



UNIVERSIDADE ESTADUAL DA REGIÃO TOCANTINA DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS, NATURAIS E TECNOLÓGICAS
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

VANESSA MEDEIROS DA SILVA

**POTENCIAL ANTIFÚNGICO DE ÓLEOS ESSENCIAIS DE PLANTAS DO
CERRADO NO CONTROLE DE PATÓGENOS EM FRUTAS DE *Carica papaya L.***

Imperatriz – MA

2025





VANESSA MEDEIROS DA SILVA

**POTENCIAL ANTIFÚNGICO DE ÓLEOS ESSENCIAIS DE PLANTAS DO
CERRADO NO CONTROLE DE PATÓGENOS EM FRUTAS DE *Carica
papaya L.***

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro de Ciências Exatas, Naturais e Tecnológicas – CCENT, da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão – UEMASUL, como requisito parcial para a conclusão do curso de Ciências Biológicas,

Orientador(a): Profa. Dra. Ivaneide de Oliveira Nascimento

Imperatriz – MA

2025





S586p

Silva, Vanessa Medeiros da

Potencial antifúngico de óleos essenciais de plantas do cerrado no controle de patógenos em frutas de *Carica papaya* L. / Vanessa Medeiros da Silva. – Imperatriz, MA, 2025.

27 f. ; il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Administração) – Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão – UEMASUL, Imperatriz, MA, 2026.

1. Mamoeiro – *Carica papaya* L.. 2. Doenças pós-colheita. 3. Óleos essenciais – atividade antifúngica. 4. Imperatriz - MA. I. Título.

CDU 634.651

Ficha elaborada pelo Bibliotecário: **Mateus de Araújo Souza – CRB: 13/955**





VANESSA MEDEIROS DA SILVA

**POTENCIAL ANTIFÚNGICO DE ÓLEOS ESSENCIAIS DE PLANTAS DO
CERRADO NO CONTROLE DE PATÓGENOS EM FRUTAS DE *Carica
papaya L.***

Banca Examinadora:

Prof. Dra. Ivaneide de Oliveira Nascimento

Doutora em Agroecologia

Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão

Prof. Dr. Matheus Silva Alves

Doutor em Biotecnologia e Biodiversidade

Universidade Estadual da Região Tocantina Do Maranhão

Prof. Me. Jeovania de Oliveira Lima

Mestre em agricultura e Meio Ambiente

Universidade Estadual da Região Tocantina Do Maranhão





DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a Deus, aos meus pais e irmãos, com profunda gratidão por seu amor, apoio e orientação ao longo de minha trajetória.





AGRADECIMENTOS

A Deus, primeiramente, por ter me concedido a oportunidade de ingressar na universidade e por me preparar física e mentalmente para esta etapa tão significativa da minha vida acadêmica. A Ele, que me fortaleceu com amor, sabedoria e perseverança, mesmo diante dos desafios decorrentes de problemas de saúde, e que colocou pessoas especiais em meu caminho, as quais contribuíram de forma significativa para que eu permanecesse firme nessa jornada. Conforme ensina a Palavra de Deus: “Tudo posso naquele que me fortalece”, versículo que reflete a fé e as inúmeras bênçãos vivenciadas ao longo desse percurso.

À minha família, expresso minha sincera gratidão pelo apoio incondicional, incentivo constante e compreensão em todos os momentos dessa trajetória. Em especial, agradeço aos meus pais João Paixão e Antonia dos Santos, que sempre me ofereceram suporte integral, acreditando em mim e encorajando-me a seguir adiante. Aos meus irmãos, pelo incentivo diário, ajuda financeira e pelas palavras de motivação que foram fundamentais durante todo o processo. Ao meu esposo, agradeço pelo amor, paciência e apoio constante, estando ao meu lado, incentivando-me a não desistir e acreditando em minha capacidade mesmo nos períodos mais desafiadores.

Aos meus pastores e irmãos em Cristo, registro minha profunda gratidão pelo constante apoio espiritual e pelas orações dedicadas à minha vida. A força concedida por Deus, por meio da comunhão em Cristo Jesus, foi fundamental para o desenvolvimento da minha fé, perseverança e resiliência ao longo da trajetória acadêmica. Esse amparo espiritual permitiu-me não apenas permanecer firme diante dos desafios, mas também compartilhar com amigos e colegas da universidade a luz que adquiri por meio da Palavra de Deus.

Mesmo diante de inúmeras dificuldades, medos, lutas, angústias e episódios de ansiedade, mantive a convicção de que Deus estava presente em cada momento de aflição, concedendo-me forças para prosseguir sem desistir. A certeza de que havia pessoas intercedendo por minha vida foi determinante para minha continuidade. Ainda que tenha enfrentado preconceito no meio acadêmico em razão da minha fé, tal experiência não me paralisou; ao contrário, fortaleceu-me espiritualmente e motivou-me a buscar ainda mais a Deus. Compreendi que a essência não se perde na perseguição, mas sim quando se deixa de viver para Cristo com o intuito de agradar aos homens. Assim, reafirmo que o verdadeiro sentido da vida é Jesus.

Expresso, também, gratidão às minhas amigas Mariana Carvalho, Débora Rocha, Aline Farias, Thaís Gabriella, Laiara Carneiro, Franciele Coimbra, Rebeca Alves, Luana Rocha,





Glesiane Coutinho e Isvethlana Delgado, do curso de Ciências Biológicas, que estiveram presentes em todas as etapas dessa jornada acadêmica. Juntas, aprendemos o valor do apoio mútuo, da empatia constante e da cooperação, especialmente nos momentos de maior dificuldade. Elas me ensinaram que cada fase acadêmica é superada com persistência, dedicação e, sobretudo, com a decisão de não desistir.

A convivência com essas amigas, adquiri aprendizados singulares e qualidades que contribuíram significativamente para o meu crescimento pessoal e acadêmico. Seus ensinamentos permitiram-me reconhecer minha própria força e compreender a importância de manter uma mentalidade positiva diante dos desafios. Estiveram ao meu lado nos momentos de saúde e de fragilidade, demonstrando que amizades verdadeiras são aquelas que incentivam, ensinam, acreditam no nosso potencial e nos impulsionam a ir além. Dessa forma, compreendi que cultivar relações saudáveis é fundamental para o êxito acadêmico e para a formação humana.

Aos professores do curso de Ciências Biológicas, registro meu reconhecimento pelo empenho, zelo e dedicação demonstrados ao longo da minha formação. Em especial, às professoras Dra. Sheila Elke e Regiane Saturnino, cujo incentivo contínuo à busca pelo saber, aliado às experiências compartilhadas, contribuíram de maneira significativa para o meu crescimento acadêmico e pessoal, fortalecendo meu compromisso e permanência no curso.

À minha professora orientadora Dra. Ivaneide de Oliveira, expresse minha mais elevada consideração e apreço pela condução ética, atenta e generosa ao longo deste trabalho. Sua orientação criteriosa, disponibilidade constante e excelência acadêmica foram determinantes para o meu amadurecimento científico, ampliando minha capacidade crítica e fortalecendo minha formação. Sua contribuição ultrapassa este trabalho, refletindo-se de forma marcante em minha trajetória acadêmica.

À Allana, declaro meu profundo agradecimento pela colaboração, apoio e generosidade ao compartilhar seu projeto de pesquisa, o que possibilitou a realização deste Trabalho de Conclusão de Curso. Destaco, ainda, seu constante empenho em me auxiliar, especialmente durante a condução dos experimentos, sempre demonstrando disponibilidade, comprometimento e excelência acadêmica. Agradeço, igualmente, a todos os voluntários envolvidos, em especial à Larissa, que esteve sempre disponível para auxiliar e se dedicou de forma constante à obtenção de melhores resultados. A dedicação demonstrada por todos, aliada à disposição em colaborar com o desenvolvimento experimental e as atividades em laboratório,





foi importante para a concretização desta pesquisa, representando uma contribuição significativa para a minha formação acadêmica.

Agradeço à Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão (UEMASUL) pelo suporte institucional, pelos recursos disponibilizados e pelo ambiente acadêmico de excelência, que foram fundamentais para a realização deste estudo. A estrutura oferecida e o comprometimento de seus profissionais possibilitaram o desenvolvimento pleno das atividades de pesquisa e contribuíram significativamente para minha formação acadêmica e científica.

Por fim, estendo minha gratidão a todos os colaboradores, servidores e demais pessoas que, de alguma forma, contribuíram para a finalização deste trabalho.





EPÍGRAFE

“Não fui eu que ordenei a você? Seja forte e corajoso! Não se apavore nem desanime, pois o senhor, o seu Deus, estará com você por onde você andar”.

