de pães após o forneamento ($F_0=controle$, $F_1=5,0\%$ e $F_2=10\% FB$).

Através das imagens é possível observar que a FB trouxe ao pão uma coloração mais escura, e uma consistência mais densa, sendo a farinha de *berinjela* (*Solanum melongena*, L.) um ingrediente interessante para a produção de pães.

4.1 Características físicas do produto final

Os resultados da massa, diâmetro e altura, antes e após a cocção dos pães, com

diferentes porcentagens de farinha de berinjela (*Solanum melongena*, L.), foram utilizados para os cálculos de volume específico, volume aparente e fator de expansão, os quais estão apresentados na Tabela 3.

Determinação	Formulações		
	F0	F1	F2
Massa antes do forneamento (g)	50 ^a ± 00	50 ^a ± 00	50 ^a ± 00
Massa após o forneamento (g)	41,25 ^a ± 2,17	41,25 ^a ± 2,17	43,75 ^a ± 2,16
Diâmetro antes do forneamento (cm)	4,15 ^a ± 0,23	3,65 ^{ab} ± 0,17	3,25 ^b ± 0,26
Diâmetro após o forneamento (cm)	6,85 ^a ± 0,23	5,78 ^b ± 0,08	5,58 ^b ± 0,29
Altura (cm)	4,28 ^a ± 0,15	3,25 ^b ± 0,11	3,38 ^b ± 0,23
Volume aparente (mL)	280 ^a ± 14,14	210 ^b ± 17,32	175 ^b ± 8,66
Volume específico (mL/g)	6,8 ^a ± 0,5	5,1 ^b ± 0,57	4,00 ^b ± 0,35
Fator de expansão	1,61 ^a ± 0,11	1,78 ^a ± 0,09	1,66 ^a ± 0,14

*Média±desvio padrão (n=3). Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem significativamente entre si de acordo com o teste de Tukey ($p<0,05$). F0=controle, F1=5,0% FB e F2=10% FB.

Tabela 3 – Características físicas dos pães, com diferentes porcentagens de farinha de berinjela (*Solanum melongena*, L.)

Todos os resultados obtidos neste estudo foram analisados estatisticamente utilizando o software Statistica 7.0® (Analytical Software, Tallahassee, FL, EUA), onde cada resposta foi avaliada de forma independente. Os dados experimentais foram analisados por variância (ANOVA), e o teste de Tukey foi usado para identificar quais amostras diferem entre si a um nível de confiança de 95% (valor de $p <0,05$).

De acordo com as condições experimentais apresentadas na Tabela 3, pode-se afirmar que os parâmetros comparativos entre as amostras de peso da massa antes e após o forneamento, assim como o fator de expansão não diferiram estatisticamente entre si. No entanto, para os demais parâmetros houve diferença significativa entre as formulações F0, quando comparada as formulações F1 e F2. Ou seja, os parâmetros de diâmetro antes e após o forneamento, assim como altura, volume específico e volume aparente, foram significativamente menores para as formulações com adição de farinha de berinjela.

No entanto, quando se compara os mesmos parâmetros entre as formulações F1 e F2, não houve variação significativa, indicando que a adição de 5% ou 10% da farinha de berinjela às formulações, não influenciou nas características do produto final. As reduções nos valores obtidos estão relacionados principalmente a menor concentração e desenvolvimento da rede de glúten, atribuída a presença da farinha de trigo. O glúten resulta da interação entre as proteínas de reserva, gliadinas e gluteninas, que conferem propriedades de elasticidade (resistência) e extensibilidade (viscosidade) da massa (PENA, 2004).

Durante o processo de forneamento, o calor promove a solubilização dos açúcares e as proteínas formadoras de glúten tornam-se móveis, reagindo com a água disponível no sistema. Assim, a rede de glúten formada impede a propagação da massa e aumenta a resistência ao colapso, determinando a espessura e largura das formulações (MANLEY, 2001). Desta forma, com uma menor rede de glúten desenvolvida, é comum que se obtenha produtos finais com algumas propriedades reduzidas em relação a sua estrutura.

Em panificação, as características físicas são importantes para a aceitação, com relação à textura, dos produtos formulados com a farinha de berinjela (*Solanum melongena, L.*) por não conter glúten. A utilização de farinhas integrais dificulta o crescimento dos pães por conter maior quantidade de fibra alimentar e proteínas que absorvem água, podendo reduzir a quantidade de água disponível para a adequada gelatinização do amido durante o processo de panificação, impactando na estruturação e formação do miolo (SANTOS, 2018).

5 | CONCLUSÃO

Por meio da realização deste trabalho pode se observar que é possível desenvolver pães a partir da mistura da farinha de berinjela (*Solanum melongena, L.*) com a farinha de trigo e obter um produto com características ideais para o consumo.

Em panificação, as características físicas são importantes para a aceitação, com relação à textura, dos produtos formulados.

Como o pão é um produto muito consumido e de fácil disponibilidade, a adição da farinha de berinjela (*Solanum melongena, L.*) na sua formulação é uma forma de aumentar o valor nutricional do alimento e ao mesmo tempo inclui-lo mais no dia a dia da população.

A farinha de berinjela (*Solanum melongena, L.*) é uma matéria prima promissora para o desenvolvimento de produtos que se enquadram no segmento de saudabilidade, pois suas propriedades funcionais podem ser bem aproveitadas na indústria de alimentos.

No entanto, para viabilizar sua utilização em produtos direcionados ao consumo, indica-se que em trabalhos futuros ainda seja feito a aplicação de análise sensorial visando a aceitação dos produtos pelos consumidores.

REFERÊNCIAS

- 1) ANALYSIS OF ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC. **Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemists**. 13 ed. Washington, DC, 2000
- 2) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE PANIFICAÇÃO E CONFEITARIA – ABIP. **Indicadores da panificação e confeitoraria brasileira em 2019**. Janeiro, 2019. Disponível em: <https://www.abip.org.br/site/wp-content/uploads/2020/02/INDICADORES-DA-PANIFICAÇÃO-E-CONFEITARIA-EM-2019-1.pdf>. Acesso em: 30 maio 2023.

- 3) AQUINO, V. C. **Estudo da estrutura de massas de pães elaborados a partir de diferentes processos fermentativos.** Dissertação de mestrado – Tecnologia Bioquímico-Farmacêutica – Universidade de São Paulo. 2012.
- 4) BLIGH, E. G.; DYER, W. J. **A rapid method of total lipid extraction and purification.** Can j biochem physiol, 1959.
- 5) BORBA, A. M. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, nº 4, p. 623-648, 2005.
- 6) BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 54, de 12 de novembro de 2012. Regulamento técnico sobre informação nutricional complementar. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 13 nov. 2012.
- 7) BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução nº 263, de 22 de setembro de 2005. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Sobre a identidade e as características mínimas de qualidade a que deverá obedecer à farinha de trigo (Portaria nº 354, de 18 de julho de 1996).
- 8) CERQUEIRA, Priscila Machado de; FREITAS, Maria Cristina Jesus; PUMAR, Matilde and SANTANGELO, Sabrina Barreiros. Efeito da farinha de semente de abóbora (*Cucurbita maxima*, L.) sobre o metabolismo glicídico e lipídico em ratos. Rev. Nutr. [online]. 2008, vol. 21, nº 2.
- 9) EL-DASH, A; CABRAL, C. O.; GERMANI, R. **Tecnologia de farinhas mistas: uso de farinha mista de trigo e soja na produção de pães.** Brasília: EMBRAPA, 1994.
- 10) FEDDERN, V., DUARTE V. V. O, MIRANDA M. Z & MELLADO, M. L. M. S. **Avaliação física e sensorial de biscoitos tipo cookie adicionados de farelo de trigo e arroz.** Brazilian Journal of Food Technology, 14:265-272, 2011.
- 11) GAVA, A. J. **Tecnologia de Alimentos.** São Paulo. Editora Nobel, p. 300, 2009.
- 12) INSTITUTO ADOLFO LUTZ, **Determinações gerais. Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz.** São Paulo, 3^a Ed, V. 1, 2008.
- 13) INSTITUTO TECNOLÓGICO DA PANIFICAÇÃO, ALIMENTAÇÃO E CONFEITARIA – ITPC. Projeção de desempenho das panificadoras e confeitarias brasileiras em 2017. Belo Horizonte, 2017.
- 14) LEES, R. **Manual de análises de alimentos.** Zaragoza: Acribia, 1979. 130p.
- 15) Machado, A. V. & Pereira, J. **Efeito do escaldamento nas propriedades tecnológicas e reológicas da massa e do pão de queijo.** Ciência e Agrotecnologia, 34:421-427, 2010.
- 16) Manley D. Biscuit, Cracker and Cookie Recipes for the Food Industry. Woodhead Publishing: Cambridge, UK; 2001.
- 17) PAVANELLI, A. P. **Aditivos para panificação: conceitos e funcionalidades.** São Paulo: ABIAM/ Oxiteno, 2000.
- 18) Peña RJ. Food uses of triticale. In: Mergoum M & GómezMacpherson H (Eds). Triticale Improvement and Production, FAO Plant Production and Protection Paper no 179. Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome; 2004.

- 19) PEREZ, PATRÍCIA MARIA PÉRICO; GERMANI, Rogério. **Farinha mista de trigo e berinjela: características físicas e químicas**. 2004.
- 20) POSSETTI, Taila; DUTRA, Mariana. **Produção, composição centesimal e qualidade microbiológica de farinha de berinjela (*Solanum melongena*, L.)**. Encyclopédia Biosfera, v. 7, n. 13, 2011.
- 21) RODRIGUES, J. R. P.; ÁDILLA PEREIRA D'ÁVILA SOUZA2; CINARA VANESSA DE MUNIZ ALMEIDA; SUELLEN ARLANY SILVA GOMES; SUZANA PEDROZA DA SILVA. **Caracterização físico-química da farinha de semente do mamão (*Carica papaya* L.)**. IV Congresso internacional das Ciências Agrárias - COINTER – PDVAgro, 2019.
- 22) SANTOS, F. G. **Inovação para o desenvolvimento de pães sem glúten de boa qualidade tecnológica, sensorial e nutricional:** contribuições para o tratamento dietético dos doentes celíacos e demais intolerantes ao glúten. Santos, SP: Prêmio Jovem Cientista, 2018.
- 23) SOARES, Killarney Ataide et al. Avaliação do efeito da farinha da berinjela (*Solanum melongena*, L.) em roedores (*Rattus norvergicus*) nos teores de glicose, colesterol total e triglicerídeos. **Ensaios e ciência: ciências biológicas, agrárias e da saúde**, v. 16, n. 6, p. 9-26, 2012.
- 24) VIDAL-BEZERRA, J. R. M; et al. **Introdução à tecnologia de leite e derivados**. Guarapuava/PR: Unicentro, 3º Edição revista e ampliada. 2016. 210p.

Site:

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS – SEBRAE. Indústria: Panificação. Bahia: SEBRAE, 2017. Disponível em: <<https://m.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/UFs/BA/Anexos/Ind%C3%BAstria%20da%20panifica%C3%A7%C3%A3o.pdf>>. Acesso em: 10 maio 2023.

<https://agenciabrasil.ebc.com.br/saudade/noticia/2018-05/pesquisa-mostra-que-80-dos-brasileiros-buscaram-alimentacao-saudavel>. Acesso em: 10 outubro 2023.

CAPÍTULO 6

TÉCNICAS DE IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO VIRAL

Data de submissão: 17/12/2024

Data de aceite: 02/01/2025

Adriana Moraes da Silva

<http://lattes.cnpq.br/8915531681172346>

Ana Maria de Souza Almeida

Maria Luiza Ribeiro Silva

<http://lattes.cnpq.br/6189950926334865>

Wilia Marta Elsner Diederichsen de Brito

<http://lattes.cnpq.br/7605775995731168>

único método que permite a observação da partícula viral. Os demais métodos diretos detectam a presença do antígeno viral, ácidos nucléicos, proteínas ou pela visualização de efeitos citopatogênicos em cultivo celular. Já os métodos indiretos detectam anticorpos específicos contra o vírus (FLORES, 2007).

Como rotina para o diagnóstico viral, são utilizadas técnicas de diagnóstico sorológico ou isolamento viral, consideradas técnicas padrão, que, todavia, não permitem a caracterização de tipos e subtipos virais. Além disso, o isolamento viral apresenta como desvantagem a necessidade de material clínico bem conservado, já que exige a presença da partícula viral viável (TAKIUCHI et al., 2001, LIU et al., 2022).

A biologia molecular melhorou significativamente os métodos de diagnóstico em virologia, a descoberta e rápida implementação de novas técnicas tem sido beneficiada pelo intenso desenvolvimento de técnicas moleculares (DEVINKA et al., 2024). Estas técnicas permitem a caracterização genotípica

1 | INTRODUÇÃO

A identificação definitiva do agente possibilita a escolha do melhor protocolo de tratamento, facilita a definição das ações preventivas e de controle a serem implementadas, muitas vezes impedindo a disseminação do agente e até mesmo uma possível epidemia, contribui para o desenvolvimento de vacinas e para a definição de aspectos patogênicos e epidemiológicos (GYARMATI, 2008, SHIA et al. 2023).

A detecção de agentes virais pode ser realizada com o uso de métodos diretos ou indiretos. A microscopia eletrônica é o

e antigênica de agentes virais proporcionando melhor entendimento da patogênese dos diferentes tipos e subtipos, além de ser um instrumento seguro para o entendimento da etiologia e epidemiologia molecular das enfermidades (AKTER et al., 2024; FANEYE et al., 2024). A recente revolução molecular de métodos laboratoriais tem sido um importante instrumento na detecção de novos patógenos presentes na virologia clínica (HOFFMAN et al., 2009; WANG et al., 2024).

Para a caracterização viral podem ser utilizadas várias técnicas, as mais comuns a serem utilizadas são: técnicas sorológicas com anticorpos monoclonais (AcMs), (SOUZA et al., 2002; DUAN et al., 2024), análise de restrição por endonucleases (REA) ou “restriction fragment length polymorphism” (RFLP), (D'ARCE et al., 2002), reação em cadeia da polimerase (PCR) (BHAD et al., 2024) ou sequenciamento genômico (DELHON et al., 2003; Balakrishnan et al., 2024).

Não basta técnicas seguras e eficazes, para todos os tipos de diagnósticos, os resultados dependem em grande parte da qualidade do material a ser analisado. A coleta e acondicionamento são críticos para o sucesso do diagnóstico (KENNEDY, 2005; FLORES, 2007). Para as técnicas sorológicas o soro deve ser mantido refrigerado evitando crescimento bacteriano e permitindo a manutenção dos anticorpos (KENNEDY, 2005). A temperatura de armazenamento é um ponto crucial para o cultivo celular, alguns vírus são extremamente lábeis a temperatura, como também apresentam sensibilidade a pH, químicos e exposição a condições ambientais (FLORES, 2007).

Em vista do exposto, a utilização de técnicas que permitem a detecção e caracterização de agentes com rapidez e eficácia é cada vez mais necessária. Seja para o rápido diagnóstico e aplicação do correto protocolo de tratamento, ou para o melhor conhecimento molecular epidemiológico e etiopatogênico dos agentes virias, visando o aprimoramento de medidas de controle e o desenvolvimento de vacinas mais eficazes.

2 | TÉCNICAS DE ROTINA PARA DIAGNÓSTICO VIRAL

O isolamento viral em cultivo celular (ICC) é indispensável para a obtenção dos agentes virais oriundos de espécimes clínicos. É um dos métodos mais sensíveis de detecção viral, disponibiliza o agente para estudos posteriores e tem implementação e execução relativamente simples (FLORES, 2007; LAPOSOVA et al., 2017). Normalmente são utilizadas culturas de células primárias derivadas de rim de macaco, canino, felino, bovino ou células embrionárias de camundongo e galinha entre outras (FLINT et al., 2000; GAO et al., 2025).

É um método demorado, podendo levar 1 a 3 semanas, sendo esta a principal restrição em comparação aos outros, além disso, somente detecta vírus que estejam viáveis, não sendo aplicável a todos. Podem ocorrer contaminações bacterianas, fúngicas ou até mesmo vírus adventícios (KENNEDY, 2005; FLORES, 2007). Para alguns vírus é

necessário cultivo em ovo embrionado e não em cultivo celular como método de isolamento e crescimento viral (KENNEDY, 2005).

Os vírus quando infectam as células, promovem sua destruição, infectam novas células produzindo mais alterações e possibilitando a visualização destas alterações no tapete celular, os chamados efeitos citopáticos (ECP). Pode ocorrer como ECP o arredondamento e/ou separação das células da superfície da placa ou garrafa de cultivo, lise celular, tumefação nuclear, formação de sincícios, corpúsculos de inclusão e vacuolização do citoplasma. Alguns vírus, no entanto, fazem a multiplicação em cultivo celular sem produzir efeito citopático, nestes casos o uso não é recomendado (FLINT et al., 2000; GAO et al., 2025).

