

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE MESTRADO

REVESTIMENTO DE ÓLEO ESSENCIAL DE *Lippia alba* (MILL.)
N.E.BR EX BRITTON & P. WILSON NO CONTROLE DA
ANTRACNOSE EM MAMÃO

Bruna Vieira da Silva

CRUZ DAS ALMAS - BAHIA
DEZEMBRO – 2024

**REVESTIMENTO DE ÓLEO ESSENCIAL DE *Lippia alba* (MILL.) N.E.BR EX
BRITTON & P. WILSON NO CONTROLE DA ANTRACNOSE EM MAMÃO**

Bruna Vieira da Silva
Bacharela em Biologia, UFRB, 2022

Dissertação apresentada ao Colegiado do
Programa de Pós-graduação em Ciências
Agrárias da Universidade Federal do
Recôncavo da Bahia, como requisito
parcial para a obtenção do Título de Mestra
em Ciências Agrárias (Área de
concentração: Agricultura tropical).

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Franceli da Silva
Coorientadora: Prof.^a Dr.^a Norma Suely Evangelista-Barreto
Coorientadora: Prof.^a Dr.^a Ana Cristina Fermino Soares

**CRUZ DAS ALMAS - BAHIA
DEZEMBRO - 2024**

FICHA CATALOGRÁFICA

S586r

Silva, Bruna Vieira da.

Revestimento de óleo essencial de *Lippia alba* (MILL.) N.E.Br ex Britton & P. Wilson no controle da antracnose em mamão / Bruna Vieira da Silva._ Cruz das Almas, BA, 2024.

84f.; il.

(Dissertação) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias Ambientais e Biológicas, Mestrado em Ciências Agrárias.

Orientadora: Prof. Dra. Franceli da Silva.

Coorientadora: Prof. Dra. Norma Suely Evangelista-Barreto.

Coorientadora: Prof. Dra. Ana Cristina Fermino Soares.

1.Mamão – Doença. 2.Óleo essencial – Antracnose – Controle. I.Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias Ambientais e Biológicas. II.Título.

CDD: 634.651

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE MESTRADO**

**REVESTIMENTO DE ÓLEO ESSENCIAL DE *Lippia alba* (MILL.) N.E.BR EX
BRITTON & P. WILSON NO CONTROLE DA ANTRACNOSE EM MAMÃO**

Comissão Examinadora da Defesa de Dissertação de
Bruna Vieira da Silva

Aprovada em 20 de dezembro de 2024



Documento assinado digitalmente
FRANCELI DA SILVA
Data: 13/03/2025 19:51:00-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^a. Dra. Franceli da Silva
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB
Orientadora



Documento assinado digitalmente
CINTIA ARMOND
Data: 11/03/2025 06:38:33-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^a. Dra. Cintia Armond
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB
Examinadora Externa



Documento assinado digitalmente
VIVIANE MODESTO ARRUDA
Data: 10/03/2025 22:39:29-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^a. Dra. Viviane Modesto Arruda
Universidade do Estado de Minas Gerais – UEMG
Examinadora Externa

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter iluminado meus caminhos, me ensinado a superar meus limites e permitido essa conquista.

A Universidade Federal do Recôncavo da Bahia pela oportunidade de realizar o curso de pós-graduação.

A minha orientadora, Profa. Dra. Franceli da Silva, e coorientadas Profa. Dra. Norma Suely Evangelista-Barreto e Profa. Dra. Ana Cristina Fermino Soares por todos os ensinamentos e experiências compartilhadas e, principalmente, pelo apoio, atenção, confiança e incentivo.

Aos meus pais, Solange e Edmilson, por todo amor, carinho, atenção, dedicação e força para me ajudar a enfrentar todos os obstáculos, pois sem vocês nada seria possível.

A minha irmã, Simone, pelo apoio, carinho e paciência.

Ao meu namorado, Diego, por todo amor, carinho, atenção, dedicação, incentivo e auxílio para realizar esse trabalho.

A todos os professores do curso de Pós-Graduação em Ciências Agrárias pelos preciosos ensinamentos e contribuições durante esses dois anos.

A todos que não citei, mas que direta ou indiretamente fizeram parte desse processo e contribuíram para que eu chegasse até aqui.

A todos, minha eterna gratidão!

REVESTIMENTO DE ÓLEO ESSENCIAL DE *Lippia alba* (MILL.) N.E.BR EX BRITTON & P. WILSON NO CONTROLE DA ANTRACNOSE EM MAMÃO

RESUMO GERAL

A utilização de revestimentos comestíveis tem se tornado uma tendência de mercado e tem contribuído para minimizar ou retardar os danos causados por pragas e doenças nas culturas agrícolas, principalmente, na fase pós-colheita. Estes revestimentos são camadas finas de componentes biodegradáveis aplicados na etapa pós-colheita em frutas e hortifrutigranjeiros. A principal função é minimizar o desenvolvimento de fitopatógenos que podem causar danos irreparáveis nas culturas e gerar déficit econômico para os produtores. Este estudo teve como objetivo avaliar o potencial do óleo essencial de *Lippia alba*, no controle da antracnose em mamão por meio da aplicação de revestimento comestível, bem como avaliar o grau de aceitação entre os consumidores. Avaliou-se os parâmetros: concentrações mínimas inibitória e fungicida do óleo essencial e hidrolato de *L. alba*, porcentagem de inibição, índice de velocidade de crescimento micelial e a produção de esporos do *Colletotrichum* spp. O procedimento metodológico contou com 7 tratamentos nas concentrações do óleo essencial de *L. alba* (0; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0 e 4,5 $\mu\text{L.mL}^{-1}$), que foram aplicados como revestimento em frutos de mamão. Posteriormente, foi avaliado a porcentagem de inibição e índice de velocidade do crescimento da lesão por *Colletotrichum* spp. nos mamões, e a caracterização físico-química por meio da análise de perda de massa, pH, acidez titulável, cor, sólidos solúveis, vitamina C e açúcares redutores e totais, e sacarose. A análise sensorial foi realizada pela avaliação de 77 provadores, baseada no método de estímulo simples com escala hedônica de nove e sete pontos. Para os testes in vitro, verificou-se que o óleo essencial foi eficaz para inibir o fitopatógeno em todos os parâmetros avaliados, de modo que a concentração de 3,0 $\mu\text{L.mL}^{-1}$ inibiu em 90% do crescimento micelial e reduziu a esporulação. A PICL foi de 82% nas concentrações de 4,0 e 4,5 $\mu\text{L.mL}^{-1}$, enquanto para o IVCL houve redução do diâmetro de crescimento da lesão em 84,37%. Para a caracterização físico-química não houve diferença significativa para a maioria dos parâmetros, exceto pH e vitamina C. A média dos atributos sensoriais (sabor, aroma, cor, textura e aspecto), analisada pelos provadores variou entre 6,13 a 7,74 (6 – gostei ligeiramente e 7 – gostei moderadamente), com índice de aceitação de 80% para os tratamentos T1 (controle) e T2 (2,5 $\mu\text{L.mL}^{-1}$) e, 74 e 72% para T3 (3,5 $\mu\text{L.mL}^{-1}$) e T4 (4,5 $\mu\text{L.mL}^{-1}$), respectivamente. Para o teste de intenção de compra, os tratamentos T1 e T2 obtiveram as maiores médias de 5,12 e 5,05 (compraria frequentemente). Dessa forma, recomenda-se a concentração de 4,0 $\mu\text{L.mL}^{-1}$ do óleo essencial de *Lippia alba* para a aplicação em revestimentos em mamão, apresentando boa aceitação e intenção de compra pelos provadores, de modo que a utilização do revestimento contendo quitosana e óleo essencial de *L. alba* apresenta potencial para comercialização em grande escala.

Palavras-chave: Aceitabilidade, *Colletotrichum* spp., Planta medicinal, Pós-colheita.

**ESSENTIAL OIL COATING FROM *Lippia alba* (MILL.) N.E.BR EX
BRITTON & P. WILSON IN THE CONTROL OF ANTHRACNOSIS IN PAPAYA**

GENERAL ABSTRACT

The use of edible coatings has become a market trend and has contributed to minimize or delay the damage caused by pests and diseases in agricultural crops, especially in the post-harvest phase. These coatings are thin layers of biodegradable components applied in the post-harvest phase to fruits and vegetables. Their main function is to minimize the development of phytopathogens that can cause irreparable damage to crops and generate economic deficits for producers. This study aimed to evaluate the potential of *Lippia alba* essential oil in controlling anthracnose in papaya through the application of an edible coating, as well as to evaluate the degree of acceptance among consumers. The following parameters were evaluated: minimum inhibitory and fungicidal concentrations of *L. alba* essential oil and hydrolate, inhibition percentage, mycelial growth rate index and spore production of *Colletotrichum* spp. The methodological procedure included 7 treatments in concentrations of *L. alba* essential oil (0; 2.5; 3.0; 3.5; 4.0 and 4.5 $\mu\text{L.mL}^{-1}$), which were applied as a coating on papaya fruits. Subsequently, the inhibition percentage and growth speed index of the lesion by *Colletotrichum* spp. in papayas were evaluated, and the physicochemical characterization was performed by analyzing mass loss, pH, titratable acidity, color, soluble solids, vitamin C and reducing and total sugars, and sucrose. The sensory analysis was performed by evaluating 77 panelists, based on the simple stimulus method with a nine- and seven-point hedonic scale. For the in vitro tests, it was found that the essential oil was effective in inhibiting the phytopathogen in all parameters evaluated, so that the concentration of 3.0 $\mu\text{L.mL}^{-1}$ inhibited 90% of mycelial growth and reduced sporulation. The PICL was 82% at concentrations of 4.0 and 4.5 $\mu\text{L.mL}^{-1}$, while for IVCL there was a reduction in the lesion growth diameter of 84.37%. For the physicochemical characterization, there was no significant difference for most parameters, except pH and vitamin C. The average of the sensory attributes (flavor, aroma, color, texture and appearance), analyzed by the tasters, ranged from 6.13 to 7.74 (6 - slightly liked and 7 - moderately liked), with an acceptance rate of 80% for treatments T1 (control) and T2 (2.5 $\mu\text{L.mL}^{-1}$) and 74 and 72% for T3 (3.5 $\mu\text{L.mL}^{-1}$) and T4 (4.5 $\mu\text{L.mL}^{-1}$), respectively. For the purchase intention test, treatments T1 and T2 obtained the highest averages of 5.12 and 5.05 (would buy frequently). Therefore, a concentration of 4.0 $\mu\text{L.mL}^{-1}$ of *Lippia alba* essential oil is recommended for application in papaya coatings, showing good acceptance and purchase intention by tasters, so that the use of the coating containing chitosan and *L. alba* essential oil has potential for large-scale commercialization.

Key-words: Acceptability, *Colletotrichum* spp., Medicinal plant, Post-harvest.

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

Tabela 1. Composição química do óleo essencial de <i>Lippia alba</i>	40
---	----

CAPÍTULO 2

Tabela 1. Parâmetros físico-químicos de mamões revestidos com diferentes concentrações do óleo essencial de <i>L. alba</i>	65
---	----

Tabela 2. Parâmetro de cor de mamões revestidos com diferentes concentrações do óleo essencial de <i>L. alba</i>	66
---	----

CAPÍTULO 3

Tabela 1. Média dos atributos sensoriais de mamões revestidos com óleo essencial de <i>Lippia alba</i>	80
---	----

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

- Figura 1.** Esquema do método de extração do óleo essencial pela técnica de hidrodestilação.....35
- Figura 2.** Patogenicidade de *Colletotrichum* spp. em fruto de mamão.....41
- Figura 3.** Percentual de inibição da germinação de esporos de *Colletotrichum* spp. sob ação de diferentes concentrações de óleo essencial (a) e hidrolato (b) de *Lippia alba*.....42
- Figura 4.** Porcentagem de inibição do crescimento micelial de *Colletotrichum* spp. exposto a diferentes concentrações do óleo essencial (a) e hidrolato (b) de *Lippia alba*.....43
- Figura 5.** Índice de velocidade do crescimento micelial de *Colletotrichum* spp. exposto a diferentes concentrações do óleo essencial (a) e hidrolato (b) de *Lippia alba*.....45
- Figura 6.** Número de esporos por mL de *Colletotrichum* spp. exposto a diferentes concentrações do óleo essencial (a) e hidrolato (b) de *Lippia alba*.....46

CAPÍTULO 2

- Figura 1.** Esquema do método de extração do óleo essencial pela técnica de hidrodestilação.....56
- Figura 2.** Tratamentos utilizados na aplicação do revestimento de óleo essencial de *Lippia alba*.....57
- Figura 3.** Efeito de revestimentos contendo diferentes concentrações do óleo essencial de *L. alba* sobre a porcentagem de inibição do crescimento da lesão de *Colletotrichum* spp. em mamão pós-colheita.....62
- Figura 4.** Efeito de revestimentos contendo diferentes concentrações do óleo essencial de *L. alba* sobre índice de velocidade do crescimento da lesão de *Colletotrichum* spp. em mamão pós-colheita.....62
- Figura 5.** Perda de massa dos mamões revestidos com diferentes concentrações do óleo essencial de *Lippia alba*.....64

CAPÍTULO 3

- Figura 1.** Esquema do método de extração do óleo essencial pela técnica de hidrodestilação.....77
- Figura 2.** Tratamentos utilizados na aplicação do revestimento de óleo essencial de *Lippia alba*.....78

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	12
2. REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1. Compostos bioativos	14
2.2. <i>Lippia alba</i> (MILL.) N.E.BR EX BRITTON & P. WILSON	15
2.3. Óleo essencial e hidrolato	17
2.4. Antracnose em mamão (<i>Carica papaya</i> L.)	18
2.5. Aplicação de biopolímeros comestíveis.....	20
3. REFERÊNCIAS	22
CAPÍTULO 1 – Potencial do óleo essencial e hidrolato de <i>Lippia alba</i> (MILL.) N.E.Br ex Britton & P. Wilson no controle de <i>Colletotrichum</i> spp.....	32
RESUMO.....	32
ABSTRACT.....	33
1. INTRODUÇÃO.....	34
2. MATERIAL E MÉTODOS	35
2.1. Obtenção do óleo essencial e hidrolato de <i>Lippia alba</i>	35
2.2. Determinação da composição química do óleo essencial	36
2.3. Obtenção e identificação do fungo fitopatogênico <i>Colletotrichum</i> spp.	36
2.4. Teste de patogenicidade	36
2.5. Concentração mínima inibitória (CIM) do óleo essencial e hidrolato de <i>L. alba</i>	37
2.6. Concentração mínima fungicida (CFM) do óleo essencial e hidrolato de <i>L. alba</i>	37
2.7. Germinação de esporos	37
2.8. Avaliação da Porcentagem de Inibição do Crescimento Micelial (PICM)	38
2.9. Índice de Velocidade do Crescimento Micelial (IVCM)	38
2.10. Produção de esporos	39
2.11. Análise estatística	39
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
3.1. Determinação da composição química do óleo essencial	39
3.2. Potencial do óleo essencial e hidrolato de <i>Lippia alba</i>	41
4. CONCLUSÃO	47
5. AGRADECIMENTOS.....	47
6. REFERÊNCIAS	47

CAPÍTULO 2 – Revestimento de óleo essencial de <i>Lippia alba</i> (MILL.) N.E.Br ex Britton & P. Wilson no controle da antracnose em mamão.....	53
RESUMO.....	53
ABSTRACT.....	54
1. INTRODUÇÃO.....	55
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	56
2.1. Obtenção do óleo essencial de <i>Lippia alba</i>	56
2.2. Obtenção da matéria-prima.....	57
2.3. Preparação da solução de revestimento	57
2.4. Preparação e aplicação do revestimento no mamão	57
2.5. Avaliação da Porcentagem de Inibição do Crescimento da Lesão (PICL) e do Índice de Velocidade do Crescimento da Lesão (IVCL)	58
2.6. Caracterização físico-química	58
2.6.1. Perda de massa	59
2.6.2. Determinação de pH	59
2.6.3. Determinação de acidez titulável.....	59
2.6.4. Cor.....	59
2.6.5. Sólidos solúveis	59
2.6.6. Vitamina C	59
2.6.7. Açúcares redutores e totais.....	60
2.7. Análise estatística	61
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	61
3.1. Avaliação da Porcentagem de Inibição do Crescimento da Lesão (PICL) e do Índice de Velocidade do Crescimento da Lesão (IVCL)	61
3.2. Caracterização físico-química	63
4. CONCLUSÃO	67
5. AGRADECIMENTOS.....	68
6. REFERÊNCIAS	68
CAPÍTULO 3 – Aceitabilidade de mamão (<i>Carica papaya</i> L.) revestido com óleo essencial de <i>Lippia alba</i> (MILL.) N.E.Br ex Britton & P. Wilson.....	73
RESUMO.....	73
ABSTRACT.....	74
1. INTRODUÇÃO.....	75
2. MATERIAL E MÉTODOS	76
2.1. Obtenção do óleo essencial de <i>Lippia alba</i>	76

2.2. Obtenção da matéria-prima.....	77
2.3. Preparação da solução de revestimento	77
2.4. Preparação e aplicação do revestimento no mamão	77
2.5. Análise sensorial	78
2.6. Análise estatística	79
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	79
4. CONCLUSÃO	81
5. AGRADECIMENTOS.....	81
6. REFERÊNCIAS	81

1. INTRODUÇÃO GERAL

No Brasil, o setor da fruticultura tem contribuído para o desenvolvimento da economia nacional devido a geração de renda e empregos tanto para os produtores rurais quanto nas áreas agroindustriais (ALVES et al., 2020). Um dos frutos que contribuem com esse cenário é o mamão (*Carica papaya* L.) que nos últimos 20 anos teve um aumento significativo passando a ser a quarta fruta mais cultivada mundialmente (ALAM et al., 2024).

O mamão pertence à família Caricaceae e foi originado nos trópicos das Américas sendo cultivado principalmente em regiões de clima tropical (ANWAR; RASUL; ASHWATH, 2018). O fruto é considerado essencial na dieta dos consumidores destacando-se devido seu alto valor nutricional pois é rico em vitaminas, carotenoides, açúcares e compostos bioativos (SILVA et al., 2022). Além disso, o mamão é um fruto climatérico, ou seja, o seu processo de amadurecimento se mantém após a colheita, o que torna este fruto altamente perecível (MURAKAMI et al., 2020).

Este fato contribui para o aumento das perdas pós-colheita que representam cerca de 600 milhões de reais por ano para o comércio brasileiro (COSTA NETA et al., 2020). Essas perdas estão associadas, principalmente, com os cuidados desde o cultivo até o processo de armazenagem e por doenças que ocorrem no período de pós-colheita, neste último caso, os fungos são responsáveis por cerca de 80 a 90% das perdas (MAFRA et al., 2020).

Dessa forma, para minimizar os danos a aplicação de fungicidas químicos tem sido utilizada para prolongar a vida útil frutos (FREITAS et al., 2023). Entretanto, o consumo de produtos agrícolas com resíduos de agroquímicos causa danos à saúde dos consumidores como doenças hepáticas e digestivas, distúrbios neurológicos e problemas respiratórios (HOOD et al., 2022). Baseado nisso, a busca por produtos inovadores e sustentáveis tem levado ao uso de tecnologias como a aplicação de revestimentos comestíveis que atuam como uma camada protetora nos frutos e podem estar associados a compostos bioativos.

Dentre a grande diversidade de compostos bioativos, os óleos essenciais merecem destaque e são definidos como substâncias oleosas e voláteis presentes em glândulas secretoras de diversos grupos de espécies medicinais, aromáticas, condimentares, é composto por lipídeos complexos e possui diversos compostos voláteis (GONÇALVES et al., 2021).

Nesse sentido, os revestimentos podem ser incorporados por óleos essenciais que possuem o status GRAS (geralmente reconhecidos como seguros) da Food and Drug Administration (FDA) e possuem princípios ativos que não apresentam riscos à saúde dos consumidores (FDA, 2024; AQUINO et al., 2015). Estudos mostram que o óleo essencial de *Lippia alba* (Mill.) NEBr. ex Britton & P. Wilson possui potencial aplicação em revestimentos comestíveis pois apresenta propriedades antimicrobiana, antiparasitária, antioxidante, antiviral e anestésica (SILVA JÚNIOR et al., 2024).

Dessa forma, este estudo teve como objetivo avaliar o potencial do óleo essencial de *Lippia alba* no controle da antracnose em mamão, por meio da aplicação de revestimento comestível, bem como avaliar o grau de aceitação entre os consumidores.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Compostos bioativos

O metabolismo das plantas pode ser dividido em primário e secundário. O metabolismo primário é responsável pelas funções essenciais como crescimento e desenvolvimento, e é o precursor dos metabólitos secundários que são responsáveis por gerar um conjunto de substâncias químicas, chamadas de fitocomplexo, que apresenta diversas funções como proteção contra herbivoria, patógenos e estresses abióticos (BARRETO; GASPI; OLIVEIRA, 2020; GUO et al., 2024; ROAA, 2020). Dentre as substâncias químicas presentes nos metabólitos secundários se destacam os compostos químicos que apresentam bioatividade (HILAL; KHAN; FARIDUDDIN, 2024).

Os compostos bioativos são substâncias que estão presentes nas plantas em pequenas quantidades e são conhecidos por suas propriedades biológicas (KUMAR; AHMAD; ZAIDI, 2019). Essas substâncias pertencem a grandes grupos, entre os quais os alcalóides e os óleos essenciais se destacam (VIŠNJEVEREC et al., 2024).

As plantas medicinais estão entre os grupos de plantas mais ricas em compostos bioativos (MEDRADO; OLIVEIRA; SANTOS, 2023). No Brasil, as plantas medicinais estão distribuídas em diversos biomas como o Pantanal, Floresta Amazônica, Cerrado, Mata Atlântica e Caatinga, além de serem encontradas em zonas costeiras e marinhas (BEZERRA et al., 2020). Devido à grande diversidade de plantas medicinais no país é necessário que estudos sejam realizados afim de se conhecer suas propriedades bioativas visto que a maioria das plantas ainda não foram estudadas (ANDRADE; MEDEIROS, 2021).

Dentre as plantas medicinais, a *Lippia alba* (erva cidreira) tem se destacado nos últimos anos, uma vez que tem sido muito utilizada na medicina tradicional por conter óleo essencial e ser rica em compostos bioativos, a exemplo da carvona, limoneno e citral (PEIXOTO et al., 2015; SILVA-SANTOS et al., 2023). Dessa forma, as propriedades antimicrobianas do óleo essencial de *L. alba* tem despertado cada vez mais o interesse dos pesquisadores como fonte de matérias prima para elaboração de novos produtos (MENDOZA et al., 2022).

Ressalta-se a importância e o crescente interesse das indústrias farmacêuticas, alimentícias e agrícolas para explorar suas atividades biológicas, o que tem incentivado o desenvolvimento de estudos para a obtenção de fitoquímicos, visto que as plantas são uma fonte de ativos que possui potencial aplicação em diversas áreas (HURKUL et al., 2024; LIMA; LINS, 2020; VIŠNJEVEC et al., 2024). Nesse sentido, o estudo dos compostos bioativos é fundamental para o desenvolvimento de produtos, sendo necessário preservar essas moléculas e ampliar os conhecimentos sobre seus benefícios (AMORIM et al., 2023).

A utilização de compostos bioativos para a elaboração de produtos com os revestimentos comestíveis tem por objetivo aumentar a vida útil dos alimentos, em especial dos frutos e legumes (SAPNA et al., 2024). Estes resultados podem ser observados no estudo de Dharini et al. (2023) que verificaram que o revestimento contendo óleo essencial de capim-limão foi eficaz para reduzir a incidência e severidade dos fitopatógenos *Lasiodiplodia theobromae* e *Rhizopus stolonifer* em mamão. Araújo et al. (2024) demonstram que o revestimento à base de nanopartículas de cloridrato de quitosana, goma arábica e óleo de semente de maracujá foi eficaz para inibir o desenvolvimento de *Colletotrichum siamense* e *Aspergillus niger*, demonstrando que os revestimentos podem ser utilizados em substituição aos produtos químicos sintéticos e contribuir para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.

Além dos revestimentos comestíveis, esses compostos com atividade biológica estão sendo cada vez mais utilizados para controlar a proliferação de microorganismos patogênicos. Estudos como o de Nouioura et al. (2024) demonstraram que a utilização de ativos para controlar a cepa fúngica *Candida albicans* apresentou resultados de inibição superiores ao antifúngico sintético. Carmo e Leão (2024) relataram a inibição dos microorganismos *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* e *Salmonella* spp. ao expor a ação do óleo essencial de *Melaleuca alternifolia*. Foi demonstrado por Carvalho et al. (2023) o efeito inibitório do óleo essencial de *Lippia alba* no controle de *Aspergillus welwitschiae*.