Josué 1:9





RESUMO

O mamoeiro (*Carica papaya L.*) é uma cultura de importância econômica e social no Brasil, destacando-se entre os principais produtos de exportação de frutas *in natura*. No entanto, sua produtividade é comprometida por doenças fúngicas, especialmente a antracnose causada por *Colletotrichum gloeosporioides*, que provoca perdas pós-colheita superiores a 50%. Este estudo teve como objetivo avaliar a atividade antifúngica dos óleos essenciais de plantas nativas do Cerrado – pequi (*Caryocar coriaceum* Wittm), copaíba (*Copaifera langsdorffii*) e andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) – no controle da antracnose em mamão. Foram realizados ensaios *in vitro*, utilizando quatro concentrações de óleos incorporadas ao meio Batata-Dextrose-Ágar (BDA): 25 µL/mL (T1), 50 µL/mL (T2), 75 µL/mL (T3) e 100 µL/mL (T4), além do controle sem óleo (0 µL/mL, T0), avaliando-se o crescimento micelial do fungo previamente isolado de frutos infectados. Ensaios *in vivo* foram conduzidos em frutos com mais de 50% da casca amarelada, submetidos a assepsia, inoculação com o fungo e aplicação dos óleos essenciais nas mesmas concentrações. Os resultados *in vitro* indicaram que o óleo de copaíba apresentou efeito inibitório inicial sobre o crescimento micelial de *C. gloeosporioides*, principalmente nas maiores concentrações (75 e 100 µL/mL), enquanto o óleo de pequi não apresentou efeito significativo e o óleo de andiroba mostrou efeito estimulatório a partir do quarto dia. Nos ensaios *in vivo*, todos os óleos essenciais testados não conseguiram controlar a antracnose, pois o fungo colonizou totalmente a superfície dos frutos, mesmo nas maiores concentrações aplicadas. Conclui-se que, embora os óleos essenciais apresentem potencial antifúngico em laboratório, sua aplicação prática para controle pós-colheita da antracnose em mamão requer formulações mais estáveis e estratégias complementares para superar limitações como volatilidade, baixa persistência e interação com o tecido do fruto.

Palavras-chave: Doenças pós-colheita, produtos naturais, atividade biológica, fitopatologia, métodos alternativos, conservação de frutos.





ABSTRACT

Papaya (*Carica papaya* L.) is an economically and socially important crop in Brazil, standing out among the main fresh fruit export products. However, its productivity is compromised by fungal diseases, especially anthracnose caused by *Colletotrichum gloeosporioides*, which can result in postharvest losses exceeding 50%. This study aimed to evaluate the antifungal activity of essential oils from Cerrado native plants – pequi (*Caryocar coriaceum* Wittm), copaíba (*Copaifera langsdorffii*), and andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) – against papaya anthracnose. In vitro assays were conducted using four essential oil concentrations incorporated into Potato Dextrose Agar (PDA): 25 µL/mL (T1), 50 µL/mL (T2), 75 µL/mL (T3), and 100 µL/mL (T4), plus a control without oil (0 µL/mL, T0), evaluating fungal mycelial growth of isolates obtained from infected fruits. In vivo assays were performed on fruits with more than 50% yellow peel, which were sterilized, inoculated with the fungus, and treated with the same oil concentrations. In vitro results showed that copaíba oil exhibited an initial inhibitory effect on *C. gloeosporioides* mycelial growth, particularly at higher concentrations (75 and 100 µL/mL), while pequi oil showed no significant effect and andiroba oil demonstrated a stimulatory effect from the fourth day. In vivo, none of the tested essential oils were able to control anthracnose, as the fungus fully colonized the fruit surface even at the highest concentrations applied. It is concluded that, although essential oils show antifungal potential under laboratory conditions, their practical application for postharvest control of papaya anthracnose requires more stable formulations and complementary strategies to overcome limitations such as volatility, low persistence, and interaction with fruit tissue.

Keywords: Postharvest diseases, natural products, biological activity, phytopathology, alternative methods, fruit conservation.





LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mamoeiro (<i>Carica papaya</i> L.).....	18
Figura 2. Árvore de andiroba (<i>Carapa guianensis</i> Aubl.).....	24
Figura 3. Pequiizeiro (<i>Caryocar brasiliense</i>).....	25
Figura 4. Copaíba (<i>Copaifera langsdorfii</i> Desf.), árvore típica do Cerrado brasileiro.....	26
Figura 5. Óleos essenciais de pequi, copaíba e andiroba.....	27
Figura 6. Micélio de <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> em meio BDA.....	28
Figura 7. Frutos de mamão (<i>Carica papaya</i> L.) com sintomas de antracnose.....	28
Figura 8. Meio de cultura Batata-Dextrose-Ágar (BDA).....	29
Figura 9. Mamões (<i>Carica papaya</i> L.) utilizados no experimento <i>in vi</i>	30
Figura 10. Frutos de mamão (<i>Carica papaya</i> L.) embalados em recipientes plásticos, após processo de assepsia.....	31
Figura 11. Experimento para avaliação do diâmetro micelial de <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> em meio de cultura com adição do óleo essencial da planta do Cerrado, andiroba.....	31
Figura 12. Experimento para avaliação do diâmetro micelial de <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> em meio de cultura com adição do óleo essencial da planta do Cerrado, copaíba (<i>Copaifera langsdorffii</i>).....	32
Figura 13. Experimento para avaliação do diâmetro micelial de <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> em meio de cultura com adição do óleo essencial da planta do Cerrado, Pequi (<i>Caryocar coriaceum</i> Wittm.).....	32
Figura 14. Fruto de mamão-papaya tratado com óleo essencial de pequi (<i>Caryocar brasiliense</i>), mostrando desenvolvimento de <i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	37
Figura 15. Fruto de mamão-papaya tratado com óleo essencial de copaíba (<i>Copaifera sp.</i>), mostrando desenvolvimento de <i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	37
Figura 16. Fruto de mamão-papaya tratado com óleo essencial de andiroba (<i>Carapa guianensis</i>), mostrando desenvolvimento de <i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	38





LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Análise do potencial antifúngico do óleo essencial de pequi (<i>Caryocar coriaceum Wittm</i>).na redução do crescimento micelial de <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> , fungo causador da antracnose em mamão (<i>Carica papaya</i> L.).....	33
Tabela 2 – Análise do potencial antifúngico do óleo essencial de copaíba (<i>Copaifera langsdorffii</i>) na redução do crescimento micelial de <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> , fungo causador da antracnose em mamão (<i>Carica papaya</i> L.).....	34
Tabela 3. Análise do potencial antifúngico do óleo essencial de andiroba (<i>Carapa guianensis</i> Aubl.) na redução do crescimento micelial de <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> , fungo causador da antracnose em mamão (<i>Carica papaya</i> L.).....	36





LISTA DE SIGLAS

AG – Ácidos graxos

BDA – Batata-Dextrose-Ágar

BOD – Demanda Bioquímica de Oxigênio

CV – Coeficiente de variação

FAOSTAT – Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

μL – Microlitro

mL – Mililitro

RENASEM – Registro Nacional de Sementes e Mudas

SP – São Paulo





SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	18
2.1 Importância econômica e social do mamoeiro (<i>Carica papaya L.</i>).....	17
2.2 Problemas fitossanitários do mamoeiro.....	19
2.3 A antracnose em mamão (<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>).....	20
2.4 Limitações do uso de fungicidas sintéticos	21
2.5 Óleos essenciais como alternativa natural no controle de fitopatógenos.....	22
2.6 Controle alternativo da antracnose em mamão.....	23
2.7 Composição Química e Metabólitos Secundários dos Óleos de Pequi, Andiroba e Copaíba.....	23
2.7.1 Óleos de Andiroba	24
2.7.2 Óleos de Pequi.....	25
2.7.3 Óleos de Copaíba.....	25
3 OBJETIVOS.....	26
3.1 Objetivo Geral.....	26
3.2 Objetivos Específicos.....	27
4 MATERIAIS E MÉTODOS	28
4.1 Avaliação do potencial antifúngico de óleos essenciais de plantas do Cerrado Maranhense.....	28
4.2 Isolamento e manutenção do fungo.....	27
4.3 Preparo do meio de cultura e aplicação dos tratamentos.....	29
4.4 Avaliação do crescimento micelial.....	29
4.5 Efeito <i>in vivo</i> dos óleos essenciais no controle da antracnose em frutos de mamão (<i>Carica papaya L.</i>).....	30
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	321
5.1 Efeito <i>in vitro</i> do óleo essencial de pequi sobre o crescimento micelial de <i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	33
5.2 Efeito <i>in vitro</i> do óleo essencial de copaíba (<i>Copaifera langsdorffii</i>) sobre o crescimento micelial de <i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	34
5.3 Efeito <i>in vitro</i> do óleo essencial de andiroba (<i>Carapa guianensis Aubl.</i>) sobre o crescimento micelial de <i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	36





5.4 Resultados do efeito <i>in vivo</i> dos óleos essenciais no controle da antracnose em frutos de mamão (<i>Carica papaya</i> L.)	37
6 CONCLUSÃO.....	39
REFERÊNCIAS	41



1 INTRODUÇÃO

O mamoeiro (*Carica papaya L.*) é originário da América Tropical e é cultivado principalmente em regiões de clima quente e úmido. Os principais estados produtores incluem a Bahia, o Espírito Santo e o Pará (Oliveira; Meissner Filho, 2021). Sendo o Brasil um dos maiores produtores de mamão (Martins; Ventura; Vinagre, 2024). O Maranhão possui potencial para a produção de mamão, pois as condições edafoclimáticas são favoráveis para o cultivo dessa fruta.