Posteriormente ao isolamento viral, mesmo sem ECP, é necessário fazer a identificação definitiva do antígeno. Normalmente são utilizadas as técnicas de imunofluorescência (IFA) ou imunoperoxidase (IPX) para a detecção do antígeno viral (BRUM & WEIBLEN, 2007). Já no método diagnóstico da raiva, não é realizado o ICC, faz-se a IFA a partir da amostra seguida da prova biológica (inoculação em camundongos). A IFA é realizada com corantes fluorescentes o mais usado é o isotiocianato de fluoresceína (FICT), um componente de coloração amarela, quimicamente ligado ao anticorpo sem afetar a reatividade. Quando colocado frente à luz ultravioleta em microscópio específico ocorre emissão de luz verde visível a 525nm. Pode ser realizada de forma direta para detecção de antígeno ou na forma indireta para mensurar anticorpos (TIZART, 2019).

Utilizando o mesmo princípio da IFA, a IPX também é utilizada para detecção de抗ígenos, com a diferença que os anticorpos são marcados com enzima, a mais utilizada é a *horseradish peroxidase* (HRPO ou peroxidase), visualizada com adição de substrato cromogênico, que dará coloração marrom sendo visualizada em microscopia comum (BRUM & WEIBLEN, 2007).

Com custo ainda elevado na Medicina Veterinária, os testes tipo ELISA (*enzyme-linked immunosorbent assay*) são realizados em microplacas de 96 cavidades com leitura no leitor de ELISA. Também podem ser utilizados dispositivos descartáveis, os quais não necessitam de laboratórios especializados podendo ser executados na clínica, mesmo assim o custo é elevado (BRUM & WEIBLEN, 2007; TIZART, 2019). Existem somente detecta vírus que estejam viáveis comerciais para a detecção de anticorpos ou para detecção de antígeno, o princípio da técnica é semelhante ao da IPX, tendo antígeno ou anticorpo marcado com enzima, que será revelado com o uso de substrato (FLORES, 2007).

A soroneutralização (SN) é uma técnica bastante difundida em virologia, o princípio da técnica é baseado na ação neutralizante de anticorpos (Ac) presentes no soro. Além de fazer a detecção de Ac permite a sua titulação. Em placas de 96 orifícios, faz-se a diluição do soro a ser testado, e incuba-se com vírus e célula. Quando houver Ac no soro, as células estarão intactas e quando apresentar ECP é indicativo da ausência de AC, pois não haverá

a neutralização dos vírus (BRUM & WEIBLEN, 2007; TIZART, 2019).

Para agentes com capacidade hemaglutinante podem ser usadas as técnicas de hemaglutinação (HA) para detecção de antígeno e teste de inibição da hemaglutinação (HI) para detecção de anticorpos, usadas para diagnóstico de Influenza e Doença de Newcastle. A imunodifusão em gel de ágar (IDGA) para detecção de anticorpos para anemia infecciosa eqüina, leucose enzoótica bovina, artrite-encefalite caprina e língua azul. Também é possível fazer a detecção de anticorpos pela fixação de complemento (FC) (MURPHY et al. 1999; FLINT et al., 2000; FLORES, 2007; ZHANG et al., 2024).

3 | TÉCNICAS DE IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO VIRAL

A variação na apresentação clínica das viroses, a ocorrência de síndromes distintas associadas com o mesmo agente ou, ainda, a ocorrência de manifestações clínicas semelhantes produzidas por diferentes vírus, fazem com a identificação e caracterização dos agentes infecciosos seja essencial para o seu diagnóstico.

3.1 Detecção de antígenos virais com anticorpos monoclonais (AcMs)

Anticorpos monoclonais (AcMs) tem sido produzido para vários抗ígenos, incluindo os抗ígenos virais. Para identificação e caracterização de tipos e subtipos virais, mapeamento de epítopos neutralizantes, estudos da biologia e das interações do vírus com o sistema imunológico além da aplicação em diversas técnicas de diagnóstico (WINKELMANN et al., 2007).

O uso dos anticorpos monoclonais para detecção de抗ígenos virais é normalmente realizado nas técnicas de imunofluorescência (IFA) ou imunoperoxidase (IPX), apresentando boa sensibilidade, especificidade, rapidez, custo baixo e facilidade de execução (FLORES, 2007).

Para produzir anticorpos monoclonais, linfócitos B são removidos do baço de animal (normalmente camundongo) no qual o抗ígeno do anticorpo desejado tenha sido previamente inoculado. Esses linfócitos são então «fundidos» com células de mieloma (tumores de linfócitos B), que tem a capacidade de se reproduzir em cultura, indefinidamente. As células resultantes dessa fusão são denominadas de hibridomas (WARD, 1999). Anticorpos monoclonais derivados de hibridomas são puros e específicos, podem ser utilizados como reagentes padrão e são obtidos em grande quantidade (TIZARD, 2009).

3.1.1 Produção do抗ígeno e imunização de camundongos

Para a produção de抗ígeno viral, o vírus de interesse, previamente caracterizado, deverá ser multiplicado em cultivo celular. Quando o efeito citopático atingir 80 - 90 % do tapete celular (20-24 horas após a inoculação) o sobrenadante deve ser coletado e centrifugado (12.000 g por 15 - 30 minutos a 4°C). Após o sobrenadante é descartado e

o sedimento centrifugado a 65.000 g por 2 horas a 4°C, resuspensiondo em Meio Essencial Mínimo (MEM) e estocado em freezer a -80°C (KREUTZ et al., 2000; OLDONI et al., 2004; WINKELMANN et al., 2007; GIANNELLI et al., 2024).

Camundongos são imunizados nos dias 0, 14, 28, 42 e 56 dias, com a mistura de antígeno e adjuvante de Freund por via intraperitoneal. (KREUTZ et al., 2000; OLDONI et al., 2004; WINKELMANN et al., 2007).

Após a imunização, é realizada a titulação de anticorpos no soro dos camundongos, que são estimulados com nova aplicação intraperitoneal de vírus concentrado, 3 dias antes do sacrifício e remoção do baço (KREUTZ et al., 2000; OLDONI et al., 2004).

3.1.2 Fusão celular, seleção e triagem de hibridoma

Após o sacrifício e retirada do baço, os esplenócitos são misturados no mieloma, para realização da fusão celular. A fusão celular é induzida com 50% de PEG (polyethylene glycol) por 1 minuto a 37°C seguido por adição de meio RPMI, distribuídas em placas de 96 orifícios. A expansão dos hibridomas é detectada entre 7 – 10 dias após a fusão. O sobrenadante de cada hibridoma é testado por IFA ou IPX em células infectadas e não infectadas (KREUTZ et al., 2000; OLDONI et al., 2004; LIU et al., 2024).

3.1.3 Produção de líquido ascítico

As colônias de hibridomas que secretam AcMs para o antígeno são clonadas, expandidas, testadas novamente para a produção de AcMs e estocadas em nitrogênio líquido (WINKELMANN et al., 2007; VIDYANI et al., 2024). Para cada AcMs é produzido líquido ascítico em camundongos BALB/c. Primeiro os camundongos recebem via intraperitoneal adjuvante e entre 6 -7 dias após são injetados com aproximadamente 10^6 células hibridomas. Após 10 dias o fluido ascítico é coletado, clarificado por baixa centrifugação (3.000 g, 10 minutos), titulado e estocado a -80°C (KREUTZ et al., 2000; OLDONI et al., 2004).

3.1.4 Caracterização dos AcMs

Os AcMs devem ser caracterizados com relação à classe e subclasses de imunoglobulinas, normalmente por kit comercial. O título é testado pela titulação no sobrenadante de hibridomas e do líquido ascítico. Espectro de reatividade dos AcMs é testado frente a um painel de isolados de campo do vírus. Atividade neutralizante é investigada pela técnica de soroneutralização e a especificidade por *Western Blot* (WINKELMANN et al., 2007).

3.2 Reação da polimerase em cadeia (PCR)

É um método para amplificação “*in vitro*” de segmentos de DNA. Considerado excelente meio para caracterização de ácidos nucléicos, principalmente por sua sensibilidade e especificidade (GYARMATI, 2008; ZUMAILA et al., 2024). Permite a detecção de quantidades mínimas do material genético do agente, pode ser aplicada em qualquer material clínico ou em tecidos incluídos em parafina. Também apresenta como vantagem a rapidez, universalidade de agentes, capacidade de detecção com vírus inviáveis e pode ser adaptado para detecção de subtipos virais na mesma reação (FLORES, 2007).

Outra vantagem da PCR é que não há necessidade de isolar previamente o fragmento a ser amplificado, basta conhecer as extremidades da seqüência e escolher os *primers* adequados (MALAJOVICH, 2004). Foi demonstrado por MEYER et al. (2003) em animais naturalmente infectados, que a reação de PCR foi capaz de detectar o vírus em maior número de amostras e por um período maior. Para o diagnóstico de agentes onde é difícil o cultivo celular, vírus com crescimento lento em culturas celulares, para vírus com抗ígenos com grande diversidade antigenica ou quando a quantidade de抗ígenos é baixa, os resultados obtidos com PCR são excelentes (TRABULSI & ALTERTHUM, 2005).

A PCR envolve a extração do ácido nucléico da amostra para posterior amplificação do material genético (KENNEDY, 2005). Métodos para extrair ácido nucléico são numerosos e variam em complexidade. A primeira etapa é a ruptura ou lise celular, liberando os componentes citoplasmáticos e/ou nucleares, sem que haja ruptura dos fragmentos de DNA/RNA. Pode ser realizada com digestão enzimática ou solução salina hipotônica. A segunda etapa consiste na desnaturação ou inativação de restos celulares e proteínas celulares, entre as mais importantes destas estão as enzimas nucleases degradativas, DNases e RNases. Também é usada solução fenol/clorofórmio/álcool isoamílico para desnaturar ainda mais as nucleases e coagular proteínas. Após a desnaturação ou inativação é necessária a separação do DNA/RNA das proteínas. Esta etapa é baseada em extração por solvente, precipitação e/ou centrifugação, pode ser realizada com o método com fenol, mais usado, centrifugação com cloreto de césio e também por precipitação do DNA/RNA com cloreto de lítio (WALKER & RAPLEY, 1999).

A amplificação é baseada no processo cíclico que mimetiza a replicação do DNA, a cada ciclo o número de moléculas de DNA é duplicado. No termociclador após “n” ciclos teremos 2^n moléculas de DNA, garantindo a sensibilidade da técnica, aliado ao fato de que somente serão amplificadas as seqüências reconhecidas pelos *primers* utilizados na reação (COSTA et al., 2008).

Um ciclo de PCR envolve 3 etapas: desnaturação, anelamento e extensão. A fita dupla do DNA alvo é desnaturada através da elevação da temperatura para 92 a 95°C. Na etapa de anelamento, a temperatura é rapidamente reduzida para 35 a 60°C, dependendo essencialmente do tamanho e sequência do *primer* utilizado, permitindo a hibridização

DNA-DNA de cada *primer* com as sequências complementares que flanqueiam a região alvo. Em seguida, a temperatura é elevada para 72°C para que a enzima DNA polimerase realize a extensão a partir de cada terminal 3' dos *primers*. Esta extensão envolve a adição de nucleotídeos utilizando como molde a sequência alvo, de maneira que uma cópia desta sequência é feita no processo. Uma vez que a quantidade de DNA da sequência alvo dobra a cada ciclo, a amplificação segue uma progressão geométrica de maneira que, depois de apenas 20 – 30 ciclos são produzidos mais de um milhão de vezes a quantidade inicial da sequência alvo (MURRAY, et al., 2005; ANTONINI et al., 2004; SCHAEFER, 2006; COSTA et al., 2008).

O produto resultante da amplificação, *amplicon*, é identificado por eletroforese em agarose através da comparação do tamanho de peso molecular da banda com o marcador de peso molecular (*ladder*), pode também ser identificado após digestão com enzimas de restrição ou pelo seqüenciamento de nucleotídeos (KENNEDY, 2005).

PCR é um método prático e também versátil. Foram desenvolvidas técnicas para amplificação de genoma RNA, detectado quando convertido em cDNA; diversas sequências de ácidos nucléicos podem ser detectadas simultaneamente pelo uso de *cocktail* de *primers*; a técnica pode ser mais sensível e específica pelo uso de *nested*; ou a amplificação pode ser menos específica para detectar genomas divergentes ou características parciais, neste caso podem ser utilizados *primers* inespecíficos (KENNEDY, 2005; TSONGALIS & SILVERMAN, 2006; READ et al., 2000; CHAUHAN et al., 2024).

A PCR *multiplex* foi desenvolvida para amplificação de múltiplos modelos na mesma reação, permitindo a pesquisa de mais de um subtipo ou de organismos diferentes (BELÁK, 2007; PURWANTO et al., 2024). Por exemplo, análise de *swabs* nasal para determinação do agente da síndrome respiratória bovina, em uma única reação (BELÁK, 2007), reduzindo o tempo de análise e principalmente o custo, o que torna a técnica mais acessível.

Para este teste utiliza-se mais de um par de *primers*, obtendo-se mais de um resultado ao mesmo tempo. Apesar da economia de tempo e reagentes, pode haver competição entre os *primers*, a temperatura de anelamento deve ser a mesma para que se obtenha resultado satisfatório (COSTA et al., 2008), pois a diferença de tamanho dos *primers*, de temperatura de anelamento e de concentração de sal pode afetar negativamente a reação (GYARMATI, 2008).

3.2.1 RT-PCR

A RT-PCR apresenta grande sensibilidade, especificidade e rapidez na detecção e quantificação viral, tornou-se indispensável para o diagnóstico de importantes patógenos virais humanos e animais. Há desenvolvimento de RT-PCR para importantes doenças epizoóticas de notificação à Organização Mundial de Saúde Animal (OMSA) como febre aftosa, peste suína clássica, gripe aviária e doença de Newcastle, todas enfermidades

causadas por vírus com genoma RNA (HOFFMAN et al., 2009; KUMAR et al., 2024).

Além do diagnóstico para vírus a RT-PCR é amplamente utilizada para verificar a expressão gênica pela detecção de RNAm e montagem de bancos de cDNA. Neste método primeiro ocorre a síntese de uma fita de DNA com o uso da enzima transcriptase reversa e tendo como molde uma fita de RNA. É produzida uma fita híbrida de DNA-RNA, posteriormente o RNA é removido por RNAses e a molécula de DNA serve de molde para a amplificação por PCR (COSTA et al., 2008).

Para a RT-PCR o *mix* para a reação é constituído pelo RNA-molde, solução de dNTPs e a enzima DNA polimerase RNAdependente (transcriptase reversa - RT); *primer* de DNA e o tampão da enzima, este *mix* é incubado por 1 hora em temperatura superior a 37°C (usualmente a 42°C), produzindo o DNA complementar (cDNA). Após o término da reação de transcrição reversa com produção do cDNA, este servirá como molde para o segundo teste, sendo iniciada nova reação (MURRAY, et al., 1995; SCHAEFER, 2006; SAID et al., 2024).

3.2.2 Nested PCR

Esta variação da PCR permite reduzir ou eliminar produtos da PCR não desejados, aumentando a sensibilidade e especificidade da reação (SCHAEFER, 2006). É realizada a primeira reação com um par de *primers* para amplificação da região de interesse, chamados *primers* externos. Após é realizada nova reação, com o produto do primeiro ciclo como molde, empregando par de *primers* complementares à sequência interna amplificada pelo primeiro par de *primers* (COSTA et al., 2008). Isto permite que produtos espúrios com sequências internas irrelevantes sejam retirados no segundo ciclo (SCHAEFER, 2006).

Também pode ser realizada na forma de semi *nested*, onde apenas um *primer* é desenhado para a região interna do produto, utilizando um dos *primers* da primeira reação para completar o par, fazendo a amplificação de uma extremidade. Caso sejam empregados os métodos de *Nested* ou *semi-nested* PCR é recomendado que o primeiro e o segundo ciclo de amplificação sejam terminados por volta de 20 ciclos (ao invés dos habituais 30-35 ciclos). Esta modificação diminui a chance de gerar fragmentos de alto peso molecular não desejados ou DNA degradado (COSTA et al., 2008).

3.2.3 PCR Real-time (PCR em tempo real)

PCR em tempo real tem boa aceitação por ser mais rápida que a PCR tradicional, mais sensível, com melhor reproduzibilidade e menor risco de contaminação (READ et al., 2000; MACKAY, 2004). Permite o monitoramento da quantificação de DNA amplificado a cada ciclo, com a utilização de sondas fluorescentes que hibridizam internamente aos *primers* na sequência a ser amplificada (HOFFMANN et al., 2009; LI te al., 2024). Os métodos baseados na PCR em tempo real forneceram uma quantificação dinâmica

superior aos métodos anteriores, aumentando a objetividade da interpretação (KRENKE et al., 2005).

A cada ciclo de síntese, o fluorocromo é liberado da sonda e essa liberação é captada e medida na forma de intensidade luminosa (BRUM & WEIBLEN, 2007). O sinal emitido é captado e quantificado por *software* acoplado em um computador, desta forma o resultado pode ser acompanhado em cada ciclo, reduzindo o tempo de realização (FLORES, 2007). À medida que os ciclos são finalizados ocorre à formação de um gráfico, com os ciclos no eixo das abscissas (X) e a indicação logarítmica de intensidade de luz no eixo das ordenadas (Y) (COSTA et al., 2008).