2.2. *Lippia alba* (MILL.) N.E.BR EX BRITTON & P. WILSON

A *Lippia alba* pertence à família Verbenaceae, tem sua origem na América do Sul e é considerada uma planta medicinal e aromática (MENDOZA et al., 2021).

O gênero apresenta cerca de 200 espécies de plantas que são cultivadas em diversos países como Brasil, Uruguai, Colômbia, México, Argentina e Paraguai (MALIK et al., 2021). O Brasil contém cerca de 75% das espécies pertencentes ao gênero *Lippia* com maior predominância no Cerrado e na Caatinga (LIMA; LINS, 2020).

Popularmente, a *L. alba* é conhecida como erva-cidreira, alecrim-do-campo e falsa-melissa. Essa planta é caracterizada por possuir caules sublenhosos, ramos finos, folhas opostas, ovais ou lanceoladas, com margens serrilhadas e com presença de tricomas, o crescimento é arbustivo atingindo até 1,5 metros de altura e as flores são rosadas, pequenas e dispostas em capítulos (FREITAS et al., 2021; OLIVEIRA et al., 2024).

Em 2021, a *L. alba* foi incluída no Formulário de Fitoterápicos da Farmacopeia Brasileira devido sua elevada importância no Brasil associada, principalmente, à sua ação antibacteriana, anti-inflamatória e antifúngica (ANVISA, 2021; SANTOS et al., 2021; CARVALHO et al., 2023; PAVANELLI; POVH, 2024). Esta espécie é de rápido desenvolvimento e fácil cultivo e na agricultura seu óleo tem sido utilizado como repelente contra a ação de insetos (MARASCA et al., 2020; HERRERA-GOROCICA et al., 2023).

Entretanto, o elevado cultivo da *L. alba* em diferentes ambientes faz com que a planta apresente a capacidade de mudar sua morfologia e fisiologia devido as variações ambientais como alterações de temperatura, altitude, radiação ultravioleta, luminosidade, sazonalidade, condição do solo, pluviosidade, disponibilidade de nutrientes e fatores genéticos (GOMES et al., 2019; LIMA et al., 2021). A partir dessa variabilidade é possível classificar as plantas em diferentes quimiotipos com base na composição química do óleo essencial (PAVANELLI; POVH, 2024). No Brasil, os principais quimiotipos de *L. alba* são a carvona, limoneno e citral (PEIXOTO et al., 2015). Entretanto, também ocorrem o mirceno, 1,8-cineol, carvona-limoneno, mirceno-citral, limoneno-1,8-cineol, carvona-limoneno-germacreno D, citral-carvona-limoneno e citral-germacreno D (SILVA JÚNIOR et al., 2024).

Esses compostos estão diretamente relacionados com a capacidade antimicrobiana da *L. alba*, visto que os compostos presentes nos óleos essenciais são capazes de degradar a parede celular dos microorganismos patogênicos alterando e rompendo a permeabilidade da membrana plasmática, isto ocorre

devido a ruptura das proteínas presentes na membrana, pelo extravasamento do conteúdo intracelular e por inibição da respiração celular (SANTOS FILHO et al., 2023).

Portanto, a existência de quimiotipos de *L. alba* despertou o interesse na comunidade científica visto que a sua atividade biológica pode apresentar alterações significativas dependendo da composição química da planta, sendo necessário verificar o efeito de distintos quimiotipos em diversas atividades biológicas (SILVA JÚNIOR et al., 2024).

2.3. Óleo essencial e hidrolato

Os óleos essenciais são derivados do metabolismo secundário das plantas e se caracterizam como uma mistura natural complexa que apresenta cerca de 20 a 60 compostos em concentrações distintas com maior predominância de terpenos, sesquiterpenos e compostos fenólicos. O hidrolato é um subproduto de condensação associado a quantidades inferiores a 1 g.L^{-1} de compostos de óleo essencial dissolvido, sendo ricos em aminas, aldeídos e ácidos carboxílicos (AĆIMOVIĆ et al., 2020; DRAWANZ et al., 2020; PÉREZ-IZQUIERDO; SERRANO-PÉREZ; RODRÍGUEZ-MOLINA, 2022).

A utilização do hidrolato apresenta vantagens em relação aos óleos essenciais como menor custo, maior produção e melhor aplicabilidade para controlar os patógenos transmitidos pelo solo e o ar (PÉREZ-IZQUIERDO; SERRANO-PÉREZ; RODRÍGUEZ-MOLINA, 2022). Apesar disso, os óleos essenciais têm sido cada vez mais alvos de estudos devido à propriedade antimicrobiana que lhe confere a capacidade de inibidores do crescimento microbiano (GARZOLI et al., 2020).

Os óleos essenciais agem no fitopatógeno por meio da interação com a membrana plasmática causando a ruptura da estrutura celular devido a perda de íons e substâncias químicas essenciais que levam a lise celular. Ocorre o bloqueio da atividade mitocondrial das células e inibição da biossíntese de quitina, glucana e a divisão celular (TAHERI; SOWEYZI; TARIGHI, 2023). Para o hidrolato o mecanismo ainda não está esclarecido visto que o seu potencial fungitóxico é pouco explorado pelos pesquisadores (DRAWANZ et al., 2020).

Dentre as aplicações dos óleos essenciais na agricultura tem sido relatado estratégias para prolongar a vida útil dos frutos (GONÇALVES et al., 2023), atuar como conservantes (DAS et al., 2020) e formar biofilmes (GUILHERME et al., 2020). Assim, a utilização de produtos naturais como os óleos essenciais e os hidrolatos no controle de pragas e doenças de interesse agrícola se faz necessário uma vez que esses compostos não apresentam toxicidade para o ambiente, visto que são reconhecidos como GRAS pelo FDA e possuem um vasto campo de pesquisa (FDA, 2024).

Diversos estudos como Yeasmin et al. (2024) tem demonstrado a ação do óleo essencial de limão (*Citrus limon*) contra *Candida albicans*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Escherichia coli* e *Staphylococcus aureus*. Silva et al. (2024) observaram que o fitopatógeno *Colletotrichum musae* foi completamente inibido ao aplicar 7,5 $\mu\text{L.mL}^{-1}$ e 4,5 $\mu\text{L.mL}^{-1}$ dos óleos essenciais de manjerição (*Ocimum basilicum*) e melaleuca (*Melaleuca quinquenervia*), respectivamente. Assim como Melo, Barros e Silva (2023) observaram a CIM de 15 $\mu\text{L.mL}^{-1}$ do óleo essencial de bálsamo de copaíba (*Copaifera officinalis*) contra cepa de *Aspergillus niger*. Portanto, os óleos essenciais possuem potencial aplicação contra diversos fitopatógenos que acometem as culturas agrícolas e causam enormes prejuízos para os agricultores.

2.4. Antracnose em mamão (*Carica papaya* L.)

No Brasil a comercialização de frutos tropicais e subtropicais é afetada pela deterioração causada por fungos fitopatogênicos, principalmente, na fase pós-colheita. A antracnose é a principal doença de importância econômica no Brasil, se caracterizando como uma doença grave que acomete aproximadamente 470 frutos na fase de pós-colheita, como por exemplo, manga, mamões, goiabas, laranja, limão e lima (DEMARTELAERE et al., 2021; BHAKAT et al., 2023; GONÇALVES et al., 2023; VU et al., 2023).

A antracnose causada pela espécie *Colletotrichum gloeosporioides* é considerada uma das doenças mais destrutivas de plantas, ocupando a oitava colocação no ranking mundial (WU et al., 2023). Os fungos do gênero *Colletotrichum* spp. infectam a camada epidérmica dos frutos imaturos e se mantem dormente até a colheita e os sintomas se manifestam na forma de pequenas

manchas em uma lesão negra que se prolifera rapidamente (MATCHE; ADEOGUN, 2022).

No mecanismo de infecção, os esporos do *Colletotrichum* spp. entram na planta durante a fase de floração por meio do estigma das flores ou por feridas externas e após a germinação dos conídios ocorre a produção de apressórios que penetram no fruto por meio da cutícula até atingir as células epidérmicas onde produzem haustórios, mas somente na fase necrotrófica que surge os sintomas da doença no fruto (TAN; ALI; SIDDIQUI, 2023).

Em cada estágio de infecção da planta o fungo *Colletotrichum* spp. secreta diversas proteínas que são responsáveis, na fase inicial, por detectar os sinais do hospedeiro e iniciar a atividade de proteínas e hidrolases. Na fase seguinte ocorre a penetração biotrófica que consiste na liberação de pequenas proteínas secretadas (SSPs) e metabólitos secundários pelas hifas intracelulares, e por fim ocorre o estágio de necrotrofia, onde são produzidas enzimas que degradam a parede celular, as proteases e o transporte de nutrientes da planta ocasionando em sua senescência (KODAMA et al., 2023).

A antracnose que afeta a cultura do mamão pode se manifestar com maior frequência nos estádios mais avançados de maturação e pode promover perdas econômicas para os produtores, visto que os frutos com sintomas da doença apresentam os aspectos morfológicos da casca semelhantes a frutos estragados, além do amolecimento da polpa (MENDES et al., 2020). Este fato contribui para que o aspecto visual seja a causa da rejeição na escolha do consumidor. No mamão, a infecção do fitopatógeno ocorre durante o desenvolvimento do fruto e permanece dormente até o estágio de maturação, por isso o controle da antracnose deve ser realizado no momento da colheita, entretanto, o controle da doença tem sido realizado, principalmente, pela pulverização contínua de fungicidas desde a antese até a colheita (MENDES et al., 2020; SANTOS et al., 2021; LEE et al., 2024).

Nesse sentido, diversos métodos naturais de controle da antracnose têm sido desenvolvidos a fim de minimizar ou retardar os danos causados pelo fitopatógeno. Dentre as formas de controle tem sido relatado aplicação de extratos vegetais como os de cravo-da-índia (*Syzygium aromaticum*) e canela (*Cinnamomum zeylanicum*), e quitosana (CASEMIRO et al., 2019), óleo essencial (SOUZA; VIEIRA; NEVES, 2019), *Trichoderma* spp. (COSTA et al., 2019) e bactérias epifíticas (SANTOS et al., 2021).

Portanto, é necessário que estudos abordem formas e mecanismos naturais para o controle do desenvolvimento do *Colletotrichum* spp. nas culturas visto que a utilização de defensivos agrícolas é prejudicial para a saúde e o ambiente, além de tornar o fitopatógeno resistente.

2.5. Aplicação de biopolímeros comestíveis

O consumo de alimentos naturais e saudáveis tem crescido na população. Este fato é decorrente de um mercado que exige por produtos frescos e de qualidade. No entanto, a alta perecibilidade de frutas e hortaliças, leva a sua rápida deterioração durante o transporte e armazenamento. Este fato tem feito com que as indústrias busquem por tecnologias eficazes e sustentáveis para prolongar a vida útil dos alimentos. Dentre estas tecnologias o uso de material protetor para embalar os alimentos (PRIYA; THIRUNAVOOKARASU; CHIDANAND, 2023).

No entanto, as embalagens à base de polímeros sintéticos como os plásticos causam danos para o ambiente devido à dificuldade em realizar a reciclagem e causar poluição ambiental. Estudos com materiais biodegradáveis tem crescido nos últimos anos como uma forma de substituir o plástico sintético, e tem se tornado popular nas exigências dos consumidores (CHAVAN et al., 2023).

A partir dos materiais biodegradáveis é possível elaborar revestimentos comestíveis que atuam de forma eficiente para proteger os alimentos contra microorganismos patogênicos, além de não apresentar toxicidade (AKALIN; TANER; TANER, 2022). Essa tecnologia tem sido aplicada, principalmente, na preservação de frutos visto que no Brasil as perdas pós-colheita podem chegar a 30% do total de frutos produzidos, valor considerado alto quando comparado com outros países que apresentam perdas em torno de 10% (PEREIRA et al., 2020). As perdas são decorrentes dos processos de manuseio, transporte e comercialização inadequados (ALMEIDA NETO et al., 2021).

Dessa forma, a utilização do revestimento comestível é uma tecnologia importante visto que pode manter a vida útil pós-colheita dos frutos por meio da redução da umidade, trocas gasosas, respiração e taxas de reação do alimento, podendo manter ainda o brilho e a atratividade dos frutos (JURIC et al., 2023). Diversos estudos demonstram a eficácia dos revestimentos em frutos e vegetais. Gurjar et al. (2018) avaliaram a aceitabilidade da goiaba revestida com goma

arábica e verificarem escore de aceitabilidade global superior a 7. Nasrin et al. (2023) obtiveram escore de aceitação superior a 8 ao analisarem limão revestido com óleo de coco e cera de abelhas, e Keshari et al. (2022) relataram aumento mínimo da carga microbiana após 15 dias de armazenamento em amostras de cenouras revestidas com acetato de dl- α -tocoferol (vitamina E sintética).

Em frutos de mamão os compostos mais utilizados na elaboração de revestimentos comestíveis que merecem destaque são os óleos essenciais (HOLSBACH et al., 2019), lactato de sódio e fécula de mandioca (CARNELOSSI et al., 2021), ácido cítrico (RAGAZZON et al., 2023), extrato de chá preto e quitosana (SEKARINA et al., 2023) e alginato de sódio (TABASSUM; KHAN, 2020).

A quitosana é um biopolímero composto de poli- β -(1,4)-D-glucosamina e caracterizada por ser um polissacarídeo extraído do exoesqueleto de crustáceos, possui propriedades antioxidantes, biocompatibilidade e biodegradabilidade, e tem sido amplamente utilizada em alimentos e na agricultura (HAN et al., 2024; NIMITKEATKAI et al., 2024). Além disso, para potencializar o efeito de proteção dessas matrizes diversos compostos tem sido incorporados na elaboração dos revestimentos como os óleos essenciais, por exemplo, que permitem aumentar o potencial de conservação e atuar promovendo ação antibacteriana, antifúngica e antioxidante (SAPNA et al., 2024).

Dessa forma, a utilização de revestimentos comestíveis é uma tendência que possui potencial aplicação visto que tem demonstrado resultados na redução da carga microbiana dos alimentos, além de ser bem aceita entre os consumidores. Portanto, estudos com novos produtos que possuem propriedades bioativas devem ser realizados afim de se obter maior diversidade de revestimentos e controle de pragas e doenças que podem comprometer a qualidade pós-colheita dos frutos.

3. REFERÊNCIAS

AĆIMOVIĆ, M. G.; TEŠEVIĆ, V. V.; SMILJANIĆ, K. T.; CVETKOVIĆ, M. T.; STANKOVIĆ, J. M.; KIPROVSKI, B. M.; SIKORA, V. S. Hydrolates – by-products of essential oil distillation: chemical composition, biological activity and potential uses. **Advanced Technologies**, v. 9, n. 2, p. 54-70, 2020. DOI: 10.5937/savteh2002054A

AKALIN, G. O.; TANER, O. O.; TANER, T. The preparation, characterization and antibacterial properties of chitosan/pectin silver nanoparticle films. **Polymer Bulletin**, v. 79, p. 3495–3512, 2022.

ALAM, M.; HASAN, M. M.; DEBNATH, M. K.; ALAM, A.; ZAHID, M. A.; ALIM, M. A.; RAHMAN, M. N.; MOLLA, M. M.; KHAN, M. R.; BISWAS, M. Characterization and evaluation of flour's physico-chemical, functional, and nutritional quality attributes from edible and non-edible parts of papaya. **Journal of Agriculture and Food Research**, v. 15, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100961>

ALMEIDA, M. A. A.; SOUZA, T. A.; COSTA, M. G. O.; NASSUR, R. C. M. R. Formulação e aplicação de revestimentos à base de farinha de casca de banana na conservação pós-colheita dos frutos. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 10, e391101018953, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i10.18953>

ALVES, M. M.; VENTUROSOS, L. R.; VENTUROSOS, L. A. C.; CIPRIANI, L. P.; BRAUNA, H. N.; FRULAN, L. B. Produção de mudas de mamoeiro em função de diferentes substratos e recipientes. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 3, n. 3, p.2761-2774, 2020. DOI: 10.34188/bjaerv3n3-183

AMORIM, M. P.; DEVITTE, R.; SILVA, M. M.; SANTOS, P. P. Alimentos funcionais e saúde – uma revisão. **Publica-IFRS: Boletim de Pesquisa e Inovação**, v. 1, n. 1, 2023. DOI: <https://doi.org/10.35819/publicaifrs.v1.n1.a6378>

ANDRADE, T. J. A. S.; MEDEIROS, L. C. M. Plantas medicinais e a saúde da mulher. Teresina: **EDUFPI**, 2021. 103 p.

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Formulário de Fitoterápicos**. Farmacopeia Brasileira, 2º edição, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/farmacopeia/formulario-fitoterapico/arquivos/2021-fffb2-final-c-cap2.pdf>

ANWAR, M.; RASUL, M. G.; ASHWATH, N. Production optimization and quality assessment of papaya (*Carica papaya*) biodiesel with response surface methodology. **Energy Conversion and Management**, v. 156, p. 103-112, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2017.11.004>

AQUINO, A. B.; BLANK, A. F.; SANTANA, L. C. L. A. Impact of edible chitosan–cassava starch coatings enriched with *Lippia gracilis* Schauer genotype mixtures on the shelf life of guavas (*Psidium guajava* L.) during storage at room temperature. **Food Chemistry**, v. 171, p. 108-116, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.08.077>

ARAÚJO, A. S.; LIMA, G. S.; NUNES, I. S.; AGUIAR, J. C. R. O. F.; NAVARRO, D. M. A. F.; MELO, N. F. C. B.; MAGALHÃES, N. S. S.; FRANÇA, R.; CARVALHO, R. S. F.; STAMFORD, T. C. M. Chitosan hydrochloride-gum Arabic-passion fruit seed oil nanoparticle edible coating to control fungal infection and maintain quality parameters of strawberries. **Food Control**, v. 161, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2024.110360>

BARRETO, S. F.; GASPI, F. O. G.; OLIVEIRA, C. F. Estudo químico das principais vias do metabolismo secundário vegetal: uma revisão bibliográfica. **Revista Científica da Fundação Hermínio Ometto**, v. 8, n. 1, p. 60-72, 2020. DOI: <https://doi.org/10.55660/revfho.v8i1.11>

BEZERRA, D. G.; ARRUDA, N. A.; BORGES, P. P.; FERREIRA, R. B.; D'ABADIA, P. L.; SILVA NETO, C. M.; SOUZA, M. M. O. Percepção sobre o uso de plantas medicinais e impactos no cerrado na região da cidade de Goiás (GO). **Revista Brasileira de Educação Ambiental**, v. 15, n. 5, p. 391-408, 2020. DOI: <https://doi.org/10.34024/revbea.2020.v15.10417>

BHAKAT, A.; SEN, S.; BANERJEE, S.; SARKAR, K. Plant growth promotion and lipopeptide-mediated biological control of chilli pathogen *Colletotrichum siamense* by endophytic *Bacillus* sp. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v. 125, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2023.102026>

CARMO, M. C.; LEÃO, K. A. Análise comparativa da atividade antimicrobiana do óleo essencial de melaleuca (*Melaleuca linariifolia*) obtido de diferentes fornecedores. **Revista Científica Multidisciplinar**, v. 5, n. 3, 2024. DOI: <https://doi.org/10.47820/recima21.v5i3.5018>

CARNELOSSI, M. A. G.; SANTOS, P. T. M.; CONSTANT, P. B. L.; MATOS, G. B.; MOREIRA, M. N.; COSTA, R. I. S. A.; SOARES, A. C.; SANTOS, L. S.; REIS, A. A.; MATOS, P. N.; GAGLIARDI, P. R. Uso de revestimento de fécula de mandioca e lactato de cálcio em mamão minimamente processado. **Research, Society and Development**, v. 10, n.11, e373101119508, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i11.19508>

CARVALHO, Z. S.; SOUZA, R. N.; MOREIRA, J. J.; TELES, S.; PEREIRA, J. A.; SILVA, F. Atividade antifúngica do óleo essencial de *Lippia alba* em *Aspergillus welwitschiae*. **MAGISTRA**, v. 33, 2023.

CASEMIRO, J. C. L.; BACCHI, L. M. A.; REUS, H. F.; GAVASSONI, W. L. Quitosana associada com extratos vegetais no controle pós-colheita de antracnose em mamão 'formosa'. **Summa Phytopathologica**, v. 45, n. 1, p. 64-69, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/0100-5405/172445>

CHAVAN, P.; LATA, K.; KAUR, T.; JAMBRAK, A. R.; SHARMA, S.; ROY, S.; SINHMAR, A.; THORY, R.; SINGH, G. P.; AAYUSH, K.; ROUT, A. Recent advances in the preservation of postharvest fruits using edible films and coatings: A comprehensive review. **Food Chemistry**, v. 418, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.135916>

COSTA, K. K.; RUFINO, C. P. B.; MACEDO, P. E. F.; NOGUEIRA, S. R. Antagonismo de *Trichoderma* spp. sobre *Colletotrichum gloeosporioides*, agente causal da antracnose de *Euterpe precatória*. **South American Journal of Basic Education, Technical and Technological**, v. 6, n. 1, p. 391-397, 2019.

COSTA NETA, C. M.; MARTINS, A. K. V.; AMORIM, D. J.; SILVA, M. S.; FERREIRA, L. S.; SILVA, M. D. C.; PIRES, I. C. G.; ALMEIDA, E. I. B. Perdas pós-colheita e destinação final de frutas em segmentos comerciais de Teresina (PI). **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 11, n. 3, p. 440-453, 2020. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2020.003.0034>

DAS, S.; SINGH, V. K.; DWIVEDYA, A. K.; CHAUDHARI, A. K.; DUBEY, N. K. *Myristica fragrans* essential oil nanoemulsion as novel green preservative against fungal and aflatoxin contamination of food commodities with emphasis on biochemical mode of action and molecular docking of major componentes. **Food Science and Technology**, v. 130, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109495>

DEMARTELAERE, A. C. F.; PRESTON, H. A. F.; MATA, T. C.; COSTA, W. P. L. B.; NOCILINI, C.; GOSMES, W. A.; MEDEIROS, D. C.; SILVA, T. P. P.; SOUZA, J. B.; PAIVA, L. L.; MEDEIROS, P. L.; CANDIDO, D.; MONTE, F. D. M.; LAZZARINI, L. E. S.; CORDEIRO, K. A. S. Utilização de extratos no controle da antracnose em pós-colheita de *Mangifera indica*. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 1, p. 4872-4892, 2021. DOI: 10.34117/bjdv7n1-331

DHARINI, V.; SELVAM, P.; JAYARAMUDU, J.; SADIKU, R. E. Effect of functionalized hybrid chitosan/gum Arabic bilayer coatings with lemongrass essential oil on the postharvest disease control and the physicochemical properties of papaya (*Carica papaya*) fruits. **South African Journal of Botany**, v. 160, p. 602-612, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2023.07.053>

DRAWANZ, B. B.; BUENO, T. R.; BOCCHESI, C. A. C.; BEZ, F. S.; ANTUNES, L. E. G. Óleos essenciais e hidrolatos de orégano e cravo-da-índia sobre o desenvolvimento micelial de *Botrytis cinerea* isolado de morangos. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 15, n.4, out.-dez., p.341-345, 2020. DOI: 10.18378/rvads.v15i4.7952

FOOD AND DRUG ADMINISTRATION (FDA). **Código de Regulamentos Federais**. Título 21. 2024. Disponível em:< <https://www.ecfr.gov/current/title-21/chapter-I/subchapter-B/part-182>>

FREITAS, J. C. E.; RESENDE, C. F.; PACHECO, V. S.; GRAZUL, R. M.; MORAIS, L. E.; PASSOS, L. P.; PEIXOTO, P. H. P. Does the water regime differentially modulate the responses to water stress in *Lippia alba* (Verbenaceae) genotypes with different ploidy levels?. **Industrial Crops and Products**, v. 160, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.113137>

FREITAS, J. F.; QUEIROZ, M. E. L. R.; OLIVEIRA, A. F.; RIBEIRO, L. P.; SALVADOR, D. V.; MIRANDA, L. D. L.; ALVES, R. R.; RODRIGUES, A. A. Z. Evaluation of imazalil dissipation/migration in postharvest papaya using low-

temperature partition extraction and GC–MS analysis. **Food Chemistry**, v. 418, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.135969>

GARZOLI, S.; PETRALITO, S.; OVIDI, E.; TURCHETTI, G.; MASCI, V. L.; TIEZZI, A.; TRILLI, J.; CESA, S.; CASADEI, M. A.; GIACOMELLO, P.; PAOLICELLI, P. *Lavandula x intermedia* essential oil and hydrolate: Evaluation of chemical composition and antibacterial activity before and after formulation in nanoemulsion. **Industrial Crops and Products**, v. 145, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.112068>

GOMES, A. F.; ALMEIDA, M. P.; LEITE, M. F.; SCHWAIGER, S.; STUPPNER, H.; HALABALAKI, M.; AMARAL, J. G.; DAVID, J. M. Seasonal variation in the chemical composition of two chemotypes of *Lippia alba*. **Food Chemistry**, v. 273, p. 186-193, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.11.089>

GONÇALVES, D. C.; RIBEIRO, W. R.; GONÇALVES, D. C.; DIAN, V. S.; XAVIER, A. S.; OLIVEIRA, Á. A.; MENINI, L.; COSTA, H. Use of *Melaleuca alternifolia* essential oil as an efficient strategy to extend the shelf life of banana fruits. **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 108, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bse.2023.104641>

GONÇALVES, D. C.; RIBEIRO, W. R.; GONÇALVES, D. C.; MENINI, L.; COSTA, H. Recent advances and future perspective of essential oils in control *Colletotrichum* spp.: A sustainable alternative in postharvest treatment of fruits. **Food Research International**, v. 150, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110758>

GUILHERME, E. O.; COSTA, P. F.; MOURÃO, D. S. C.; OSORIA, P. R. A.; FERREIRA, T. P. S.; OLIVEIRA, G. R. A. S.; SANTOS, G. R. Óleos essenciais de plantas medicinais associados a biofilmes para proteção de frutos de mamoeiro. In: VERRUCK, S. **Avanços em Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Vol. 2. Guarujá, SP: Científica Digital, 2020. p. 305-320.