Essa cultura possui importância social e econômica pela alta capacidade de geração de emprego e renda durante todo o ano, se constitui em importante fonte de divisas para o país. Na pauta de exportação brasileira de frutas *in natura* encontra-se entre as seis primeiras, com um valor exportado, em 2023, de US\$ 53,1 milhões e volume de 37,8 mil toneladas, o que situa o país como terceiro maior exportador mundial de mamão (Brasil, 2025).

No entanto, a alta produtividade exige cuidados rigorosos com o manejo fitossanitário, principalmente devido à suscetibilidade do mamoeiro a uma série de patógenos fúngico que comprometem a qualidade do fruto após a colheita. Esses problemas causam empecilhos aos produtores, perdas e atrasos nas produções, sendo comum doenças como a antracnose. As doenças pós-colheita em frutos são responsáveis por perdas, em muitos casos, superiores a 50%, antes de chegar à mesa do consumidor, e os que chegam, nem sempre possuem a qualidade desejada (Tavares, 2004). Os responsáveis por afetarem o mamão na pós-colheita incluem *Colletotrichum gloeosporioides*, *Fusarium sp.*, e *Phoma caricae-papayae* (Leone *et al.*, 2024).

Os óleos essenciais despontam como alternativas viáveis ao uso de fungicidas para agentes patogênicos e são extraídos de flores, cascas, raízes, entre outras. Esses fungicidas naturais a serem analisados são provenientes de plantas nativas do bioma Cerrado como Pequi (*Caryocar coriaceum Wittm*), Copaíba (*Copaifera langsdorffii*) e Andiroba (*Carapa guianensis Aubl*). Tais óleos apresentam compostos bioativos como fenóis limonoides, ácido elágico, terpenos e aldeídos que são reconhecidos pela sua atividade antimicrobiana (Nascimento; Morais, 2017).

Estudos indicam que os óleos essenciais de plantas podem servir como alternativas naturais aos fungicidas e pesticidas sintéticos, devido à sua ação antimicrobiana e antifúngica, apresentando menor impacto ambiental. Compostos bioativos presentes nesses óleos, como timol, carvacrol, cinamaldeído e eugenol, demonstraram eficácia na inibição do crescimento de patógenos, atuando sobre a parede celular, membranas e enzimas essenciais ao metabolismo fúngico. Dessa forma, o uso de óleos essenciais contribui para um manejo fitossanitário mais sustentável e seguro (Jesus, 2023).



As perdas pós-colheita causadas por patógenos fúngicos comprometem significativamente a qualidade do produto e impactam negativamente tanto os produtores quanto a economia, por se tratar de um produto com grande destaque no agronegócio.

Portanto, o projeto proposto tem como objetivo avaliar a atividade fungicida dos óleos essenciais de pequi (*Caryocar coriaceum Wittm*), copaíba (*Copaifera langsdorffii*) e andiroba (*Carapa guianensis Aubl*), aplicadas em diferentes concentrações no controle de antracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*) em frutas de mamão (*Carica papaya L.*). Busca-se, oferecer uma alternativa ao uso intensivo de agrotóxicos, contribuindo para o controle fitossanitário, além de reduzir a proliferação do fungo e as perdas da fruta, utilizando óleos de plantas nativas do cerrado.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Importância econômica e social do mamoeiro (*Carica papaya L.*)

O mamoeiro (*Carica papaya L.*) é uma espécie frutífera de grande importância nas regiões tropicais e subtropicais, destacando-se entre as principais frutas exportadas pelo Brasil (Lescano; Valensuela, 2025). Uma de suas características mais relevantes é a produção contínua ao longo do ano, o que assegura a manutenção da atividade agrícola e favorece a geração de emprego e renda no meio rural (Silva *et al.*, 2022). Além de seu valor alimentar, o mamão possui ampla utilização industrial, sendo aproveitado tanto para consumo direto quanto como matéria-prima em diversos setores produtivos (Silva; Gonçalves; Quadros, 2022).

O mamoeiro apresenta características morfológicas específicas, como tronco oco, folhas grandes concentradas na região apical e sistema radicular do tipo pivotante, capaz de explorar camadas do solo com profundidade de até 1,0 m (Martins, 2024). O fruto, classificado como baga, varia em formato, tamanho e coloração da polpa, que pode ser amarela, alaranjada ou avermelhada. Além do mais, a planta possui três tipos de flores masculina, feminina e hermafrodita, cada uma com características morfológicas e posicionamento distintos (Pinto, 2021).

Em relação à nutrição, o mamoeiro apresenta alta demanda por nitrogênio, fundamental para aumentar a produtividade, embora outros nutrientes também influenciem a qualidade dos frutos (Oliveira; Caldas, 2004). Entre os macronutrientes, destacam-se o potássio e o cálcio, sendo o potássio essencial para a atividade enzimática da planta e para a formação de frutos com maior teor de açúcares e sólidos solúveis totais, atendendo aos padrões do mercado internacional (Pinto, 2021).

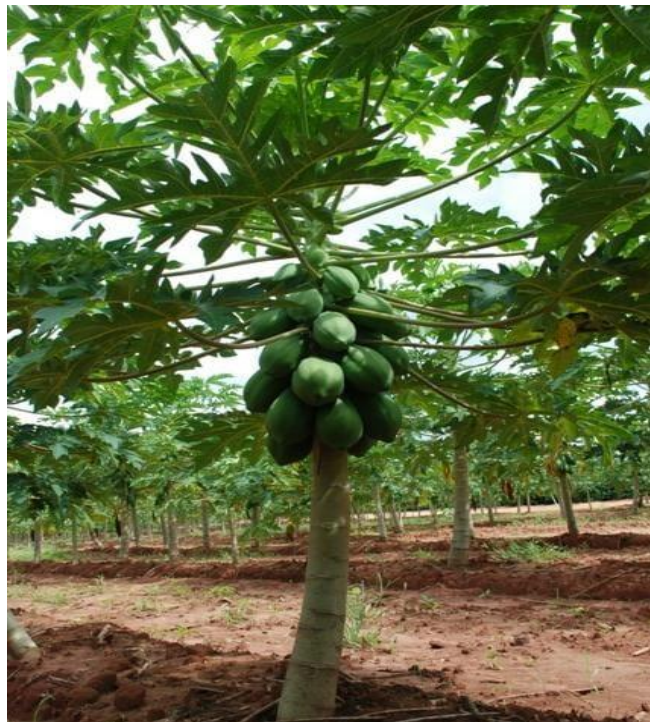


No contexto mundial, o Brasil se destaca como o segundo maior produtor de mamão, com expressiva contribuição do Estado do Espírito Santo, principal responsável pela produção e exportação nacional (Silva; Gonçalves; Quadros, 2022). Apesar do potencial econômico da cultura, ainda existem desafios relacionados à redução das perdas produtivas, decorrentes de fatores bióticos, como fungos, bactérias, vírus e pragas, e abióticos, como variações climáticas e deficiências nutricionais (Souza, 2021). Tais fatores comprometem a produtividade e a qualidade dos frutos, impactando a competitividade do produto nos mercados interno e externo (Silva; Gonçalves; Quadros, 2022).

Além de sua relevância econômica e nutricional, o mamão e seus derivados, como a enzima papaína, têm grande aplicação na indústria cosmética (Costa, 2021). A papaína é utilizada na formulação de produtos para cuidados com a pele, devido às suas propriedades esfoliantes e cicatrizantes (Melo, 2023).

O cultivo do mamoeiro contribui não apenas para o fortalecimento da economia agrícola, mas também para o desenvolvimento dos setores farmacêutico e cosmético, ampliando a importância socioeconômica dessa cultura (Silva; Gonçalves; Quadros, 2022).

Figura 1. Mamoeiro (*Carica papaya* L.).



Fonte: Costa, 2015.



2.2 Problemas fitossanitários do mamoeiro

Os fungos representam as principais causas de doenças pós-colheita em pomares comerciais e domésticos de mamão, sendo responsáveis pela depreciação do aspecto comercial dos frutos e pelo aumento dos custos de produção devido à necessidade de aplicações frequentes de pesticidas (Jaime Alfredo, 2023).