Existem diferentes tipos químicos de fluorescência para PCR real time, os mais utilizados são corantes fluorescentes (SYBR Green), sonda TaqMan, Molecular Beacons, LUX, Scorpions (GYARMATI, 2008).

A técnica é bastante rápida, pois os ciclos são realizados em capilares que permitem rapidez no aquecimento e no resfriamento, diminuindo o tempo entre cada uma das etapas do ciclo (TRABULSI & ALTERTHUM, 2005).

Uma desvantagem na PCR em tempo real é a capacidade restrita de *multiplex*. A amplificação e detecção simultânea de diferentes agentes ou subtipos do mesmo é limitada, pelo número de grupamentos fluorescentes que o equipamento tem capacidade de detectar (MACKAY, ARDEN & NITSCHE, 2002). No entanto, BELÁK (2007) relata o desenvolvimento de uma PCR tempo real *multiplex* com resultado satisfatório na detecção do vírus respiratório sincicial bovino e coronavírus respiratório bovino.

3.3 Análise por restrição enzimática (REA)

A técnica de análise de restrição enzimática vem sendo utilizada na caracterização de DNA viral. Os produtos originados após a restrição enzimática, são fragmentos do DNA viral com diferentes tamanhos, possibilitando a diferenciação entre os subtipos de um vírus que apresentam diferenças na seqüência do DNA (SHAEFER, 2006; ZHANG et al., 2024).

As enzimas utilizadas para a REA são isoladas de bactérias e denominadas conforme o gênero e espécie da bactéria, a primeira enzima de restrição isolada foi da bactéria *Haemophilus influenzae*, cepa d, subtipo II, sendo denominada de *Hind*II. As sequências de nucleotídeos reconhecidas pelas enzimas são palíndromos (sequência de nucleotídeos que apresentam a mesma cadeia no sentido 5' para 3' ou 3' para 5'), normalmente os palíndromos reconhecidos pelas enzimas de restrição têm 4 ou 6 pares de bases (WALKER & RAPLEY, 1999). As enzimas de restrição quebram as ligações entre os nucleotídeos de uma cadeia de DNA por dentro, pois são capazes de incisar o DNA em sítios específicos (MALAJOVICH, 2004).

A avaliação dos diversos padrões de digestão possibilita a produção de um mapa de restrição obtidos de fragmentos de DNA, este mapa é denominado polimorfismo

do comprimento de fragmentos de restrição ou RFLPs - *Restriction Fragment Length Polymorphism*. A análise rotineira de RFLP pode ser realizada com sondas gênicas marcadas (*Southern*) para detectar fragmentos gênicos específicos ou simplesmente pela separação em eletroforese e visualização sob luz UV (WALKER & RAPLEY, 1999).

Diferentes enzimas produzirão um diferente padrão de fragmentos de digestão, a partir da mesma amostra de DNA genômico ou tipos ou subtipos virais podem ser diferenciados com o uso de única enzima. Com a enzima *BamHI*, por exemplo, é possível fazer a diferenciação entre o herpesvírus bovino (BoHV) tipo 1 e 5. A enzima cliva o BoHV-1 em nove sítios e o BoHV-5 em 16 locais (BRUM & WEIBLEN, 2007). D'ARCE et al. (2002) com a utilização das enzimas *BstEII*, *HindIII*, *BanHI*, *EcoRI* e *PstI* evidenciou a diferença entre o BoHV-1 e 5, com a enzima *HindIII* caracterizou os subtipos do BoHV-1 e com a *BstEII* evidenciou e subtipos de BoHV-5.

3.4 Clonagem

Aclonagem molecular é o processo de construção de moléculas de DNA recombinante e da sua propagação em hospedeiros apropriados que possibilitam a seleção do DNA recombinante. Após a incorporação de um fragmento de DNA no vetor, esse fragmento pode ser clonado, constituindo uma coleção de clones. A essa coleção dá-se o nome de biblioteca de DNA (MALAJOVICH, 2004).

Inicialmente somente era possível a produção de biblioteca de DNA, hoje, com o isolamento da enzima transcriptase reversa é possível produzir bibliotecas de cDNA, oriundas de clones de mRNA ou vírus de genoma RNA (WALKER & RAPLEY, 1999).

Os procedimentos básicos para a clonagem, iniciam com o isolamento de DNA ou RNA de células ou tecidos; com síntese de cDNA (para RNA) ou digestão de DNA genômico pela clivagem com enzimas de restrição, este fragmento deverá ser inserido no vetor para amplificação em centenas de cópias. E após a obtenção dos clones, estes devem ser identificados por processo de triagem para isolamento e manipulação do DNA clonado. A identificação dos clones pode ser realizada por análise do padrão de restrição (RFLP), sequenciamento de DNA, hibridação de ácidos nucléicos, PCR e análise de produtos gênicos por reconhecimento imunológico (WALKER & RAPLEY, 1999; FMRP-USP, 2007; MALAJOVICH, 2004; NAYAKA et al., 2024).

Os principais vetores são os plasmídeos, fagos, cosmídeos, vírus, bacteriófagos e fagomídeos. A escolha do vetor depende da sua facilidade de manipulação e do tamanho do fragmento de DNA. Os plasmídeos e os fagos transportam fragmentos de DNA pequenos, sendo por isso apropriado para genomas pequenos. Pelo contrário, os cosmídeos podem transportar até 45 kb (WALKER & RAPLEY, 1999; FMRP-USP, 2007).

No diagnóstico viral a clonagem pode ser usada para fazer o mapeamento e identificação de genes e das proteínas por eles codificadas, com o uso da biblioteca de

DNA recombinante. Produtos obtidos de PCR podem ser purificados e clonados para posterior seqüenciamento.

3.5 Sequenciamento do genoma viral

O seqüenciamento tornou-se uma ferramenta importante no diagnóstico viral, particularmente nos protocolos baseados na amplificação de ácido nucléico via PCR. Na medicina veterinária seqüenciamento parcial tem sido usado para detectar mutações nos agentes virais. No vírus da Parvovirose canina ocorreram mutações que foram detectadas pelo seqüenciamento e nova vacina foi produzida (MURPHY, et al., 1999). O sequenciamento está sendo utilizado para a análise das amostras de Influenza A H1N1, em todo o mundo. No Brasil o seqüenciamento do vírus H1N1, detectou uma pequena alteração em relação a amostras de outros países.

O uso da seqüência de DNA para pesquisa de algum agente depende da pureza do DNA usado e da fidelidade do procedimento. A preparação de amostras de DNA para seqüenciamento é importância para a obtenção de seqüências de boa qualidade para análise. Muitas vezes somente a extração, amplificação por PCR e purificações convencionais não são suficientes e uma padronização é necessária, evitando-se assim erros e perdas dos procedimentos (Embrapa, 2007).

No final da década de 70 foram desenvolvidos dois métodos de seqüenciamento do DNA. O método da clivagem química, denominado método Maxam e Gilbert, ocorre em três etapas, onde o DNA alvo é marcado radioativamente em uma das extremidades, dividido em quatro alíquotas e tratado com produtos químicos que produzem clivagens base-específica. Produz uma série de fragmentos de tamanhos diferentes, que são separados por eletroforese e após autoradiografia a seqüência do DNA é determinada com base nas posições dos fragmentos (WALKER & RAPLEY, 1999; CUTT et al., 2024).

O método didesoxi ou método de Sanger, mais utilizado, é baseado na produção de uma série de fragmentos de DNA por cópia enzimática da seqüência alvo, utilizando a DNA polimerase e incorporação de didesoxinucleotídeos (ddNTP), realizadas em quatro reações individuais, cada uma com um dos didesoxis, produzindo fragmentos de diferentes tamanhos, separados por eletroforese (WALKER & RAPLEY, 1999; PANDA et al., 2024). A leitura da seqüência é feita de baixo para cima.

O aprimoramento das metodologias uniu PCR e seqüenciamento, sendo chamada de seqüenciamento por ciclo ou automatizado. As reações podem ser realizadas em único tubo, com terminadores (ddNTP) marcados por corantes, com emissão em diferentes comprimentos de onda. Já com automação de equipamentos que desenvolver a técnica de forma parcial ou total e leitura computadorizada por laser (WALKER & RAPLEY, 1999; MALAJOVICH, 2004; PANDA et al., 2024; CUTT et al. 2024).

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Muitas técnicas laboratoriais para identificação e caracterização viral já foram desenvolvidas e estão disponíveis, entretanto ainda são de custo muito elevado o que dificulta sua utilização a campo. Desta forma, laboratórios de diagnóstico não utilizam rotineiramente tais técnicas, estando, atualmente, restritas a laboratórios especializados e que atuam com pesquisa. Entretanto, quanto maior a difusão e aprimoramento, maiores as chances destas técnicas chegarem ao produtor com preços acessíveis.

REFERÊNCIAS

1. Akter S, Rahman MS, Islam MR, Akther M, Anjume H, Marjia M, Rahaman MM, Hossain MA, Sultana M. Development of recombinant proteins for vaccine candidates against serotypes O and A of Foot-and-Mouth Disease virus in Bangladesh. Access Microbiol. 2024 Jun 24;6(6):000713.v4. doi: 10.1099/acmi.0.000713.v4. PMID: 39045246; PMCID: PMC11261717.
2. ANTONINI, S. R. C.; MENEGHIN, S. P. URASHIMA, A. S. **Técnicas básicas de biologia molecular**. 2004. 57p. [apostila] Disponível em: http://www.ufsm.br/petagronomia/apostilas/apostilacurso_molecular_ufscar.pdf . Acesso em: 02/08/2009.
3. BELÁK, S. Molecular diagnosis of viral diseases, present trends and future aspects. A view from the OIE Collaborating Centre for the Application of Polymerase Chain Reaction Methods for Diagnosis of Viral Diseases in Veterinary Medicine. **Vaccine** v.25, p. 5444-5452, 2007.
4. Bhad PG, Mondal S, Badigannavar AM. Molecular tagging of seed size using MITE markers in an induced large seed mutant with higher cotyledon cell size in groundnut. 3 Biotech. 2024 Feb;14(2):56. doi: 10.1007/s13205-023-03909-0. Epub 2024 Jan 29. PMID: 38298555; PMCID: PMC10825088.
5. BRUM, M. C. S. & WEIBLEN, R. Detecção, identificação e quantificação de vírus. IN: FLORES, E. F. **Virologia Veterinária**. Santa Maria: Ed. da UFSM. p. 59-86. 2007.
6. Chauhan G, Arya M, Kumar V, Verma D, Sharma M. An improved protocol for metagenomic DNA isolation from low microbial biomass alkaline hot-spring sediments and soil samples. 3 Biotech. 2024 Jan;14(1):34. doi: 10.1007/s13205-023-03824-4. Epub 2024 Jan 6. PMID: 38188309; PMCID: PMC10769977.
7. COSTA, M.M.; BOTTON, S.A.; CRUZ, I.B.M.; KREWER, C.C. Curso de biologia molecular para iniciantes: **O ABC da biologia molecular**. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS. 2008. 75p. [Apostila]
8. Cutts Z, Patterson S, Maliskova L, Taylor KE, Ye CJ, Dall'Era M, Yazdany J, Criswell LA, Fragiadakis GK, Langelier C, Capra JA, Sirota M, Lanata CM. Cell-Specific Transposable Element and Gene Expression Analysis Across Systemic Lupus Erythematosus Phenotypes. ACR Open Rheumatol. 2024 Nov;6(11):769-779. doi: 10.1002/acr2.11713. Epub 2024 Aug 14. PMID: 39143499; PMCID: PMC11557995.
9. D'ARCE, R. C. F.; ALMEIDA, R. S.; SILVA, T. C.; FRANCO, A. C.; SPILKI, F.; ROEHE, P. M.; ARNS, C. W.. Restriction endonuclease and monoclonal antibody analysis of Brazilian isolates of bovine herpesviruses types 1 and 5. **Veterinary Microbiology**, v. 88, p. 315-324, 2002.
10. DEHLON, G.; MORAES, M.P.; LU, Z; AFONSO, C.L.; FLORES, E.F.; WEIBLEN, R.; KUTISH, GF; ROCK, DL. Genome of bovine herpesvirus 5. **Journol of Virology**, v. 77, p. 10339-10347, 2003.

11. Devika PP, Alex S, Soni KB, Sindura KP, Ayisha R, Manju RV. Nano-PCR for the early detection of tomato leaf curl virus. *3 Biotech*. 2024 Jan;14(1):5. doi: 10.1007/s13205-023-03842-2. Epub 2023 Dec 6. PMID: 38074290; PMCID: PMC10700262.
12. Duan J, Zhang N, Liu S, Li J, Gong P, Wang X, Li X, Zhang X, Tang B, Zhang X. The Detection of Circulating Antigen Glutathione S-Transferase in Sheep Infected with *Fasciola hepatica* with Double-Antibody Sandwich Signal Amplification Enzyme-Linked Immunosorbent Assay. *Animals (Basel)*. 2024 Feb 3;14(3):506. doi: 10.3390/ani14030506. PMID: 38338149; PMCID: PMC10854876.
13. EMBRAPA. Pesquisa e desenvolvimento. **Resultados da Pesquisa** 2007. <http://www.cnpsa.embrapa.br/resultados/2007/resultados.html>. Acesso em: 10/08/2009.
14. Faneye AO, Motayo BO, Mustafa A, Odiabo G. Diversity of HBV genotypes and their association with precore/basal core mutations among HBsAg-positive patients in Ibadan, Nigeria. *Access Microbiol*. 2024 Nov 7;6(11):000821.v3. doi: 10.1099/acmi.0.000821.v3. PMID: 39525359; PMCID: PMC11542583.
15. FLINT, S. J.; ENQUIST, W. L.; KRUG, R. M.; RACANIELLO, V. R.; SKALKA, A. M. **Principles of virology: Molecular biology, pathogenesis, and control**. Washington, D.C: ASM Press. 2000, 804 p.
16. FLORES, E. F. Diagnóstico Laboratorial das infecções viricas. IN: FLORES, E. F. **Virologia Veterinária**. Santa Maria: Ed. da UFSM. p. 295-326. 2007.
17. FMRP-USP. **Apostila didática: Princípios e aplicações das principais metodologias em Biologia Celular e Molecular**. Departamento de Biologia Celular Molecular e Bioagentes Patogênicos da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto – USP. 2007. 103 p. [Apostila].
18. Giannelli C, Necchi F, Palmieri E, Oldrini D, Ricchetti B, Papathanasiou MM, Kis Z, Kontoravdi C, Campa C, Micoli F. Quality by Design Framework Applied to GMMA Purification. *AAPS J*. 2024 Mar 8;26(2):32. doi: 10.1208/s12248-024-00902-0. PMID: 38459151.
19. GYARMATI, P. **Implementation of Molecular Detection Techniques in the Field of Veterinary Virology**. [on line]. 2008. 40 f. Doctoral Thesis. Faculty of Veterinary Medicine and Animal Science Department of Biomedical Sciences and Veterinary Public Health – Uppsala. Disponível em: <http://diss-epsilon.slu.se/archive/00001885/01/Thesis1028.pdf>. Acesso em: 10/08/2009.
20. HOFFMANN, B.; BEER, M.; REID, S. M.; MERTENS, P.; OURA, C. A. L.; VAN RIJN, P. A.; MAREK J. SLOMKA, M. J.; BANKS, J.; BROWN, I. H.; ALEXANDER, D. J.; KING, D. P. Review of RT-PCR technologies used in veterinary virology and disease control: Sensitive and specific diagnosis of five livestock diseases notifiable to the World Organisation for Animal Health. **Veterinary Microbiology**. In Press. Disponível em: http://www.science-direct.com/science?_ob=PublicationURL&_tockey=%23TOC%235190%239999%23999999999%2399999%23FLA%23&_cdi=5190&_pubType=J&view=c&auth=y&_version=1&_urlVersion=0&_userid=10&md5=718e9ad0e10ba3958eb8270eb61c0d02. Acesso em: 03/08/2009.
21. Jia XX, Wang YY, Zhang WZ, Li WG, Bai LL, Lu JX, Ma CF, Wu Y. A rapid multiplex real-time PCR detection of toxigenic *Clostridioides difficile* directly from fecal samples. *3 Biotech*. 2023 Feb;13(2):54. doi: 10.1007/s13205-022-03434-6. Epub 2023 Jan 19. PMID: 36685319; PMCID: PMC9849642.
22. KENNEDY, M. Methodology in diagnostic virology. **Veterinary Clinics Exotic Animal Practice**. v. 8, p.7-26, 2005.