GUO, C.; WANG, X.; WANG, Q.; ZHAO, Z.; XIE, B.; XU, L.; ZHANG, R. Plant defense mechanisms against ozone stress: Insights from secondary metabolism. **Environmental and Experimental Botany**, v. 217, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2023.105553>

GURJAR, P. S.; KILLADI, B.; LENKA, J.; SHUKLA, D. K. Effect of Gum Arabic Coatings on Physico-Chemical and Sensory Qualities of Guava (*Psidium guajava* L) cv. Shweta. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v. 7, n. 5, p. 3769-3775, 2018. DOI: <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.704.424>

HAN, X.; MI, Y.; JI, Y.; SOL, M.; TANNG, H.; DONG, F.; GUO, Z. A novel chitosan antioxidant bearing sulfhydryl group: Synthesis, characterization and activity assessment. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 261, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.129816>

HERRERA-GOROCICA, A. M.; HERNÁNDEZ-NÚÑEZ, E.; IRABIEN, L. M. C.; SÁNCHEZ-CONTRERAS, Á.; RUIZ-KIMÉNEZ, A. L.; LATOURNERIE-MORENO,

L.; BALLINA-GÓMEZ, H. S.; RUIZ-SÁNCHEZ, E. Efecto del aceite esencial de *Lippia origanoides* Kunth y dos de sus compuestos orgánicos volátiles sobre *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) y *Bemisia tabaci* Genn (Hemiptera: Aleyrodidae) en invernadero. **Tropical and Subtropical Agroecosystems**, n. 26, 2023. DOI: <http://doi.org/10.56369/tsaes.4413>

HILAL, B.; KHAN, M. M.; FARIDUDDIN, Q. Recent advancements in deciphering the therapeutic properties of plant secondary metabolites: phenolics, terpenes, and alkaloids. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 211, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2024.108674>

HOLSBACH, F. M. S.; PIZATO, S.; FONTELES, N. T.; SOUZA, P. D.; PINEDO, R. A.; CORTEZ-VEJA, W. R. Avaliação da vida útil de mamão formosa (*Carica papaya* L.) minimamente processado utilizando coberturas de amido de mandioca e óleo essencial de cravo. **Journal of Bioenergy and Food Science**, v.6, n. 4, p. 78-96, 2019. DOI: 10.18067/jbfs.v6i4.269

HOOD, R. B.; LIANG, D.; CHIU, Y. H.; SANDOVAL-INSAUSTI, H.; CHAVARRO, J. E.; JONES, D.; HAAUSER, R.; GASKINS, A. J. Pesticide residue intake from fruits and vegetables and alterations in the serum metabolome of women undergoing infertility treatment. **Environment International**, v. 160, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.107061>

HURKUL, M. M.; CETINKAYA, A.; YAYLA, S.; OZKAN, S. A. Advanced sample preparation and chromatographic techniques for analyzing plant-based bioactive chemicals in nutraceuticals. **Journal of Chromatography Open**, v. 5, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcoa.2024.100131>

JURIC, S.; BURES, M. S.; VLAHOVIČEK-KAHLINA, K.; STRACENSKI, K. S.; FRUK, G.; JALŠENJAK, N.; BANDIC, L. M. Chitosan-based layer-by-layer edible coatings application for the preservation of mandarin fruit bioactive compounds and organic acids. **Food Chemistry: X**, v. 17, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2023.100575>

KESHARI, D.; TRIPATHI, A. D.; AGARWAL, A.; RAI, S.; SRIVASTAVA, S. K.; KUMAR, P. Effect of α -dl tocopherol acetate (antioxidant) enriched edible coating on the physicochemical, functional properties and shelf life of minimally processed carrots (*Daucus carota* subsp. *sativus*). **Future Foods**, v. 5, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2022.100116>

KODAMA, S.; BISSARO, B.; BERRIN, J. G.; KUBO, Y. Plant surface signal sensing and infection-related morphogenesis of *Colletotrichum orbiculare*. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v. 124, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2023.101979>

KUMAR, A.; AHMAD, F.; ZAIDI, S. Importance of Bioactive Compounds Present in Plant Products and Their Extraction: A Review. **Agricultural Reviews**, v. 40, n. 4, p. 249-260, 2019. DOI: 10.18805/ag.R-1926

LEE, Y. C.; YU, M. C.; TSAY, J. S.; HOU, C. Y.; HUANG, P. H.; LIANG, Y. S. Investigation of different nanoemulsion coatings to prevent anthracnose and maintain quality parameters during storage of Irwin mango. **Food Science and Technology**, v. 205, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2024.116501>

LIMA, D. K. S.; LINS, S. R. O. Avanços e novas descobertas sobre o uso de erva cidreira (*Lippia alba*) para inovação terapêutica na última década (2010-2020). **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 11, p. 87916-87934, 2020. DOI: 10.34117/bjdv6n11-278

LIMA, T. A.; BAPTISTA, N. M. Q.; OLIVEIRA, A. P. S.; SILVA, P. A.; GUSMÃO, N. B.; CORREIA, M. T. S.; NAPOLEÃO, T. H.; SILVA, M. V.; PAIVA, P. M. G. Insecticidal activity of a chemotype VI essential oil from *Lippia alba* leaves collected at Caatinga and the major compound (1,8-cineole) against *Nasutitermes corniger* and *Sitophilus zeamais*. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 177, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2021.104901>

MAFRA, N. M.; REIS, C. S.; MARTINS, F. A.; MACHADO, L. F. C.; DUARTE, B. C.; NAVES, M. E. F.; REZENDE, D. C. Produtos alternativos para o manejo de doenças em frutos de mamoeiro pós-colheita. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 3, p. 10980-10995, 2020. DOI: 10.34117/bjdv6n3-098

MALIK, S.; ODEYEMI, S.; PEREIRA, G. C.; FREITAS JUNIOR, L. M.; ABDUL-HAMID, H.; ATABAKI, N.; MAKHZOUM, A.; ALMEIDA JUNIOR, E. B.; DEWAR, J.; ABIRI, R. New insights into the biotechnology and therapeutic potential of *Lippia alba* (Mill.) N.E.Br. ex P. Wilson. **Journal of Essential Oil Research**, p. 523-535, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1080/10412905.2021.1936667>

MARASCA, S.; BATTISTI, E.; DURIGON, E. G.; PEIXOTO, N. C.; UCZAY, J.; BALDISSEROTTO, B.; SCHMIDT, D.; LORO, V. L.; LEITEMPERGER, J. W.; SALVADOR, M. J.; LAZZARI, R. Growth, hematology, metabolism, and oxidative parameters of silver catfish (*Rhamdia quelen*) fed diets containing *Lippia alba* leaf. **Aquaculture**, v. 529, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735730>

MATCHE, R. S.; ADEOGUN, O. O. Physicochemical characterisations of nanoencapsulated *Eucalyptus globulus* oil with gum Arabic and gum Arabic nanocapsule and their biocontrol effect on anthracnose disease of *Syzygium malaccense* Fruits. **Scientific African**, v. 18, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2022.e01421>

MEDRADO, A. S.; OLIVEIRA, L. F. J.; SANTOS, J. S. O uso dos medicamentos produzidos a partir de plantas medicinais para o tratamento de ansiedade. **Research, Society and Development**, v. 12, n.12, e21121243910, 2023. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v12i12.43910>

MELO, A. C. N.; BARROS, M. G. S.; SILVA, C. S. Aplicação de essencial de tea tree (*Melaleuca alternifolia*) e óleo bálsamo de copaíba (*Copaifera officinalis*) na extensão da qualidade pós-colheita de uvas *Thompson Seedless*. **Contribuciones a Las Ciencias Sociales**, v.16, n.12, p. 29518-29535, 2023. DOI: 10.55905/revconv.16n.12-031

MENDES, H. T. A.; JOSÉ, A. R. S.; ANJOS, D. N.; BOMFIN, M. P.; NOVAIS, Q. S.; NOLASCO, D. S. J. Controle alternativo da antracnose (*Colletotrichum gloeosporioides* Penz) em frutos de mamão 'Sunrise solo'. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 5, p. 30331-30346, 2020. DOI: 10.34117/bjdv6n5-476

MENDOZA, J.; CORREIA, L. C.; SAAD, J. C. C.; SIQUEIRA, W. J.; MING, L. C.; CAMPOS, F. G.; BOARO, C. S. F.; MARQUES, M. O. M. Effect of irrigation depth on biomass production and metabolic profile of *Lippia alba* (linalool chemotype) essential oil. **Agricultural Water Management**, v. 262, 2022 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.107393>

MURAKAMI, K.; CRUZ, A. F.; PIRES, M. C.; ICUMA, I. M.; YAMANISHI, O. K. Effect of the environment and use of alternative products in the post-harvest of papaya. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 42, n. 3, p. 1-9, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0100-29452020505>

NASRIN, T. A. A.; ARFIN, M. S.; RHAMAN, M. A.; MOLLA, M. M.; SABUZ, A. A.; MATIN, M. A. Influence of novel coconut oil and beeswax edible coating and MAP on postharvest shelf life and quality attributes of lemon at low temperature. **Measurement: Food**, v. 10, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meafoo.2023.100084>

NIMITKEATKAI, H.; APIWATANAPIWAT, W.; JANCHAI, P.; MEELAKSANA, J.; VAITHANOMSAT, P.; TECHAVUTHIPORN, C.; JARERAT, A. Valorization of freshwater crab shell residues to chitosan for postharvest quality of mango (*Mangifera indica* L.) by fruit coating. **Journal of Agriculture and Food Research**, v. 18, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2024.101441>

NOUIOURA, G.; FADILI, M. E.; HACHLAFI, N. E.; ABUELIZZ, H. A.; ELIDRISSI, A. E.; FERIOUN, M.; SOULO, N.; ER-RAHMANI, S.; LYOUSSE, B.; DERWICH, E. *Petroselinum crispum* L., essential oil as promising source of bioactive compounds, antioxidant, antimicrobial activities: *In vitro* and *in silico* predictions. **Heliyon**, v. 10, n. 8, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e29520>

OLIVEIRA, D. P.; PAULINO, F. W. V.; XAVIER, S. G. R.; CARNEIRO JÚNIOR, G. R.; BARBOSA, S. I. C. G.; NASCIMENTO, A. B.; PRADO, J. C. S. XAVIER FILHO, R. R. B.; CAVALCANTE, T. R.; FURTADO, M. L. Potencial terapêutico da *Lippia alba* (Mill.) N.E.Br. ex Britton & P. Wilson. **Research, Society and Development**, v. 13, n. 1, e4613144732, 2024. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v13i1.44732>

PAVANELLI, A. S.; POVH, J. A. Óleos essenciais e potencial antioxidante de *Lippia alba* (Mill.) N.E. Brown sob ação de reguladores vegetais. **Brazilian Journal of Development**, v. 10, n. 4, p. 01-14, 2024. DOI: 10.34117/bjdv10n4-039

PEIXOTO, M, G.; BACCI, L.; BLANK, A. F.; ARAÚJO, A. P. A.; ALVES, P. B.; SILVA, J. H. S.; SANTOS, A. A.; OLIVEIRA, A. P.; COSTA, A. S.; ARRIGONI-BLANK, M. F. Toxicity and repellency of essential oils of *Lippia alba* chemotypes and their major monoterpenes against stored grain insects. **Industrial Crops and Products**, v. 71, p. 31-36, 2015, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.03.084>

PEIXOTO, M. G.; COSTA-JÚNIOR, L. M.; BLANK, A. F.; LIMA, A. S.; MENEZES, T. S. A.; SANTOS, D. A.; SÓCRATES, P. B. A.; CAVALCANTI, C. H.; BACCI, L.; ARRIGONI-BLANK, M. F. Acaricidal activity of essential oils from *Lippia alba* genotypes and its major components carvone, limonene, and citral against *Rhipicephalus microplus*. **Veterinary Parasitology**, v. 210, n. 1, p. 118–122, 2015. DOI: doi:10.1016/j.vetpar.2015.03.010

PEREIRA, R. Y. F.; FERREIRA, M. V. N.; CUNHA, W. P.; RAMOS, D. S.; SOUSA, F. B. F.; SOUSA, S. S. N.; BARROSA, V. B.; OLIVEIRA, P. S. T. Perdas pós-colheita de hortifrúti e seus impactos financeiros no varejo do Município de Chapadinha, Maranhão. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 8, e329985390, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i8.5390>

PÉREZ-IZQUIERDO, C.; SERRANO-PÉREZ, P.; RODRÍGUEZ-MOLINA, M. C. Chemical composition, antifungal and phytotoxic activities of *Cistus ladanifer* L. essential oil and hydrolate. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 45, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2022.102527>

PRIYA, K.; THIRUNAVOOKARASU, N.; CHIDANAND, D. V. Recent advances in edible coating of food products and its legislations: A review. **Journal of Agriculture and Food Research**, v. 12, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100623>

RAGAZZON, D.; PINHEIRO, M. F.; GOMES, M. M.; QUAST, E.; LIMA, C. S. M. Conservação de mamão Formosa minimamente processado com uso de ácido cítrico. **Faz Ciência**, v. 25, n. 42, p. 152-171, 2023. DOI: <https://doi.org/10.48075/rfc.v25i42.30450>

ROAA, M. H. S. A Review Article: The importance of the major groups of plants secondary metabolism phenols, alkaloids, and terpenes. **International Journal for Research in Applied Sciences and Biotechnology**, v. 7, n. 5, p. 354-358, 2020. DOI: <https://doi.org/10.31033/ijrasb.7.5.47>

SANTOS, L. A. L.; PINHEIRO, L. R. B.; ROCHA, L. S.; BRANGANÇA, C. A. D.; SILVA, H. S. A. Biocontrole da antracnose em frutos de mamoeiro por bactérias epifíticas formadoras de biofilme. **Summa Phytopathologica**, v. 47, n. 1, p. 45-53, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/0100-5405/216998>

SANTOS, V. R. S.; SOUSA, JÚNIOR, D. L.; FREITAS, J. C.; AQUINO, P. E. A.; LEANDRO, M. K. N. S.; LEANDRO, L. M. G.; SILVA, R. O. M. Potencial antibacteriano do óleo essencial de *Lippia alba* Mill. associado a luzes de LED. **Infarma Ciências Farmacêuticas**, v. 33, p. 188-196, 2021. DOI: 10.14450/2318-9312

SANTOS FILHO, L. G. A.; REIS, R. B.; SOUZA, A. S. Q.; CANUTO, K. M.; BRITO, E. S.; CASTRO, K. N. C.; PEREIRA, A. M. L.; DINIZ, F. M. Chemical composition and biological activities of the essential oils from *Lippia alba* and *Lippia organoides*. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 95, n. 1, p. 1-13, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1590/0001-3765202320220359>

SAPNA.; SHARMA, C.; PATHAK, P.; YADAV, S. P.; GAUTAM, S. Potential of emerging “all-natural” edible coatings to prevent post-harvest losses of vegetables and fruits for sustainable agriculture. **Progress in Organic Coatings**, v. 193, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2024.108537>

SEKARINA, A. S.; SUPRIYADI.; MUNAWAROH, H. S. H.; SUSANTO, E.; SHOW, P. L.; NINGRUM, A. Effects of edible coatings of chitosan - fish skin gelatine containing black tea extract on quality of minimally processed papaya during refrigerated storage. **Carbohydrate Polymer Technologies and Applications**, v. 5, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.carpta.2023.100287>

SILVA, N. S.; MOURA, H. C. P.; SILVA, T. M. C.; CORTES, D. F. M.; LUQUINE, L. S.; SANTOS, M. L. M.; PEREIRA, J. S. L.; LEDO, C. A. S. Florescimento do mamoeiro como subsídio para o melhoramento genético da cultura–revisão de literatura. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 14, e174111436642, 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i14.36642>

SILVA, R. S. C.; NEVES, L. C.; MELO FILHO, A. A.; SCHURT, D. A.; LEÃO, P. M. R. Desempenho de óleos essenciais de manjerição e melaleuca, com potencial controle da antracnose na pós-colheita da banana prata. **Científica**, v. 52, 2024. DOI: <https://doi.org/10.5016/1984-5529.2024.v52.1409>

SILVA JÚNIOR, A. Q.; RODRIGUES, G. S.; SOUSA, K. A.; BOUILLET, L. E. M.; SANTOS, G. B.; BARROSO, A. S.; MOURÃO, R. H. V. Molecular modelling and anticholinesterase activity of the essential oil from three chemotypes of *Lippia alba* (Mill.) N.E.Br. ex Britton & P. Wilson (Verbenaceae). **Heliyon**, v. 10, n. 8, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e29063>

SILVA-SANTOS, L.; PALHARES NETO, L.; CORTE-REAL, N.; SPERANDIO, M. V. L.; CAMARA, C. A. G.; MORAES, M. M.; ULISSES, C. Yeast extract and chitosan elicitation improves essential oil, regulates plant growth and antioxidative system in *Lippia alba* (Mill) N.E. Brown (Verbenaceae). **South African Journal of Botany**, v. 163, p. 756-769, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2023.10.024>

SOUZA, A. C.; VIEIRA, G. H. C.; NEVES, L. M. Uso de óleos essenciais no controle do *Colletotrichum gloeosporioides* causador da antracnose no caju. **Enciclopédia Biosfera**, v. 16, n. 29, p. 1709-1715, 2019. DOI: [10.18677/EnciBio_2019A132](https://doi.org/10.18677/EnciBio_2019A132)

TABASSUM, N.; KHAN, M. A. Modified atmosphere packaging of fresh-cut papaya using alginate based edible coating: Quality evaluation and shelf life study. **Scientia Horticulturae**, v. 259, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108853>

TAHERI, P.; SOWEYZI, M.; TARIGHI, S. Application of Essential Oils to Control Some Important Fungi and Bacteria pathogenic on Cereals. **Journal of Natural Pesticide Research**, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.napere.2023.100029>

TAN, G. H.; ALI, A.; SIDDIQUI, Y. Major fungal postharvest diseases of papaya: Current and prospective diagnosis methods. **Crop Protection**, v. 174, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2023.106399>

VIŠNJEVEC, A. M.; BARP, L.; LUCCI, P.; MORET S. Pressurized liquid extraction for the determination of bioactive compounds in plants with emphasis on phenolics. **TrAC Trends in Analytical Chemistry**, v. 173, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trac.2024.117620>

VU, T. X.; TRAN, T. B.; TRAN, M. B.; DO, T. T. K.; DO, L. M.; DINH, M. T.; THAI, H. D.; PHAM, D. N.; TRAN, V. T. Efficient control of the fungal pathogens *Colletotrichum gloeosporioides* and *Penicillium digitatum* infecting citrus fruits by native soilborne *Bacillus velezensis* strains. **Heliyon**, v. 9, n. 2, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e13663>

YEASMIN, M. S.; UDDIN, M. J.; DEY, S. S.; BARMON, J.; EMA, N. T.; RANA, G. M. M.; RAHMAN, M. M.; BEGUM, M.; FERDOUSI, L.; AHMED, S.; KHAN, M. S.; KHATUN, M. H.; MUZAHID, A. A. Optimization of green microwave-assisted extraction of essential oil from lemon (*Citrus limon*) leaves: Bioactive, antioxidant and antimicrobial potential. **Current Research in Green and Sustainable Chemistry**, v. 8, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.crgsc.2024.100413>

WU, J.; HU, J.; JIAO, W.; DU, Y.; HAN, C.; CHEN, Q.; CHEN, X.; FU, M. Inhibitory effect of ϵ -poly-L-lysine on fruit *Colletotrichum gloeosporioides* through regulating organic acid metabolism and exerting membrane-targeted antifungal activity. **Postharvest Biology and Technology**, v. 200, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2023.112339>

**POTENCIAL DO ÓLEO ESSENCIAL E HIDROLATO DE *Lippia alba* (MILL.)
N.E.BR EX BRITTON & P. WILSON NO CONTROLE DE *Colletotrichum* spp.**

RESUMO

No processo pós colheita ocorre diversos problemas dentre eles doenças ocasionadas por fitopatógenos que afetam as culturas, e principalmente o mamão. O controle desses microorganismos é um desafio devido a resistência aos produtos químicos, por isso se tem buscado inovações que possam promover o controle dos fitopatógenos, por meio de produtos naturais. A utilização de produtos que possuem compostos bioativos como os óleos essenciais e seus derivados, possuem potencial inovador no controle de microorganismos fitopatogênicos. O óleo essencial e o hidrolato de *Lippia alba* têm despertado o interesse dos pesquisadores devido às suas propriedades antimicrobianas e seu potencial antifúngico. Este estudo teve como objetivo avaliar o efeito do óleo essencial e hidrolato de *Lippia alba* na inibição do crescimento de *Colletotrichum* spp., bem como determinar a concentração capaz de inibir o fitopatógeno. Para determinar a capacidade do fitopatógeno em causar doença foi realizado o teste de patogenicidade. Posteriormente, foram avaliadas as concentrações mínimas inibitória e fungicida do óleo essencial e hidrolato de *L. alba*, a porcentagem de inibição e o índice de velocidade de crescimento micelial do fitopatógeno; e a produção de esporos do *Colletotrichum* spp. O óleo essencial foi eficaz para inibir o fitopatógeno em todos os parâmetros avaliados, de modo que a concentração de $3,0 \mu\text{L.mL}^{-1}$ inibiu 90% do crescimento micelial e reduziu a esporulação. No entanto, o hidrolato promoveu uma inibição de 9,5% do *Colletotrichum* spp. somente na concentração de 80%. Além disso, o hidrolato estimulou a produção de esporos do fitopatógeno. Conclui-se que, o óleo essencial de *L. alba* foi eficiente para controlar o crescimento e esporulação do *Colletotrichum* spp. na concentração de $3,0 \mu\text{L.mL}^{-1}$ e a utilização do hidrolato não se mostrou uma proposta eficaz visto que estimulou a esporulação do fitopatógeno.

Palavras-chave: Atividade antifúngica, Antracnose, Erva cidreira, Compostos bioativos.

**POTENTIAL OF ESSENTIAL OIL AND HYDROLATE OF *Lippia alba* (MILL.)
N.E.BR EX BRITTON & P. WILSON IN THE CONTROL OF *Colletotrichum* spp.**

ABSTRACT

Several problems occur in the post-harvest process, including diseases caused by phytopathogens that affect crops, especially papaya. Controlling these microorganisms is a challenge due to their resistance to chemical products, which is why innovations that can promote the control of phytopathogens through natural products have been sought. The use of products that contain bioactive compounds, such as essential oils and their derivatives, have innovative potential in the control of phytopathogenic microorganisms. *Lippia alba* essential oil and hydrolate have aroused the interest of researchers due to their antimicrobial properties and antifungal potential. This study aimed to evaluate the effect of *Lippia alba* essential oil and hydrolate in inhibiting the growth of *Colletotrichum* spp., as well as to determine the concentration capable of inhibiting the phytopathogen. To determine the ability of the phytopathogen to cause disease, the pathogenicity test was performed. Subsequently, the minimum inhibitory and fungicidal concentrations of the essential oil and hydrolate of *L. alba*, the percentage of inhibition and the mycelial growth speed index of the phytopathogen; and the spore production of *Colletotrichum* spp. were evaluated. The essential oil was effective in inhibiting the phytopathogen in all parameters evaluated, so that the concentration of $3.0 \mu\text{L.mL}^{-1}$ inhibited 90% of the mycelial growth and reduced sporulation. However, the hydrolate promoted an inhibition of 9.5% of *Colletotrichum* spp. only at the concentration of 80%. In addition, the hydrolate stimulated the production of spores of the phytopathogen. It is concluded that the essential oil of *L. alba* was efficient in controlling the growth and sporulation of *Colletotrichum* spp. at a concentration of $3.0 \mu\text{L.mL}^{-1}$ and the use of the hydrolate did not prove to be an effective proposal since it stimulated the sporulation of the phytopathogen.