Frutos com sinais de contaminação fúngica geralmente são desvalorizados no mercado interno e não atendem aos critérios do mercado externo, tornando essencial a identificação precoce das doenças e o manejo preventivo ainda no campo, durante o desenvolvimento dos frutos (Souza, 2022). Além disso, tratamentos fitossanitários pós-colheita são empregados visando a remoção de microrganismos, especialmente em exportações, de acordo com as exigências dos países importadores (Lima Junior *et al.*, 2024)

O mamão é um fruto climatérico, o que implica que sua maturação e metabolismo continuam após a colheita, aumentando a suscetibilidade a patógenos e acelerando a senescência (Costa, 2024). Transformações fisiológicas, como mudanças na textura, cor, aroma e sabor, tornam os frutos mais vulneráveis a infecções, principalmente devido à redução de compostos fenólicos e à predisposição a lesões mecânicas que favorecem a entrada de fungos (Rocha, 2012). Por essa razão, tanto fatores pré-colheita quanto pós-colheita influenciam diretamente a quantidade e a qualidade dos frutos disponíveis para consumo (Lima Junior *et al.*, 2024).

O mamoeiro pode ser acometido por diversos problemas fitossanitários (Almeida Andrade *et al.*, 2024). A ocorrência e a intensidade dessas pragas e doenças estão relacionadas às condições climáticas, principalmente à temperatura, à umidade e à precipitação pluviométrica, fatores que favorecem a disseminação dos agentes causadores (Souza, 2021).

Entre as principais pragas encontram-se o ácaro-branco, o ácaro-rajado, a cigarrinha-verde, as moscas-das-frutas e os afídeos, enquanto, entre as doenças fúngicas, destacam-se a pinta-preta, a mancha-de-Corynespora, o oídio, a antracnose e a podridão-peduncular (Martins, 2003).

Entre as principais doenças pós-colheita, destacam-se a antracnose, causada por *Colletotrichum gloeosporioides*, e a podridão peduncular, causada por *Lasiodiplodia theobromae* (Carneiro Neto, 2022). A antracnose apresenta grande impacto na vida útil do fruto, podendo provocar perdas de até 90% em condições favoráveis, e suas infecções se iniciam ainda na floração, permanecendo latentes até o amadurecimento. Já a podridão peduncular pode afetar



ramos, caule, inflorescências e frutos, especialmente em períodos chuvosos, levando à morte da planta em casos graves (Lima Junior *et al.*, 2024).

2.3 A antracnose em mamão (*Colletotrichum gloeosporioides*)

A antracnose, causada pelo fungo *Colletotrichum gloeosporioides*, é considerada a principal doença de pós-colheita de diversas frutíferas tropicais (Medeiros *et al.*, 2021). A incidência da doença é maior em pomares com baixa luminosidade e elevada umidade, e sua gravidade depende da suscetibilidade da planta hospedeira e das condições ambientais, sendo temperaturas amenas e alta umidade os fatores mais favoráveis ao desenvolvimento do patógeno (Stracieri, 2015). O fungo apresenta um amplo espectro de hospedeiros, podendo infectar diversas famílias de plantas (Leite *et al.*, 2020).

A disseminação de *Colletotrichum gloeosporioides* ocorre principalmente por conídios transportados pela água da chuva, irrigação ou orvalho, podendo sobreviver em ramos secos, frutos e partes da planta afetadas (Araujo, 2010). Condições como alta umidade, temperaturas amenas e períodos chuvosos prolongados favorecem o desenvolvimento da doença, não havendo registros de cultivares de goiaba ou mamão resistentes a este patógeno (Stracieri, 2015).

De acordo com Junior *et al.*, (2011), as infecções que surgem no período pós-colheita tornam-se mais frequentes e severas devido a diferentes fatores que favorecem o desenvolvimento de microrganismos patogênicos. Um dos principais fatores é a presença constante de inóculos fúngicos no ambiente de armazenamento, que encontram condições ideais para se proliferar (Rodrigues *et al.*, 2021). Outrossim, os ferimentos mecânicos causados durante a colheita e o transporte, rompem a barreira natural da casca dos frutos, facilitando a penetração de fungos e outros patógenos, especialmente em ambientes contaminados (Liu *et al.*, 2025).

2.4 Limitações do uso de fungicidas sintéticos

De acordo com o Decreto Federal nº 4.074, de 4 de janeiro de 2002, os agrotóxicos são compreendidos como produtos e agentes de natureza física, química ou biológica, aplicados em diferentes setores produtivos, como agricultura, pastagens, florestas e ambientes urbanos e industriais, com o propósito de modificar a composição da flora ou da fauna e protegê-las de organismos considerados nocivos. Esses produtos incluem também substâncias usadas para funções específicas nas plantas, como desfolhantes, dessecantes, estimuladores ou inibidores de crescimento, demonstrando a amplitude de seu uso e de suas finalidades no controle biológico e químico (Jardim, 2009).

Os agrotóxicos englobam um amplo conjunto de substâncias químicas com diferentes funções voltadas ao controle de pragas que afetam tanto plantas quanto animais (Vieira, 2025).



Esses compostos podem ser classificados de acordo com o tipo de organismo vivo que combatem, abrangendo grupos como inseticidas, fungicidas, herbicidas, desfolhantes, bactericidas, rodenticidas, moluscicidas, nematocidas e acaricidas (Lima *et al.*, 2023). Cada grupo atua de forma específica no manejo de pragas e doenças agrícolas, mas sua diversidade evidencia a complexidade dos impactos no meio ambiente e na saúde humana, tornando essencial o uso controlado e responsável desses produtos (Bortoloti, 2022).

O crescimento da população mundial tem exigido o aumento contínuo da produção de alimentos, o que impulsionou o desenvolvimento e a adoção de tecnologias agrícolas, como os defensivos agrícolas. Nesse contexto, os herbicidas passaram a ter papel relevante no aumento da produtividade e na expansão da produção agrícola, embora o uso intensivo desses produtos também esteja associado a impactos ambientais e a riscos à saúde humana (Barbosa, 2022).

2.5 Óleos essenciais como alternativa natural no controle de fitopatógenos

Os óleos essenciais, compostos por diversos metabólitos secundários como terpenos e fenilpropanoides, possuem propriedades antimicrobianas e antifúngicas, sendo utilizados há séculos no controle de fungos que prejudicam produtos agrícolas (Figueiredo, 2021). Esses compostos voláteis estão presentes em diversos órgãos vegetais, como flores, folhas, frutos, cascas e raízes, e exercem funções fundamentais para a sobrevivência das plantas (Jesus, 2023). Além de participarem de processos fisiológicos, também atuam como mecanismos naturais de defesa contra microrganismos patogênicos, favorecendo a adaptação e a proteção vegetal (Maia; De Donato; Fraga, 2015).

Essas substâncias possuem grande relevância científica e econômica, sendo conhecidas mais de três mil variedades, das quais cerca de trezentas têm importância comercial para as indústrias farmacêutica, cosmética, alimentícia e agrônômica (Jesus, 2023). Devido à sua biodegradabilidade, baixo custo e ausência de toxicidade, os óleos essenciais representam alternativas sustentáveis ao uso de fungicidas sintéticos no controle de fitopatógenos (Cruz; Nascimento; Maleck; Queiroz, 2024).

Essa ação antifúngica está associada à complexa composição química, que pode incluir de 20 a 800 substâncias, variando conforme a espécie vegetal, o ambiente de cultivo e o método de extração (Marques, 2023). Essas variações, conhecidas como quimiotipos, influenciam diretamente a eficiência dos óleos no combate a fungos e bactérias, destacando seu potencial como ferramentas naturais no manejo de doenças agrícolas (Jesus, 2023).

A aplicação de óleos essenciais como fungicidas também pode estimular a produção de espécies reativas de oxigênio nas plantas, que funcionam como sinalizadores locais e sistêmicos



(Figueiredo, 2021). Quando as condições ambientais são severas, o metabolismo do oxigênio é alterado e ocorre o estresse oxidativo; porém, sob tensões moderadas, essas espécies reativas atuam como sinalizadores que ativam mecanismos de defesa, protegendo as plantas sem causar danos celulares (Veloso, 2016).

Pesquisas recentes apontam que a atividade antifúngica dos óleos essenciais decorre da interação de seus componentes hidrofóbicos com as membranas celulares dos microrganismos, comprometendo suas funções metabólicas, o que torna seu uso uma estratégia promissora e sustentável no controle de fungos fitopatogênicos (Jesus, 2023).