23. KRENKE, B.E.; EKENBERG, S.; FRACKMAN, S.; HOFFMANN, K.; SPRECHER, C. L.; STORTS, D. R. Development of a novel, fluorescent, two primers approach to quantitative PCR. **Profiles inDNA**, Promega Corporation, v.8, n..1, p.3-5, 2005. Disponível em: http://www.promega.com/profiles/801/ProfilesInDNA_801_03.pdf. Acesso em 24/08/2009.
24. KREUTZ, L.C. ; DONIS, R. ; GIL, L. H. V. ; LIMA, M. ; HOFFMAN, A. N. ; GARCEZ, D. C. ; FLORES, E. F. ; WEIBLEN, R. Production and characterization of monoclonal antibodies to brazilian isolates of bovine viral diarrhea virus. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**. v. 33, p. 1459-1466, 2000.
25. Kumar R, Gupta N, Sharma SK, Kishan G, Srivastava N, Khan ZA, Kumar A, Baranwal VK. Mixed infection of two mandarivirus identified by high-throughput sequencing in Kinnow mandarin and development of their specific detection using duplex RT-PCR. **3 Biotech**. 2024 Jun;14(6):170. doi: 10.1007/s13205-024-04011-9. Epub 2024 May 31. PMID: 38828101; PMCID: PMC11143089.
26. Li S, Huo X, Mu Y, Liu X, Wu J, Chen Y, Wang Y. TaqMan-based real-time polymerase chain reaction for the detection of feline chaphamaparvovirus. **3 Biotech**. 2024 Mar;14(3):61. doi: 10.1007/s13205-024-03917-8. Epub 2024 Feb 7. PMID: 38344284; PMCID: PMC10850043.
27. Liu V, McGrath K, Albert J, Mayer AP, Busz M, Birchler M, Tang H, Jiang Y. Screening Non-neutralizing Anti-idiotype Antibodies Against a Drug Candidate for Total Pharmacokinetic and Target Engagement Assay. **AAPS J**. 2024 Jan 24;26(1):18. doi: 10.1208/s12248-024-00892-z. PMID: 38267774.
28. Liu X, Li S, Liu X, Wang R, Xie X, Wu H, Wang Y. Establishment of SYBR green I-based quantitative real-time polymerase chain reaction for the rapid detection of a novel Chaphamaparvovirus in cats. **3 Biotech**. 2022 Apr;12(4):91. doi: 10.1007/s13205-022-03150-1. Epub 2022 Mar 14. PMID: 35308811; PMCID: PMC8918419.
29. MACKAY, I. M. Real- time PCR in the microbiology laboratory. **Clinical. Microbiology and Infection**. v. 10, p. 190-212, 2004.
30. MACKAY, I. M.; ARDEN, K. E. & NITSCHE, A. Real- time PCR in virology. **Nuclei Acids Research**. v. 30, p. 1292-1305, 2002.
31. MALAJOVICH, M. A. M. . Biotecnologia. 1. ed. Rio de Janeiro: Axcel Books do Brasil Editora Ltda, 2004. 344 p.
32. MEYER, A.D.; CORTEZ, A.; SOARES, R.M.; PITUCO, M.E.; OKUDA, L.; LEOMIL, H.; CASTRO, A.M.M.G.; RICHTZENHAIN, L.J. Comparação das técnicas de isolamento viral e nested PCR Na detecção do BHV-1 em sêmen bovino experimentalmente e naturalmente contaminado **Arquivos do Instituto Biológico**, v.70(2), p.123-126, 2003.
33. MURPHY, F. A.; GIBBS, E. P. J.; HORZINEK, M. C.; STUDDERT, M. J. **Veterinary virology**. 3 ed. San Diego: Academic Press. 1999, 629 p.
34. MURRAY, P. R.; BARON, E. J.; PFALLER, M. A.; TENOVER, F. C.; YOLKEN, R. H. **Manual of clinical microbiology**. 6 ed. Washington, DC: ASM Press. 2005, 1482 p.
35. Nayaka SN, Mondal F, Ranjan JK, Roy A, Mandal B. Bottle gourd IC-0262269, a super-susceptible genotype to tomato leaf curl Palampur virus. **3 Biotech**. 2024 Jan;14(1):8. doi: 10.1007/s13205-023-03838-y. Epub 2023 Dec 8. PMID: 38074288; PMCID: PMC10709538.

36. OLDONI, I.; WEIBLEN, R.; ILKELMANN, M. A.; FLORES, E. F. Production and characterization of monoclonal antibodies to brazilian bovine herpesvírus type 5. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research.** v. 37, p. 213-221, 2004.
37. Purwanto DS, Khoeri MM, Tafroji W, Margaretha Kaligis SH, Wilar R, Johnson Kepel B, Raranta HPT, Gaghiwu L, Hammerschmidt S, Ervina WF, Safari D. Nasopharyngeal carriage rate, serotype distribution, and antimicrobial profiles of *Streptococcus pneumoniae* among patients with acute respiratory tract infection in Manado, North Sulawesi, Indonesia. *Access Microbiol.* 2024 Mar 15;6(3):000703.v4. doi: 10.1099/acmi.0.000703.v4. PMID: 38725588; PMCID: PMC11077345.
38. READ, S. J.; BURNETT, D. & FINK, C.G. Molecular techniques for clínical diagnostic. *Virology. Journal of Clinical Pathology.* v. 53, p. 502–506 , 2000.
39. Said R, Hernández-Losa J, Jenni R, de Haro RSL, Moline T, Zouari S, Blel A, Rammeh S, Derouiche A, Ouerhani S. An insight into the diagnostic, prognostic, and taxanes resistance of double zinc finger and homeodomain factor's expression in naïve prostate cancer. *3 Biotech.* 2024 Apr;14(4):106. doi: 10.1007/s13205-024-03941-8. Epub 2024 Mar 10. PMID: 38476644; PMCID: PMC10925581.
40. SCHAEFER, R. **Técnicas em Biologia Molecular.** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2006. 24p. [Apostila]
41. SOUZA V.F.; MELO S.V.; ESTEVES P.A.; SCHMIDT C.S.; GONÇALVES D.A.; SCHAEFER R.; SILVA T.C.; ALMEIDA R.S.; VICENTINI F.; FRANCO A.C.; OLIVEIRA E.A.; SPILKI F.R.; WEIBLEN R.; FLORES E.F., LEMOS R.A.. ALFIERI A.A., PITUCO E.M. E ROEHE P.M. Caracterização de herpesvírus bovinos tipos 1 (BHV-1) e 5 (BHV-5) com anticorpos monoclonais. **Pesquisa Veterinária Brasileira** v. 22, p. 13-18, 2002.
42. TAKIUCHI, E. ;, ALFIERI, A. F. , ALFIERI, A. A. Herpesvírus bovino tipo 1: Tópicos sobre a infecção e métodos de diagnóstico. **Semina Ciências Agrárias**, Londrina / PR, v. 22, n. 2, p. 203-209, 2001.
43. TIZARD. I. R. **Imunologia Veterinária: uma introdução.** 10 ed. Rio de Janeiro: Elsevier. 2019. 587p.
44. TRABULSI, L. R. & ALTERTHUM, F. **Microbiologia.** 4 ed. São Paulo: Atheneu, 2005. 718 p.
45. TSONGALIS, G. J. & SILVERMAN, L. M. Molecular diagnostic: A historical perspective. **Clínica Chimica Acta.** v. 369, p. 188-192, 2006.
46. Vidyani A, Sibarani CI, Widodo B, Purbayu H, Thamrin H, Miftahussurur M, Setiawan PB, Sugihartono T, Kholili U, Maimunah U. Diagnosis and Management of Hepatic Hydrothorax. *Korean J Gastroenterol.* 2024 Feb 25;83(2):45-53. doi: 10.4166/kjg.2023.107. PMID: 38389460.
47. WALKER, M. R. & RAPLEY, R. Guia de rotas na tecnologia do gene. 1 ed. São Paulo: Atheneu. 1999. 334p.
48. Wang Y, Wang Y, Bi Z, Liu Y, Meng C, Zhu J, Liu G, Li C. Simultaneous detection of novel goose parvovirus and novel duck reovirus by SYBR Green I-based duplex real-time quantitative polymerase chain reaction. *3 Biotech.* 2024 Nov;14(11):288. doi: 10.1007/s13205-024-04139-8. Epub 2024 Nov 3. PMID: 39502793; PMCID: PMC11532324.

49. WARD, P. A. Monoclonal Antibody Production. Committee on Methods of Producing Monoclonal Antibodies, Institute for Laboratory Animal Research, National Research Council, NATIONAL ACADEMY PRESS, Washington, DC, 1999, 60 p. Disponível em: http://www.nap.edu/openbook.php?record_id=9450&page=R9. Acesso em: 05/08/2009.
50. WINCKELMANN, E. R.; SILVA, L. F.; MAYER, S. V.; MAZZUTTI, K. C.; WEIBLEN, R. FLORES, E. F. Produção e caracterização de anticorpos monoclonais contra uma cepa do herpesvírus bovino tipo 1 defectiva na glicoproteína C (gC). **Ciência Rural**. v.37, n. 4, p. 1066-1072, 2007.
51. Zhang J, Zhao H, Zou B, Li H, Dong S, Guan J, Wang C, Li W, Liu Y, Chen Y, Rasheed N, He J. Cryo-EM structure and functional analysis of the chromatin remodeler RSF. *Acta Crystallogr F Struct Biol Commun.* 2024 Jun 1;80(Pt 6):125-134. doi: 10.1107/S2053230X24004655. Epub 2024 May 31. PMID: 38818823; PMCID: PMC11189100.
52. Zhang Z, Guo K, Chu X, Liu M, Du C, Hu Z, Wang X. Development and evaluation of a test strip for the rapid detection of antibody against equine infectious anemia virus. *Appl Microbiol Biotechnol.* 2024 Dec;108(1):85. doi: 10.1007/s00253-023-12980-9. Epub 2024 Jan 8. PMID: 38189948; PMCID: PMC10774152.
53. ZUKUROV, J. P. L. **Metodologias de seqüenciamento da molécula de DNA.** BioMol web 2007. Disponível em: http://www.biomolweb.kit.net/pages_html/sequencing.html. Acesso em: 03/07/2009.
54. Zumaila F, Jeevalatha A, Biju CN. Genetic diversity, mating type and pathogenicity of two *Phytophthora species infecting black pepper in India*. *3 Biotech.* 2024 Jan;14(1):1. doi: 10.1007/s13205-023-03843-1. Epub 2023 Dec 2. PMID: 38050620; PMCID: PMC10693541.

CAPÍTULO 7

AVALIAÇÃO DA VARIABILIDADE GENÉTICA EM UMA POPULAÇÃO DE *Oenocarpus bacaba* Mart EM JURUTI-PA

Data de submissão: /2024

Data de aceite: 02/01/2025

Eulina Brito Marinho

Universidade Federal do Oeste do Pará
(UFOPA), Campus Universitário de
Juruti (CJUR), Curso de Bacharelado em
Agronomia
Juruti-Pará
<http://lattes.cnpq.br/1114126399642597>

Frances Marques Moreira

Universidade Federal do Oeste do Pará
(UFOPA), Campus Universitário de
Juruti (CJUR), Curso de Bacharelado em
Agronomia
Juruti-Pará
<http://lattes.cnpq.br/3569902346021642>

Ingrid Souza de Andrade

Universidade Federal do Oeste do Pará
(UFOPA), Campus Universitário de
Juruti (CJUR), Curso de Bacharelado em
Agronomia
Juruti-Pará
<http://lattes.cnpq.br/6734314008065520>

Jonathan Correa Vieira

Universidade Federal do Oeste do Pará
(UFOPA), Campus Universitário de
Juruti (CJUR), Curso de Bacharelado em
Agronomia
Juruti-Pará
<http://lattes.cnpq.br/062514633181418>

Rebeca Laís Cancio dos Santos

Universidade Federal do Oeste do Pará
(UFOPA), Campus Universitário de
Juruti (CJUR), Curso de Bacharelado em
Agronomia
Juruti-Pará
<http://lattes.cnpq.br/7590677740217318>

Michelly Rios Arévalo

Universidade Federal do Oeste do Pará
(UFOPA), Campus Universitário de
Juruti (CJUR), Curso de Bacharelado em
Agronomia
Juruti-Pará
<http://lattes.cnpq.br/908423496222853>

Marcia da Silva Pereira

Universidade Federal do Oeste do Pará
(UFOPA), Campus Universitário de
Juruti (CJUR), Curso de Bacharelado em
Agronomia
Juruti-Pará
<https://lattes.cnpq.br/3462751610340358>

Celeste Queiroz Rossi

Universidade Federal do Oeste do Pará,
Campus Universitário de Juruti (CJUR/
UFOPA)
Juruti – Pará
<http://lattes.cnpq.br/4242217997345355>

Lucas Aragão da Hora Almeida

Universidade Federal de Sergipe (UFS), Campus Universitário Professor Antônio Garcia Filho, Curso de Fisioterapia Lagarto - Sergipe
<http://lattes.cnpq.br/4537767527766969>

Dayse Drielly Souza Santana Vieira

Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA), Campus Universitário de Juruti (CJUR), Curso de Bacharelado em Agronomia Juruti-Pará
<http://lattes.cnpq.br/205775910244466>

RESUMO: A diversidade genética presente nas populações naturais, agrega valor a estudos voltados, principalmente, para conservação e melhoramento de espécies, pois auxiliam no processo de seleção de caracteres de interesse em programas de melhoramento genético. Dessa forma, esta pesquisa, teve como objetivo avaliar a variabilidade genética existente em uma população de *Oenocarpus bacaba* Mart. por meio de caracteres morfoagronômicos, no município de Juruti-PA, região do baixo Amazonas. A população de *O. bacaba* Mart. avaliada foi de procedência da comunidade Três Bocas, distante 30 km do centro da cidade. Para coleta de dados, primeiro delimitou-se a área com auxílio de um GPS, em seguida foram identificadas 7 matizes em frutificação sendo nomeadas: M1, M2, M3, M4, M5, M6 e M7. As variáveis avaliadas foram obtidas tanto no local de coleta quanto no laboratório Solo- Planta do Campus Juruti/ UFOPA. Os dados mensurados foram referentes a planta, cacho e fruto, sendo 3, 7 e 8, respectivamente, totalizando 18 caracteres. Para avaliar os 18 caracteres os dados obtidos foram submetidos a análise multivariada. A estimativa de maior e menor distância, para formação dos pares para caracteres de planta e cacho entre as matrizes, foi obtido pelo método UPGMA, gerado com base na matriz de distância Euclidiana Média. Referente a análise de caracteres de fruto, os dados foram obtidos com base nas distâncias de Mahalanobis. Com relação aos resultados obtidos para caracteres vegetativos de planta, as maiores médias foram referentes ao número de cacho por planta e circunferência a altura do peito. Relacionado aos resultados de caracteres de cacho, a maior média foi obtida no número de ráquinas por cacho. Nos caracteres de frutos avaliados, as melhores médias foram no diâmetro transversal e espessura da polpa. Com base na análise de maior e menor distância entre as matrizes, os valores dos pares formados referentes a planta e cacho, variaram de 6,33 e 3,11, sendo maior e menor distância, respectivamente. Os resultados obtidos de planta e cacho representados no dendrograma com bases nas distâncias Euclidianas Médias, as matrizes 2 e 3 foram as mais próximas e a matriz 6 a mais distante das demais. Os dados obtidos na análise de frutos mostraram a formação de 5 grupos, apresentando proximidade genética entre os grupos I (M2 e M3) e II (M5 e M7), e maior dissimilaridade para o grupo V (M6). Na população de *O. bacaba* Mart. analisada, constatou-se dissimilaridade genética considerável entre os indivíduos por meio dos caracteres morfoagronômicos avaliados.

PALAVRAS-CHAVE: Bacaba. Diversidade genética. Caracteres morfológicos. Seleção. Populações.

EVALUATION OF GENETIC VARIABILITY IN A POPULATION *Oenocarpus bacaba* MART. IN JURUTI-PA

ABSTRACT: The genetic diversity present in natural populations adds value to studies aimed mainly at the conservation and improvement of species, as they help in the process of selecting characters of interest in genetic improvement programs. Therefore, this research aimed to evaluate the genetic variability existing in a population of *Oenocarpus bacaba* Mart. through morphoagronomic characters, in the municipality of Juruti-PA, lower Amazon region. The population of *O. bacaba* Mart. evaluated was from the Três Bocas community in the city of Juruti-Pa. For data collection, the area was first delimited with the help of a GPS, then the 7 hues were identified as follows: M1, M2, M3, M4, M5, M6 and M7. Data were measured both at the collection site and in the Solo-Planta laboratory at UFOPA Campus Juruti. The data measured referred to the plant, bunch and fruit, with 3 referring to the plant, 7 to the bunch and 8 to the fruit, totaling 18 characters. To evaluate the 18 characters, the data obtained was subjected to multivariate analysis. The estimate of the greatest and least distance, for the formation of pairs for plant and cache characters between the matrices, was obtained by the UPGMA method, generated based on the Average Euclidean distance matrix. To analyze the plant and cache characters, the results data were obtained using the UPGMA method, generated based on Average Euclidean distances. Regarding the analysis of fruit characters, data were obtained based on Mahalanobis distances. Regarding the results obtained for plant vegetative characters, the highest averages were for the number of bunches per plant and circumference at breast height. The data measured referred to the plant, bunch and fruit, with 3 referring to the plant, 7 to the bunch and 8 to the fruit, totaling 18 characters. To evaluate the 18 characters, the data obtained was subjected to multivariate analysis. The estimate of the greatest and least distance, for the formation of pairs between the matrices, was obtained using the Euclidean distance method. To analyze plant and bunch characters, the results given were obtained by the UPGMA method, generated based on Euclidean distances. Regarding the analysis of fruit characters, the UPGMA method was used to obtain given results, generated based on Mahalanobis distances. Regarding the results obtained for plant vegetative characters, the highest averages were for the number of bunches per plant and circumference at breast height. Related to the results of bunch characters, the highest average was obtained in the number of rachillae per bunch. In the evaluated fruit characters, the best averages were in transversal diameter and pulp thickness. Based on the analysis of the greatest and least distance between the matrices, the values of the pairs formed referring to the plant and bunch varied from 6.33 and 3.11, being greater and lesser distance, respectively. The results obtained from plant and bunch represented in the dendrogram based on the Average Euclidean distances, matrices 2 and 3 were the closest and matrix 6 the furthest from the others. The data obtained from fruit analysis showed the formation of 5 groups, showing genetic proximity between groups I (M2 and M3) and II (M5 and M7), and greater dissimilarity for group V (M6). In the population of *O. bacaba* Mart. analyzed, considerable genetic dissimilarity was found between individuals through the morphoagronomic characters evaluated.