Key-words: Antifungal activity, Anthracnose, Lemon balm, Bioactive compounds.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil ocupa a terceira colocação no ranking mundial dos maiores exportadores de alimentos do mundo (SILVA et al., 2023). Entretanto, a destruição de culturas agrícolas ocasionadas por fungos fitopatogênicos é um problema grave que acomete diversas culturas. Dentre os 10 principais fitopatógenos de interesse científico e econômico se destacam os fungos *Colletotrichum* spp., *Fusarium* spp., *Magnaporthe oryzae* e *Botrytis cinérea* (GU et al., 2019).

O *Colletotrichum* spp. é o fungo causador da antracnose em diversos frutos, incluindo o mamão e é responsável por perdas de até 90% da sua produção por causar danos na qualidade dos frutos, isto ocorre porque o *Colletotrichum* spp. causa lesões arredondadas e necróticas que causa redução na atratividade e aparência dos frutos (GONÇALVES et al., 2021; VILAPLANA et al., 2020).

Com o desenvolvimento crescente da agricultura, os agricultores têm utilizado cada vez mais defensivos agrícolas para prevenir doenças nos frutos. No entanto, esse uso intensivo tem contribuído para o surgimento de fitopatógenos resistentes a essas substâncias. (ÁVILA-QUEZADA; VALLES-ARAGÓN; MERCADO-MEZA, 2024). Essa resistência está relacionada, principalmente, ao uso frequente e prolongado de agentes químicos em culturas agrícolas que causam danos tanto para o ambiente quanto para a saúde dos seres humanos, pois permanecer no ambiente por um longo período e afeta a saúde de toda população (GU et al., 2019; KARABÖRKLÜ; AZIZOGLU; AZIZOGLU, 2018).

Portanto, este fato tem contribuído para a busca de propostas inovadoras para o controle de pragas e doenças com produtos naturais que sejam mais seguros e ecológicos, como é o caso dos óleos essenciais e hidrolatos (BETTEGA; TREVISAN, 2022; ROTILI et al., 2023). O óleo essencial de *Lippia alba* (Mill.) N.E.Br. ex Britton & P. Wilson, planta pertencente à família Verbenaceae, tem apresentado uma diversidade de atividades biológicas com destaque para sua propriedade antibacteriana e antifúngica (OLIVEIRA et al., 2024; SILVA JUNIOR et al., 2024).

Neste contexto, este estudo teve como objetivo avaliar o efeito do óleo essencial e hidrolato de *Lippia alba* na inibição do crescimento de *Colletotrichum* spp., e determinar a melhor concentração capaz de inibir o fitopatógeno.

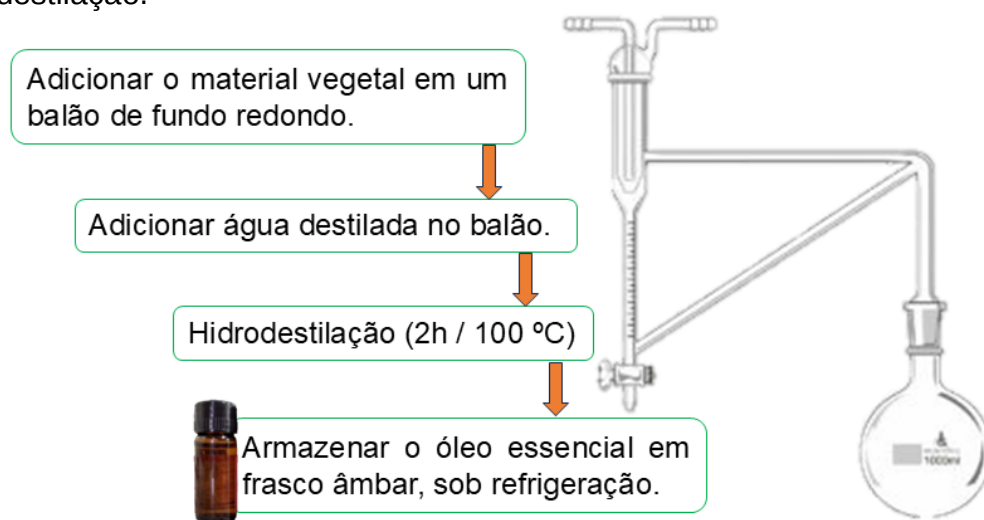
2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Obtenção do óleo essencial e hidrolato de *Lippia alba*

A *Lippia alba* foi obtida na área experimental de plantas matrizes, localizada na fazenda experimental da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, Bahia. As folhas foram coletadas nos meses de outubro e novembro de 2023 no período da manhã. A exsicata utilizada para a identificação da planta está depositada no Herbário da UFRB, sob o número de registro HURB 8794.

O óleo essencial e hidrolato de *Lippia alba* foram obtidos pelo método de hidrodestilação utilizando aparelho do tipo Clevenger conforme metodologia descrita por Santos et al. (2004). O material vegetal fresco (folha) foi seco em estufa de circulação forçada de ar a temperatura de 45°C por 72h. Posteriormente, 100g de folhas inteiras e secas foram adicionadas em balão de vidro contendo 1 litro água destilada. A extração foi realizada durante 2 horas a partir da condensação da primeira gota do hidrolato. Após esse período, o óleo essencial foi separado do hidrolato com auxílio de uma pipeta de Pasteur e acondicionado em frasco de vidro âmbar, etiquetado e armazenado sob refrigeração até o momento da análise (Figura 1).

Figura 1. Esquema do método de extração do óleo essencial pela técnica de hidrodestilação.



Autora: Bruna Vieira da Silva

2.2. Determinação da composição química do óleo essencial

As análises cromatográficas foram realizadas utilizando-se em cromatógrafo gasoso QP2010, com detecção por espectrometria de massa (GC-EM) (Shimadzu-Japão). Foi utilizada uma coluna analítica OV-5 (30 mx 0,25 mm de diâmetro interno e 0,25 μm de espessura de filme, 5%-fenil-95%-dimetilpolissiloxano). Hélio foi usado como gás de arraste (1,19 mL/min) com injetor e detector com temperatura de 220 °C. A temperatura inicial da coluna foi de 40 °C, programado para atingir 240 °C a uma taxa de variação de 6 °C/min. Os compostos foram identificados pela comparação do índice cromatográficos calculado e das referências, além da observação e comparação do tempo de retenção dos constituintes do óleo essencial aos de um padrão de hidrocarbonetos, analisado nas mesmas condições. Os espectros de massas de cada constituintes foram analisadas e comparados aos da biblioteca do equipamento (NIST 14) e da referência Adams, 2009.

2.3. Obtenção e identificação do fungo fitopatogênico *Colletotrichum* spp.

O isolado de *Colletotrichum* spp. foi adquirido da coleção de fungos da Clínica Fitossanitária da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, e a confirmação da espécie foi realizada por meio do crescimento do fungo em ágar batata dextrose (BDA) suplementado com 50 $\mu\text{L.mL}^{-1}$ do antibiótico cloranfenicol, incubado por 10 dias a 27 °C, com base nas características macro e microscópicas (SUTTON, 1980). Após a confirmação, o fungo foi mantido em método Castellani em água estéril para sua preservação.

2.4. Teste de patogenicidade

A patogenicidade do *Colletotrichum* spp. foi avaliada por meio do postulado de Koch. Inicialmente, os mamões foram imersos na solução de hipoclorito de sódio a 1% por cinco minutos. Em seguida, foram feitas injúrias nos frutos com o auxílio de uma agulha metálica hipodérmica previamente esterilizada e, posteriormente, discos do meio de cultura BDA contendo propágulos de *Colletotrichum* spp. foram depositados sobre as injúrias. Como controle, foi utilizado frutos sem inoculação. Os frutos foram mantidos em câmara úmida por 24h a 25°C. Após sete dias, o fitopatógeno foi re-isolado para confirmar a infecção causada pelo *Colletotrichum* spp. (SILVA et al., 2022).

2.5. Concentração mínima inibitória (CIM) do óleo essencial e hidrolato de *L. alba*

A concentração mínima inibitória (CIM) foi realizada pela técnica de microdiluição descrita pelo documento M27 do Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI, 2017) com modificações. Inicialmente, foi adicionado em cada poço das placas de microdiluição 50 μL da suspensão de esporos de *Colletotrichum* spp. na concentração de 1×10^6 esporos. mL^{-1} . Posteriormente, foi adicionado 100 μL de cada concentração nos poços, totalizando um volume final de 150 μL em cada poço. As concentrações foram determinadas a partir de pré-teste. As concentrações do óleo essencial de *L. alba* foram de 0,25; 0,5; 0,75; 1,0; 1,5; 2,0 e 2,5 $\mu\text{L}.\text{mL}^{-1}$ e do hidrolato de 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 e 90%. Como controle negativo o meio de cultura BD foi inoculado sem a adição do óleo essencial e hidrolato, e como controle positivo foi utilizado o antifúngico ciclopirox olamina (400 $\mu\text{L}.\text{mL}^{-1}$). O experimento foi realizado em quintuplicata com cinco repetições. A leitura do ensaio foi realizada após 72h de incubação em B.O.D. a 27°C, onde foi observado visualmente o crescimento fúngico comparado ao controle e a CIM foi determinada como a menor concentração capaz de inibir o crescimento do microorganismo.

2.6. Concentração mínima fungicida (CFM) do óleo essencial e hidrolato de *L. alba*

Para determinar a concentração mínima fungicida (CFM), foi retirado uma alíquota de 10 μL dos poços em que o crescimento do *Colletotrichum* spp. não foi visível e feito um subcultivo em placas de Petri contendo meio BDA. As placas foram incubadas por 48h a 27°C e foi considerado como CFM a menor concentração do óleo essencial e hidrolato de *L. alba* capaz de causar a morte do fungo.

2.7. Germinação de esporos

Para a análise da germinação de esporos foi utilizado o mesmo protocolo descrito para a concentração mínima inibitória. As placas de microdiluição foram incubadas por 16h a 27°C. Após esse período, a germinação foi paralisada utilizando-se uma gota de lactoglicerol em todos os tratamentos. A avaliação foi

realizada por meio da contagem dos esporos germinados e não germinados, registrando-se o total de 100 esporos. Os esporos foram considerados germinados quando o comprimento do tubo germinativo era duas vezes maior que o tamanho do esporo. A avaliação foi realizada em microscópio óptico e a porcentagem de inibição dos esporos germinados calculada a partir da seguinte equação:

$$\% \text{ Inibição} = \frac{(\text{germinação do controle} - \text{germinação do tratamento})}{\text{germinação do controle}} * 100$$

2.8. Avaliação da Porcentagem de Inibição do Crescimento Micelial (PICM)

Para a porcentagem de inibição do crescimento micelial, o óleo essencial de *L. alba* foi diluído em Tween 20 a 5% nas concentrações de 0; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 e 3,0 $\mu\text{L.mL}^{-1}$, enquanto o hidrolato foi utilizado nas concentrações de 0, 20, 40, 60 e 80%. Em seguida, cada um foi misturado ao meio de cultura BDA quando a temperatura estivesse próxima ao ponto de solidificação e foram vertidos em placas de Petri. Posteriormente, um disco fúngico (6mm) do patógeno (*Colletotrichum* spp.) com 7 dias de cultivo foi transferido para o centro de cada placa de Petri e incubado em B.O.D. a 27°C (CLSI, 2015)

Para o crescimento micelial foi avaliado o diâmetro das colônias em dois sentidos opostos com auxílio de um paquímetro. A avaliação ocorreu a cada dois dias até o momento em que a colônia do tratamento controle ocupe toda a superfície da placa (sete dias). As médias de crescimento foram utilizadas para calcular a Porcentagem de Inibição do Crescimento Micelial (PICM) por meio da equação descrita por Nascimento (2013):

$$\text{PICM} = \frac{(\text{crescimento do controle} - \text{crescimento do tratamento})}{\text{crescimento do controle}} * 100$$

2.9. Índice de Velocidade do Crescimento Micelial (IVCM)

As médias obtidas na avaliação do crescimento micelial foram utilizadas para calcular o Índice de Velocidade do Crescimento Micelial (IVCM), expressos em cm.dia^{-1} , conforme a equação citada por Oliveira Júnior et al. (2013):

$$IVCM = \frac{\sum(\text{diâmetro médio atual da colônia} - \text{diâmetro médio anterior da colônia})}{\text{número de dias após a inoculação}}$$

2.10. Produção de esporos

A avaliação do número de esporos de *Colletotrichum* spp. foi realizada no último dia de avaliação do crescimento micelial (sete dias após a incubação das placas). Para a contagem, foram adicionados 7 mL de água destilada e uma gota de Tween 20 em cada placa de Petri, posteriormente foi realizada a suspensão fúngica e retirado uma alíquota de 100 µL com o auxílio de uma pipeta. O número de esporos foi determinado por meio da contagem dos esporos em câmara de Neubauer, com auxílio do microscópio óptico (Carvalho *et al.*, 2008). O número de esporos produzidos foi expresso em números de esporos.mL⁻¹.

2.11. Análise estatística

Para a análise estatística os valores das variáveis foram submetidos à análise de variância (ANOVA) pelo teste F, ao nível de 5% de significância. As médias foram comparadas por meio do teste de Scott-Knott (p<0,05). Posteriormente, os dados foram submetidos ao teste de regressão por meio do software estatístico R versão 4.2.3 (R CORE TEAM, 2022). O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado com 10 repetições por tratamento, sendo cada placa uma repetição.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Determinação da composição química do óleo essencial

A CG/EM identificou 5 compostos químicos presentes no óleo essencial de *Lippia alba*, sendo o citral (neral e geranial) o composto majoritário (Tabela 1). Houve maior predominância de monoterpenos oxigenados e não foram identificados compostos sesquiterpenos.

Tabela 1. Composição química do óleo essencial de *Lippia alba*.

	Composto	Similaridade (%)	% relativo	IK Calculado	IK Teórico	Tempo (min)
1	β -mirceno	97	7,8	996	990	11,06
2	β -cimeno	95	11,6	1090	1085	12,43
3	γ -terpineno	96	1,5	1061	1059	14,08
4	Neral	88	32,5	1261	1267	22,87
5	Geranial	97	44,6	1273	1275	24,30
Total identificado			98			
	Monoterpenos oxigenados ¹		88,7			
	Hidrocarbonetos monoterpenos		9,3			
	Sesquiterpenos		-			
	Citral (neral e geranial)		77,1			

Ik calculado: índice de Kovats calculado em comparação aos tempos de retenção de padrões de hidrocarbonetos de C4 a C32. IK teórico: Biblioteca NIST 14. ¹oxigenados: Aldeídos, álcoois, cetonas, éteres.

Os resultados assemelham-se aos encontrados por outros autores. Barbosa et al. (2023) ao avaliarem a caracterização química do óleo essencial de *L. alba* verificaram a presença do citral como componente majoritário. Assim como Machado, Pereira e Magalhães (2023), que relataram que o citral é constituído pela mistura do neral com geranial e é responsável pelo efeito inibitório do óleo essencial contra diversos microrganismos.

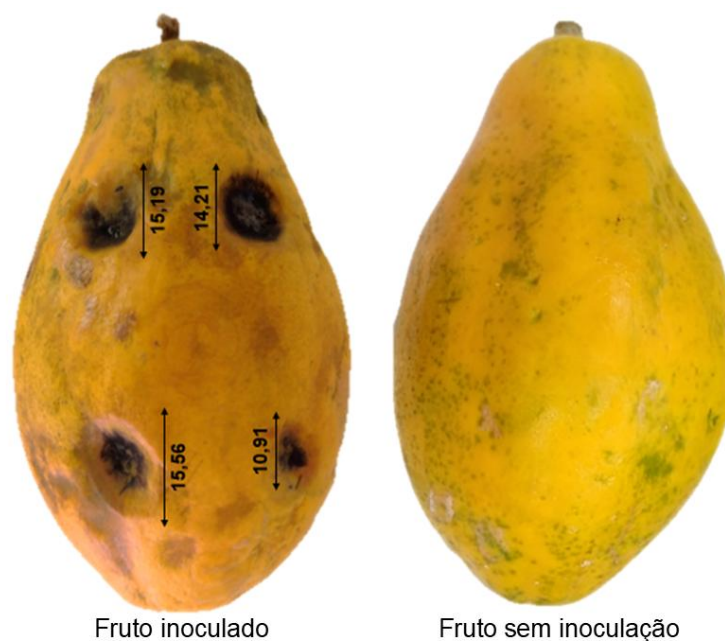
Estudos tem relatado o efeito antimicrobiano do citral contra diversas espécies de fungos como *Fusarium* spp. (OSEI-OBENG; KIIRIKA; NYENDE, 2024), *Aspergillus niger* (WANG et al., 2024), *Penicillium digitatum* (ZHENG et al., 2015), *Phytophthora capsici* (CUI et al., 2024), *Alternaria alternata* (LUO et al., 2024) e *Colletotrichum scovillei* (HUANG et al., 2024). No entanto, seu mecanismo ainda não está esclarecido, embora alguns autores relatem que sua ação está atribuída a alterações na permeabilidade de membrana, extravasamento intracelular, redução da atividade enzimática e inibição da expressão de genes (WEI et al., 2021; SONG et al., 2023; CUI et al., 2024).

3.2. Potencial do óleo essencial e hidrolato de *Lippia alba*

O isolado de *Colletotrichum* spp. demonstrou patogenicidade nos frutos de mamão, caracterizado por lesões na forma de pequenas manchas circulares, necróticas e deprimidas, variando de 1,09 a 1,55 cm (Figura 2).

O controle de fitopatógenos em frutas é um desafio crucial para a agricultura, pois esses organismos causam perdas significativas na produção e na qualidade dos frutos. Esses patógenos possuem capacidade de se estabelecer em tecidos vegetais, promovendo infecções que podem comprometer o desenvolvimento e o valor comercial das culturas (RODRIGUES et al., 2020). Neste estudo, não foram observados sintomas da doença nos frutos controle. A capacidade dos fitopatógenos de causar doenças nos frutos está relacionada, principalmente, à produção de enzimas que degradam a parede celular dos frutos, facilitando a penetração e colonização (ARMESTO et al., 2019; PINEL-ALVAREZ et al., 2022). Dessa forma, é essencial a utilização de produtos que contenham compostos bioativos, como o óleo essencial, que possam dificultar ou inibir o estabelecimento desses patógenos em culturas agrícolas.

Figura 2. Patogenicidade de *Colletotrichum* spp. em fruto de mamão.

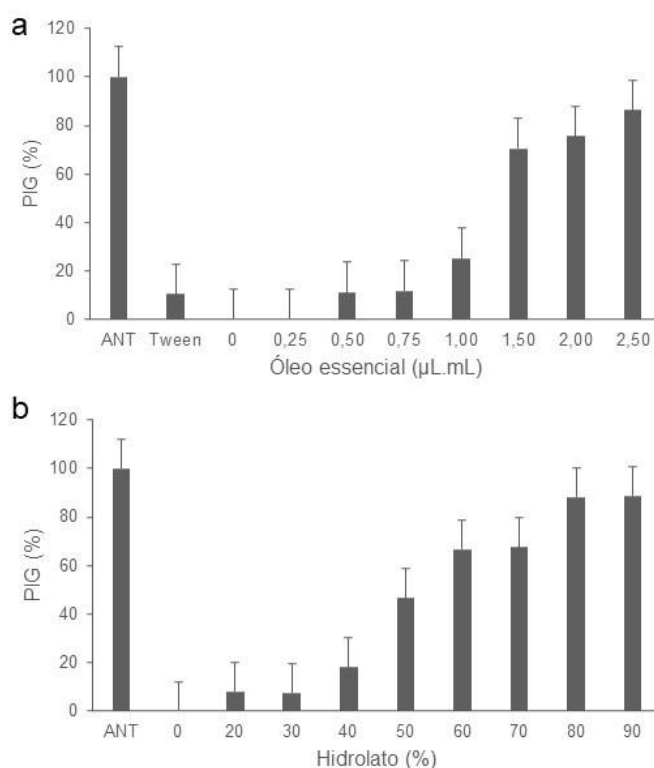


Autora: Bruna Vieira da Silva.

A concentração mínima inibitória (CIM) do óleo essencial de *L. alba* foi de 1,5 $\mu\text{L.mL}^{-1}$ e não apresentou ação fungicida nas concentrações testadas. O

hidrolato apresentou CIM na concentração de 40% com ação fungicida na concentração de 50%. Tanto o óleo essencial quanto o hidrolato de *L. alba* foram eficientes para inibir a germinação dos esporos de *Colletotrichum* spp. (Figura 3).

Figura 3. Percentual de inibição da germinação de esporos de *Colletotrichum* spp. sob ação de diferentes concentrações de óleo essencial (a) e hidrolato (b) de *Lippia alba*.



Autora: Bruna Vieira da Silva

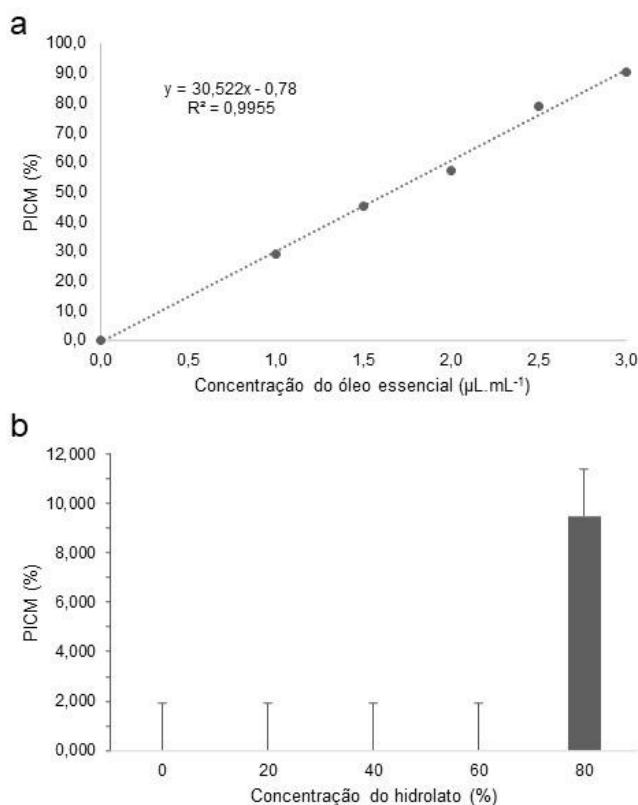
Nos tratamentos controle ($0 \mu\text{L.mL}^{-1}$ e 0%), foi observada a germinação de 100% dos esporos, demonstrando sua alta viabilidade (Figura 3). Em contraste, o óleo essencial e o hidrolato de *L. alba* foram eficazes para inibir mais de 80% da germinação nas concentrações de $2,5 \mu\text{L.mL}^{-1}$ e 80%, respectivamente. As concentrações mínimas inibitórias de $1,5 \mu\text{L.mL}^{-1}$ e 40% observadas neste estudo tornam o método economicamente viável, uma vez que concentrações acima de 0,5% ($5000 \mu\text{L.mL}^{-1}$) aumentariam o custo de produção, inviabilizando a aplicação em larga escala (OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2013). A ação dos compostos bioativos dos óleos essenciais e seus derivados interfere na germinação dos esporos e no crescimento do tubo germinativo, resultando em redução ou ausência de

crescimento micelial do fungo, o que reforça a eficácia da aplicação desses compostos (FATIMA et al., 2023).

Estes resultados corroboram com o estudo de Wan et al. (2024). que ao utilizar óleo essencial de *Atractylodes* observaram concentrações inibitórias variando de 0,05 a 2,5 mg.mL⁻¹ com inibição de 18 a 100% para espécies do gênero *Colletotrichum* e destacam que o óleo essencial possui vantagem em relação a outros fungicidas naturais obtidos de plantas devido sua a volatilidade. Assim como Huang et al. (2023) verificaram a redução de 96% para 5% da germinação dos esporos conforme houve o aumento das concentrações do óleo essencial de *Litsea cubeba*.

O crescimento micelial do *Colletotrichum* spp. apresentou um aumento da porcentagem de inibição conforme houve o aumento das concentrações do óleo essencial, com inibição superior a 50% a partir da concentração de 2,0 µL.mL⁻¹. No entanto, quando exposto ao hidrolato apenas a concentração de 80% foi capaz de apresentar efeito inibitório correspondente a 9,5% (Figura 4).

Figura 4. Porcentagem de inibição do crescimento micelial de *Colletotrichum* spp. exposto a diferentes concentrações do óleo essencial (a) e hidrolato (b) de *Lippia alba*.