2.6 Controle alternativo da antracnose em mamão

O controle alternativo da antracnose do mamoeiro tem sido amplamente estudado como uma estratégia para reduzir o uso de defensivos químicos na pós-colheita, visando à obtenção de frutos mais seguros para o consumo e com menor impacto ambiental (Lima Junior *et al.*, 2024). Os extratos vegetais apresentam atividade antifúngica contra *Colletotrichum gloeosporioides* e contribuem para a redução de resíduos químicos nos frutos atendendo aos princípios da sustentabilidade ambiental segurança alimentar e viabilidade econômica no manejo de doenças pós-colheita (Vidal, 2013).

Diversos estudos demonstram a eficiência de extratos vegetais no controle da antracnose em frutos, incluindo o mamão (Almeida *et al.*, 2021). O extrato de melão-de-são-caetano (*Momordica charantia*) apresenta ação antifúngica inibindo o crescimento micelial e reduzindo o desenvolvimento de lesões causadas por fitopatógenos e sua aplicação preventiva ou logo após a colheita contribui para aumentar a vida útil dos frutos e diminuir as perdas pós-colheita (Vidal, 2013).

Segundo Ferreira *et al.*, (2014), a crescente preocupação com os impactos ambientais das práticas agrícolas e com a contaminação dos alimentos por pesticidas tem estimulado a adoção de estratégias mais sustentáveis de produção, favorecendo o desenvolvimento de métodos alternativos para o controle de doenças. Nesse contexto, o uso de extratos vegetais provenientes de plantas medicinais tem se destacado como uma alternativa promissora ao emprego de defensivos agrícolas sintéticos, uma vez que compostos secundários presentes nesses extratos podem atuar no controle de fitopatógenos (Carvalho, 2021).



2.7 Composição Química e Metabólitos Secundários dos Óleos de Pequi, Andiroba e Copaíba

2.7.1 Óleos de Andiroba

A andiroba (Figura 2) é uma árvore de grande porte encontrada principalmente em áreas alagadas da América Central e da Amazônia (Silva; Azevedo; Souza; Almeida, 2023), atribuída principalmente a duas espécies do gênero *Carapa*: *Carapa guianensis* Aubl., amplamente distribuída por toda a bacia Amazônica, com maior ocorrência em áreas de várzea, e *Carapa procera* D.C., cuja distribuição é mais restrita, ocorrendo em algumas regiões da Amazônia e também no continente africano (Alencar, 2023).

A andiroba uma planta de grande relevância ecológica e econômica, especialmente no estado do Amazonas, onde é comum em áreas de floresta tropical de terra firme e em regiões próximas a cursos d'água, sendo amplamente utilizada tanto na medicina tradicional quanto em diferentes segmentos industriais (Firmino *et al.*, 2025).

O principal produto associado à andiroba é o óleo extraído de suas sementes, amplamente empregado nas indústrias cosmética e farmacêutica, além de seu uso tradicional por povos indígenas e comunidades ribeirinhas da Amazônia (Lira *et al.*, 2021). A espécie apresenta madeira de alta qualidade e suas diferentes partes são tradicionalmente aproveitadas para usos medicinais (Alencar, 2023).

Diversos estudos indicam que o óleo de andiroba é composto majoritariamente por ácidos graxos, com predominância do ácido oleico, seguido pelos ácidos palmítico, mirístico, linoleico e esteárico, além de pequenas quantidades de ácido araquídico. Adicionalmente, o óleo apresenta uma fração insaponificável, que varia entre 2% e 5%, constituída principalmente por limonóides, também denominados meliacinas, responsáveis pelo sabor amargo característico e associadas às principais atividades biológicas do óleo (Pontes, 2014).

Os limonóides presentes no óleo de andiroba pertencem à classe dos terpenos tetranortriterpenoides oxigenados (Silva; Azevedo; Souza; Almeida, 2023). Entre os compostos já identificados destacam-se a andirobina, a gedunina, a deacetilgedunina, a azadiractina e a 6 α -acetoxigedunina, os quais apresentam atividades biológicas relevantes, incluindo efeitos anti-inflamatórios, antialérgicos, inseticidas e potencial antiplasmodial, especialmente frente ao *Plasmodium falciparum* (Pontes, 2014).



Figura 2. Árvore de andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.).



Fonte: Carvalho, 2014.

2.7.2 Óleos de Pequi

O pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) é uma espécie nativa do Cerrado brasileiro, pertencente à família Caryocaraceae, cuja exploração ocorre principalmente nos estados de Goiás e norte de Minas Gerais (Melo, 2021). A produção de frutos é relevante para a economia local, sendo considerada uma prática sustentável (Oliveira, 2022). Os frutos do pequizeiro (Figura 3) possuem múltiplas finalidades, podendo ser utilizados na alimentação humana, na fabricação de licores, na alimentação animal e na extração de óleos destinados à indústria cosmética (Garcia, 2024).

A espécie apresenta características semidecíduas, floração sincronizada com o surgimento de novas folhas e maturação dos frutos entre três a quatro meses após a floração (Coutinho; Neto; Rosanova; Menezes, 2024). Apesar de sua ampla distribuição, ainda não houve domesticação das espécies de *Caryocar*, e a propagação via sementes é predominante, embora apresente germinação lenta e desuniforme; a enxertia é apontada como alternativa eficiente, mas com aumento do custo de produção (Marques, 2020).

O pequizeiro apresenta ampla variabilidade em função de suas características físicas e químicas, refletindo na composição do óleo extraído de sua polpa (Coutinho; Neto; Rosanova; Menezes, 2024). Estudos indicam que o óleo essencial do pequi contém diversos constituintes químicos, como ésteres, mirceno, β -eudesmol e geranilalinalool, que conferem ao produto propriedades biológicas importantes (Oliveira, 2022). Entre essas funções, destacam-se a



atividade antimicrobiana e antioxidante, evidenciando o potencial do óleo essencial do pequi como recurso natural com aplicações na indústria farmacêutica e cosmética (Marques, 2020)

O óleo extraído do pequi possui aplicações na indústria cosmética, sendo utilizado na produção de cremes e sabonetes devido ao seu aroma característico e às propriedades químicas favoráveis (Oliveira, 2024). Estudos sobre a farinha da casca do pequi demonstram seu elevado teor de fibras alimentares, superior ao da polpa, indicando o potencial de aproveitamento integral do fruto em alimentos processados, como pães (Moreira, 2017). O extrato aquoso da polpa demonstra atividade antioxidante, prevenindo a formação de radicais livres e a degradação de biomoléculas, bem como atividade anticlastogênica, inibindo danos ao DNA e reduzindo aberrações cromossômicas em modelos celulares e animais (Arruda, 2012).

As folhas de pequi também possuem propriedades medicinais relevantes. O chá é usado para tratar desordens hepáticas e regular o fluxo menstrual, enquanto os extratos brutos e etanólico apresentam atividades moluscicida, trypanosomicida, leishmanicida e bactericida (Arruda, 2012).

Figura 3. Pequizeiro (*Caryocar brasiliense* Wittm.).



Fonte: Merlin, 2023.

2.7.3 Óleos de Copaíba

As árvores do gênero *Copaifera* (Figura 4), pertencentes à família Leguminosae e popularmente conhecidas como “copaíbas”, “copaibeiras” ou “pau d’óleo”, destacam-se na medicina popular brasileira devido às suas múltiplas aplicações farmacológicas (Lima *et al.*, 2021). Distribuídas na região tropical da América Latina e na África Ocidental, dentre as 72 espécies existentes, dezesseis ocorrem exclusivamente no Brasil, com maior concentração nas regiões Sudeste, Centro-Oeste e Amazônica, sendo *C. officinalis*, *C. guianensis*, *C. reticulata*, *C. multijuga*, *C. duckei* e *C. langsdorffii* as mais abundantes (Lemes, 2017). A maior parte das



propriedades biológicas associadas às copaíbas está relacionada ao uso do material balsâmico extraído do tronco das árvores, reforçando sua relevância terapêutica e econômica (Firmino, 2025).

O óleo de copaíba é um líquido transparente, com coloração do amarelo ao marrom, odor intenso e sabor acre e amargo, cuja variação de cor e aroma depende da composição química e do método de extração, influenciando suas propriedades físicas e químicas (Santos, 2014).

Do ponto de vista fitoquímico, os óleos de copaíba são uma mistura complexa de sesquiterpenos e diterpenos (Carvalho *et al.*, 2024), com destaque para o ácido copálico, β -cariofileno e α -copaeno, que estão associados às atividades biológicas e farmacológicas do óleo, como ação antifúngica, anti-inflamatória, antimicrobiana e cicatrizante (Santos, 2014).

Figura 4. Copaíba (*Copaifera langsdorffii* Desf.), árvore típica do Cerrado brasileiro.