KEYWORDS: Dissimilarity. Characters. Bacaba. Selection. Populations.

1 | INTRODUÇÃO

O Brasil é dono de uma das maiores reservas de espécies nativas do mundo, devido a sua localização geográfica e dimensão territorial. É considerado um país com importantes centros diversidade genética, e um deles é a região amazônica, que é conhecida como a principal reserva genética de espécies de plantas, possuindo mais de 500 espécies de frutíferas com importante valor social e econômico (COSTA- SINGH, 2015).

Dentre as espécies encontradas na região amazônica, estão as palmeiras, plantas que afetam de forma significativa a vida de populações locais devido a possibilidade do aproveitamento da parte aérea total dessa espécie de planta. Esta utilização se dá desde o consumo dos seus frutos até o uso das sementes, folhas e estipe para a fabricação de outros subprodutos importantes para a sobrevivência dos nativos, influenciando na economia e cotidiano dessas famílias (SILVA; MIRANDA, 2021).

Entre as palmeiras típicas da Amazônia, encontra-se a *Oenocarpus bacaba* Mart., que de acordo com Coradin (2022), é pertencente à família Arecaceae da espécie *Oenocarpus* e sinonímia *Jessenia bacaba* (Mart) Burret e encontrada em grande quantidade na região Norte do país.

A *O. bacaba*, é muito utilizada para sustento alimentar de famílias locais, principalmente por meio do vinho extraído de seus frutos. No entanto, assim como as demais palmeiras, apresentam grande importância socioeconômica para os nativos por seu potencial de uso, atendendo diferentes necessidades do cotidiano (MARTORANO, 2016), como o uso de outras partes da planta para diversas finalidades.

Apesar da grande importância da *O. bacaba*, a sua produção ainda é proveniente do extrativismo (NODA, 2012). No estado do Pará, a produção da bacaba no ano de 2020, de acordo com informações apresentadas pela SEMAS (2022), foi de R\$ 2,1 milhões, tendo distribuição desse valor nas regiões do Baixo Amazonas (38%), Rio Caeté (26%) e Tocantins (28%). Isso se deve ao fato do estado se destacar no consumo da polpa do fruto da bacabeira, que pode ter uso alimentício por meio do vinho e de derivados como suco, óleo vegetal comestível e sorvete (LORENZI et al., 2010; NODA, 2012).

Considerando a potencialidade e importância socioeconômica da *O. bacaba*, torna-se importante desenvolver pesquisas com intuito de contribuir para melhoria de manejo adequado, além de identificar características de interesse que possam auxiliar no desenvolvimento de novas cultivares por meio de estudos de programas de melhoramento genético e, com isso, obter melhores resultados no cultivo e produtividade. Segundo Ramalho et al. (2012), são necessários estudos para se obter informações que caracterizem a potencialidade genética dos indivíduos existentes nas inúmeras populações naturais e fazer a seleção destes, visto que, são de grande importância para programas de melhoramento genético.

Entretanto, ainda há escassez de estudos com relação a *O. bacaba*, apesar da sua

importância, o que dificulta no processo de adoção de técnicas de manejo adequadas para seu cultivo, sendo um fator limitante para a potencialização de sua produção. Pois, como relata Maciel (2022), embora haja algumas pesquisas voltadas para a quantificação da diversidade genética em bacaba, ainda há poucos estudos relacionados para a *O. bacaba*, especificamente na região do baixo amazonas, no estado do Pará.

Neste contexto, devido a sua importância socioeconômica para a região e, principalmente, a carência de estudos relacionados a diversidade genética dessa palmeira, faz-se necessário investir em novas pesquisas nesse ramo. Diante disso, o presente estudo visou avaliar a variabilidade genética existente em uma população de *Oenocarpus bacaba* Mart. no município de Juruti-PA, região do baixo Amazonas.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local de coleta e material vegetal

O local selecionado para a realização da coleta do material vegetal, foi a comunidade Três Bocas ($2^{\circ} 22' 07''\text{S}$ $56^{\circ} 08' 41.0''\text{W}$), localizada no município de Juruti-PA (Figura 2). A área apresentava o tamanho de 3 hectares, porém o local delimitado para coleta, apresenta 1 hectare. A espécie de bacaba predominante na área escolhida para a avaliação da variabilidade genética, foi a *Oenocarpus bacaba* Mart., conhecida como bacabão ou bacaba verdadeira.

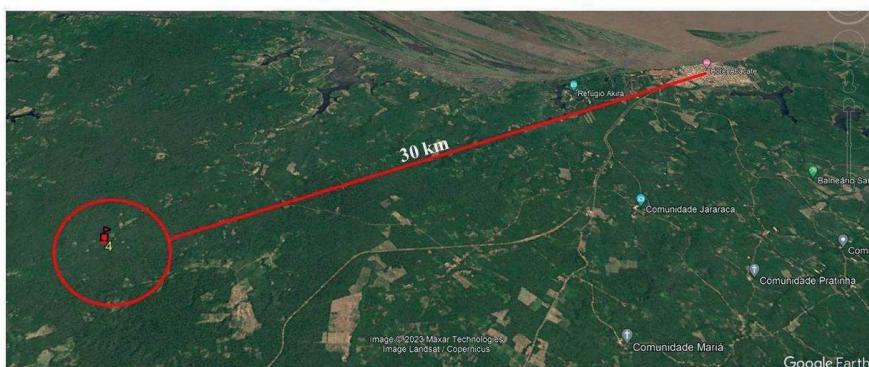


Figura 1 - Distância (30 km) da comunidade Três Bocas (ponto vermelho circulado) até zona urbana da cidade de Juruti-Pará, região do Baixo Amazonas.

Fonte: Google Earth, 2023.

Para análise de solo inicialmente foi realizada a coleta de 10 amostras simples, com profundidade de 20 cm, após a coleta as amostras foram homogeneizadas e colocadas para secar durante três dias, em seguida foram peneiradas e enviadas para laboratório onde foram analisadas. A análise do solo do local onde foram coletados os dados, possui as propriedades apresentadas na tabela 1.

Ca+Mg	Ca	Al	H+Al	pH	Na	K	P
.....Cmolc kg						(mg/kg)	
0,3	0,2	1,00	4,50	4,3	-	10	6,8

Tabela 1 - Resultado da análise da fertilidade do solo da área de coleta.

As mensurações foram realizadas referentes a caracteres vegetativos de planta, cacho e fruto, sendo estes dois últimos encaminhados para avaliação no laboratório Solo-Planta, localizado no Campus Universitário de Juruti, na Universidade Federal do Oeste do Pará, (CJUR/UFOPA).

2.2 Condução das análises

Os caracteres que foram mediados são vegetativos, sendo que as mensurações referentes a planta (matriz) foram realizadas no próprio local, e os referentes ao cacho (alguns) e fruto foram avaliados em laboratório. Inicialmente, delimitou-se a área para a coleta do material vegetal com auxílio de um GPS, sendo identificada na sequência sete matrizes de bacabeiras em fenofase de frutificação em diferentes pontos da área escolhida para realizar as análises.

Após a identificação das matrizes, foi realizada a coleta de três caracteres vegetativos de planta, a saber: 1) circunferência do estipe à altura do peito (CAP, cm); 2) comprimento de cinco entrenós (CEN, cm); e 3) número de cacho por planta (NCP); sendo que 1 e 2 foram realizados com o auxílio de uma fita métrica (Figura 3 – A, B e C).



Figura 2 - Mensurações de caracteres vegetativos de planta: A- comprimento de cinco entrenós-CEN (cm); B- circunferência do estipe à altura do peito-CAP (cm); C- número de cacho por planta-NCP (unid.).

Foram coletados um cacho de cada matriz para realizar mensurações quantitativas, tanto em campo quanto em laboratório, com o auxílio de uma fita métrica e uma balança do tipo pêndulo. Em campo, mensurou-se o peso total do cacho (PTC, kg) e a circunferência do cacho (CIRC, cm). Em laboratório, as medidas mensuradas foram referentes ao comprimento do cacho (COMC, cm); número de ráquinas por cacho (NRC, cm); comprimento da ráquis (CRC, cm); peso de cem frutos (PCF, g); e um caractere qualitativo: tipo de maturação do cacho (MAT), sendo obtido em porcentagens de 0 a 100% (Figura 4 – A, B, C, D, E e F).



Figura 3 - Mensurações de caracteres de cacho das 7 matrizes: A- peso total do cacho-PTC (kg); B- circunferência do cacho-CIRC (cm); C- comprimento do cacho- COMC (cm); D- número de ráquinas por cacho-NRC (cm); E- comprimento da ráquis- CRC (cm); F- peso de cem frutos.

Para analisar os caracteres morfoagronômicos dos frutos, foi utilizado um paquímetro de precisão e balança analítica, em seguida foram separados 10 frutos de cada cacho de forma aleatória para mensurar as seguintes medidas: diâmetro transversal (DT, mm); diâmetro longitudinal (DL, mm); peso do fruto (PF, g); peso da semente (PS, g); peso da parte comestível (casca + polpa) (PP, g); espessura amêndoia (EA, mm); espessura da parte comestível (EP, mm) e rendimento da parte comestível por fruto (RPF, %) (Figura 5 – A, B, C, D, E e F).

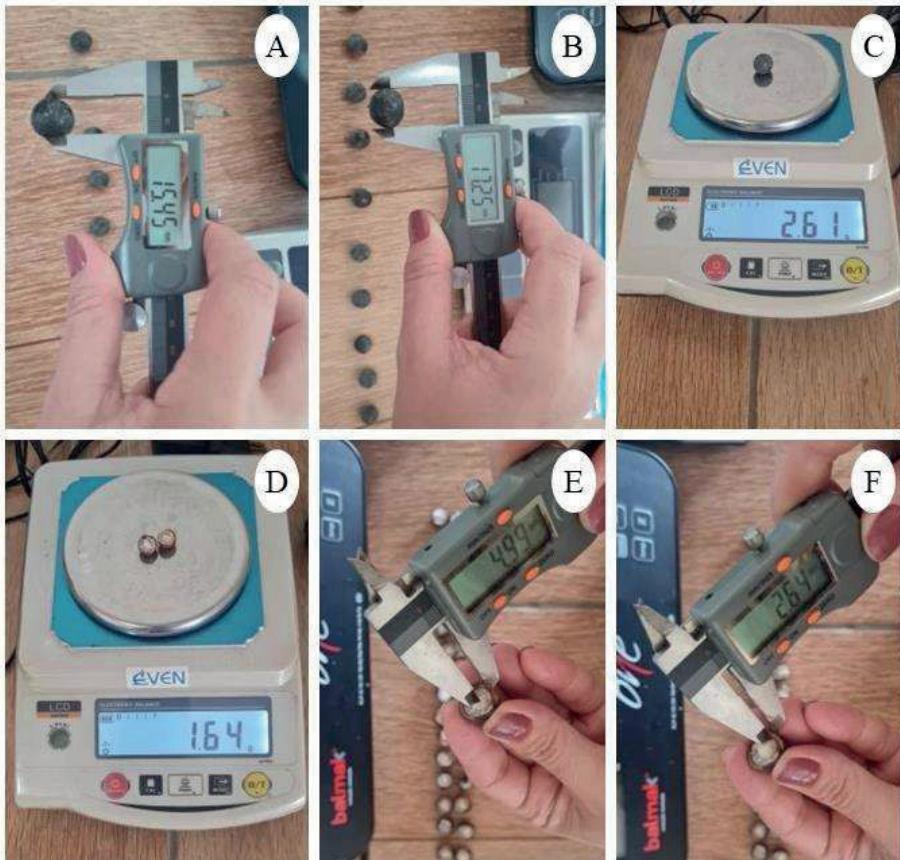


Figura 4 - Mensurações dos caracteres de frutos: A- diâmetro transversal-DT (mm); B- diâmetro longitudinal-DL (mm); C- peso do fruto-PF (g); D- peso da semente-PS (g); E- espessura amêndoia-EA (mm); F- espessura da parte comestível-EP (mm).

Os dados referentes aos caracteres peso e rendimento da parte comestível por fruto, foram obtidos da seguinte forma: peso, pela subtração entre PF e PS e o rendimento por PP/PF multiplicado por 100. A metodologia utilizada na coleta de dados em relação a caracteres morfoagronômicos dos indivíduos, foi adaptada de acordo com Oliveira *et al.* (2007).

2.3 Análise dos dados

Para quantificar a diferença fenotípica nos 7 indivíduos com base em 18 caracteres morfoagronômicos, os dados obtidos foram submetidos as análises multivariadas.

Para análise dos dados quantitativos foi realizada a estatística descritiva: média, desvio padrão, valores mínimos e máximos, coeficiente de variação e Shapiro- Wilk. Para a análise de agrupamento considerou-se os descritores quantitativos para fins de comparação,

segundo a distância Euclidiana Média. Para dados com repetição, foi utilizada a distância de Mahalanobis. Os dados utilizados foram padronizados utilizando o programa Genes, o que permite que todas as variáveis contribuam de forma igual na formação dos grupos. Os agrupamentos hierárquicos a partir da matriz de distância genética foram obtidos pelo método UPGMA - Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean (Sneath; Sokal, 1973).

Foi utilizado como critério do ponto de corte, as médias das distâncias de fusão para definição do número de grupos. A validação dos agrupamentos foi determinada por meio do coeficiente de correlação cofenético (Sokal; Rohlf, 1962). As análises foram realizadas no GENES e os dendrogramas obtidos pelo programa Statistica 7.1.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para dar início as discussões dos resultados obtidos, é importante apresentar a disposição geográfica das matrizes na área delimitada, visto que, pode ser um dos principais fatores que pode ter influenciado nos resultados. De acordo com a figura 6, é possível observar a disposição geográfica do ponto de cada matriz na área selecionada para coleta dos caracteres avaliados, localizada na comunidade Três Bocas.



Figura 5 - Delimitação da área escolhida para a coleta de dados (linha vermelha) e localização geográfica dos pontos das sete matrizes em estágio de frutificação de *O. bacaba* Mart. avaliadas.

Os dados referentes aos 18 caracteres avaliados são apresentados na Tabela 1. É possível observar que cinco deles, foram superiores aos mesmos caracteres avaliados por Maciel (2022) ao avaliar caracteres morfoagronômicos de *O. distichus* no município de Belém. Para as três variáveis vegetativas, as que se destacaram foram NCP e CAP, obtendo médias elevados. Já em relação aos caracteres de cacho, a variável NRC foi a que se destacou dentre os sete avaliados. Por fim, para os caracteres de fruto, as variáveis DT e EP apresentaram médias superiores dentre as oito variáveis analisadas.

No trabalho desenvolvido por Maciel (2022), que ao avaliar caracteres morfoagronômicos de *O. distichus* no município de Belém, no estado do Pará, os resultados diferiram, apresentando médias inferiores referentes aos caracteres que se destacaram no presente estudo. De acordo com a análise desta pesquisa, ao avaliar os caracteres morfoagronômicos em relação aos frutos, estes podem ser considerados importantes, principalmente, ao mercado da polpa. Além disso, Farias Neto *et al.* (2011), afirmaram que apresentar características de interesse para o ramo é importante, visto que, é preferível frutos com tamanhos menores devido proporcionar ráquinas com maior quantidade de frutos.

Do mesmo modo, o número de ráquinas por cacho também é de suma importância para o mercado, pois quanto maior o número de ráquinas, maior será o número de frutos em um cacho (Farias Neto *et al.*, 2017). Diante dos resultados, o caractere referente ao cacho que se destacou foi o NRC que correspondente com a afirmação anterior, visto que no presente estudo obteve média de 168,71, sendo, portanto, de interesse ao mercado consumidor. Além disso, possivelmente a quantidade de polpa seria satisfatória devido o EP ter sido um caractere de destaque com relação a análise dos frutos.