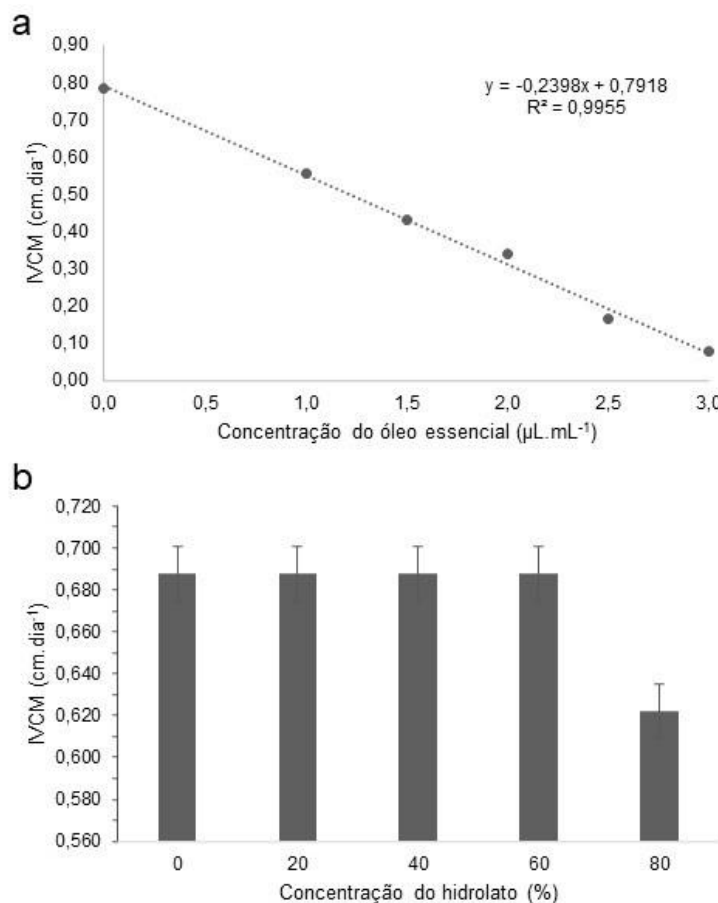
Autora: Bruna Vieira da Silva

O efeito antimicrobiano do óleo essencial se deve ao conjunto de ativos presentes em sua composição (PEIXINHO et al., 2022). Esses compostos agem por meio de diferentes mecanismos de ação para inibir o crescimento de fitopatógenos e tem como vantagem reduzir o surgimento de resistência microbiana (LIMA et al., 2021). O óleo essencial atua inibindo a atividade mitocondrial, a biossíntese de quitina, glucana e a divisão celular, e isto acarreta em alterações da parede celular e da membrana plasmática que permitem um livre transporte de substâncias essenciais para o seu funcionamento e, conseqüentemente, ocorre a morte da célula (TAHERI; SOWEYZI; TARIGHI, 2023).

Por outro lado, o efeito inibitório do hidrolato somente na concentração de 80% pode estar relacionado ao fato de que durante o processo de extração é possível que os compostos bioativos da planta se concentrem no óleo essencial sendo encontrados em menor quantidade no hidrolato, cerca de 0,1%, em comparação ao óleo essencial que é altamente concentrado (AĆIMOVIĆ et al., 2020; SARMENTO-BRUM et al., 2014). Por isso o hidrolato pode apresentar ação inibitória somente em uma concentração mais alta como observado neste estudo.

Os resultados do índice de velocidade do crescimento micelial (IVCM) demonstram que o aumento das concentrações de óleo essencial gera uma diminuição do crescimento micelial do *Colletotrichum* spp. A menor velocidade de crescimento ($0,08 \text{ cm.dia}^{-1}$) observada foi 10 vezes menor quando comparada ao tratamento controle ($0 \mu\text{L.mL}^{-1}$). Por outro lado, nas concentrações de 20 a 60% do hidrolato o *Colletotrichum* spp. apresentou o IVCM igual ao controle ($0,69 \text{ cm.dia}^{-1}$), diferindo apenas na concentração de 80% sendo observado uma diminuição do crescimento micelial (Figura 5).

Figura 5. Índice de velocidade do crescimento micelial de *Colletotrichum* spp. exposto a diferentes concentrações do óleo essencial (a) e hidrolato (b) de *Lippia alba*.



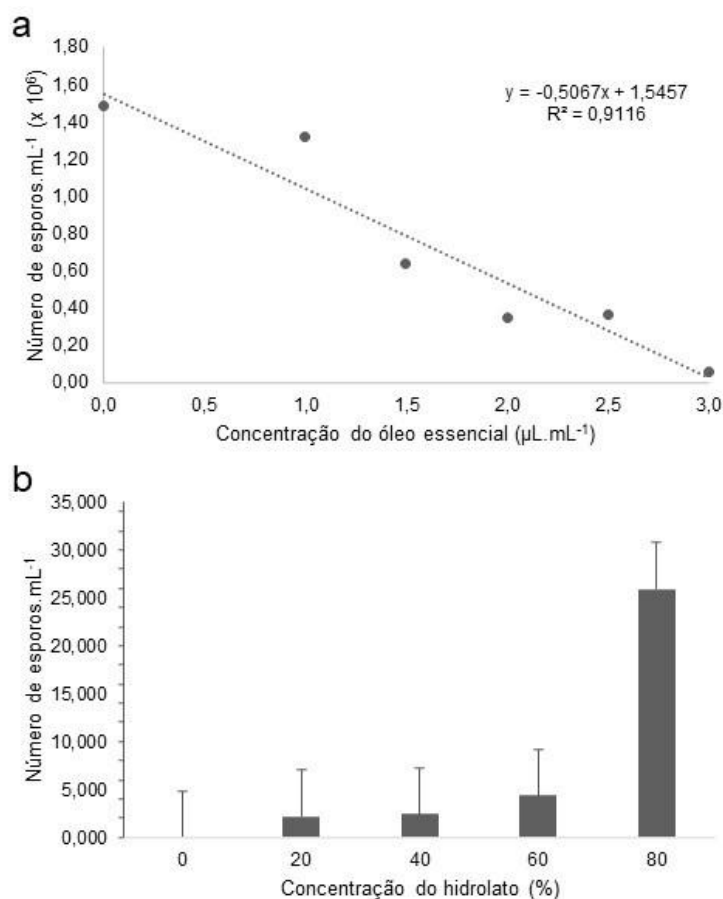
Autora: Bruna Vieira da Silva

Silveira et al. (2019) sugerem que o IVCM pode estar relacionada com a forma que a doença irá se desenvolver no campo, ou seja, um maior IVCM implica no rápido desenvolvimento do fitopatógeno. Por isso, é essencial limitar o crescimento e a sobrevivência dos fitopatógenos que causam a deterioração dos frutos, não apenas garantindo a qualidade e segurança na fase pós-colheita, mas também impedindo as lesões e danos físicos causados pelas infecções, que podem comprometer a integridade dos produtos (LIU et al., 2024). Além disso, esse controle reduz as perdas econômicas associadas ao desperdício de alimentos, contribuindo para uma cadeia de produção mais sustentável.

A esporulação do *Colletotrichum* spp. foi afetada pelo óleo essencial sendo observado diminuição considerável conforme houve o aumento das concentrações. O menor número de esporos observados foi na concentração de 3,0 μL.mL⁻¹ apresentando 0,06x10⁶ esporos por mL. No entanto, efeito contrário foi observado

ao expor o *Colletotrichum* spp. em diferentes concentrações do hidrolato, visto que esta substância foi capaz de estimular a esporulação, uma vez que o fitopatógeno apresentou aumento do número de esporos conforme houve o aumento das concentrações, sendo o maior número observado de $25,95 \times 10^6$ esporos por mL na concentração de 80% (Figura 6).

Figura 6. Número de esporos por mL de *Colletotrichum* spp. exposto a diferentes concentrações do óleo essencial (a) e hidrolato (b) de *Lippia alba*.



Autora: Bruna Vieira da Silva

Oliveira et al. (2023) relatam que é importante interromper a capacidade de esporulação dos fitopatógenos, visto que quanto menos esporos forem produzidos menor será as chances de os patógenos infectarem o hospedeiro. Os óleos essenciais tem se mostrado eficientes para inibir a esporulação de diversos fitopatógenos. Oliveira, Hanada e Brito (2019) verificaram que o óleo essencial de gengibre (*Zingiber officinale*) foi eficiente para inibir a esporulação do *Colletotrichum theobromicola*. Assim como Andrade e Vieira (2016) verificaram o efeito inibitório

dos óleos essenciais de capim-limão (*Cymbopogon citratus*), anis (*Pimpinella anisum*), árvore-chá (*Melaleuca alternifolia*) e menta (*Mentha piperita*) sobre a esporulação do *Colletotrichum gloeosporioides*.

A estimulação da produção de esporos de *Colletotrichum* spp. quando exposto ao hidrolato pode estar relacionada com a capacidade do fungo em transformar alguns compostos do hidrolato em outras substâncias que beneficiam seu crescimento e esporulação. Este processo é denominado biotransformação e os fungos do gênero *Colletotrichum* se destacam pela sua habilidade de biotransformar diferentes compostos por reações de oxirredução com a finalidade de utilizar no seu mecanismo de defesa (ARISTIZÁBAL et al., 2008).

Possivelmente, o hidrolato pode ser utilizado para isolados de *Colletotrichum* spp. que apresentem dificuldade para esporular, porém estudos adicionais devem ser realizados afim de identificar essas interações e verificar o potencial de estimulação da germinação para outros gêneros de fungos.

4. CONCLUSÃO

O óleo essencial de *Lippia alba* foi eficiente para controlar o crescimento e esporulação do *Colletotrichum* spp. na concentração de 3,0 $\mu\text{L.mL}^{-1}$.

A utilização do hidrolato não se mostrou eficaz visto que estimulou a esporulação do fitopatógeno na concentração de 80%.

5. AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001. Os autores agradecem o Laboratório de Cromatografia Líquida da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia pela análise de cromatografia gasosa por espectrometria de massa.

6. REFERÊNCIAS

ACÍMOVIĆ, M. G.; TEŠEVIĆ, V. V.; SMILJANIĆ, K. T.; CVETKOVIĆ, M. T.; STANKOVIĆ, J. M.; KIPROVSKI, B. M.; SIKORA, V. S. Hydrolates – by-products of essential oil distillation: chemical composition, biological activity and potential uses. **Advanced Technologies**, v. 9, n. 2, p. 54-70, 2020. DOI: 10.5937/savteh2002054A

ADAMS, R. P. et al. Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry. Carol Stream, IL: **Allured publishing corporation**, 2009.

ANDRADE, W. P.; VIEIRA, G. H. C. Efeito dos óleos essenciais sobre a antracnose in vitro e em frutos de mamoeiro. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 18, n. 1, p. 367-372, 2016. DOI: https://doi.org/10.1590/1983-084X/15_089

ARISTIZÁBAL, D. A.; LEZCANO, C. S.; GARCÍA, C. M.; DURANGO, D. L. Biotransformación de los sustratos 2-feniletanol y acetofenona con el hongo fitopatógeno *Colletotrichum acutatum*. **Revista Colombiana de Química**, v. 37, n. 1, p. 7-19, 2008.

ARMESTO, C.; MAIA, F. G. M.; MONTEIRO, F. P.; ABREU, M. S. Exoenzimas como fator de patogenicidade em *Colletotrichum gloeosporioides* associado a cafeeiros. **Summa Phytopathologica**, v. 45, n. 4, p. 368-373, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/0100-5405/191071>

ÁVILA-QUEZADA, G. D.; VALLES-ARAGÓN, A. C.; MERCADO- MEZA, D. Y. Implicaciones bioéticas en la aplicación de nanopartículas de plata (AgNPs) para el manejo de fitopatógenos. **Artículos de Investigación**, v. 17, n. 33, 2024. DOI: <https://doi.org/10.22201/ceiich.24485691e.2024.33.69803>

BARBOSA, M. L. F.; RIBEIRO, W. L. C.; ARAÚJO FILHO, J. V.; PEREIRA, R. C. A.; ANDRÉ, W. P. P.; MELO, A. C. F. L.; CASTELO-BRANCO, D. S. C. M.; MORAIS, S. M.; OLIVEIRA, L. M. B.; BEVILAQUA, C. M. L. *In vitro* anthelmintic activity of *Lippia alba* essential oil chemotypes against *Haemonchus contortus*. **Experimental Parasitology**, v. 244, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.exppara.2022.108439>

BETTEGA, R. P.; TREVISAN, A. C. D. Controle da germinação de capim-annoni (*Eragrostis plana* Nees): inovação com bioinsumos botânicos. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 17, p. e267111739142, 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i17.39142>

CARVALHO, J. B.; SCHWAN-ESTRADA, K. R. F.; BONALDO, S. M.; CRUZ, M. E. S.; CARLOS, M. M.; STANGARLIN, J. R. Fungitoxicidade de *Cymbopogon citratus* e *Cymbopogon martinii* a *Colletotrichum gloeosporioides* em frutos de pimentão. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 10, n. 1, p. 88-93, 2008.

CLINICAL AND LABORATORY STANDARDS INSTITUTE (CLSI). **Reference method for dilution antifungal susceptibility testing of yeasts**. 4th ed. CLSI standard M27. Wayne, PA: Clinical and Laboratory Standards Institute; 2017.

CLINICAL AND LABORATORY STANDARDS INSTITUTE (CLSI). **Reference methods for dilution antimicrobial susceptibility tests for bacteria that grow aerobically**. Approved Standard standard, 10th ed, Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI) document M7-A10. Wayne, 2015.

CUI, K.; WANG, Y.; WANG, M.; ZHAO, T.; ZHANG, F.; ELE, L.; ZHOU, L. Inhibitory activity and antioomycete mechanism of citral against *Phytophthora capsici*. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 204, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2024.106067>

FATIMA, S. N.; RIZVI, Z. F.; HYDER, S.; GONDAL, A. S.; LATIF, M.; NAZIR, H. M.; RIAZ, N.; HABIB, F. Biochemical profiling of selected plant extracts and their antifungal activity in comparison with fungicides against *Colletotrichum capsici* L. causing anthracnose of Chilli. **Plant Stress**, v. 10, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.stress.2023.100287>

GU, K. X.; SONG, X. S.; XIAO, X. M.; DUAN, X. X.; WANG, J. X.; DUAN, Y. B.; HOU, Y. P.; ZHOU, M. G. A β 2-tubulin dsRNA derived from *Fusarium asiaticum* confers plant resistance to multiple phytopathogens and reduces fungicide resistance. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 153, p. 36-46, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2018.10.005>

HUANG, J.; LIU, S.; HU, W.; PEIWANG, L.; XIAO, Z.; ZHANG, P.; LIU, R.; LI, C.; YI, Y. Physiological Biochemistry and Multi-omics Reveal the Underlying Mechanism of Citral in Controlling *Colletotrichum scovillei* in Postharvest Chili. **Food Science and Technology**, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2024.117123>

HUANG, J.; LIU, S.; LIU, R.; YI, Y.; LI, C.; XIAO, Z.; TU, J.; XIAO, J. Mechanisms of *Litsea cubeba* essential oil in the control of *Colletotrichum scovillei* in pepper (*Capsicum annuum* L.): Cell membrane/wall perspective. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v. 127, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2023.102103>

KARABÖRKLÜ, S.; AZIZOGLU, U.; AZIZOGLU, Z. B. Recombinant entomopathogenic agents: a review of biotechnological approaches to pest insect control. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 34, n. 14, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11274-017-2397-0>

LIMA, T. S.; MELO, Y. N. C. S.; SILVA, J. L.; COSTA, J. F. O.; LIMA, G. S. A.; ASSUNÇÃO, I. P. Efficiency of essential oils to control *Colletotrichum theobromicola* in vitro. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 15, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v15i0.6984>

LIU, C.; LIU, H.; WANG, C.; KONGB, F.; ELE, H.; QIAO, Y. Antifungal activity and mechanisms of ϵ -poly-l-lysine (ϵ -PL) against *Colletotrichum lagenarium* in marrow squash. **Food Science and Techonology**, v. 199, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2024.116057>

LUO, D.; YE, S.; QU, G.; BA, L. Inhibitory effect and action mechanism of citral against black rot in pitaya fruit. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v. 131, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2024.102275>

MACHADO, T. F.; PEREIRA, R. C. A.; MAGALHÃES, H. C. R. Óleos essenciais no controle in vitro de bactérias patogênicas e deterioradoras de alimentos. **Brazilian**

Journal of Development, v. p, n. 4, p. 13761-13775, 2023. DOI: 10.34117/bjdv9n4-083

NASCIMENTO, J. M.; SERRA, A. P.; BACCHI, L. M.; GAVASSONI, W. L.; VIEIRA, M. C. Inibição do crescimento micelial de *Cercospora calendulae* Sacc. por extratos de plantas medicinais. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 15, n. 4, p. 751-756, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-05722013000500016>

OLIVEIRA, D. P.; PAULINO, F. W. V.; XAVIER, S. G. R.; CARNEIRO JÚNIOR, G. R.; BARBOSA, S. I. C. G.; NASCIMENTO, A. B.; PRADO, J. C. S.; XAVIER FILHO, R. R. B.; CAVALCANTE, T. R.; FURTADO, M. L. Potencial terapêutico da *Lippia alba* (Mill.) N.E.Br. ex Britton & P. Wilson. **Research, Society and Development**, v.13, n.1, e4613144732, 2024. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v13i1.44732>

OLIVEIRA, S. S.; HANADA, R. E.; BRITO, R. S. Composição química e atividade antifúngica do óleo essencial de *Zingiber officinale* Roscoe sobre *Colletotrichum theobromicola*, causador da antracnose da cebolinha (*Allium fistulosum*). **Scientia Naturalis**, v. 1, n. 1, p. 32-40, 2019.

OLIVEIRA, V. S.; PORCINO, M. M.; ARAÚJO, E. F. B.; SABINO, B. T. S.; ARAÚJO, J. S.; NASCIMENTO, L. C. Óleos essenciais no controle in vitro de *Scybalidium* sp. da palma forrageira. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v. 11, n. 2, p. 17-23, 2023. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.8023488>

OLIVEIRA JÚNIOR, L. F. G.; SANTOS, R. B.; REIS, F. O.; MATSUMOTO, S. T.; BISPO, W. M. S.; MACHADO, L. P.; PLIVEIRA, L. F. M. Efeito fungitóxico do óleo essencial de aroeira da praia (*Schinus terebinthifolius* RADDI) sobre *Colletotrichum gloeosporioides*. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 15, n. 1, p. 150-157, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-05722013000100021>

OSEI-OBENG, P.; KIIRIKA, L. M.; NYENDE, A. B. Antifungal activity of citral against Fusarium wilt in tomatoes and induction of the upregulation of glucanase, chitinase, and thaumatin-like protein plant defense genes. *Journal of Natural Pesticide Research*, v. 10, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.napere.2024.100097>

PEIXINHO, G. S.; CÂNDIDO, J. B. S.; CAVALCANTE, L. V.; ASSUNÇÃO, I. P.; AMORIM, E. P. R. Óleos essenciais de *Mentha* sp., *Cymbopogon nardus* L., *Cymbopogon citratus* no controle da antracnose (*Colletotrichum tropicale*) em bastão do iperador (*Etlingera elatior*). **Revista Valore**, v. 7, 2022. DOI: <https://doi.org/10.22408/rev702022626e-7025>

PINEL-ALVAREZ, M. F.; MACHACA-CALSIN, C. P.; PENÃ-MEDINA, A. B.; FARIAS, C. R. J. Efeito das moléculas Phenyl se Citronellal e o Phenyl S citral na neutralização de enzimas ligadas a patogenicidade de *Colletotrichum lindemuthianum*. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 10, p. 68316-68335, 2022. DOI: 10.34117/bjdv8n10-216

R Core Team (2023). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

RODRIGUES, P. L.; SILVA, J. L.; ALFAIA, J. P.; SOUZA, J. C.; MACEDO, L. P. Potencial de biocontrole das leveduras em pós-colheita de citros pela produção da enzima β -1,3-glucanase e atividade *killer*: uma revisão. **Citrus Research & Technology**, v. 41, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.4322/crt.20020>

ROTILI, E. A.; LOPES, J. V.; MOURÃO, D. S. C.; SANTOS, G. R. S. Utilização de óleo essencial de noni no controle fitossanitário de *Colletotrichum gloeosporioides* em plantas de *Mangifera indica*. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 11, n. 3, 2023. DOI: <https://doi.org/10.20873/jbb.uft.cemaf.v11n3.rotili>

SANTOS, A. S.; ALVES, S. M.; FIGUEIRÊDO, F. J. C.; ROCHA NETO, O. G. Descrição de Sistema e de Métodos de Extração de Óleos Essenciais e Determinação de Umidade de Biomassa em Laboratório. **Comunicado técnico**, n. 99. Embrapa, Belém, Pará, 2004.

SARMENTO-BRUM, R. B. C.; CASTRO, H. G.; SILVA, M. L.; SARMENTO, R. A.; NASCIMENTO, I. R.; SANTOS, G. R. Effect of plant oils in inhibiting the mycelial growth of pathogenic fungi. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 5, n. 1, p. 63-70, 2014. DOI: <https://doi.org/10.20873/jbb.uft.cemaf.v5n1.brum>

SILVA, B. W. A.; PEREIRA, F. C.; SANTOS, L. I. S.; LOURENZANI, W. L. Análise de Vantagem Comparativa no Agronegócio: uma abordagem empírica a partir dos dez maiores exportadores. **Revista Relações Sociais**, v. 6, n. 3, 2023. DOI: [10.18540/revesv6iss3pp17155-01e](https://doi.org/10.18540/revesv6iss3pp17155-01e)

SILVA, J. L.; LOPES, L. E. M.; SILVA-CABRAL, J. R. A.; COSTA, J. F. O.; LIMA, G. S. A.; ASSUNÇÃO, I. P. Espécies de *Colletotrichum* associadas à antracnose em maracujazeiro no Brasil. **Diversitas Journal**, v. 7, n. 3, p. 12,05-1224, 2022. DOI: [10.48017/dj.v7i3.2162](https://doi.org/10.48017/dj.v7i3.2162)

SILVA JUNIOR, A. Q.; RODRIGUES, G. S.; SOUSA, K. A.; BOUILLET, L. E. M.; SANTOS, G. B.; BARROSA, A. S.; MOURÃO, R. H. V. Molecular modelling and anticholinesterase activity of the essential oil from three chemotypes of *Lippia alba* (Mill.) N.E.Br. ex Britton & P. Wilson (Verbenaceae). **Heliyon**, v. 10, n. 8, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e29063>

SILVEIRA, A. L.; SOARES, M. G. O.; LOPES, L. S.; STRACIERI, J.; ALVES, E. GENETIC Diversity of isolates OF *Colletotrichum* spp. in banana. **Revista Caatinga**, v. 32, n. 3, p. 599-606, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252019v32n304rc>

SONG, W.; YIN, Z.; LU, X.; SHEN, D.; DOU, D. Plant secondary metabolite citral interferes with *Phytophthora capsici* virulence by manipulating the expression of effector genes. **Molecular Plant Pathology**, v. 24, p. 932-946, 2023. DOI: [10.1111/mpp.13340](https://doi.org/10.1111/mpp.13340)

SUTTON, B. C. **The Coelomycetes**. Fungi imperfecti with pycnidia, acervuli and stromata. Commonwealth Mycological Institute, Kew, England. 696p. 1980.