Fonte: Romário, 2023.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Avaliar a eficácia dos óleos essenciais de Pequi (*Caryocar coriaceum* Wittm), Copaíba (*Copaifera langsdorffii*) e Andiroba (*Carapa guianensis* Aubl), extraídos de plantas nativas do bioma Cerrado, quanto ao seu potencial fungicida.

3.2 Objetivos Específicos

- Obter culturas puras do fungo *Colletotrichum gloeosporioides* por meio da aplicação de métodos de repicagem;
- Analisar a atividade inibitória *in vitro* dos óleos essenciais de Pequi, Copaíba e Andiroba sobre o crescimento micelial do fungo *Colletotrichum*;



- Testar a atividade inibitória *in vivo* dos óleos essenciais de Pequi, Copaíba e Andiroba no controle da antracnose causada por *Colletotrichum gloeosporioides* em frutos de mamoeiro (*Carica papaya* L.).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Avaliação do potencial antifúngico de óleos essenciais de plantas do Cerrado Maranhense

Os óleos essenciais puros de pequi, andiroba e copaíba (Figura 5) foram adquiridos no mercado municipal de Davinópolis-MA.

Os experimentos foram realizados em delineamento inteiramente casualizado no Laboratório de Microbiologia e Saúde da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão. Realizou-se pesquisa bibliográfica para levantamento de dados relevantes sobre o fungo *Colletotrichum gloeosporioides* em mamão (*Carica papaya* L.) e sobre a atividade antifúngica dos óleos essenciais de plantas do Cerrado: pequi (*Caryocar coriaceum* Wittm), copaíba (*Copaifera langsdorffii*), e andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.).

Figura 5. Óleos essenciais de pequi, copaíba e andiroba.



Fonte: Autora, 2025.

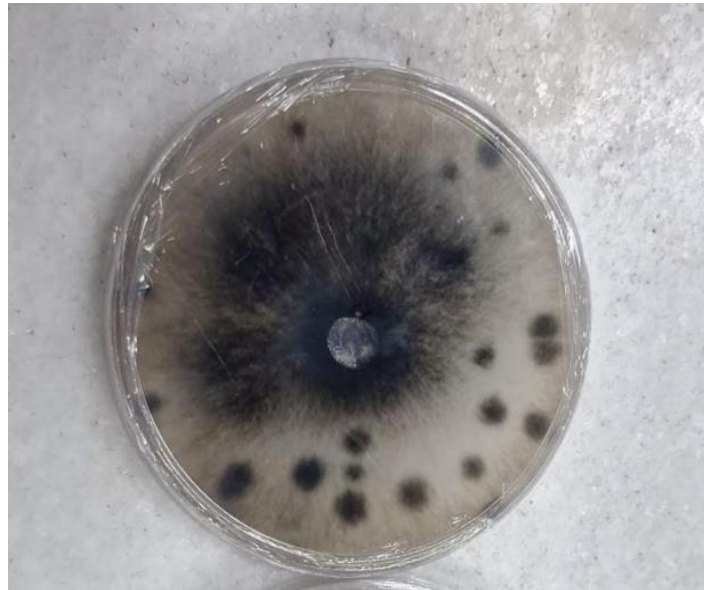
4.2 Isolamento e manutenção do fungo

O isolamento do fungo *Colletotrichum gloeosporioides* (Figura 6) foi realizado a partir de frutos de mamão (*Carica papaya* L.) apresentando sintomas de antracnose (Figura 7).



Inicialmente, o micélio fúngico foi removido das áreas afetadas dos frutos e transferido para meio de cultura Batata-Dextrose-Ágar (BDA) para crescimento ativo em condições controladas. Para a análise da atividade biológica, foram aplicados cinco tratamentos de cada óleo essencial: Tratamento 1 (T1) – 0 $\mu\text{L}/\text{mL}$, contendo apenas o meio de cultura BDA; Tratamento 2 (T2) – 25 $\mu\text{L}/\text{mL}$ de óleo em meio de cultura; Tratamento 3 (T3) – 50 $\mu\text{L}/\text{mL}$ de óleo em meio de cultura; Tratamento 4 (T4) – 75 $\mu\text{L}/\text{mL}$ de óleo em meio de cultura; e Tratamento 5 (T5) – 100 $\mu\text{L}/\text{mL}$ de óleo em meio de cultura, sendo cada tratamento realizado em cinco repetições.

Figura 6. Micélio de *Colletotrichum gloeosporioides* em meio BDA.



Fonte: Autora, 2025.

Figura 7. Frutos de mamão (*Carica papaya* L.) com sintomas de antracnose.



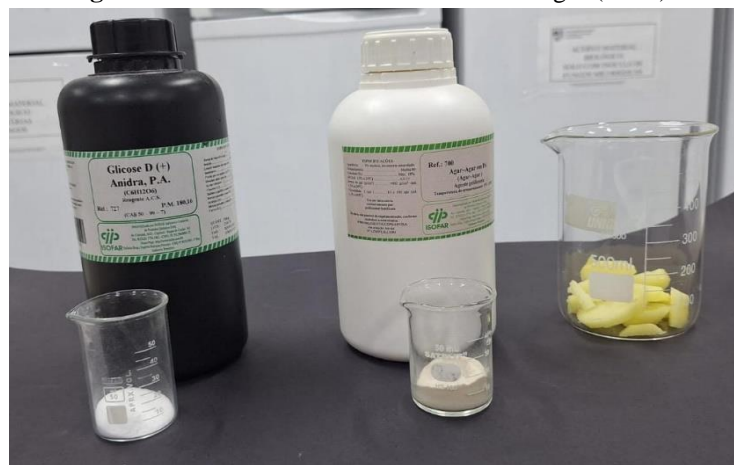
Fonte: Autora, 2025.



4.3 Preparo do meio de cultura e aplicação dos tratamentos

O meio BDA (Figura 8) foi preparado com base em 500 mL de água destilada e 100 g de batata, que foram cozidas até amolecerem. O caldo obtido foi filtrado, e adicionaram-se 10 g de dextrose e 8,5 g de ágar, misturando até completa dissolução. Em seguida, a solução foi esterilizada em autoclave a 121 °C por 15 a 20 minutos. Após a esterilização, o meio foi distribuído em placas de Petri sob condições assépticas e deixado solidificar à temperatura ambiente antes da adição dos óleos essenciais.

Figura 8. Meio de cultura Batata-Dextrose-Ágar (BDA).



Fonte: Autora, 2025.

Nas concentrações estudadas, os óleos essenciais foram incorporados ao meio BDA ainda fundente, à temperatura máxima de 45 °C, visando evitar a volatilização e degradação dos compostos ativos. O meio foi então homogeneizado e vertido em placas de Petri previamente esterilizadas.

4.4 Avaliação do crescimento micelial

Após a solidificação do meio e a aplicação dos tratamentos, foi inoculado no centro de cada placa um disco de 5 mm de diâmetro contendo micélio ativo de *Colletotrichum gloeosporioides*. As placas foram incubadas em câmara de Demanda Biológica de Oxigênio (BOD) por sete dias, mantidas à temperatura de 26 °C, sob fotoperíodo de 12 horas de luz e 12 horas de escuro.

As avaliações do crescimento micelial de *Colletotrichum gloeosporioides* foram realizadas por meio de medições do diâmetro micelial, obtidas pela média de duas medidas diametralmente opostas, utilizando régua milimetrada, a cada 48 horas a partir da instalação do experimento, totalizando cinco avaliações (2, 4, 6, 8 e 10 dias de incubação).



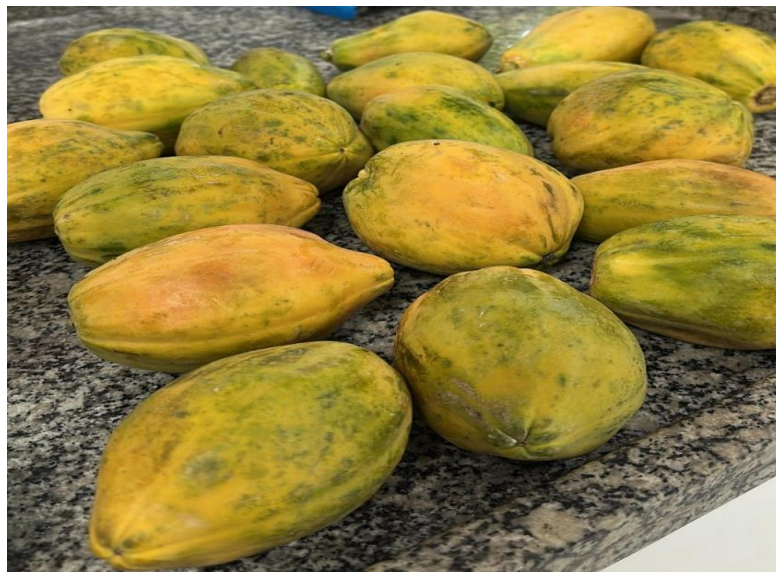
4.5 Efeito *in vivo* dos óleos essenciais no controle da antracnose em frutos de mamão (*Carica papaya* L.)