Caracteres		Média	Máximo	Mínimo	Desvio Padrão	CV (%)
Vegetativos	NCP	2,29	3,15	1,05	0,95	41,61
	CAP	78,24	7,43	4,86	12,35	15,79
	CEN	89,23	13,21	10,37	7,57	8,78
Cachos	PTC	12,06	4,02	1,16	4,67	38,72
	CIRC	112,6	7,08	4,23	19,86	17,64
	COMC	127,71	5,36	2,15	31,15	24,39
	NRC	168,71	7,57	4,58	30,37	18,00
	CRC	33,37	4,58	1,61	11,79	35,11
	PCF	216,12	4,67	2,02	57,96	26,82
	MAT	0,79	3,29	0,82	0,30	38,66
	DT	15,31	17,34	11,56	1,84	12,03
Fruto	DL	14,88	16,67	11,85	1,46	9,80
	PF	2,24	2,76	1,04	0,58	26,09
	PS	1,32	1,74	0,58	0,37	28,02
	PP	0,92	1,19	0,46	0,24	26,62
	EA	3,62	4,32	2,45	0,60	16,68
	EP	1,78	2,01	1,57	0,21	11,72
	RPF	0,41	0,45	0,33	0,04	9,53

Tabela 2 - Dados estatísticos simples para os 18 caracteres avaliados em 7 matrizes de *O. bacaba* Mart. no município de Juruti, no Oeste do Pará.

Dentre os caracteres de cacho e fruto avaliados na Tabela 2 o que mais contribui para a divergência genética foi o peso de cem frutos (PCF) com 55,82%, seguido do

comprimento do cacho (COMC), com 16,13%; e número de ráquилас por cacho (NRC), com 15,32%. Os dados se assemelham com os de Maciel (2022), que ao avaliar *O. bacaba* Mart. em diferentes procedências do Pará, o PCF também foi responsável pela maior contribuição da divergência genética, assim como NRC. Além disso, ela ressalta a importância da escolha de indivíduos com características de interesse, pois possibilita o efeito heterótico na população, o que tem grande relevância na conservação de recursos genéticos.

Caracteres Morfoagronômicos		S.j	Contribuição (%)
Vegetativos	NCP	38,00	0,02
	CAP	6408,06	2,54
	CEN	2406,56	0,95
Cachos	PTC	916,01	0,36
	CIRC	16571,94	6,56
	COMC	40764,00	16,13
	NRC	38734,00	15,32
	CRC	5836,00	2,31
	PCF	141098,81	55,82
	MAT	3,88	0,00

Tabela 3 - Estimativas da contribuição relativa (S.j) e da porcentagem de cada caractere morfoagronômico avaliado para a dissimilaridade genética entre as 7 matrizes de *O. bacaba* Mart., no município de Juruti-PA.

Para as distâncias genéticas referentes aos caracteres vegetativos de planta e cacho entre os pares de matrizes com base na distância euclidiana média, houve variação nos valores de 6,33 a 3,11, apresentando uma média de 4,40 de distância (Tabela 3), sendo o par de matrizes M6 e M4 os mais distantes, e o M2 e M3 os mais próximos, quando comparados com os demais. No entanto, na formação dos pares com menor distância, constatou-se a presença de M3 em quatro dos seis pares formados; já em relação aos pares com maior distância, a M6 foi a que se sobressaiu, visto que, ficou evidente em três dos sete pares formados.

Segundo a pesquisa realizada por Oliveira (2019), a qual avaliou a divergência genética em indivíduos de *O. bacaba distichus* Mart. em uma população na região de Belém-Pa, verificou-se que as distâncias variaram de 2,27 a 15,54, apresentando média 6,00, sendo superior a encontrada no presente estudo. Além disso, foi possível observar a presença de um único indivíduo na formação de todos os pares, fato semelhante ao observado nos resultados desta pesquisa, visto que as matrizes M3 e M6 obtiveram presença significativa na formação de pares.

Com base nesses resultados, considera-se que o fator geográfico pode ter influenciado nos dados obtidos, pois ao analisar a figura 6 é possível observar que as

matrizes 6 e 4 estão localizadas em pontos distantes, corroborando com os dados encontrados na tabela 2, com a distância euclidiana. Com relação a matriz 3 e 6, ambas estão localizadas geograficamente próximas aos seus pares de formação, confirmado com a tabela 2. Entretanto, outro fator de influência que pode ter interferido nos resultados encontrados, é a possibilidade de ocorrência do fluxo gênico entre as matrizes mais próximas.

Pares	Maior distância	Pares	Menor distância
M1 X M6	5,07	M1 X M3	3,18
M2 X M7	5,40	M2 X M3	3,11
M3 X M4	4,61	M3 X M2	3,11
M4 X M6	6,33	M4 X M1	3,24
M5 X M6	5,68	M5 X M1	3,44
M6 X M4	6,33	M6 X M3	4,24
M7 X M2	5,40	M7 X M3	3,82

Média = 4,40

Tabela 4 - Estimativas de maiores e menores distâncias euclidianas obtidas entre os pares formados pelas 7 matrizes de *O. bacaba* Mart. avaliadas no município de Juruti, no Oeste do Pará.

De acordo com o dendograma relacionado aos caracteres vegetativos de planta e cacho (Figura 7), as matrizes 2 e 3 são as que mais se aproximaram geneticamente, seguido das matrizes 1, 5, 4, 7 e 6, sendo a M6 a mais distante de M2 e M3. Considerando todas as 7 matrizes avaliadas, as que mais se distanciaram geneticamente são a M2 e M6. Ao avaliar tais resultados, é possível inferir que alguns fatores podem estar influenciando nos dados obtidos, a exemplo da distância geográfica (Figura 6), fluxo gênico e ação antrópica. Esta última é de grande importância, pois é responsável por boa parte do processo de migração, que de acordo com Ramalho *et. al.*, (2012), é um processo que incorpora alelos e indivíduos em uma população, ocorrendo com maior intensidade em populações próximas em comparação com as mais distantes geograficamente. Como a M6 era o indivíduo avaliado mais distante geograficamente dos demais, como representado na figura 6, este apresentou menor similaridade genética quando comparada com todas as outras matrizes.

Além disso, considera-se que as condições do ambiente nos diferentes pontos de coleta possam diferir, contribuindo para a dissimilaridade encontrada nas matrizes, uma vez que podem influenciar nas características expressas nas plantas avaliadas. Os resultados obtidos corroboram com os dados encontrados por Sousa (2017), o qual avaliou a divergência genética em açaizeiro do tipo branco. Segundo a pesquisa, os dados submetidos ao teste de bootstrap mostraram a partir do dendrograma a formação de dois grupos divergentes, confirmado a elevada dissimilaridade dos acessos de uma mesma região. Dessa forma, é possível afirmar que a divergência genética se faz presente mesmo em um único local ou em lugares próximos, devido a interferência dos fatores citados anteriormente.

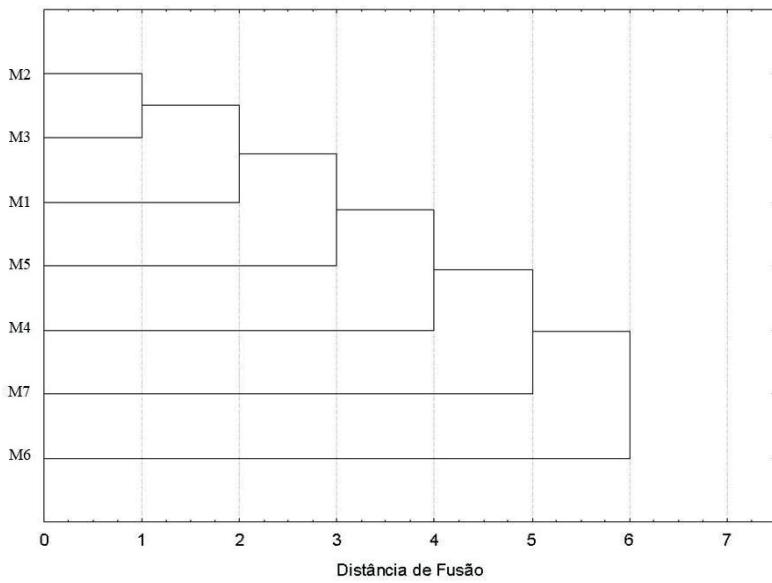


Figura 6 - Dendrograma obtido pelo método UPGMA, gerado com base nas distâncias euclidianas médias, a partir de 3 caracteres vegetativos de planta e 7 de cacho, avaliados em 7 matrizes (M) de *O. bacaba* Mart. de procedência do município de Juruti, no Oeste do Pará.

Com relação aos resultados obtidos referente aos caracteres morfoagronômicos de frutos exibidos no segundo dendrograma (Figura 8), é possível observar maior similaridade e dissimilaridade genética em diferentes grupos. Foi possível observar a formação do grupo I, composto pelas matrizes 2 e 3 (M2 e M3); e o grupo II, composto pelas matrizes 5 e 7 (M5 e M7), sendo que dentro de cada um desses grupos, ocorreu maior similaridade, quando comparado com os demais. Também foi possível observar a formação de um grande grupo, denominado de grupo III (M2, M3, M4, M5 e M7), englobando os grupos I e II, e sugerindo a ocorrência de um fluxo gênico entre os indivíduos pertencentes a este grupo. Além disso, foi observado a formação de dois outros grandes grupos, sendo denominado de grupo IV (M1, M2, M3, M4, M5 e M7) e grupo V (M6), ambos apresentando maior dissimilaridade entre si e entre os demais grupos. Vale ressaltar, que o grupo V apresentou maior distância genética de todos os grupos apresentados.

No trabalho realizado por Maciel (2022), os indivíduos de *O. bacaba* Mart. analisados e oriundos de diferentes localidades do Pará (Baião e Terra Santa), também apresentaram formações de grupos pelo método de ligação completa, sendo que os grupos I e VI foram constituídos por matrizes da mesma procedência, dentre eles, o grupo I conteve um indivíduo com maior dissimilaridade entre todos os outros. Corroborando com o resultado obtido nesta pesquisa, que também apresentou um grupo composto por uma matriz com maior divergência genética em comparação com os demais grupos. Neste contexto, pode-se dizer que apesar de os indivíduos serem de mesma procedência, podem apresentar

diferença genética entre si, isso pode ser atribuído tanto a distância geográfica, quanto as condições do ambiente de cada ponto de coleta das matrizes.

Portanto, Yokomizo e Farias Neto (2003), ao avaliarem progênies de pupunheira, recomendaram a realização de cruzamentos entre os grupos para que possa haver o aumento da variabilidade genética. Pois, a seleção de grupos heterogêneos é essencial para proporcionar pools genéticos distintos entre os indivíduos, uma vez que haverá redução de cruzamentos entre indivíduos semelhantes, reduzindo a homozigose dos alelos da população subsequente, sendo esse um fator importante em estudos de melhoramento genético (DOMICINIANO, 2015; SILVEIRA, 2016).

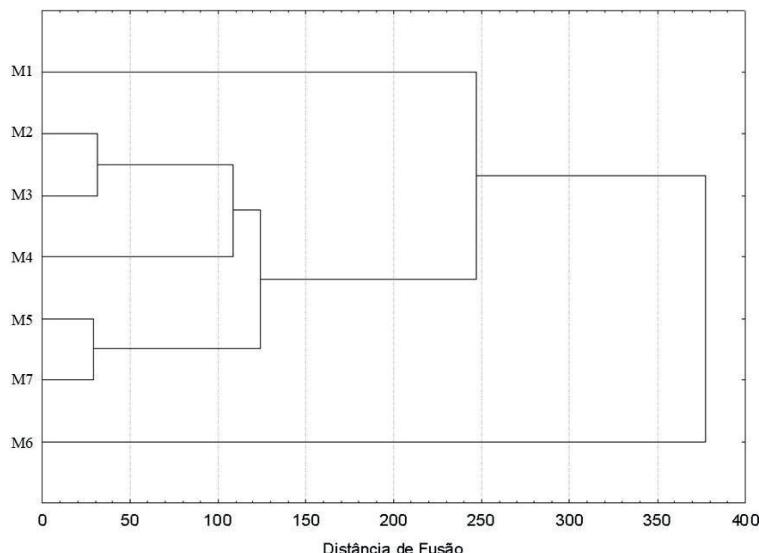


Figura 7 - Dendrograma obtido pelo método UPGMA, gerado com base nas distâncias de Mahalanobis, a partir dos 8 caracteres morfoagronômicos de frutos, avaliados em 7 matrizes (M) de *O. bacaba* Mart. de duas procedências do município de Juruti, no Oeste do Pará.

Fonte: Autores, 2023.

4 | CONCLUSÕES

A população de *Oenocarpus bacaba* Mart. analisada no município de Juruti- Pa, apresentou variabilidade genética para os caracteres morfoagronômicos avaliados. Dentre eles, dois vegetativos e um de cacho, contribuíram mais significativamente para a divergência entre as matrizes analisadas. Referente aos frutos, a variável de destaque foi a espessura da polpa, característica de grande importância para o mercado da polpa.

Com relação a distância euclidiana, utilizando dados vegetativos e de cacho, houve variação e média significativa, tendo a repetição de duas matrizes (M6 e M3) na formação de mais de dois pares. Relacionado a distância euclidiana, identificou-se que uma das sete matrizes obteve maior distância comparada as demais (M6).

Para formação dos grupos com base na distância de Mahalanobis, foi possível identificar cinco grupos, sendo o último o mais distante geneticamente e constituído por apenas uma matriz (M6).

Diante disso, é importante a continuidade de pesquisas em diferentes localidades da região, a fim de obter mais informações a respeito desta espécie e contribuir com dados que possam influenciar na conservação e incentivo ao cultivo e preservação de *Oenocarpus bacaba* Mart. Além disso, os resultados encontrados nesta pesquisa podem servir de base para programas de melhoramento genético, contribuindo para realização de novas pesquisas.

REFERÊNCIAS

COSTA, T. Avaliação dos parâmetros físico-químicos e estabilidade de compostos bioativos em óleos de polpa e amêndoas de frutos amazônicos, 2015. Tese (Doutorado) - Engenharia e Ciência de Alimentos - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, São José do Rio Preto, 2015. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/f1dc110c-afa1-44b3-830c-970cdff0eada/content>. Acesso em: 20 out. 2023.

CORADIN, L; CAMILLO, J; VIEIRA, I. C. G. (Ed.). **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro: região Norte**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2022. (Série Biodiversidade; 53). p.1452. Disponível em: <https://www.gov.br/mma-pt-br/livro-species-nativas-da-flora-brasileira-de-valor-economico- atual-ou-potencial-2013-plantas-para-o-futuro-2013-regiao-norte.pdf/view>. Acesso em: 12 abr.2023.

DOMICIANO, G. et al. Parâmetros genéticos e diversidade em progênies de macaúba com base em características morfológicas e fisiológicas. Ciência Rural v. 45, p. 1599–1605, 2015. Disponível em:<https://www.scielo.br/j/cr/a/CFVMvzFvRsQd5vRvLQKBw5k/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 22 out 2023.

FARIAS, J. et al. Divergência genética entre acessos de açaí do tipo branco baseado em caracteres morfoagronômicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, 2017, v.52, n.9, p.751-760. Disponível em: <https://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/24051>Acesso em 21 out. 2023.

LORENZI, H. et al. **Flora brasileira Lorenzi: Arecaceae (palmeiras)**. Nova Odessa: InstitutoPlantarum, 2010, p. 384. Disponível em: <https://repositorio.inpa.gov.br/handle/1/35944>. Acesso em: 28 abr. 2023.

MARTORANO, L. G. Ocorrência de Populações de Palmeiras do Gênero *Oenocarpus* Associada às Condições Topoclimáticas de Terra Santa, Pará. Embrapa Amazônia Oriental,Belém, 1. ed, p. 37, 2016. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1060704/ocorrencia-de-populacoes-de-palmeiras-do-genero-oenocarpus- associada-as-condicoes- topoclimaticas-de-terra-santa-pará>. Acesso em: 27 abr. 2023.

MACIEL, A. R. N. A. et al. Variabilidade Genética em *Oenocarpus bacaba* Mart. de Diferentes Procedências do Estado do Pará por Caracteres Morfoagronômico. Embrapa, Brasil, v. 1, n. 4, p. 17, 2022. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1141922>. Acesso em: 10 abr. 2023.

MACIEL, A. R. N. A. et al. Divergência Genética em *Oenocarpus distichus* Mart. de Diferentes Procedências do Estado do Pará por Caracteres Morfoagronômicos. Embrapa, Brasil, v. 11, n. 6, 2022. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/1142505/1/Artigo-Divergencia- genetica-do-O. distichus-de-diferentes-procedencias.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2023.

NODA, H. In situ breeding and conservation of Amazonian horticultural species. In: BORÉM, A.; LOPES, M. T. G.; CLEMENT, C. R.; NODA, H. (org.). Domestication and breeding: Amazonian species. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2012, chap. 10, p. 190-208. Disponível em: <https://repositorio.inpa.gov.br/handle/1/34081>. Acesso em: 15 abr. 2023.

OLIVEIRA, M. S. P.; SOUSA, T. S. S.; BRANDÃO, C. P. Divergência entre Indivíduos de *Oenocarpus distichus* Mart. (Bacaba-de-Leque) numa População de Belém, PA, por Meio de Caracteres Morfoagronômicos. Embrapa Amazônia Oriental, Belém. 1^a ed. 2019. Disponível em: <https://www.embrapa.br/amazonia-oriental/publicações>. Acesso em: 20 out. 2023.