TAHERI, P.; SOWEYZI, M.; TARIGHI, S. Application of Essential Oils to Control Some Important Fungi and Bacteria pathogenic on Cereals. **Journal of Natural Pesticide Research**, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.napere.2023.100029>

VILAPLANA, R.; CHICAIZA, G.; VACA, C.; VALENCIA-CHAMORRO, S. Combination of hot water treatment and chitosan coating to control anthracnose in papaya (*Carica papaya* L.) during the postharvest period. **Crop Protection**, v. 128, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2019.105007>

WAN, Y.; CHEN, Q.; XU, W.; CHEN, Y. Effect of Atractylodes essential oil on different *Colletotrichum* species causing tea brown blight disease. **Scientia Horticulturae**, v. 324, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2023.112610>

WANG, Y.; YANG, Q.; ZHAO, F.; LI, M.; JU, J. Synergistic antifungal mechanism of eugenol and citral against *Aspergillus niger*: Molecular Level. **Industrial Crops and Products**, v. 213, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2024.118435>

WEI, L.; CHEN, C.; CHEN, J.; LIN, L.; WAN, C. Possible fungicidal effect of citral on kiwifruit pathogens and their mechanisms of actions. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v. 114, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2021.101631>

ZHENG, S.; JING, G.; WANG, X.; OUYANG, Q.; JIA, L.; TAO, N. Citral exerts its antifungal activity against *Penicillium digitatum* by affecting the mitochondrial morphology and function. **Food Chemistry**, v. 178, p. 76-81, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.01.077>

REVESTIMENTO DE ÓLEO ESSENCIAL DE *Lippia alba* (MILL.) N.E.BR EX
BRITTON & P. WILSON NO CONTROLE DA ANTRACNOSE EM MAMÃO

RESUMO

O mamão é um fruto tropical que enfrenta diversos desafios no período de pós-colheita devido a rápida deterioração provocada por fitopatógenos, sendo o *Colletotrichum* spp. o fungo mais destrutivo no ambiente. Portanto, seu controle é essencial para garantir a qualidade dos frutos. A aplicação de revestimentos comestíveis contendo compostos bioativos, como os óleos essenciais, é uma proposta promissora para atuar como uma barreira física contra os microorganismos patogênicos, além de se destacar como um caminho sustentável para conservação pós-colheita de frutas. Este estudo teve como objetivo verificar o controle do fitopatógeno *Colletotrichum* spp. em frutos de mamão sob a ação do revestimento comestível contendo óleo essencial de *Lippia alba*, bem como realizar a caracterização físico-química dos mamões armazenado em temperatura ambiente (25°C). Inicialmente, os frutos foram inoculados com o fitopatógeno *Colletotrichum* spp. Em seguida, foi aplicado o revestimento contendo 7 tratamentos com diferentes concentrações do óleo essencial de *L. alba* (0; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0 e 4,5 $\mu\text{L.mL}^{-1}$), os frutos foram mantidos em temperatura ambiente até atingir o estágio 5 de maturação. Posteriormente, foi avaliado a porcentagem de inibição e índice de velocidade do crescimento da lesão por *Colletotrichum* spp. nos mamões, e a caracterização físico-química por meio da análise de perda de massa, pH, acidez titulável, cor, sólidos solúveis, vitamina C e açúcares redutores e totais, e sacarose. A PICL foi de 82% nas concentrações de 4,0 e 4,5 $\mu\text{L.mL}^{-1}$, enquanto para o IVCL houve redução do diâmetro de crescimento da lesão em 84,37%. Para a caracterização físico-química não houve diferença significativa para a maioria dos parâmetros, exceto pH e vitamina C. O revestimento à base de quitosana e óleo essencial de *Lippia alba* foi eficaz para controlar a antracnose nas concentrações de 4,0 e 4,5 $\mu\text{L.mL}^{-1}$. Dessa forma, recomenda-se a concentração de 4,0 $\mu\text{L.mL}^{-1}$ do óleo essencial de *Lippia alba* para a aplicação em revestimentos.

Palavras-chave: Biofilme, *Carica papaya*, Erva cidreira, Fungicida natural.

***Lippia alba* (MILL.) N.E.BR EX BRITTON & P. WILSON ESSENTIAL OIL
COATING IN THE CONTROL OF ANTHRACNOSE IN PAPAYA**

ABSTRACT

Papaya is a tropical fruit that faces several challenges in the post-harvest period due to rapid deterioration caused by phytopathogens, with *Colletotrichum* spp. being the most destructive fungus in the environment. Therefore, its control is essential to ensure fruit quality. The application of edible coatings containing bioactive compounds, such as essential oils, is a promising proposal to act as a physical barrier against pathogenic microorganisms, in addition to standing out as a sustainable way for post-harvest conservation of fruits. This study aimed to verify the control of the phytopathogen *Colletotrichum* spp. in papaya fruits under the action of the edible coating containing *Lippia alba* essential oil, as well as to perform the physicochemical characterization of papayas stored at room temperature (25°C). Initially, the fruits were inoculated with the phytopathogen *Colletotrichum* spp. Then, the coating containing 7 treatments with different concentrations of *L. alba* essential oil (0; 2.5; 3.0; 3.5; 4.0 and 4.5 $\mu\text{L.mL}^{-1}$) was applied, and the fruits were kept at room temperature until reaching stage 5 of ripening. Subsequently, the percentage of inhibition and growth speed index of the lesion by *Colletotrichum* spp. in papayas were evaluated, and the physicochemical characterization was performed by analyzing mass loss, pH, titratable acidity, color, soluble solids, vitamin C and reducing and total sugars, and sucrose. The PICL was 82% at concentrations of 4.0 and 4.5 $\mu\text{L.mL}^{-1}$, while for IVCL there was a reduction in the lesion growth diameter of 84.37%. For the physicochemical characterization, there was no significant difference for most parameters, except pH and vitamin C. The coating based on chitosan and *Lippia alba* essential oil was effective in controlling anthracnose at concentrations of 4.0 and 4.5 $\mu\text{L.mL}^{-1}$. Therefore, a concentration of 4.0 $\mu\text{L.mL}^{-1}$ of *Lippia alba* essential oil is recommended for application in coatings.

Key-words: Biofilm, *Carica papaya*, Lemon balm, Natural fungicide.

1. INTRODUÇÃO

O mamão (*Carica papaya* L.) pertence à família Caricaceae e é uma cultura climatérica muito cultivada em regiões tropicais e subtropicais do mundo, este fruto possui alto valor nutricional apresentando em sua composição vitaminas A, B9 e C, ácidos vanílico, caféico, ferúlico e protocatecuico, além de carotenoides e compostos fenólicos (ALAM et al., 2024; WANG et al., 2023).

O Brasil ocupa o segundo lugar no ranking dos maiores produtores de mamão do mundo, contribuindo com cerca de 13% da produção mundial (PÁDUA, 2019). Entretanto é uma cultura susceptível a infecções por diversos fitopatógenos que causam doenças e prejudicam a qualidade dos frutos e geram uma redução da produtividade (VIEIRA et al., 2022). A antracnose é considerada a principal doença pós-colheita que acomete a cultura do mamão, causada principalmente pelo fitopatógeno *Colletotrichum gloeosporioides*, fungo responsável por grandes perdas econômicas causando prejuízos tanto para o mercado interno quanto de exportações (PERALTA-RUIZ et al., 2020; SANTOS et al., 2021a).

Dessa forma, para minimizar as perdas e prolongar a vida útil dos frutos a aplicação de fungicidas tem sido uma técnica muito utilizada entre os agricultores nos períodos de pré e pós-colheita (KHADIRI et al., 2024; LUCAS-BAUTISTA et al., 2020). Entretanto, estes produtos quando usados de forma intensificada causam a resistência de fitopatógenos (CABALLERO-MAIRESSE et al., 2024). Além disso, os consumidores tem se preocupado com a qualidade de vida no que tange uma alimentação saudável sendo necessário a utilização de produtos naturais em substituição aos produtos químicos no tratamento e prevenção de doenças de frutos.

Como proposta a substituição dos produtos químicos, pesquisas mostram a eficácia do uso de revestimentos comestíveis na preservação de alimentos e produtos agrícolas. O revestimento atua formando uma barreira contra microorganismos patogênicos, além de formar uma camada protetora contra a ação do oxigênio, umidade e trocas gasosas (JURIĆ et al., 2024). Além disso, o potencial dos revestimentos pode ser melhorado pela adição de compostos bioativos como é o caso do óleo essencial de *Lippia alba* (Verbenaceae). Este óleo possui potencial aplicação na fitomedicina devido suas propriedades antimicrobianas e antioxidantes, atuando contra fungos e bactérias patogênicas (KUMARI et al., 2023).

Neste contexto, este estudo tem como objetivo verificar o controle do fitopatógeno *Colletotrichum* spp. em frutos de mamão sob a ação do revestimento comestível contendo óleo essencial de *Lippia alba*, e realizar a caracterização físico-química dos mamões armazenado em temperatura ambiente (25°C).

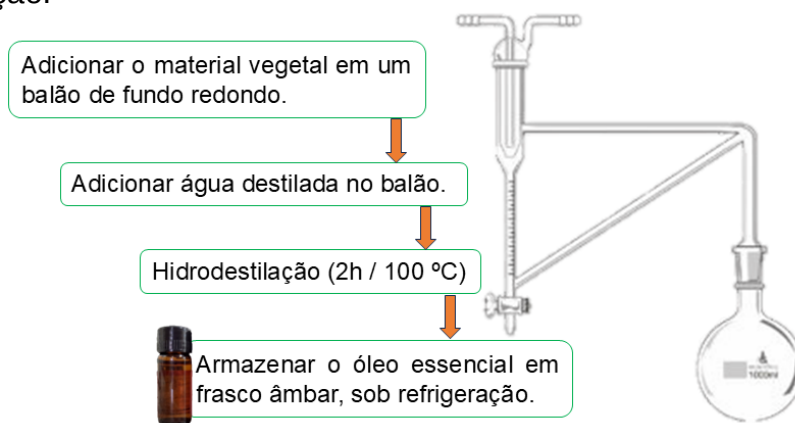
2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Obtenção do óleo essencial de *Lippia alba*

A *Lippia alba* foi obtida na área experimental de plantas matrizes, localizada na fazenda experimental da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, Bahia. As folhas foram coletadas nos meses de outubro e novembro de 2023 no período da manhã. A exsicata utilizada para a identificação da planta está depositada no Herbário da UFRB, sob o número de registro HURB 8794.

O óleo essencial e hidrolato de *Lippia alba* foram obtidos pelo método de hidrodestilação utilizando aparelho do tipo Clevenger conforme metodologia descrita por Santos et al. (2004). O material vegetal fresco (folha) foi seco em estufa de circulação forçada de ar a temperatura de 45°C por 72h. Posteriormente, 100g de folhas inteiras e secas foram adicionadas em balão de vidro contendo 1 litro água destilada. A extração foi realizada durante 2 horas a partir da condensação da primeira gota do hidrolato. Após esse período, o óleo essencial foi separado do hidrolato com auxílio de uma pipeta de Pasteur e acondicionado em frasco de vidro âmbar, etiquetado e armazenado sob refrigeração até o momento da análise (Figura 1).

Figura 1. Esquema do método de extração do óleo essencial pela técnica de hidrodestilação.



Autora: Bruna Vieira da Silva

2.2. Obtenção da matéria-prima

Os mamões (*Carica papaya* L.) da variedade Havaí foram obtidos no comércio de Cruz das Almas – BA em agosto de 2023, foram selecionados frutos no estágio 1 de maturação com peso e tamanho aproximados, sem lesões ou danos físicos e livres de antracnose. A quitosana foi obtida da Polymar Indústria e Comércio LTDA (Fortaleza, Ceará, Brasil).

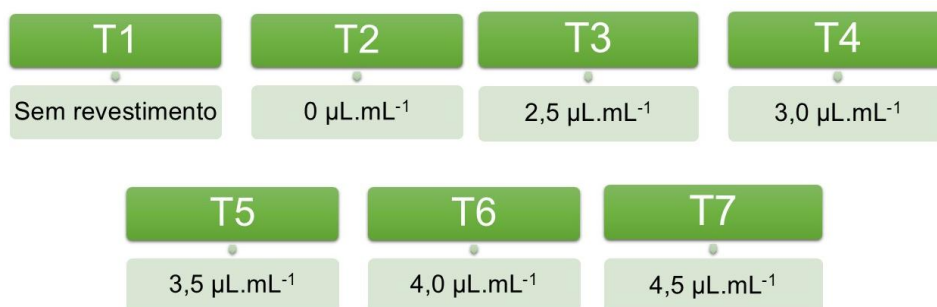
2.3. Preparação da solução de revestimento

A solução do revestimento de quitosana a 1% foi preparada por dissolução da quitosana (p/v) em ácido láctico a 85% e mantida sob agitação magnética por 24h a 80°C até a obtenção de uma solução homogênea (VIEIRA et al., 2020).

2.4. Preparação e aplicação do revestimento no mamão

Os frutos de mamão foram distribuídos em sete tratamentos (Figura 2). Os frutos foram lavados com detergente neutro, lavados imediatamente em água destilada e submetidos à imersão em solução de cloro a 100 ppm por cinco minutos. Posteriormente, os frutos (estádio 1 de maturação) foram inoculados por meio da sobreposição de discos de 7 mm de diâmetro do meio de cultura BDA contendo propágulos de *Colletotrichum* spp., sobre injúrias realizadas em quatro regiões equidistantes da epiderme do mamão, com agulha metálica hipodérmica previamente esterilizada (BATISTA et al., 2022). Em seguida, os frutos foram mantidos em câmara úmida em bandejas forradas com papel toalha autoclavado, umedecido com água destilada estéril e envolvidas em saco plástico por um período de 24h a temperatura ambiente (25°C), posteriormente foi aplicado os revestimentos.

Figura 2. Tratamentos utilizados na aplicação do revestimento de óleo essencial de *Lippia alba*.



Autora: Bruna Vieira da Silva

Os 70 frutos de acordo com cada tratamento foram imersos na solução de revestimento até a cobertura total da superfície dos mamões. Após a aplicação dos tratamentos, o excesso da solução de revestimento foi drenado em recipientes plásticos vazados em temperatura ambiente até a secagem total e os frutos foram dispostos em bandejas plásticas e armazenadas sob temperatura ambiente (25°C) com umidade relativa de 75% para a avaliação do desenvolvimento da lesão até o estágio 5 de maturação dos frutos (média de oito dias) e a caracterização físico-química.

2.5. Avaliação da Porcentagem de Inibição do Crescimento da Lesão (PICL) e do Índice de Velocidade do Crescimento da Lesão (IVCL)

O controle da lesão foi avaliado diariamente medindo o diâmetro da lesão com o auxílio de um paquímetro, em dois sentidos opostos, visando avaliar o desenvolvimento da doença. As médias foram utilizadas para calcular a PICL conforme a equação descrita por Klangmuang e Sothornvit (2018):

$$PICL (\%) = \frac{(\text{diâmetro da lesão do controle} - \text{diâmetro da lesão do tratamento})}{\text{diâmetro da lesão do controle}} * 100$$

O IVCL (cm.dia⁻¹) foi calculado a partir da avaliação diária do controle da doença por meio da equação a seguir:

$$IVCL = \frac{\sum(\text{diâmetro atual da lesão} - \text{diâmetro anterior da lesão})}{\text{número de dias de avaliação}}$$

2.6. Caracterização físico-química

Após os mamões atingirem o estágio cinco de maturação, a polpa de 10 frutos de cada tratamento foi triturada e homogeneizada formando uma amostra composta para avaliar os parâmetros físico-químicos, com exceção das análises de perda de massa e cor que serão avaliadas individualmente.

2.6.1. Perda de massa

Após a aplicação dos revestimentos, os frutos foram pesados diariamente para avaliar a perda de massa durante o período de armazenamento. A análise foi realizada com o uso de uma balança semi-analítica. (IAL, 2008).

2.6.2. Determinação de pH

Para a determinação do pH, 10 g da amostra foi homogeneizada em 100 mL de água destilada, e a leitura realizada em pHmetro, conforme a metodologia descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (2008).

2.6.3. Determinação de acidez titulável

Para a determinação da acidez titulável, 10 g da amostra foi adicionada em Erlenmeyer contendo 100 mL de água destilada. Em seguida, foi adicionado 0,3 mL da solução fenolftaleína e titulado com solução de hidróxido de sódio 0,1 M, até a obtenção de uma coloração rósea, o resultado foi expresso em porcentagem de ácido cítrico (IAL, 2008).

2.6.4. Cor

A análise de cor foi realizada utilizando colorimetro da marca Konica Minolta, modelo CR-400 na escala CIELAB (L^* , a^* , b^* , c^* , h^* , onde L^* =luminosidade, a^* =intensidade de cor vermelha/verde, b^* = intensidade da cor amarela/azul, c^* = croma e h^* = ângulo de tonalidade). O equipamento foi previamente calibrado para medição direta no produto na área exposta à luz (INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION, 1978). As medidas foram realizadas diretamente sobre as amostras.

2.6.5. Sólidos solúveis

O teor de sólidos solúveis totais foi medido diretamente em um refratômetro digital com compensação de temperatura automática a 20°C e os resultados foram expressos em °Brix (IAL, 2008).

2.6.6. Vitamina C

Para a determinação da vitamina C, 15 g da amostra foi adicionada em um Erlenmeyer de 300 mL junto com 50 mL de água destilada e 10 mL da solução de

ácido sulfúrico a 20%. Após a homogeneização, as amostras foram filtradas e, posteriormente foi adicionado 1 mL da solução de iodeto de potássio a 10% e 1 mL da solução de amido a 1%. Em seguida, foi realizado a titulação com a solução de iodato de potássio 0,02 M até a obtenção de uma coloração azul, o resultado foi expresso em mg/100g de ácido ascórbico (IAL, 2008).

2.6.7. Açúcares redutores e totais

A determinação dos açúcares redutores e totais foi realizada pelo método de Lane-Eynon, conforme metodologia proposta pelo Instituto Adolfo Lutz (2008) com modificações. Para os açúcares redutores, inicialmente, foi pesado 5 g da amostra e adicionado 100 mL de água destilada com o auxílio de um balão volumétrico. As amostras foram filtradas em papel filtro recolhendo o filtrado em Erlenmeyer. O filtrado foi transferido para uma bureta de 50 mL. Em seguida, foi adicionado 5 mL da solução de Fehling A e 5 mL de solução de Fehling B em um Erlenmeyer junto com 40 mL de água destilada que foi aquecido até a ebulição e, a amostra foi titulada até que a solução ficasse levemente azulada com um resíduo vermelho no fundo do balão.

Para os açúcares totais, inicialmente, foi pesado 5 g da amostra e adicionado 40 mL de água destilada e 1 mL de ácido clorídrico a 34%. A amostra foi colocada em banho-maria a 98°C por 45 minutos. Após esse período, o pH da amostra foi neutralizado com hidróxido de sódio a 40%. Posteriormente, foi adicionado 100 mL de água destilada com o auxílio de um balão volumétrico. As amostras foram filtradas em papel filtro recolhendo o filtrado em Erlenmeyer. O filtrado foi transferido para uma bureta de 50 mL. Em seguida, foi adicionado 5 mL da solução de Fehling A e 5 mL de solução de Fehling B em um Erlenmeyer junto com 40 mL de água destilada que foi aquecido até a ebulição e, a amostra foi titulada até que a solução ficasse levemente azulada com um resíduo vermelho no fundo do balão.

2.6.8. Teor de sacarose

O teor de sacarose foi estimado por cálculo: $S = (AST - AR) * 0,95$; onde S = sacarose (sacarose em gramas/100 ml da amostra); AST = açúcar solúvel total e AR = açúcares redutores (SANTOS et al., 2021b).

2.7. Análise estatística

Para a análise estatística, os valores da perda de massa foram submetidos à análise de variância (ANOVA) pelo teste F e, posteriormente, foi aplicado o teste de regressão ao nível de 5% de significância utilizando o software estatístico R versão 4.2.3 (R CORE TEAM, 2022). O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado com 10 repetições por tratamento, sendo cada fruto uma repetição.

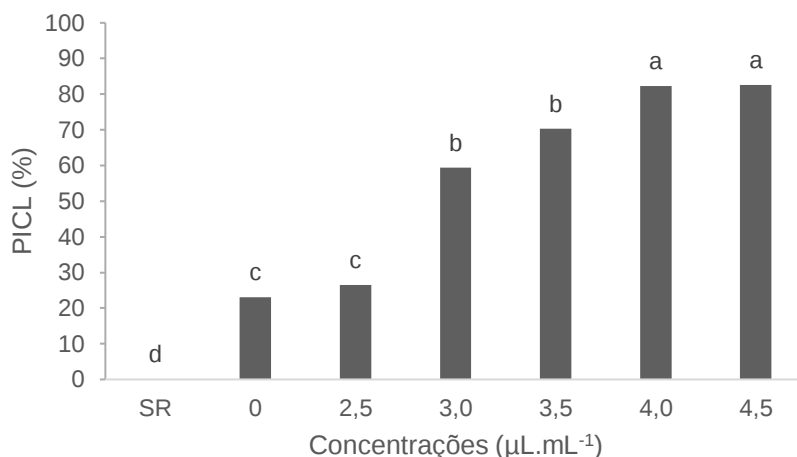
Para os parâmetros físico-químicos, as variáveis foram submetidas à análise de variância (ANOVA) pelo teste F, ao nível de 5% de significância. As médias foram comparadas por meio do teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$) utilizando o software estatístico R versão 4.2.3 (R CORE TEAM, 2022). O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado com 10 repetições por tratamento, sendo cada fruto uma repetição.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Avaliação da Porcentagem de Inibição do Crescimento da Lesão (PICL) e do Índice de Velocidade do Crescimento da Lesão (IVCL)

De acordo com a Figura 3 verificou-se que a PICL diferiu estatisticamente ($p < 0,05$) entre os tratamentos. O tratamento que continha a concentração de 0 $\mu\text{L.mL}^{-1}$ diferiu do tratamento SR (sem revestimento) demonstrando que a quitosana apresentou um efeito inibitório para o *Colletotrichum* spp. No entanto, foi possível observar que conforme há o aumento das concentrações, o óleo essencial de *L. alba* foi capaz de potencializar o efeito da porcentagem de inibição que tende a se estabilizar nas concentrações de 4,0 e 4,5 $\mu\text{L.mL}^{-1}$ com 82% de inibição.

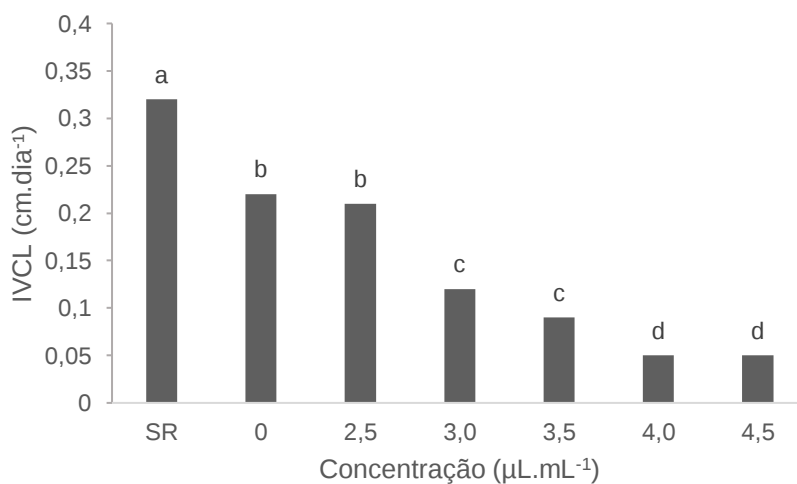
Figura 3. Efeito de revestimentos contendo diferentes concentrações do óleo essencial de *L. alba* sobre a porcentagem de inibição do crescimento da lesão de *Colletotrichum* spp. em mamão pós-colheita.



Barras acompanhadas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p>0,05$). Autora: Bruna Vieira da Silva

O IVCL também foi influenciado pela ação da quitosana e do óleo essencial de *L. alba* e diferiu estatisticamente ($p<0,05$) entre os tratamentos (Figura 4). Os resultados demonstram que o aumento das concentrações de óleo essencial no revestimento diminuiu o diâmetro de crescimento da lesão em 84,37%, nas concentrações de 4,0 e 4,5 μL.mL⁻¹, quando comparado ao tratamento controle (SR – sem revestimento).

Figura 4. Efeito de revestimentos contendo diferentes concentrações do óleo essencial de *L. alba* sobre índice de velocidade do crescimento da lesão de *Colletotrichum* spp. em mamão pós-colheita.



Barras acompanhadas pela mesma letra não diferem entre si ($p>0,05$) pelo teste de Scott-Knott. Autora: Bruna Vieira da Silva

O efeito inibitório observado neste estudo está associado à ação da quitosana em conjunto com o óleo essencial de *L. alba*. A quitosana atua danificando a membrana plasmática do fungo e reduzindo a produção de componentes essenciais da parede celular, o que torna o fungo mais susceptível e permite que os compostos antimicrobianos presentes no óleo essencial possam penetrar e agir (PERALTA-RUIZ et al., 2020). O óleo essencial altera a função mitocondrial das células fúngicas, inibindo enzimas essenciais para a produção de ATP, como ATPase mitocondrial, malato desidrogenase e succinato desidrogenase, o que leva à redução dos níveis de energia celular. Além disso, os óleos essenciais alteram o potencial da membrana mitocondrial e aumentam a produção de espécies reativas de oxigênio (ROS), que causam danos aos lipídios, proteínas e DNA, resultando na indução da apoptose (GRANDE-TOVAR et al., 2018).

Zillo et al. (2018) verificaram que o revestimento contendo óleo essencial de *Lippia sidoides* reduziu o crescimento do fitopatógeno *Colletotrichum gloeosporioides* e destacaram que associar os óleos essenciais às matrizes poliméricas auxilia na redução dos custos de produção e quantidade de óleo essencial utilizada. Braga et al. (2019) também destacam que o uso combinado de óleo essencial e quitosana permite utilizar doses menores do que quando comparado com o uso isolado para inibir os microorganismos alvos.