Os frutos selecionados apresentaram mais de 50% da casca amarelada (Figura 9), condição fisiológica adequada para o desenvolvimento das hifas do fungo. Posteriormente, passaram por um processo de assepsia, sendo lavados com detergente neutro e submetidos a tratamento hidrotérmico, mantendo-os a 49 °C por 20 minutos, seguidos de resfriamento a 8 °C por 20 minutos. Após esse procedimento, os frutos foram embalados em recipientes plásticos (Figura 10), conforme metodologia descrita por Dos Reis, (2024).

Nos testes com os frutos, foram aplicados os tratamentos com concentrações de 0 µL/mL, 25 µL/mL, 50 µL/mL, 75 µL/mL e 100 µL/mL de óleo essencial com cinco repetições para cada tratamento. Realizou-se a assepsia da superfície dos frutos em uma área de aproximadamente 10 mm de diâmetro, que foi levemente escoriada com o auxílio de uma faca. Em seguida, as substâncias dos tratamentos foram aplicadas utilizando micropipeta, permanecendo por 24 horas em ambiente asséptico para a secagem completa do material. Paralelamente, estabeleceu-se um grupo controle, no qual os frutos receberam apenas água deionizada.

Após esse período, os frutos receberam um disco de BDA de 5 mm de diâmetro contendo micélio fúngico proveniente de culturas puras com 7 dias de idade. Em seguida, os frutos foram acondicionados em recipientes plásticos e incubados em BOD a 25 °C ± 2 °C. A avaliação foi realizada por medições do diâmetro da lesão *in vivo*, obtido pela média de duas medidas diametralmente opostas, 96 horas após a inoculação nos frutos (Gomes *et al.*, 2012).

Figura 9. Mamões (*Carica papaya* L.) utilizados no experimento *in vi*.



Fonte: Autora, 2025.



Figura 10. Frutos de mamão (*Carica papaya* L.) embalados em recipientes plásticos, após processo de assepsia.

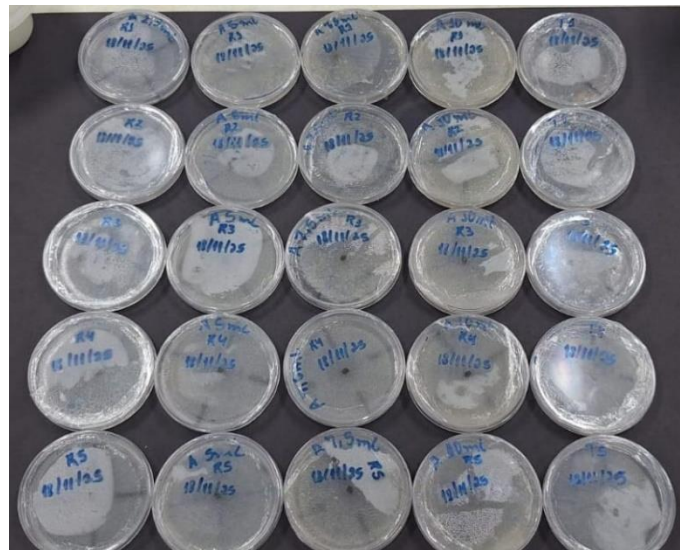


Fonte: Autora, 2025.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As avaliações foram conduzidas nos tratamentos com óleos essenciais de plantas do Cerrado, sendo andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.), copaíba (*Copaifera langsdorffii* Desf.) e pequi (*Caryocar coriaceum* Wittm.), cujos resultados estão apresentados, respectivamente, nas Figuras 11, 12 e 13. Esse método tem o propósito de testar o efeito antifúngico sobre os fungos que atacam o mamão (Oliveira, 2021).

Figura 11. Experimento para avaliação do diâmetro micelial de *Colletotrichum gloeosporioides* em meio de cultura com adição do óleo essencial da planta do Cerrado, andiroba.



Fonte: Autora, 2025.



Figura 12. Experimento para avaliação do diâmetro micelial de *Colletotrichum gloeosporioides* em meio de cultura com adição do óleo essencial da planta do Cerrado, copaíba (*Copaifera langsd.*).



Fonte: Autora, 2025.

Figura 13. Experimento para avaliação do diâmetro micelial de *Colletotrichum gloeosporioides* em meio de cultura com adição do óleo essencial da planta do Cerrado, Pequi (*Caryocar coriaceum Wittm.*).



Fonte: Autora, 2025.

5.1 Efeito *in vitro* do óleo essencial de pequi sobre o crescimento micelial de *Colletotrichum gloeosporioides*

Os resultados apresentados indicam que, ao longo dos quatro períodos avaliados (2, 4, 6 e 8 dias após a instalação do experimento), os cinco tratamentos (T1 a T5) mantiveram valores médios muito próximos entre si, sem diferenças estatísticas significativas, como demonstrado pelos p-valores (0,2063; 0,5325; 0,5766; 0,1974) sempre superiores a 0,05 (Tabela 1), indicando que o óleo essencial de pequi nas concentrações utilizadas no experimento não promoveram a



inibição do crescimento micelial do *Colletotrichum gloeosporioides*, portanto não apresentou efeito antifúngico.

Observa-se ainda uma tendência de aumento gradual dos valores médios ao longo do tempo, sugerindo evolução consistente e semelhante entre os tratamentos. O coeficiente de variação (CV%) mostra uma redução progressiva da variabilidade, passando de 8,84% no segundo dia para apenas 1,37% no oitavo, o que indica maior precisão e estabilidade das medições nos períodos finais.

Tabela 1– Análise do potencial antifúngico do óleo essencial de pequi (*Caryocar coriaceum Wittm*), na redução do crescimento micelial de *Colletotrichum gloeosporioides*, fungo causador da antracnose em mamão (*Carica papaya* L.).

Tratamentos	2dia	4dia	6dia	8dia
T1 = 0 µL/mL	6,85 a	7,91 a	8,24 a	8,37 a
T2 = 25 µL/mL	6,68 a	8,03 a	8,19 a	8,34 a
T3 = 50 µL/mL	7,24 a	8,04 a	8,21 a	8,42 a
T4 = 75 µL/mL	6,36 a	7,56 a	7,86 a	8,24 a
T5 = 100 µL/mL	6,98 a	7,86 a	8,22 a	8,35 a
CV (%)	8,84	6,14	5,10	1,37
p-valor	0,2063	0,5325	0,5766	0,1974

Fonte: Autora, 2025.

Os resultados obtidos com o óleo essencial de pequi indicaram ausência de efeito antifúngico sobre o crescimento micelial de *Colletotrichum gloeosporioides* em todos os períodos avaliados. De forma consistente com Machado *et al.* (2013), os valores médios permaneceram estatisticamente semelhantes entre os tratamentos, com p-valores superiores a 0,05, evidenciando que as concentrações testadas não foram suficientes para inibir o desenvolvimento do fungo.

De acordo com Santos e Ematine (2023), apesar da presença de compostos bioativos, como terpenos e fenóis, a atividade antifúngica do óleo de pequi pode ser limitada ou específica para outros grupos de microrganismos.

5.2 Efeito *in vitro* do óleo essencial de copaíba (*Copaifera langsdorffii*) sobre o crescimento micelial de *Colletotrichum gloeosporioides*

A Tabela 2 apresenta os resultados da avaliação do potencial antifúngico do óleo essencial de copaíba (*Copaifera langsdorffii*) sobre o crescimento micelial de *Colletotrichum gloeosporioides*, agente etiológico da antracnose em mamão (*Carica papaya* L.). Observa-se que,



no segundo dia de avaliação, houve diferenças significativas entre os tratamentos ($p = 0,0005$), com destaque para T5, que apresentou o menor crescimento micelial (4,66 mm), diferindo estatisticamente de T1 (6,85 mm). Esse resultado sugere um efeito inicial mais pronunciado do óleo essencial na redução do crescimento do patógeno, indicando maior efeito inibitório nas concentrações mais elevadas do óleo essencial.

Nos dias subsequentes (4º, 6º e 8º), os valores de p-valor permaneceram altamente significativos ($p < 0,001$), indicando diferenças consistentes entre os tratamentos ao longo do tempo. O tratamento T1 (testemunha) manteve crescimento constante em todos os períodos (6,85 mm), não apresentando variação, enquanto os demais tratamentos (T2 a T5) mostraram incremento progressivo do crescimento micelial, atingindo valores próximos a 8 mm (Tabela 2). Esses resultados indicam que com as concentrações aplicadas, a partir do quarto dia não houve efeito inibitório do óleo de copaíba (*Copaifera langsdorffii*) na redução do crescimento micelial de *Colletotrichum gloeosporioides*, sendo necessário avaliar estratégias complementares ou ajustes de concentração para prolongar a eficácia no controle da antracnose em mamão.