RAMALHO, M. A. P. *et al.* Genética na Agropecuária. Lavras – MG: ed. 5. UFLA, p. 566, 2012. Disponível em: https://www.bibliotecaagptea.org.br/agricultura/agricultura_geral/livros/GENETICA%20NA%20AGROPECUARIA.pdf. Acesso em: 18 abr. 2023.

SNEATH, P. H.; SOKAL, R.R. Numerical taxonomy: The principles and practice of numerical classification. San Francisco: W.H. Freeman, p.573, 1973.

SEMAS. Plano estadual de bioeconomia do Pará. Belém, 2022. Disponível em:https://www.semas.pa.gov.br/wp-content/uploads/2022/11/Plano-da-Bioeconomia-vers%C3%A3o-FINAL_01_nov.pdf. Acesso em: 09 jun. 2023

SILVA, A. J. B.; SEVALHO, E. S.; MIRANDA, I. P. A. Potencial das Palmeiras Nativas da Amazônia Brasileira para A Bioeconomia: Análise Em Rede Da Produção Científica E Tecnológica. Ciência Florestal, Santa Maria, v. 31, n. 2, p.1020-1046.751, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cflo/a/Y6qcR5ZjFy8zbXBqXgx3Zp/>. Acesso em: 20 abr. 2023.

SOUSA, M. A.; OLIVEIRA, M. S. P.; FARIAS, J. T. Divergência genética entre acessos de açaí do tipo branco baseado em caracteres morfoagronômicos. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.52, n.9, p.751-760, 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/5X6bDBWvbPsHktxL9ScD99L/?lang=en>. Acesso em 22 out. 2023.

YOKOMIZO, K. G.; FARIAS, J. T. D. Caracterização Fenotípica e Genotípica de Progêneres de Pupunheira para Palmito. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 38, n. 1, p. 67-72, 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/ZwpkSwXrwjP84yQc5W3nCSC/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 20 out. 2023.

PRÁTICAS DE CAMPO NO CURSO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E DO AMBIENTE EM REGIÃO DE TRÍPLICE FRONTEIRA AMAZÔNICA

Data de submissão: 11/11/2024

Data de aceite: 02/01/2025

Andrea Rozendo Abelaez

Patrício Freitas de Andrade

1 | INTRODUÇÃO

As aulas práticas são pilares essenciais na Educação Superior, oferecendo um ensino robusto para o engajamento direto dos estudantes com o material de estudo. A interação prática com conceitos teóricos não só solidifica o conhecimento, mas também promove habilidades de pensamento crítico e resolução de problemas. Segundo Kolb (2015), o aprendizado experencial é uma das metodologias mais eficazes na formação de profissionais, pois possibilita que os estudantes aprendam fazendo, vivenciando e refletindo sobre suas experiências.

A aplicação das aulas práticas no ensino é fundamental para enriquecer a aprendizagem dos alunos, permitindo-lhes aplicar o conhecimento teórico em contextos que simulam as situações enfrentadas em

susas futuras carreiras profissionais. No contexto do curso, essas experiências práticas prévias são essenciais para que os alunos desenvolvam uma compreensão mais profunda e integrada da matéria (VEDOVATTE et al., 2021). A experiência prática contribui significativamente para o ciclo de aprendizado, promovendo não apenas o entendimento teórico, mas também a capacidade de adaptação e inovação, habilidades essenciais no mundo moderno (KOLB, 2015).

A relevância das práticas se acentua em ambientes diferenciados, como laboratórios, trilhas, roças, sítios e outros, são locais onde os estudantes podem visualizar e manipular o conhecimento teórico aprendido em sala de aula com a prática. Isso facilita uma conexão mais profunda entre teoria e prática, permitindo aos alunos uma compreensão mais completa e aplicada dos conceitos. Em contextos rurais, essas experiências são particularmente valiosas, pois conectam o conteúdo acadêmico com os elementos culturais e ambientais.

Além disso, em ambientes como a tríplice fronteira amazônica, o ensino prático se torna ainda mais relevante devido às características específicas e complexas da região. De acordo com Freire e Silva (2022), as práticas educativas desenvolvidas em contextos rurais e comunidades específicas, como as ribeirinhas, proporcionam um aprendizado contextualizado que fortalece o vínculo entre conhecimento acadêmico e saberes tradicionais, contribuindo para a valorização da cultura e das práticas locais.

Atividades práticas podem ser consideradas investigativas, pois os estudantes aplicam o conhecimento teórico presencialmente aliando a prática ao mundo natural ou social (ANDRADE; MASSABNI, 2011). Atividades com esse intuito tendem a consolidar o aprendizado dos discentes, preparando-os para o mundo real. Essas aulas visam reforçar o conhecimento teórico, promover a compreensão mais profunda dos assuntos e desenvolver habilidades práticas. Sendo assim, os discentes têm a oportunidade de vivenciar conceitos abstratos de forma concreta, podendo questionar, observar e analisar a realidade daquele ambiente como as escolas, culturas, plantas, animais, solos e afins.

Isso resulta em uma educação que não só prepara tecnicamente os estudantes, mas também os forma de maneira crítica, sensível e consciente às questões sociais e ambientais. Segundo Moura e Almeida(2023) estas experiências práticas são essenciais para que os alunos desenvolvam uma compreensão mais profunda e integrada da matéria, conectando a teoria com a realidade observada em campo.

A integração entre teoria e prática é fundamental para o comprometimento do professor com a melhoria do ensino. Essa conexão possibilita aperfeiçoar as práticas diárias, sendo um aspecto crucial para a eficácia do ensino (LEMES et al., 2011). A realização de aulas práticas contribui para momentos de reflexões e discussões sobre conceitos técnicos e científicos presentes em situações cotidianas dos estudantes, favorecendo a ampliação e a fixação do conhecimento de cada sujeito. (LEITE; SILVA; VAZ, 2005).

Este trabalho visa descrever as aulas práticas vivenciadas no ensino superior em contextos educacionais variados, com foco especial em ambientes rurais em região de tríplice fronteira Amazônica.

2 | METODOLOGIA

Este estudo foi desenvolvido na região de tríplice fronteira (Brasil, Peru e Colômbia), na disciplina de Educação do Campo, Agroecologia e Prática Curricular nas Escolas Rurais do Curso de Licenciatura em Ciências Agrárias e do Ambiente do Instituto de Natureza e Cultura da Universidade Federal do Amazonas (INC/UFAM).

Os discentes juntamente com o professor da disciplina realizaram uma atividade de prática de campo visitando os ambientes rurais a fim de contextualizar as aulas teóricas com a realidade local. Os locais de visita foram: Ilha do Aramaçá, abrangendo as comunidades de São José e Santa Luzia (ambiente de varzéa, localizada na ilha do

Aramaça, pertencente ao município de Benjamin Constant); Assentamento Novo Horizonte (Assentamento pertencente ao município de Tabatinga) e uma roda de conversa no Instituto Federal do Amazonas (IFAM) no município de Tabatinga; e uma propriedade na estrada BR-307 trajeto de Benjamin Constant - Atalaia do Norte.

Adotou-se uma abordagem qualitativa para este estudo, como recomendado por Minayo (2012), ao qual afirma que a análise qualitativa de um objeto de investigação concretiza a possibilidade de construção de conhecimento e possui todos os requisitos e instrumentos para ser considerada e valorizada como um construto científico.

O delineamento metodológico foi baseado no modelo de Estudo de Caso, conforme proposto por Yin (2015). Este método facilita a imersão detalhada nos cenários específicos da pesquisa, permitindo uma análise aprofundada dos fenômenos sociais e individuais observados.

Os interlocutores desta pesquisa foram agricultores familiares das localidades mencionadas, que se disponibilizaram a nos receber em suas respectivas moradias no mês de março do ano de 2024. O estudo foi realizado por meio de visitas nessas propriedades. As técnicas da pesquisa foram: **a)** Revisão Bibliográfica: Foi realizada uma extensa revisão de literatura para fundamentar o estudo e contextualizar os resultados dentro do campo existente de conhecimento; **b)** Roteiro de Entrevista: Desenvolveu-se um roteiro de entrevista detalhado, abordando questões relacionadas às espécies cultivadas nos quintais e roças, bem como as práticas de manejo e usos das plantas pelos agricultores. **c)** Observação Direta: Durante as visitas, foram coletadas informações continuamente, utilizando-se de registros em caderno de campo para análise posterior e documentação fotográfica para capturar detalhes do ambiente e das interações cotidianas.

A combinação dessas técnicas, juntamente com uma rigorosa triangulação dos dados (Creswell, 2013; Triviños, 2007), busca não apenas aumentar a robustez e a confiabilidade das análises, mas também fornece uma visão holística e sistemática dos padrões de sustentabilidade e práticas agroflorestais na região. Esta metodologia rigorosa é essencial para entender as dinâmicas complexas e as interações entre agricultura familiar e sustentabilidade na Amazônia.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Comunidade de São José e Santa Luzia

Ainda no porto da comunidade, antes de iniciar as atividades práticas, foram organizadas sessões preparatórias nas quais os docentes da disciplina discutiram com os discentes os objetivos e a importância das aulas práticas. Houve também um diálogo sobre como interagir de maneira respeitosa e eficaz com os ambientes e comunidades rurais. Estas sessões preparatórias desempenham um papel fundamental na formação dos

estudantes, fornecendo um contexto cultural e ético essencial para práticas de campo em comunidades específicas. De acordo com Silva e Oliveira (2021), a preparação cultural e ética dos estudantes é crucial para garantir que as práticas de campo sejam conduzidas de forma que respeite as dinâmicas sociais locais, promovendo uma interação respeitosa e colaborativa com as comunidades.

A primeira atividade prática ocorreu no quintal da agricultora Dona Irani, uma área diversificada com cultivos de frutíferas e olerícolas. Nesse ambiente, foi observado e examinado a interação entre as plantações e as pragas locais, constatando-se a infestação de lagartas da família Nymphalidae no cultivo de maracujá (*Passiflora edulis*) (Figura 1). Segundo Oliveira e Frizzas (2014) há duas espécies de lagartas de maior importância no Brasil que atacam diretamente o maracujazeiro a *Dione juno juno* (Cramer) (Lepidoptera: Nymphalidae) e *Agraulis vanillae* (L.) (Lepidoptera: Nymphalidae). Essas lagartas causam prejuízo ao consumo foliar, causando a diminuição da fotossíntese das plantas, ocasionando diminuição da produtividade.

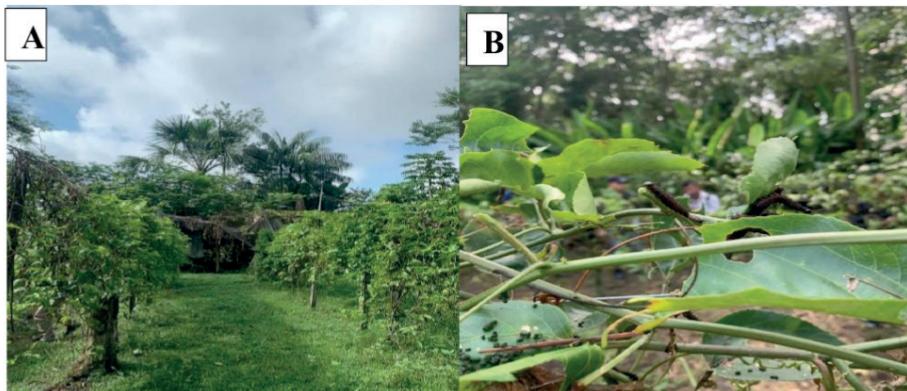


Figura 1 – A: Plantio de maracujá (*Passiflora edulis*). B: Infestação de lagartas no plantio.

Fonte: ABELAEZ, 2024.

Esta observação prática é um exemplo claro da relevância do estudo das pragas no contexto da agricultura familiar, um aspecto que tem sido apontado como central para a viabilidade da produção rural sustentável (Silva et al., 2023).

Após as observações na área cultivada, a equipe se dirigiu a Escola Municipal de São José, na qual abriga alunos da própria comunidade e adjacentes (Figura 2). Ao lado da escola está instalada a casa de reuniões da comunidade, neste espaço houve uma roda de conversa que envolveu o gestor e coordenadora pedagógica da escola, discentes das disciplinas e docentes do INC/UFAM. Foram abordados temas como as dificuldades de acesso à educação durante a estiagem de 2023, as estratégias desenvolvidas para mitigar o impacto da seca e o andamento do Projeto Político Pedagógico (PPP) da escola.

O dia a dia nas comunidades ribeirinhas é definido principalmente pela sazonalidade

do rio (secas e cheias). As escolas devem superar desafios tanto nas cheias quanto nas secas, havendo oscilação de seus calendários escolares (KLEIN, 2021). Fazem-se necessárias políticas públicas específicas para escolas em áreas ribeirinhas, com destaque em infraestrutura adequada e transporte escolar, que são fatores que limitam o acesso à educação de qualidade (LIMA e COUTINHO, 2024). A roda de conversa com o gestor e coordenadora pedagógica também foi um momento significativo para conectar os discentes com a realidade da gestão escolar em contextos desafiadores.

Durante a roda de conversa foi debatido a proposta da SEMED de mudar a escola Polo para outra comunidade com o argumento de possuir uma demanda maior de alunos. O gestor destacou as abrangências da escola, onde a mesma possui dois anexos em comunidades próximas, facilitando a locomoção dos alunos e professores. Destacou-se também que a escola recebe alunos das séries iniciais e ensino fundamental do 6º ao 9º ano.



Figura 2 - Vista frontal da Escola Municipal de São José.

Fonte: ABELAEZ, 2024.

É relevante frisar que por mais simples que seja a estrutura física da escola, pôde- se observar que a mesma é bastante interessada em manifestar para a comunidade assuntos de relevâncias sociais através de cartazes informativos e ações práticas de proteção às crianças e jovens.

A educação nas comunidades ribeirinhas enfrenta diversos desafios que devem ser superados para que possa efetivamente ser um vetor de transformação. Entre esses desafios, destaca-se a carência de infraestrutura adequada, incluindo escolas equipadas e transporte escolar. É essencial que os educadores encontrem maneiras de incorporar o saber tradicional ribeirinho no currículo, o que ajuda a valorizar a cultura local e a incentivar a conservação de seu patrimônio imaterial. Tal abordagem reforça a autoestima e o senso

de identidade dos estudantes, melhorando sua experiência educativa (Lima e Coutinho, 2024).

Após as discussões foi realizada mais uma caminhada pela comunidade observando a paisagem em ambiente de várzea e os cultivos consorciados nas roças, que ficavam próximas das residências.

Ainda no mesmo dia pelo período da tarde foi realizada uma visita à comunidade de Santa Luzia, onde os discentes conheceram a propriedade do seu Antônio que cultiva em casa de vegetação suas mudas de alface e couve, além de outras hortaliças para o consumo familiar e comercialização (figura 3).



Figura 3 – A: Casa de vegetação em reforma. B: Mudas de couve.

Fonte: Fonte: ABELAEZ, 2024.

Esta interação proporcionou aos discentes uma visão direta dos esforços de sustentabilidade e inovação em práticas agrícolas locais, além de compreender de forma prática como o pequeno produtor desenvolve suas atividades agrícolas.

3.2 Comunidade Novo horizonte

Na propriedade do Sr. Aurélio, o sítio Bem-Viver se revelou um cenário ideal para a aplicação prática dos conceitos aprendidos em sala de aula. Após a chegada dos discentes e docentes à localidade, iniciou-se a preparação da terra na casa de vegetação, um ambientemeticulosamente organizado para maximizar o aprendizado e o desenvolvimento das plantas.

A casa de vegetação, já pronta para receber as novas culturas, foi o local escolhido para o plantio de uma variedade de hortaliças, tais como alface, repolho e coentro. Esse processo não apenas permitiu que os alunos aplicassem técnicas de cultivo e manejo

do solo aprendidas anteriormente, mas também proporcionou uma oportunidade prática para entenderem a importância da preparação adequada do solo e do espaçamento entre plantas, garantindo o crescimento saudável e vigoroso das hortaliças.

Esta atividade prática no Sítio Bem-Viver foi essencial para que os alunos visualizassem e experimentassem diretamente os efeitos de um ambiente controlado e bem preparado no sucesso do cultivo agrícola.

Para garantir o crescimento saudável das plantas, foi adotado um espaçamento específico—30 cm para alface e 60 cm para repolho—e realizada a calagem do solo com a aplicação de 200g de calcário por metro quadrado (Figura 3). O uso de calcário foi essencial para corrigir o pH do solo, uma prática recomendada baseada nas características específicas do solo local.



Figura 3 - Aplicação de calcário.

Fonte: ABELAEZ, 2024.

Para o preparo do solo se utilizou um tratorito, um equipamento versátil e eficiente para o arado de pequenas áreas, demonstrando sua utilidade na agricultura familiar. A conclusão do plantio foi bem-sucedida, com as mudas plantadas adequadamente, prometendo uma futura colheita para consumo local (Figura 4).



Figuras 4 – A: Utilização do tratorito. B: Conclusão de plantio na casa de vegetação.

Fonte: ABELAEZ, 2024.