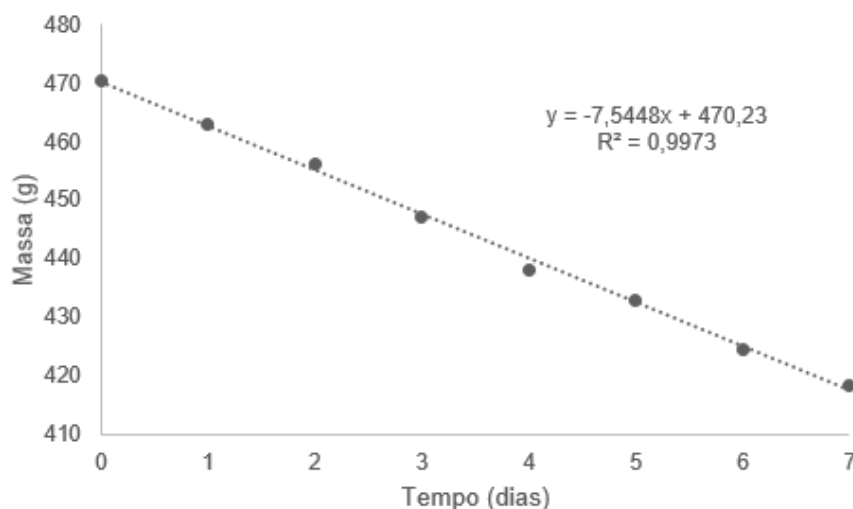
Portanto, o uso combinado de quitosana e óleo essencial de *Lippia alba* representa uma estratégia promissora para o controle de patógenos, como o *Colletotrichum* spp., em setores como a agricultura e a indústria alimentícia. A aplicação de revestimentos à base desses compostos como tratamento pós-colheita reduz a perda de frutas durante o armazenamento e transporte, prolongando a vida útil e diminuindo o uso de fungicidas sintéticos, o que beneficia tanto o meio ambiente quanto a saúde dos consumidores.

3.2. Caracterização físico-química

Durante o período de armazenamento os frutos perderam massa, porém não houve diferença estatística entre os tratamentos e somente o tempo foi significativo ($p < 0,05$) (Figura 5). Os resultados demonstram que o revestimento com as diferentes concentrações de óleo essencial não impediu que ocorresse a

perda de massa dos frutos. Esses resultados corroboram com o estudo de Braga et al. (2020) que observaram que o revestimento de quitosana e óleo essencial de *Mentha villosa* e *Mentha piperita* não impediram a perda de massa dos mamões.

Figura 5. Perda de massa dos mamões revestidos com diferentes concentrações do óleo essencial de *Lippia alba*.



Autora: Bruna Vieira da Silva

A perda de massa é um dos principais fatores a serem considerados para determinar o prazo de validade dos frutos e ocorre devido aos processos de transpiração e respiração, podendo ser reduzido com a aplicação de revestimentos que atuam como uma barreira contra as trocas gasosas; no entanto, os compostos presentes no óleo essencial, como os monoterpenos, podem volatizar com o tempo e reduzir seu efeito, acarretando na menor aceitação dos consumidores devido a desidratação do fruto (PARVEN et al., 2020; QUINTANA et al., 2021; SILVA et al., 2024).

Os processos de síntese e degradação ocasionados pela respiração e metabolismo do etileno causam alterações nas características físico-químicas dos frutos (ALMEIDA et al., 2024). Portanto, avaliar as características é essencial para garantir a qualidade, segurança e os requisitos comerciais dos frutos. Para os parâmetros físico-químicos, os tratamentos diferiram estatisticamente ($p < 0,05$) apenas para as variáveis de pH e vitamina C (Tabela 1). Os tratamentos T1, T2 e T3 destacaram-se para o pH e, para a vitamina C, apenas o tratamento T1 apresentou diferença significativa em relação aos demais ($p < 0,05$).

Tabela 1. Parâmetros físico-químicos de mamões revestidos com diferentes concentrações do óleo essencial de *L. alba*.

Tratamento	pH	Acidez titulável (% ácido cítrico)	Sólidos solúveis (°Brix)	Açúcares redutores (% glicose)	Açúcar total	Sacarose	Vitamina C (mg.100g)
T1	4,76 a	1,43 a	11,27 a	11,43 a	20,81 a	8,91 a	62,39 b
T2	4,66 a	1,45 a	11,20 a	11,25 a	19,73 a	8,06 a	75,56 a
T3	4,52 a	1,49 a	11,10 a	11,02 a	18,90 a	7,49 a	80,16 a
T4	4,39 b	1,43 a	11,23 a	11,48 a	20,91 a	8,95 a	80,18 a
T5	4,29 b	1,52 a	11,33 a	12,16 a	21,67 a	9,03 a	80,03 a
T6	4,21 b	1,56 a	11,30 a	11,54 a	21,09 a	9,07 a	73,93 a
T7	4,13 b	1,69 a	11,27 a	11,69 a	21,40 a	9,22 a	75,76 a
CV (%)	2,94	9,54	1,73	7,83	5,64	15,65	8,14

Médias seguidas de letras iguais na mesma coluna não apresentam diferença significativa ($p>0,05$) pelo Teste de Scott-Knott. T1 (fruto sem revestimento); T2 (0 $\mu\text{L.mL}^{-1}$); T3 (2,5 $\mu\text{L.mL}^{-1}$); T4 (3,0 $\mu\text{L.mL}^{-1}$); T5 (3,5 $\mu\text{L.mL}^{-1}$); T6 (4,0 $\mu\text{L.mL}^{-1}$); T7 (4,5 $\mu\text{L.mL}^{-1}$).

Todos os parâmetros atendem a Instrução Normativa nº 01, de 7 de janeiro de 2000 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), que estabelece o valor mínimo de 10 °Brix para os sólidos solúveis; pH 4; 0,17 g/100g de acidez titulável; 14 g/100g de açúcares totais e 50 mg/100g de ácido ascórbico (vitamina C) (BRASIL, 2000).

Os parâmetros de pH e acidez titulável são inversamente proporcionais, isto porque durante o amadurecimento do fruto ocorre a degradação de ácidos orgânicos que são responsáveis por diminuir a acidez titulável e aumentar o pH (FREITAS et al., 2020). Possivelmente, os tratamentos T1 a T3 diferiram dos demais ($p<0,05$) para o pH devido a variabilidade natural do fruto. Esses resultados corroboram com os estudos de HOLSBACH et al. (2019) que relataram pH variando de 4,53 a 4,91 em mamões revestidos com óleo essencial de cravo.

Não houve diferença significativa ($p>0,05$) para o teor de sólidos solúveis demonstrando que os revestimentos não causaram alterações nesse parâmetro. Carnelossi et al. (2021) encontram resultados semelhantes ao avaliar o teor de sólidos solúveis de mamões revestidos com fécula de mandioca e lactato de cálcio. A ausência de variação no teor de sólidos solúveis ocorre devido a pequena quantidade de amido na polpa do mamão (menor que 1%) após a colheita (YOA et

al., 2014). Este fato também contribui para que não haja variação nos teores de açúcares (PIGOZZI et al., 2021).

Em relação ao teor de vitamina C, esta é uma característica importante a ser analisada visto que demonstra a qualidade dos frutos durante o armazenamento. O ácido ascórbico é consumido em várias reações de oxidação, que resultam no acúmulo de radicais livres e, conseqüentemente, aceleram o envelhecimento celular dos frutos (XU; QIN; REN, 2018). Isso indica que o revestimento aplicado nos tratamentos T2 a T7 foi eficaz para reduzir a oxidação e preservar o teor de ácido ascórbicos nos frutos.

Para a análise de cor, houve diferença significativa ($p < 0,05$) na maioria dos parâmetros, exceto para b^* e c^* (Tabela 2). Para o parâmetro L^* , os tratamentos T6 e T7 diferiram significativamente dos demais tratamentos ($p < 0,05$). Para a^* , apenas T1 e T2 mostraram diferenças significativas, enquanto no parâmetro h^* , T5 e T7 foram os únicos que se distinguiram dos demais ($p < 0,05$).

Tabela 2. Parâmetro de cor de mamões revestidos com diferentes concentrações do óleo essencial de *L. alba*.

Tratamento	Cor				
	L^*	a^*	b^*	c^*	h^*
 T1	62,37 b	25,16 a	59,63 a	64,80 a	67,17 b
 T2	65,19 b	21,63 a	59,54 a	63,40 a	70,06 b
 T3	67,50 a	19,34 b	59,54 a	62,62 a	72,08 b
 T4	66,49 a	18,48 b	55,59 a	58,70 a	72,06 b
 T5	66,12 a	17,33 b	60,41 a	62,88 a	74,02 a
 T6	67,91 a	19,58 b	57,60 a	60,90 a	71,26 b
 T7	70,27 a	14,80 b	60,36 a	62,46 a	76,43 a
CV (%)	4,48	22,71	7,43	8,05	4,87

Médias seguidas de letras iguais na mesma coluna não apresentam diferença significativa ($p > 0,05$) pelo Teste de Scott-Knott. T1 (fruto sem revestimento); T2 ($0 \mu\text{L.mL}^{-1}$); T3 ($2,5 \mu\text{L.mL}^{-1}$); T4 ($3,0 \mu\text{L.mL}^{-1}$); T5 ($3,5 \mu\text{L.mL}^{-1}$); T6 ($4,0 \mu\text{L.mL}^{-1}$); T7 ($4,5 \mu\text{L.mL}^{-1}$).

O parâmetro h^* indica a tonalidade da cor, variando de 0 a 360° , com 0° representando vermelho, 90° amarelo, 180° verde e 360° azul (PEREIRA et al., 2020). Os resultados de h^* variaram de 67,17 a 76,43, indicando uma tonalidade laranja-amarelada. Os tratamentos T5 e T7 diferiram significativamente dos demais ($p < 0,05$), mostrando uma coloração mais próxima do amarelo. Embora haja uma

variação dentro da escala de amarelo, o parâmetro b^* confirma que todos os frutos mantiveram a coloração amarela.

Para os parâmetros a^* e L^* , os tratamentos T1 e T2 apresentaram uma tonalidade mais avermelhada e uma coloração mais escura ($p < 0,05$) em comparação com os demais. O uso de óleo essencial de *Lippia alba* nos tratamentos T3 a T7 resultou em valores mais baixos de a^* e mais altos de L^* , indicando que o processo de amadurecimento ocorreu de forma mais lenta, contribuindo para a preservação pós-colheita dos frutos. Esse retardo no amadurecimento está associado à redução de processos metabólicos, como a taxa respiratória e a produção de etileno, o que diminui a degradação da clorofila e, consequentemente, o teor de carotenoides nos frutos (DOMINGUES; AQUINO; ROCHA, 2021; TOMAZ et al., 2021). De forma semelhante, Guilherme et al. (2020) observaram o retardo do amadurecimento em mamões revestidos com óleos essenciais de noni (*Morinda citrifolia* L.) e alecrim-pimenta (*Lippia sidoides* Cham.).

A ausência de diferença estatística para o parâmetro c^* ($p > 0,05$) entre os tratamentos indica que a saturação ou intensidade da cor dos frutos permaneceu uniforme. Esse resultado sugere que, embora os tratamentos T5 e T7 tenham apresentado uma tonalidade mais próxima do amarelo, como indicado por b^* e h^* , e T1 e T2 tenham mostrado uma tendência mais avermelhada no parâmetro a^* , a vivacidade da cor (c^*) manteve-se constante entre os frutos. Dessa forma, os tratamentos aplicados não influenciaram a intensidade visual da cor amarela, preservando uma aparência uniforme e visualmente atrativa nos frutos.

4. CONCLUSÃO

O revestimento à base de quitosana e óleo essencial de *Lippia alba* foi eficaz, inibindo o crescimento do *Colletotrichum* spp. em 82% e reduziu seu crescimento em 84,37% nas concentrações de 4,0 e 4,5 $\mu\text{L.mL}^{-1}$.

A presença dos revestimentos apresentou diferença apenas para os parâmetros de pH e vitamina C, relacionado a variação natural do fruto.

Dessa forma, recomenda-se a concentração de 4,0 $\mu\text{L.mL}^{-1}$ do óleo essencial de *Lippia alba* para a aplicação em revestimentos.

5. AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

6. REFERÊNCIAS

ALAM, M.; HASAN, M. M.; DEBNATH, M. K.; ALAM, A.; ZAHID, M. A.; ALIM, M. A.; RAHMAN, M. N.; MOLLA, M. M.; KHAN, M. R.; BISWAS, M. Characterization and evaluation of flour's physico-chemical, functional, and nutritional quality attributes from edible and non-edible parts of papaya. **Journal of Agriculture and Food Research**, v. 15, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100961>

ALMEIDA, M. F.; SILVA, G. L.; GONDIM, G. D.; ALVES, C. E. F.; SILVA, M. C.; MENDES, B. A. B.; ANJOS, D. A.; SÃO JOSÉ, A. R.; VELOSO, C. M. Maintenance of postharvest quality of 'Palmer' mango coated with biodegradable coatings based on cassava starch and emulsion of lemongrass essential oil. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 277, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.134323>

BATISTA, D. V. S.; REIS, R. C.; CERQUEIRA, F. F. S.; SILVA, F. Revestimento de fécula de mandioca e óleo de cravo da Índia no controle da antracnose e na manutenção da qualidade do mamão. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, n. 133. Embrapa, Cruz das Almas, Bahia, 2022. ISSN 1809-5003

BRAGA, S. P.; LUNDGREN, G. A.; MACEDO, S. A.; TAVARES, J. F.; VIEIRA, W. A. S.; CÂMARA, M. P. S.; SOUZA, E. L. Application of coatings formed by chitosan and *Mentha* essential oils to control anthracnose caused by *Colletotrichum gloeosporioides* and *C. brevisporum* in papaya (*Carica papaya* L.) fruit. **Macromolecules**, v. 139, p. 631-639, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.08.010>

BRAGA, S. P.; MAGNANI, M.; MADRUGA, M. S.; GALVÃO, M. S.; MEDEIROS, L. L.; BATISTA, A. U. D.; DIAS, R. T. A.; FERNANDES, L. R.; MEDEIROS, E. S.; SOUZA, E. L. Characterization of edible coatings formulated with chitosan and *Mentha* essential oils and their use to preserve papaya (*Carica papaya* L.). **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 65, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2020.102472>

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n. 01, de 7 de janeiro de 2000. In Regulamento Técnico Geral Para Fixação Dos Padrões De Identidade E Qualidade Para Polpa De Fruta. **Diário Oficial da União**: Brasília, Brasil, 2000.

CABALLERO-MAIRESSE, G. G.; MENDES, F. H.; ARRUA, A. A.; LOPEZ-NICORA, H. D.; ENCISO-MALDONADO, G. A. Percepción de agricultores sobre el manejo de enfermedades fúngicas de la soja (*Glycine max* x (L.) Merr.) en Paraguay. **Agronomía Mesoamericana**, v. 35, 2024. DOI: <https://doi.org/10.15517/am.2024.55193>

CARNELOSSI, M. A. G.; SANTOS, P. T. M.; CONSTANT, P. B. L.; MATOS, G. B.; MOREIRA, M. N.; COSTA, R. I. S. A.; SOARES, A. C.; SANTOS, A. C.; SANTOS, L. S.; REIS, A. A.; MATOS, P. N.; GAGLIARDI, P. R. Uso de revestimento de fécula de mandioca e lactato de cálcio em mamão minimamente processado. **Research, Society and Development**, v. 10, n.11, e373101119508, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i11.19508>

DOMINGUES, R. Q.; AQUINO, A. A.; ROCHA, V. C. F. Utilização de óleos essenciais na inibição dos agentes causadores da doença da antracnose na pós-colheita de mamão-papaia. **Revista de Extensão Trilhas**, v. 4, n. 1, p. 21-40, 2024.

FREITAS, S. O.; SANTOS, Y. J. S.; SORA, G. T. S.; PAULA, L. C.; POLES, L. F.; OLIVEIRA-FOLADOR, G. Determinação de parâmetros de qualidade de frutos da região amazônica durante o amadurecimento. **Realidades e perspectivas em Ciência dos Alimentos**, p. 37-46, 2020. DOI: 10.46420/9786588319277cap3

GUILHERME, E. O.; COSTA, P. F.; MOURÃO, D. S. C.; OSORIA, P. R. A.; FERREIRA, T. P. S.; OLIVEIRA, G. R. A. S.; SANTOS, G. R. Óleos essenciais de plantas medicinais associados a biofilmes para proteção de frutos de mamoeiro. In: VERRUCK, S. **Avanços em Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Vol. 2. Guarujá, SP: Científica Digital, 2020. p. 305-320.

GRANDE-TOVAR, C. D.; CHAVES-LOPEZ, C.; SERIO, A.; ROSSI, C.; PAPARELLA, A. Chitosan coatings enriched with essential oils: Effects on fungi involved in fruit decay and mechanisms of action. **Trends in Food Science & Technology**, v. 78, p. 61-71, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.05.019>

HOLSBACH, F. M. S.; PIZATO, S.; FONTELLES, N. T.; SOUZA, P. D.; PINEDO, R. A.; CORTEZ-VEJA, W. R. Avaliação da vida útil de mamão formosa (*Carica papaya* L.) minimamente processado utilizando coberturas de amido de mandioca e óleo essencial de cravo. **Journal of bioenergy and food science**, v. 6, n. 4, p. 78-96, 2019. DOI: 10.18067/jbfs.v6i4.269

INSTITUTO ADOLFO LUTZ (IAL). **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. In: Odair Zenebon; Neus Sadocco Pascuet; Paulo Tiglea. (Org.). São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. p. 1020.

INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION. Recommendations on Uniform Color Spaces, Color Difference Equations, Psychometric Color Terms. **Bureau Central de la CIE**, n. 2, 1978. Supplement.

JURIĆ, M.; BANDIĆ, L. M.; CARULLO, D.; JURIĆ, S. Technological advancements in edible coatings: Emerging trends and applications in sustainable food preservation. **Food Bioscience**, v. 58, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2024.103835>

KLANGMUANG, P.; SOTHORNVIT, R. Active coating from hydroxypropyl methylcellulose-based nanocomposite incorporated with Thai essential oils on

mango (cv. *Namdokmai Sithong*). **Food Bioscience**, v. 23, p. 9-15, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2018.02.012>

KHADIRI, M.; BOUBAKER, H.; LAHMAMSI, H.; TAOUSSI, M.; EZZOUGGARI, R.; ASKARNE, L.; FARHAOUI, A.; BARKA, E. A.; LAHLALI, R. Challenges in apple preservation: Fungicide resistance and emerging biocontrols. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v. 129, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2023.102205>

KUMARI, K. M. I.; CHANOTIYA, C. S.; YADAV, N. P.; TANDON, S.; LUQMAN, S. Essential oil of *Lippia alba* impedes the growth of *Propionibacterium acnes* by modulating membrane potential and ROS level. **Journal of Herbal Medicine**, v. 41, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.hermed.2023.100733>

LUCAS-BAUTISTA, J. A.; VENTURA-AGUILAR, R. I.; BAUTISTA-BAÑOOS, S.; CORONA-RANGEL, M. L.; GUILLÉN-SÁNCHEZ. Evaluation of the chitinase activity in papaya fruit at different phenological stages as a possible biomarker for the detection of *Colletotrichum gloeosporioides* infection. **Current Plant Biology**, v. 23, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cpb.2020.100165>

PÁDUA, T. R. P. Plano estratégico para a cultura do mamoeiro 2017-2021. **Documento**. n. 228. Embrapa, Cruz das Almas, Bahia. 2019. ISSN 1809-4996.228

PARVEN, A.; SARKER, M. R.; MEGHARAJ, M.; MEFTAUL, I. M. Prolonging the shelf life of Papaya (*Carica papaya* L.) using Aloe vera gel at ambient temperature. **Scientia Horticulturae**, v. 265, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109228>

PERALTA-RUIZ, Y.; TOVAR, C. G.; SINNING-MANGONEZ, A.; BERMONT, D.; CORDERO, A. P.; PAPARELLA, A.; CHAVES-LÓPEZ. *Colletotrichum gloeosporioides* inhibition using chitosan-*Ruta graveolens* L essential oil coatings: Studies in vitro and in situ on *Carica papaya* fruit. **International Journal of Food Microbiology**, v. 326, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2020.108649>

PEREIRA, D. M.; OLIVEIRA, K. Á. R.; CHANTELLE, L.; SANT'ANA, A. M. S.; GUEDES, J. P. S.; CARVALHO, C. T.; AZERÊDO, G. A.; BRITO, I. L. Caracterização da composição nutricional e do teor de pigmentos de pitanga (*Eugenia uniflora* L.) nas variedades vermelha e roxa. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 8, p.58026-58038, 2020. DOI: 10.34117/bjdv6n8-276

PIGOZZI, M. T.; SILVA, V. M.; MENDES, F. Q.; OLIVEIRA, I. R. N.; MORAES, A. R. F.; LOPES, E. A. Post-harvest quality of papaya coated with polivinilic alcohol and maize starch. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 45, e019120, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1413-7054202145019120>

QUINTANA, S. E.; LLALLA, O.; GASRCÍA-RISCO, M.; FORNARI, T. Comparison between essential oils and supercritical extracts into chitosan-based edible coatings on strawberry quality during cold storage. **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 171, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2021.105198>

R Core Team (2023). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

SANTOS, A. S.; ALVES, S. M.; FIGUEIRÊDO, F. J. C.; ROCHA NETO, O. G. Descrição de Sistema e de Métodos de Extração de Óleos Essenciais e Determinação de Umidade de Biomassa em Laboratório. **Comunicado técnico**, n. 99. Embrapa, Belém, Pará, 2004.

SANTOS, L. A. L.; PINHEIRO, L. R. B.; ROCHA, L. S.; BRAGANÇA, C. A. D.; SILVA, H. S. A. Biocontrole da antracnose em frutos de mamoeiro por bactérias epifíticas formadoras de biofilme. **Summa Phytopathologica**, v. 47, n. 1, p. 45-53, 2021a. DOI: <https://doi.org/10.1590/0100-5405/216998>

SANTOS, L. S. R.; ZANELOTTI, D. S.; PAVANI, N. M.; TAMASHIRO, J. R.; MACENA, D. A.; SILVA, L. H. P.; PAIVA, F. F. G.; ULIANA, M. R.; KINOSHITA, A. Determinação de açúcares redutores, açúcares solúveis totais e sacarose em vinhaças da cana-de-açúcar. In: SALES, R. S. **Química: ensino, conceitos e fundamentos**. Vol. 1. Guarujá, SP: Científica Digital, 2021b. p. 170-177

SILVA, G. L.; ALMEIDA, M. F.; ROCHA, J. A.; ANJOS, D. A.; MENDES, B. B.; GONDIM, G. D.; SILVA, M. C.; ALVES, C. E. F.; CASTELLANI, M. A.; CARDOSO, A. D.; VELOSO, C. M. Efficiency of a coating based on cassava starch and encapsulated essential oil in postharvest storage of 'Palmer' mango. **Scientia Horticulturae**, v. 334, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2024.113288>

TOMAZ, P. H. A.; VALE, L. S. R.; PEREIRA FILHO, W. J.; SILVA, F. B.; DIAS, G. J. S.; ROSA NETO, N. D.; SILVA, L. B.; CARVALHO, R. C. M. Conservação de frutos de mamão na pós-colheita com uso de biofilme à base de fécula de mandioca. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 9, p. 88564-88574, 2021. DOI: [10.34117/bjdv7n9-154](https://doi.org/10.34117/bjdv7n9-154)

VIEIRA, B. B.; CARVALHO, E. A.; BISPO, A. S. R.; FERREIRA, M. A.; EVANGELISTA-BARRETO, N. S. Efficiency of chitosan synergism with clove essential oil in the coating of intentionally contaminated Tambaqui fillets. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 41, n. 6, p. 2793-2802, 2020. DOI: [10.5433/1679-0359.2020v41n6p2793](https://doi.org/10.5433/1679-0359.2020v41n6p2793)

VIEIRA, W. A. S.; VELOSO, J. S.; SILVA, A. C.; NUNES, A. S.; DOYLE, V. P.; CASTLEBURY, L. A. CÂMARA, M. P. S. Elucidating the *Colletotrichum* spp. diversity responsible for papaya anthracnose in Brazil. **Fungal Biology**, v. 126, n. 10, p. 623-630, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.funbio.2022.08.001>

XU, D.; QIN, H.; REN, D. Prolonged preservation of tangerine fruits using chitosan/montmorillonite composite coating. **Postharvest Biology and Technology**, v. 143, p. 50-57, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2018.04.013>

YAO, B. N.; TANO, K.; KONA, H. K.; BÉDIÉ, G. K.; OULÉ, M. K.; KOFFI-NEVRY, R.; ARUL, J. The role of hydrolases in the loss of firmness and of the changes in sugar content during the postharvest maturation of *Carica papaya* L. **Journal of**

Food Science and Technology, v. 51, n. 11, p. 3309-3316, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13197-012-0858-x>

WANG, Y. X.; WANG, S. Y.; BETA, T.; SHAHRIAR, M.; LABORDA, P.; HERRERA-BALANDRANO, D. D. Kojic acid induces resistance against *Colletotrichum brevisporum* and enhances antioxidant properties of postharvest papaya. **Food Control**, v. 144, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2022.109405>

ZILLO, R. R.; SILVA, P. P. M.; OLIVEIRA, J.; GLÓRIA, E. M.; SPOTO, M. H. F. Carboxymethylcellulose coating associated with essential oil can increase papaya shelf life. **Scientia Horticulturae**, v. 239, p. 70-77, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.05.025>

ACEITABILIDADE DE MAMÃO (*Carica papaya* L.) REVESTIDO COM ÓLEO ESSENCIAL DE *Lippia alba* (MILL.) N.E.BR EX BRITTON & P. WILSON

RESUMO

A indústria alimentícia tem buscado alternativas que possam promover a melhoria na qualidade dos frutos, bem como prolongar a vida útil mantendo sua qualidade sensorial e nutricional. A aplicação de revestimentos comestíveis é uma tecnologia promissora para proteger os frutos contra a ação de microorganismos patogênicos. Portanto, a aceitabilidade desse produto entre os consumidores é essencial para que os frutos contendo revestimento possam ser comercializados. Dessa forma, este estudo teve como objetivo verificar o grau de aceitação, atributos e intenção de compra de mamões revestido com óleo essencial de *Lippia alba* por meio de análise sensorial. Para a aplicação do revestimento foi utilizado 4 tratamentos com diferentes concentrações do óleo essencial de *L. alba* (0; 2,5; 3,5 e 4,5 $\mu\text{L.mL}^{-1}$). A análise sensorial foi realizada pela avaliação de 77 provadores, baseada no método de estímulo simples com escala hedônica de nove e sete pontos. A média dos atributos sensoriais (sabor, aroma, cor, textura e aspecto), analisada pelos provadores variou entre 6,13 a 7,74 (6 – gostei ligeiramente e 7 – gostei moderadamente), com índice de aceitação de 80% para os tratamentos T1 (controle) e T2 (2,5 $\mu\text{L.mL}^{-1}$) e, 74 e 72% para T3 (3,5 $\mu\text{L.mL}^{-1}$) e T4 (4,5 $\mu\text{L.mL}^{-1}$), respectivamente. Para o teste de intenção de compra, os tratamentos T1 e T2 obtiveram as maiores médias de 5,12 e 5,05 (compraria frequentemente). Os mamões apresentaram boa aceitação e intenção de compra pelos provadores, de modo que a utilização do revestimento contendo quitosana e óleo essencial de *L. alba* apresenta potencial para comercialização em grande escala.