As técnicas de plantio e manejo do solo demonstradas na propriedade do Sr. Aurélio proporcionaram aos alunos uma experiência prática enriquecedora, ligando conhecimentos técnicos a práticas sustentáveis de manejo agrícola.

Posteriormente, a equipe dos discentes juntamente com os docentes se dirigiu ao IFAM para uma roda de conversa no auditório Prof. Dr. Antônio Venâncio Castelo Branco, focada no tema “Agrobiodiversidade na Tríplice Fronteira”. Este evento contou com a participação de estudantes do Curso Superior de Tecnologia em Agroecologia e do Curso de Licenciatura em Ciências Agrárias e do Ambiente. O Prof. Dr. Elenilson Silva de Oliveira mediou o encontro, com contribuições significativas da Profa. Dr. Antônia Ivanilce Castro da Silva e do Prof. Me. Patrício Freitas de Andrade.

Durante a roda de conversa, foi realizada uma dinâmica interativa onde os alunos mencionaram frutas regionais do Alto Solimões, seguida por discussões sobre o uso de sementes crioulas, sua importância para a agricultura sustentável e a preservação do meio ambiente. Esta atividade mostrou-se vital não apenas para o engajamento dos estudantes, mas também como um meio para eles expressarem suas ideias e serem ouvidos em um ambiente respeitador e inclusivo.

Roda de conversa é método dialógico que tem intuitos educativos e sistematizar informações no grupo conforme o tema a ser debatido, por meio de dinâmica. Onde os participantes partilham seus saberes e reflexões, dando voz aos sujeitos participantes, oportunizando dessa forma a construção do conhecimento por todos os presentes (Pinheiro, 2020). A roda de conversa no IFAM destacou a relevância da biodiversidade e das práticas agrícolas tradicionais, como o uso de sementes crioulas, para a sustentabilidade ambiental e a segurança alimentar na região.

3.3 Atividade na BR-307

A propriedade rural fica localizada no Km 11 da estrada entre os municípios de Benjamin Constant e Atalaia do Norte, do seu Edgar, um agricultor de origem peruana que reside em Benjamin Constant - Amazonas desde 2006.

Os canteiros na propriedade, com dimensões de 1 metro de largura e chegam até 60 metros de comprimento, são fertilizados com biofertilizantes produzidos na própria localidade, utilizando esterco de aves e de preás. Este biofertilizante é aplicado tanto diretamente no solo quanto diluído em água sobre as folhas das plantas, uma prática sustentável que melhora a fertilidade sem depender de químicos (Figura 5).



Figura 5 - Biofertilizante natural do agricultor senhor Edgar.

Fonte: SILVA, 2024

O agricultor menciona a intenção de contratar mais pessoas à medida que sua produção aumenta, gerando emprego e contribuindo para a economia local. Além disso, a localidade diversificou-se com a criação de porcos-da-Índia e a produção de tilápias em um açude, onde a alimentação orgânica garante a qualidade dos produtos.

Na propriedade, o uso do fogo é evitado para proteger a terra, também planeja construir uma casa de vegetação para melhorar a produção e a eficiência durante todo o ano, especialmente durante o inverno¹, que é considerado uma época ideal para a comercialização de hortaliças na região do Alto Solimões.

Com a não utilização do fogo na agricultura, esta área se assemelha a um uso alternativo que vem sendo amplamente pesquisado por diversas instituições que são os Sistemas agroflorestais (Rocha, 2015). Também está propriedade com esse planejamento de casa de vegetação, está visando a construção de um instrumento de proteção ambiental,

¹ Forma como foi mencionado pelo agricultor, onde é um período de muitas chuvas na região

de fundamental relevância para nossa região Amazônica, que é tropical (Reis, 2005).

Foi encontrado o cultivo de uma ampla variedade de espécies de hortaliças, dentre elas alface, repolho, coentro, pepino, mamão, couve entre outros além da criação de preás que foram encontrados machucados na natureza (Figura 6).



Figura 6 – A, B e C: Cultivo de hortaliças. D: Criação de preás.

Fonte: ABELAEZ, 2024.

Após as visitas e passados alguns dias de descanso foi realizado uma sessão de *debriefing* onde os alunos refletiram sobre suas experiências e discutiram como os conhecimentos adquiridos poderiam ser aplicados em futuras práticas agrícolas ou educacionais. Estas discussões foram fundamentais para vincular as observações de campo aos conceitos teóricos abordados em sala de aula, proporcionando uma base para futuras investigações e projetos de pesquisa e extensão.

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

As atividades práticas desenvolvidas durante esta prática de campo proporcionou uma valiosa interação entre professores e estudantes, bem como entre os próprios estudantes, fortalecendo o processo de aprendizagem colaborativa. A integração entre teoria e prática, crucial no contexto da educação profissional de jovens e adultos, foi amplamente promovida, oferecendo aos alunos uma compreensão prática que complementa o conhecimento teórico adquirido em sala de aula tanto na disciplina de Educação do

Campo, como Agroecologia e Prática Curricular nas Escolas Rurais.

Ao longo das visitas, foi observado de perto a realidade de diversos produtores e agricultores, destacando as diferenças nos ambientes, incluindo variações nos tipos de solo — como terra firme e solos de várzea — e nas condições de cultivo de plantas e criação de animais. Essa diversidade revelou a riqueza e os desafios da agricultura regional, proporcionando aos estudantes uma visão abrangente e realista do setor agrícola.

Adicionalmente, as práticas permitiram uma análise dos efeitos da estiagem sobre as comunidades, influenciando diretamente a educação e a agricultura local. Os educadores e a comunidade escolar demonstraram resiliência ao desenvolver estratégias para minimizar os impactos negativos da seca sobre o aprendizado, garantindo a continuidade educacional mesmo em tempos de adversidade.

O manejo do solo, a utilização de adubos e fertilizantes naturais, e os métodos de cultivo também foram pontos focais, permitindo aos alunos aprenderem sobre as práticas sustentáveis que minimizam o impacto ambiental e promovem uma agricultura mais ecológica. A utilização de equipamentos adequados para o plantio e a importância de manter espaçamentos corretos no cultivo de hortaliças foram habilidades práticas reforçadas durante as atividades.

Essas experiências práticas, realizadas ao longo de três dias, possibilitaram aos estudantes vivenciar o dia a dia dos produtores rurais, compreendendo os métodos e desafios da produção local. Cada etapa da prática contribuiu para a construção de um conhecimento profundo e aplicado, preparando os alunos de forma mais efetiva para os desafios profissionais futuros no campo da agroecologia e ciências agrárias.

REFERÊNCIAS:

ANDRADE, M. L. F.; MASSABNI, V. G. O desenvolvimento de atividades práticas na escola: um desafio para os professores de ciências. Ciência & Educação, Bauru, v. 17, n. 4, p. 835-854, 2011.

CRESWELL, John W. Qualitative inquiry & research design: choosing among five approaches. 3. ed. Thousand Oaks: Sage, 2013.

KLEIN, Letícia. Mudanças climáticas e atividades humanas já ameaçam áreas inundáveis da Amazônia. Especial Amazônia. P ub l i c ad o 30 d e a go . d e 2 0 2 1 . Disponível no site: Mudanças climáticas e atividades humanas já ameaçam áreas inundáveis da Amazônia | National Geographic (nationalgeographicbrasil.com).

Acessado no dia 14/05/2024.

LEITE, Adriana Cristina Souza; SILVA, Pollyana Alves Borges; VAZ, Ana Cristina Ribeiro. A importância das aulas práticas para alunos jovens e adultos: uma abordagem investigativa sobre a percepção dos alunos do PROEF II. Ensaio - Pesquisa em Educação em Ciências, Belo Horizonte, v. 7, n. 3, p. 1-16, 2005.

LEMES, Camila Menezes. et al. A teoria e a prática na formação de professores: desafios e dilemas. IV EDIPE – Encontro Estadual de Didática e Prática de Ensino – 2011.

LIMA, Adriano Guimarães.; COUTINHO, Diogenes José Gusmão. Desafios e perspectivas: a educação básica nas comunidades ribeirinhas como agente transformador. DOI: 10.5281/zenodo.10501030. Ciências Humanas, Volume 28 – Edição 130/JAN 2024 / 13/01/2024.

MINAYO, Maria Cecília de Souza. Análise qualitativa: teoria, passos e fidedignidade. <https://doi.org/10.1590/S1413-81232012000300007>. Ciênc. saúde coletiva 17 (3) • Mar 2012.

OLIVEIRA, Charles Martins.; FRIZZAS, Marina Regina. Principais pragas do maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis f. flavicarpa* Degener) e seu manejo. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2014.

PINHEIRO, Leandro Rogério. Rodas de conversa e pesquisa: reflexões de uma abordagem etnográfica. <https://doi.org/10.1590/1980-6248-2019-0041>. Pro-Posições 31 • 2020.

REIS, Neville V. B. dos. Construção de estufas para produção de hortaliças nas Regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste. Circular Técnica 38, Embrapa Hortaliças, 1a edição 1a impressão, 2005.

ROCHA, Clarice. Alternativas ao uso do fogo na agricultura e as etapas para planejamento de uma queimada controlada. Notícias EMBRAPA, 2015. Disponível no site: Alternativas ao uso do fogo na agricultura e as etapas para planejamento de uma queimada controlada - Portal Embrapa. Acessado dia 15/05/2024.

SILVA, M. F. Et al. Sustentabilidade na agricultura familiar: desafios e perspectivas no manejo de pragas.” Journal of Agricultural Studies, 45(1), 89-104. 2023.

SILVA, A. C.; Oliveira, R. M. Práticas educativas em contextos culturais: desafios e perspectivas. Revista Brasileira de Educação e Cultura, 32(4), 198-215. 2021.

TRIVIÑOS, A. S. A dialética materialista e a prática social. DOI: 10.22456/1982- 8918.2899. Movimento, [S. I.], v. 12, n. 2, p. 121–142, 2007.

VEDOVATTE, Rafael Misael. Estudo de caso de aulas práticas aplicadas no curso de tecnologia em segurança do trabalho na modalidade DOI:10.34117/bjdv7n4-415.

Brazilian Journal of Development, Curitiba, v.7, n.4, p. 39422-39430. Abril, 2021.

YIN, Robert K. Estudo de caso: planejamento e métodos. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

LEONARDO FRANÇA DA SILVA - Engenheiro Agrônomo pela Universidade Federal De Minas Gerais (UFMG). Engenheiro Segurança do Trabalho, especialista em Engenharia de Produção. Mestre em Agronomia pela Universidade Estadual Paulista -UNESP. Doutor em Engenharia Agrícola (Construções Rurais e Ambiência) pela Universidade Federal de Viçosa. Atualmente atua como membro como membro colaborador dos grupos de pesquisa vinculado ao CNPq: Núcleo em Ambiência e Engenharia de Sistemas Agroindustriais - AMBIAGRO- UFV, Ergonomia e segurança industrial, Ergonomia e Segurança do Trabalho, Segurança e Saúde do Trabalho, Ergonomia Florestal - LABOERGO - UFV . Atuou como Professor Substituto de Magistério Superior na Universidade Federal de Viçosa, campus Florestal, lecionando as disciplinas de Desenho Técnico e Construções Rurais. Possui experiência nas áreas de Engenharia agrícola, com ênfase em Engenharia de Construções Rurais, Desenho técnico e Assistido por computador, Sustentabilidade em sistemas de produção (Agrícola / Animal), Segurança do trabalho e Ergonomia, Desenvolvimento rural, Energia renováveis na agricultura.

JÉSSICA MANSUR SIQUEIRA FURTADO CRUSOÉ - Zootecnista formada pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), com mestrado e doutorado em Zootecnia na área de nutrição e produção de animais monogástricos pela mesma instituição. Atualmente atua como professora substituta na UFV – Campus de Florestal, é coordenadora da Unidade de Ensino, Pesquisa e Extensão – Aves e Suínos da UFV e atua também como instrutora do Sistema FAEMG Senar Minas nas áreas de avicultura e suinocultura. Possui experiência em produção, nutrição e alimentação de aves e suínos, bioclimatologia, avicultura com foco em produção de ovos em sistemas alternativos, nutrição e alimentação de poedeiras e desenvolvimento sustentável da avicultura e suinocultura familiar.

ROLDÃO CARLOS ANDRADE LIMA - Possui graduação em Engenharia Florestal pela Universidade Estadual do Maranhão - Centro de Estudos Superiores de Imperatriz (UEMA/CESI) incorporada à Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão (UEMASUL) criada pela Lei Estadual 10.525/16. Engenheiro de Segurança do Trabalho pela Universidade Cruzeiro do Sul. Especialista em Segurança do Trabalho e Gestão Ambiental pelo Instituto Prominas. Especialista em Máquinas e Mecanização Agrícola pela Faculdade Cristo Rei. Mestre em Ciências Florestais pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Doutor em Ciência Florestal pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP). Atualmente é Docente do Ensino Superior na Universidade Estadual de Goiás (UEG), campus de Ipameri-GO.

A

Abatedouro 11, 16

B

Bacaba 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 32, 33, 34, 35, 36, 87, 88, 89, 90, 91, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102

Bacabeira 22, 23, 27, 29, 30, 34, 90

Biological inputs 37, 38

C

Caracteres morfológicos 88

Composto orgânico 22, 24, 33

D

Diversidade genética 88, 90, 91

G

Glycine max 2, 3, 51, 55

Green agriculture 37

H

Higiene 10, 11, 12, 14, 16, 17, 19, 20

M

Microbial communities 37, 38, 39, 40, 45, 50, 52

Microbial ecology 37, 42, 50

Micronutriente 2

Mudas 21, 22, 24, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 108, 109

N

Nutricional 31, 58, 59, 60, 68, 69, 70

P

Palmeira 22, 23, 24, 91

Populações 88, 90, 98, 101

Processamento 13, 19, 58, 61

Produto 1, 4, 5, 6, 13, 14, 15, 16, 57, 58, 59, 60, 64, 66, 67, 68, 77, 78

Proteção 2, 107, 111

ÍNDICE REMISSIVO

Q

Qualidade 2, 3, 8, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 20, 22, 24, 27, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 58, 65, 69, 70, 72, 81, 107, 111

S

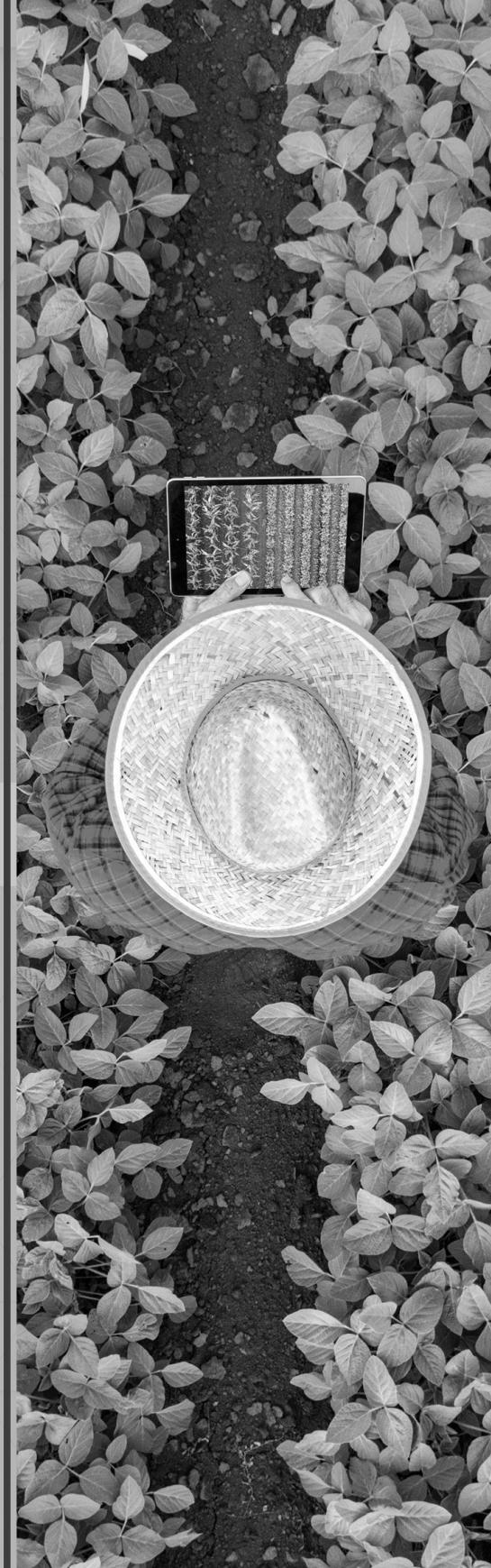
Segurança alimentar 10, 11, 14, 15, 16, 17, 110

Seleção 12, 75, 80, 88, 90, 100

Perspectivas futuras para as Ciências Agrárias

DESAFIOS E INOVAÇÕES

- 🌐 www.atenaeditora.com.br
- ✉ contato@atenaeditora.com.br
- 📷 [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
- FACEBOOK www.facebook.com/atenaeditora.com.br



Perspectivas futuras para as Ciências Agrárias

DESAFIOS E INOVAÇÕES

- 🌐 www.atenaeditora.com.br
- ✉ contato@atenaeditora.com.br
- ✉ [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
- ✉ www.facebook.com/atenaeditora.com.br