Palavras-chave: Análise sensorial, Conservação, Erva cidreira, Pós-colheita.

ACCEPTABILITY OF PAPAYA (*Carica papaya* L.) COATED WITH ESSENTIAL OIL OF *Lippia alba* (MILL.) N.E.BR EX BRITTON & P. WILSON

ABSTRACT

The food industry has been seeking alternatives that can improve the quality of fruits, as well as extend their shelf life while maintaining their sensory and nutritional quality. The application of edible coatings is a promising technology to protect fruits against the action of pathogenic microorganisms. Therefore, the acceptability of this product among consumers is essential for the commercialization of fruits containing the coating. Thus, this study aimed to verify the degree of acceptance, attributes and purchase intention of papayas coated with *Lippia alba* essential oil through sensory analysis. Four treatments with different concentrations of *L. alba* essential oil (0, 2.5, 3.5 and 4.5 $\mu\text{L.mL}^{-1}$) were used to apply the coating. The sensory analysis was performed by evaluating 77 tasters, based on the simple stimulus method with a nine- and seven-point hedonic scale. The average of the sensory attributes (flavor, aroma, color, texture and appearance), analyzed by the tasters, ranged from 6.13 to 7.74 (6 – liked slightly and 7 – liked moderately), with an acceptance rate of 80% for treatments T1 (control) and T2 (2.5 $\mu\text{L.mL}^{-1}$) and 74 and 72% for T3 (3.5 $\mu\text{L.mL}^{-1}$) and T4 (4.5 $\mu\text{L.mL}^{-1}$), respectively. For the purchase intention test, treatments T1 and T2 obtained the highest averages of 5.12 and 5.05 (would buy frequently). The papayas showed good acceptance and purchase intention by the tasters, so that the use of the coating containing chitosan and *L. alba* essential oil has potential for large-scale commercialization.

Key-words: Sensory analysis, Conservation, Lemon balm, Post-harvest.

1. INTRODUÇÃO

O mamão (*Carica papaya* L.) pertence à família Caricaceae e é um fruto que possui alto valor nutricional e medicinal, é popularmente comercializado na forma in natura devido a diversidade de nutrientes, apresentando em sua composição fibras alimentares, vitaminas, proteínas, polissacarídeos, minerais e compostos bioativos como flavonoides, fitosteróis, enzimas e glicosídeos (ANWAR et al., 2023; RONG et al., 2024a).

A presença de compostos bioativos e enzimas proteolíticas em sua composição o denomina como alimento funcional apresentando destaque em suas propriedades antimicrobiana, antimalárica, antiamebiana, anti-helmíntica, hepatoprotetor e imunomodulador (ANWAR et al., 2023; ALAM et al., 2024). No entanto, o fruto é altamente perecível e difícil de conservar após a colheita devido a sua susceptibilidade aos fitopatógenos como o *Colletotrichum* spp. e o *Fusarium* spp. que causam danos como a diminuição da vida útil do fruto e aumentam as perdas durante o armazenamento (RONG et al., 2024b; SHARMA et al., 2024).

Neste contexto, o desenvolvimento de tecnologias inovadoras e eficazes para minimizar os efeitos da deterioração pós-colheita dos frutos tem crescido nos últimos anos e tem sido utilizado técnicas como o tratamento hidrotérmico, alta pressão, choque frio e radiação ultravioleta (VINOD et al., 2024). Além disso, os revestimentos comestíveis tem se mostrado uma proposta promissora para prolongar a vida útil dos frutos, atuando como barreira protetora contra a entrada de fitopatógenos e reduzindo a perda de umidade (NAIR et al., 2020).

Os revestimentos a base de quitosana são utilizados devido sua versatilidade, além de ser considerado produto atóxico, biodegradável e biocompatível (NAIR et al., 2020). Para potencializar o efeito dos revestimentos podem ser adicionados compostos bioativos com propriedades antimicrobianas como os óleos essenciais.

A *Lippia alba* (Verbenaceae) é uma planta aromática que possui alto teor de óleos essenciais com propriedade antimicrobiana e o desenvolvimento de fitoprodutos a partir deste composto contribui para a química verde que é a área de química que visa a redução de resíduos e poluição contribuindo com a geração de produtos biodegradáveis e seguros (SILVA JÚNIOR et al., 2024).

Dessa forma, este estudo tem como objetivo verificar o grau de aceitação, atributos e intenção de compra de mamões revestido com óleo essencial de *Lippia alba* por meio de análise sensorial.

2. MATERIAL E MÉTODOS

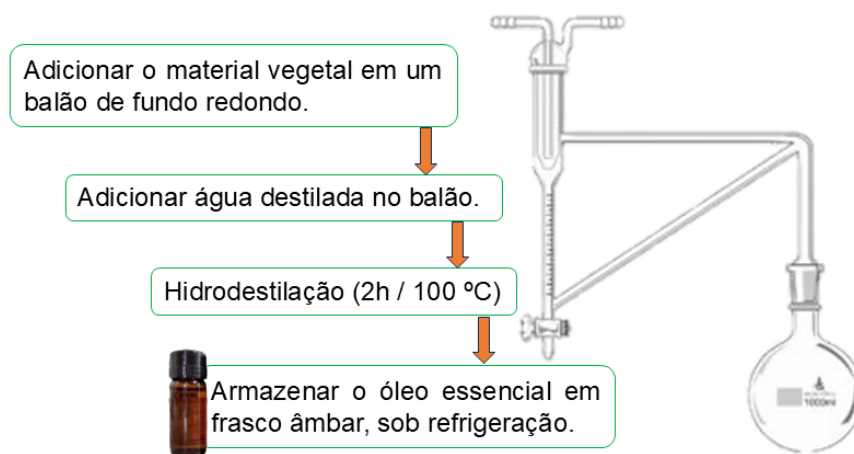
O projeto foi aprovado pela Comissão de Ética em Pesquisa com Seres Humanos (CEP) da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia sob o número de parecer 6.555.008.

2.1. Obtenção do óleo essencial de *Lippia alba*

A *Lippia alba* foi obtida na área experimental de plantas matrizes, localizada na fazenda experimental da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, Bahia. As folhas foram coletadas nos meses de outubro e novembro de 2023 no período da manhã. A exsicata utilizada para a identificação da planta está depositada no Herbário da UFRB, sob o número de registro HURB 8794.

O óleo essencial e hidrolato de *Lippia alba* foram obtidos pelo método de hidrodestilação utilizando aparelho do tipo Clevenger conforme metodologia descrita por Santos et al. (2004). O material vegetal fresco (folha) foi seco em estufa de circulação forçada de ar a temperatura de 45°C por 72h. Posteriormente, 100g de folhas inteiras e secas foram adicionadas em balão de vidro contendo 1 litro água destilada. A extração foi realizada durante 2 horas a partir da condensação da primeira gota do hidrolato. Após esse período, o óleo essencial foi separado do hidrolato com auxílio de uma pipeta de Pasteur e acondicionado em frasco de vidro âmbar, etiquetado e armazenado sob refrigeração até o momento da análise (Figura 1).

Figura 1. Esquema do método de extração do óleo essencial pela técnica de hidrodestilação.



Autora: Bruna Vieira da Silva

2.2. Obtenção da matéria-prima

Os mamões (*Carica papaya* L.) da variedade Havaí foram obtidos no comércio de Cruz das Almas – BA em outubro de 2023, foram selecionados frutos no estágio 1 de maturação com peso e tamanho aproximados, sem lesões ou danos físicos e livres de antracnose. A quitosana foi obtida da Polymar Indústria e Comércio LTDA (Fortaleza, Ceará, Brasil).

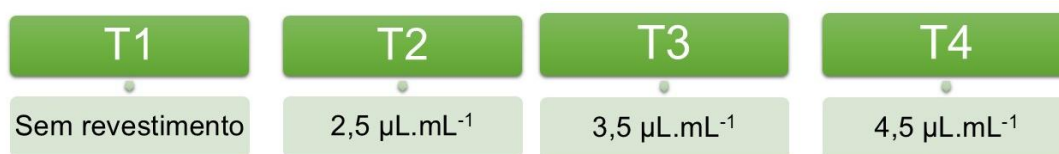
2.3. Preparação da solução de revestimento

A solução do revestimento de quitosana a 1% foi preparada por dissolução da quitosana (p/v) em ácido láctico a 85% e mantida sob agitação magnética por 24h a 80°C até a obtenção de uma solução homogênea (VIEIRA et al., 2020).

2.4. Preparação e aplicação do revestimento no mamão

Os frutos de mamão, em estágio 1 de maturação, foram distribuídos em quatro tratamentos (Figura 2). Os frutos foram lavados com detergente neutro, lavados imediatamente em água destilada e submetidos à imersão em solução de cloro a 100 ppm por cinco minutos.

Figura 2. Tratamentos utilizados na aplicação do revestimento de óleo essencial de *Lippia alba*.



Autora: Bruna Vieira da Silva

Os 20 frutos de acordo com cada tratamento foram imersos na solução de revestimento até a cobertura total da superfície dos mamões. Após a aplicação dos tratamentos, o excesso da solução de revestimento foi drenado em recipientes plásticos vazados em temperatura ambiente até a secagem total e os frutos foram dispostos em bandejas plásticas e armazenadas sob temperatura ambiente (25°C) até o momento da análise sensorial.

2.5. Análise sensorial

A análise sensorial foi realizada de acordo com o Instituto Adolfo Lutz (2008). As amostras de mamão revestidas com óleo essencial de *L. alba* foram servidas a 77 provadores não treinados, compostos por alunos de graduação, pós-graduação e docentes da UFRB mediante assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Os provadores apresentaram faixa de idade variando entre 18 a 60 anos, sendo 33,77% (26 pessoas) pertencentes ao sexo masculino e 66,23% (51 pessoas) ao sexo feminino. Antes de cada teste, os mesmos receberam orientações sobre o método e procedimentos das avaliações. Para limpeza das papilas gustativas foram oferecidos, entre cada amostra, água com gás e biscoito de água e sal. As amostras foram apresentadas em copos descartáveis devidamente identificados com números aleatórios de três algarismos para evitar possíveis induções nas respostas.

A análise sensorial foi baseada no método de estímulo simples com escala hedônica de nove pontos com os extremos 1 (desgostei muitíssimo) e 9 (gostei muitíssimo) (STEVENATO et al., 2007). Para avaliar a aceitação por atributos sensoriais, a fim de determinar quais foram os responsáveis pela aceitação ou rejeição e com que intensidade contribuíram para maior ou menor aceitação do produto, foi aplicada a escala afetiva de nove pontos previamente estabelecida, variando dos extremos 1 (desgostei muitíssimo) e 9 (gostei muitíssimo), onde foram

avaliados os seguintes atributos: sabor, aroma, cor, textura e aspecto. Para avaliar o grau de aceitação do produto com base em atitudes do consumidor, foi utilizada a escala de atitude classificada em sete categorias com os extremos 1 (só comeria se não pudesse escolher outro produto) e 7 (comeria frequentemente); e para avaliar a intenção de compra foi utilizada as categorias com os extremos 1 (nunca compraria) e 7 (compraria sempre).

O cálculo do índice de aceitabilidade (IA) foi realizado conforme a fórmula matemática apresentada por Dutcosky (2013):

$$IA\% = X.100/N$$

Onde, X representa a média de cada amostra e N a nota máxima de cada amostra dada pelos provadores. Valores superiores a 70% indicam que o produto é bem aceito.

2.6. Análise estatística

Para a análise estatística os valores das variáveis foram submetidos à análise de variância (ANOVA) pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$) utilizando o software estatístico R versão 4.2.3 (R CORE TEAM, 2022).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos atributos sensoriais demonstrou que o aumento das concentrações de óleo essencial de *L. alba* resultou em diferenças significativas ($p < 0,05$) em relação ao tratamento controle (T1). Apenas o tratamento T4 apresentou diferenças significativas em relação ao controle, exceto no atributo aroma, enquanto o tratamento T3 diferiu do controle apenas para o atributo sabor (Tabela 1). As médias dos tratamentos para os atributos sensoriais variaram de 6 a 7, indicando que os provadores gostaram ligeiramente e moderadamente das amostras, respectivamente.

Esses resultados corroboram com o estudo de Dharini et al. (2023) que ao avaliarem mamões revestidos com quitosana, goma arábica e óleo essencial de capim-limão (*Cymbopogon citratus* L.) verificaram que os atributos sensoriais dos frutos tratados receberam escores correspondentes a “gostei moderadamente” e “gostei muito”.

Tabela 1. Média dos atributos sensoriais de mamões revestidos com óleo essencial de *Lippia alba*.

Atributos	Tratamentos				CV (%)
	T1	T2	T3	T4	
Sabor	7,50 a	7,31 ab	6,70 bc	6,14 c	25,15
Aroma	7,02 a	7,31 a	6,74 a	6,91 a	22,53
Cor	7,43 a	7,74 a	7,32 ab	6,77 b	21,22
Textura	7,01 a	7,06 a	6,52 ab	6,13 b	27,97
Aspecto	7,38 a	7,32 a	7,32 a	6,57 b	23,18
IG (atitude)	5,63 a	5,40 a	4,99 ab	4,51 b	32,62
IG (int. de compra)	5,12 a	5,05 a	4,11 b	4,19 b	39,13
IA (%)	80,75	81,64	74,35	72,27	-

Média das notas hedônicas (n=77), segundo escala de nove pontos, com os escores “6 – gostei ligeiramente” e “7 – gostei moderadamente” expressos nos resultados. IG = impressão global. IA = índice de aceitabilidade. Médias seguidas de letras iguais na mesma linha não apresentam diferença significativa ($p>0,05$) pelo Teste de Tukey. T1 (fruto sem revestimento); T2 (2,5 $\mu\text{L.mL}^{-1}$); T3 (3,5 $\mu\text{L.mL}^{-1}$); T4 (4,5 $\mu\text{L.mL}^{-1}$).

Para o teste de aceitação (atitude), ao avaliar os escores de 5 (comeria de vez em quando) a 7 (comeria frequentemente), 81,82% dos provadores indicaram maior aceitação para o tratamento T1, seguido de 68,83% para T2, 59,74% para T3 e 57,14% para T4. Conforme houve o aumento das concentrações do óleo essencial de *L. alba* a aceitação foi diminuindo, sendo que apenas o tratamento T4 diferiu dos demais (Tabela 1). O mesmo ocorreu com o teste de intenção de compra, visto que os tratamentos T3 e T4 diferiram ($p<0,05$) e apresentaram as menores médias 4,11 e 4,19 (compraria ocasionalmente), respectivamente, em comparação com os tratamentos T1 e T2, que obtiveram médias de 5,12 e 5,05 (compraria frequentemente) (Tabela 1).

A menor aceitação e intenção de compra dos tratamentos T3 e T4, em comparação ao controle (T1), pode estar relacionada à textura mais mole dessas amostras, apesar da casca dos frutos apresentar o aspecto esverdeado, conforme relatado pelos provadores. Foi observado que, embora o revestimento tenha contribuído para prolongar a coloração verde da casca, ele não teve o mesmo efeito na polpa, permitindo seu amadurecimento e consequente amolecimento. Um estudo realizado por Braga et al. (2020) demonstrou que o revestimento de quitosana e óleos essenciais de *Mentha villosa* e *Mentha piperita* foi eficaz para

retardar o amadurecimento da casca do mamão, porém houve a perda de firmeza ao longo do armazenamento, associado à perda de massa.

Apesar das diferenças significativas ($p < 0,05$) na intenção de compra, todos os tratamentos apresentaram IA superior a 70% comprovando a aceitabilidade do revestimento contendo óleo essencial de *L. alba* (Tabela 1). Este estudo corrobora com o trabalho de Tabassum e Khan (2020), que observaram aceitabilidade superior a 70% em mamões revestidos com alginato de sódio e óleo essencial de tomilho (*Thymus vulgaris*) e orégano (*Origanum vulgare*). Dessa forma, a aceitação dos mamões revestidos com óleo essencial de *L. alba* demonstra que a proposta tem grande potencial para a produção em grande escala, além de oferecer aos consumidores um alimento saudável com menor risco de desenvolver doenças.

4. CONCLUSÃO

Os mamões apresentaram boa aceitação e intenção de compra pelos provadores, de modo que a utilização do revestimento contendo quitosana e óleo essencial de *L. alba* apresenta potencial para comercialização em grande escala.

5. AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

6. REFERÊNCIAS

- ALAM, M.; HASAN, M. M.; DEBNATH, M. K.; ALAM, A.; ZAHID, M. A.; ALIM, M. A.; RAHMAN, M. N.; MOLLA, M. M.; KHAN, M. R.; BISWAS, M. Characterization and evaluation of flour's physico-chemical, functional, and nutritional quality attributes from edible and non-edible parts of papaya. **Journal of Agriculture and Food Research**, v. 15, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100961>
- ANWAR, S.; SALEEM, A.; RAZZAQ, A.; NASIR, M. A.; HUSSAIN, A.; TARIQ, M. R.; ALI, S. W.; INTISAR, A.; SAFDAR, W.; UMER, Z.; BASHARAT, Z.; ALI, U.; MEHMOOD, H.; MASOOD, S. Nutritional probing and storage stability of papaya jam supplemented with date pit powder. **Heliyon**, v. 9, n. 5, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e15912>
- BRAGA, S. P.; MAGNANI, M.; MADRUGA, M. S.; GALVÃO, M. S.; MEDEIROS, L. L.; BATISTA, A. U. D.; DIAS, R. T. A.; FERNANDES, L. R.; MEDEIROS, E. S.; SOUZA, E. L. Characterization of edible coatings formulated with chitosan and *Mentha* essential oils and their use to preserve papaya (*Carica papaya* L.).

Innovative Food Science & Emerging Technologies, v. 65, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2020.102472>

DHARINI, V.; SELVAM, P. S.; JAYARAMUDU, J.; SADIKU, R. E. Effect of functionalized hybrid chitosan/gum Arabic bilayer coatings with lemongrass essential oil on the postharvest disease control and the physicochemical properties of papaya (*Carica papaya*) fruits. **South African Journal of Botany**, v. 160, p. 602-612, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2023.07.053>

DUTCOSKY, S. D. **Análise sensorial de alimentos**. 4. ed. Curitiba: Champagnat, 2013. 531 p.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ (IAL). **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. In: Odair Zenebon; Neus Sadocco Pascuet; Paulo Tiglea. (Org.). São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. p. 1020.

NAIR, M. S.; TOMAR, M.; PUNIA, S.; KUKULA-KOCH, W.; KUMAR, M. Enhancing the functionality of chitosan- and alginate-based active edible coatings/films for the preservation of fruits and vegetables: A review. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 164, p. 304-320, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.07.083>

R Core Team (2023). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

RONG, L.; WANG, Y.; WANG, Y.; JIANG, D.; BAI, J.; WU, Z.; LI, L.; WANG, T.; TAN, H. A fresh-cut papaya freshness prediction model based on partial least squares regression and support vector machine regression. **Heliyon**, v. 10, n. 9, 2024a. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e30255>

RONG, L.; ZHAO, Y.; GAO, S.; MA, J.; ZHANG, S.; WU, Z. Colorimetric gel labels for the non-destructive freshness monitoring of fresh-cut papaya. **Food Hydrocolloids**, v. 149, 2024b. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2023.109581>

SANTOS, A. S.; ALVES, S. M.; FIGUEIRÊDO, F. J. C.; ROCHA NETO, O. G. Descrição de Sistema e de Métodos de Extração de Óleos Essenciais e Determinação de Umidade de Biomassa em Laboratório. **Comunicado técnico**, n. 99. Embrapa, Belém, Pará, 2004.

SHARMA, M.; BAINS, A.; SRIDHARC, K.; NAYAK, K.; SARANGI, P. K.; ALI, N.; PATIL, S.; CHAWLA, P.; SHARMAH, M. Sustainable design and characterization of *Aegle marmelos* fruit nanomucilage-flaxseed oil nanoemulsion: Shelf-life of coated fresh-cut papaya. **Sustainable Chemistry and Pharmacy**, v. 37, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scp.2023.101409>

SILVA JÚNIOR, A. Q.; RODRIGUES, G. S.; SOUSA, K. A.; BOUILLET, L. E. M.; SANTOS, G. B.; BARROSO, A. S.; MOURÃO, R. H. V. Molecular modelling and anticholinesterase activity of the essential oil from three chemotypes of *Lippia alba*

(Mill.) N.E.Br. ex Britton & P. Wilson (Verbenaceae). **Heliyon**, v. 10, n. 8, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e29063>

STEVANATO, F. B.; PETENUCCI, M. E.; MATSUSHITA, M.; MOSEMO, M. C.; SOUZA, N. E.; VISENTAINER, J. E. L.; ALMEIDA, V. V.; VISENTAINER, J. V. Avaliação química e sensorial de farinha de resíduo de tilápias na forma de sopa. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27 p. 567-571, 2007. DOI: doi.org/10.1590/S0101-20612007000300022

TABASSUM, N.; KHAN, M. A. Modified atmosphere packaging of fresh-cut papaya using alginate based edible coating: Quality evaluation and shelf life study. **Scientia Horticulturae**, v. 259, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108853>

VIEIRA, B. B.; CARVALHO, E. A.; BISPO, A. S. R.; FERREIRA, M. A.; EVANGELISTA-BARRETO, N. S. Efficiency of chitosan synergism with clove essential oil in the coating of intentionally contaminated Tambaqui fillets. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 41, n. 6, p. 2793-2802, 2020. DOI: [10.5433/1679-0359.2020v41n6p2793](https://doi.org/10.5433/1679-0359.2020v41n6p2793)

VINOD, B. R.; ASREY, R.; MEENA, N. K.; SETHI, S.; PRAKASH, J.; CHAWLA, G.; MENAKA, M.; AHAMAD, S. Ozonized Water Treatment Enhances Quality and Storage Life of 'Red Lady' Papaya Fruit During Cold Storage. **Scientia Horticulturae**, v. 328, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2024.112859>