O coeficiente de variação (CV%) apresentou valores moderados no segundo dia (10,94%), mas reduziu significativamente nos dias seguintes (entre 4,52% e 4,93%) (Tabela 2), indicando maior precisão experimental e confiabilidade dos resultados.

Tabela 2– Análise do potencial antifúngico do óleo essencial de copaíba (*Copaifera langsdorffii*) na redução do crescimento micelial de *Colletotrichum gloeosporioides*, fungo causador da antracnose em mamão (*Carica papaya* L.).

Tratamentos	2dia	4dia	6dia	8dia
T1 = 0 µL/mL	6,85 a	6,85 a	6,85 a	6,85 a
T2 = 25 µL/mL	5,84 ab	7,98 a	8,44 b	8,45 b
T3 = 50 µL/mL	5,53 cb	8,0 b	8,48 b	8,38 b
T4 = 75 µL/mL	5,48 cb	8,0 b	8,19 b	8,43 b
T5 = 100 µL/mL	4,66 c	8,0 b	8,22 b	8,37 b
CV (%)	10,94	4,65	4,93	4,52
p-valor	0,0005	0,0001	0,0000	0,0000

Fonte: Autora, 2025.

O óleo essencial de copaíba apresentou efeito antifúngico inicial, evidenciado já no segundo dia de avaliação, quando diferenças estatísticas foram observadas entre os tratamentos, especialmente na maior concentração (T5), que resultou em menor crescimento micelial. Esse comportamento sugere que o óleo possui compostos com ação fungistática temporária,



possivelmente associados à presença de sesquiterpenos, como o β -cariofileno, principal componente do óleo resina de *Copaifera* spp., cuja natureza lipofílica favorece a interação com a parede e a membrana celular fúngica, interferindo em sua permeabilidade (Souza, 2018).

Resultados semelhantes foram descritos por Dias *et al.* (2023), que observaram que o óleo resina de copaibeira apresentou elevada atividade antifúngica nas primeiras 24 e 48 horas de avaliação, com redução progressiva da eficiência ao longo do tempo, caracterizando um efeito fungistático temporário. Os autores relataram ainda que a inibição do crescimento micelial foi dependente da concentração, sendo as maiores doses as mais eficazes (Souza, 2018).

De forma complementar, Sousa; Serra e Melo (2012) avaliaram diferentes óleos essenciais, incluindo o de copaíba, sobre o crescimento micelial de fungos fitopatogênicos em pimenta e verificaram que, embora alguns óleos apresentassem elevada inibição inicial, o crescimento fúngico ocorreu ao final do período experimental, indicando que a ação antifúngica não é prolongada.

Nesse contexto, Souza *et al.* (2023) avaliaram a atividade fungitóxica do óleo-resina de copaíba (*Copaifera* spp.) sobre *Colletotrichum gloeosporioides*, agente causal da antracnose do mamoeiro, e observaram que as maiores concentrações testadas resultaram em expressiva redução do crescimento micelial e aumento da inibição do crescimento do fungo. No entanto, mesmo com essa inibição inicial expressiva, o crescimento micelial não foi completamente suprimido ao longo do período experimental, evidenciando que o óleo de copaíba atua predominantemente de forma fungistática.

5.3 Efeito *in vitro* do óleo essencial de andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) sobre o crescimento micelial de *Colletotrichum gloeosporioides*

Os resultados, indicam que ao segundo dia de avaliação, não foram observadas diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos ($p = 0,0557$), indicando comportamento semelhante inicial entre todos os grupos. Entretanto, a partir do quarto dia, os p-valores revelaram diferenças altamente significativas ($p < 0,01$), evidenciando que os tratamentos passaram a apresentar respostas distintas frente ao crescimento do patógeno (Tabela 3).

A partir do quarto dia, após a instalação do experimento, observa-se que todos os tratamentos (T2, T3, T4 e T5) com óleo de andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.), apresentaram incremento progressivo do crescimento micelial, atingindo valores próximos a 8 mm nos dias 4, 6 e 8 (Tabela 3), o que indica que o óleo de andiroba não apresentou efeito fungicida, ao contrário proporcionou maior crescimento micelial do fungo, o que sugere a necessidade de estudos sobre os metabólitos produzidos por esses fungos, bem como os metabólitos presentes no óleo de



andiroba para uma compreensão apurada do comportamento do fungo *Colletotrichum gloeosporioides* nas condições experimentais.

O coeficiente de variação (CV%) apresentou valores moderados no segundo dia (8,66%), reduzindo nos períodos subsequentes (entre 4,51% e 6,92%), o que demonstra maior precisão experimental e confiabilidade dos resultados nas avaliações finais.

Tabela 3. Análise do potencial antifúngico do óleo essencial de andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) na redução do crescimento micelial de *Colletotrichum gloeosporioides*, fungo causador da antracnose em mamão (*Carica papaya* L.).

Tratamentos	2dia	4dia	6dia	8dia
T1 = 0 µL/mL	6,85 a	6,85 a	6,85 a	6,85 a
T2 = 25 µL/mL	6,87 a	8,14 b	8,14 b	8,41 b
T3 = 50 µL/mL	7,35 a	8,32 b	8,32 b	8,40 b
T4 = 75 µL/mL	6,73 a	8,32 b	8,32 b	8,39 b
T5 = 100 µL/mL	7,83 a	8,07 b	8,07 b	8,40 b
CV (%)	8,66	6,92	6,92	4,51
p-valor	0,0557	0,0018	0,0018	0,0000

Fonte: Autora, 2025.

O óleo essencial de andiroba não demonstrou efeito antifúngico no segundo dia de avaliação, a partir do quarto dia, observou-se aumento expressivo do crescimento micelial nos tratamentos em comparação à testemunha. Esse comportamento indica não apenas ausência de atividade fungicida, mas um possível efeito estimulatório sobre o crescimento de *C. gloeosporioides*.

Esse efeito pode estar relacionado à composição química do óleo de andiroba, rico em ácidos graxos (AG) e limonoides (Silva, 2018) que podem ser metabolizados por fungos fitopatogênicos como fonte alternativa de carbono ou energia. Estudos indicam que fungos filamentosos patogênicos apresentam elevada plasticidade metabólica e podem utilizar lipídios para sustentar o crescimento, a formação de membranas e a colonização do hospedeiro (Lin *et al.*, 2025). Assim, a presença de AG exógenos, como os presentes no óleo de andiroba ((Pontes, 2014).), pode modular de forma potencial a fisiologia e a virulência de fungos, dependendo da espécie e da concentração utilizada.

Esses resultados reforçam a necessidade de estudos adicionais sobre a interação entre metabólitos do fungo e os constituintes químicos do óleo de andiroba, bem como análises cromatográficas que permitam identificar quais compostos podem estar favorecendo o

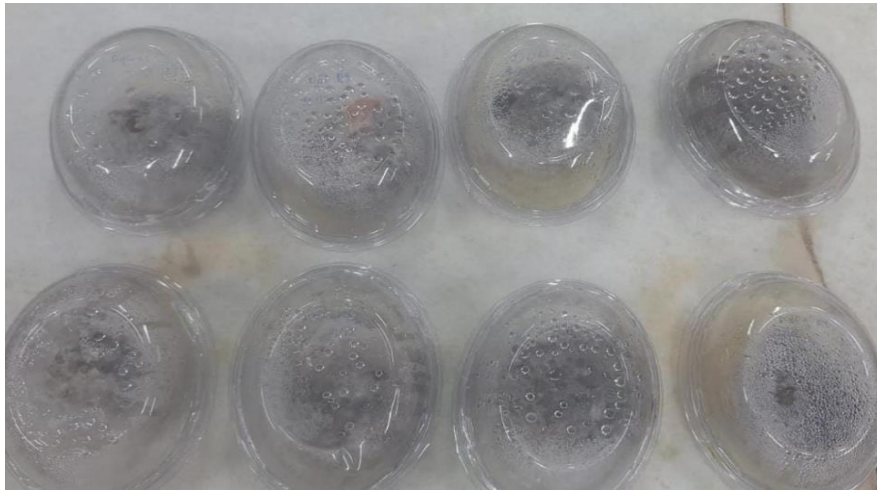


desenvolvimento micelial, já que técnicas cromatográficas, como a CLAE, são ferramentas eficientes para separar, identificar e quantificar componentes individuais em misturas complexas (Gandolfi *et al.*, 2020).

5.4 Resultados do efeito *in vivo* dos óleos essenciais no controle da antracnose em frutos de mamão (*Carica papaya* L.).

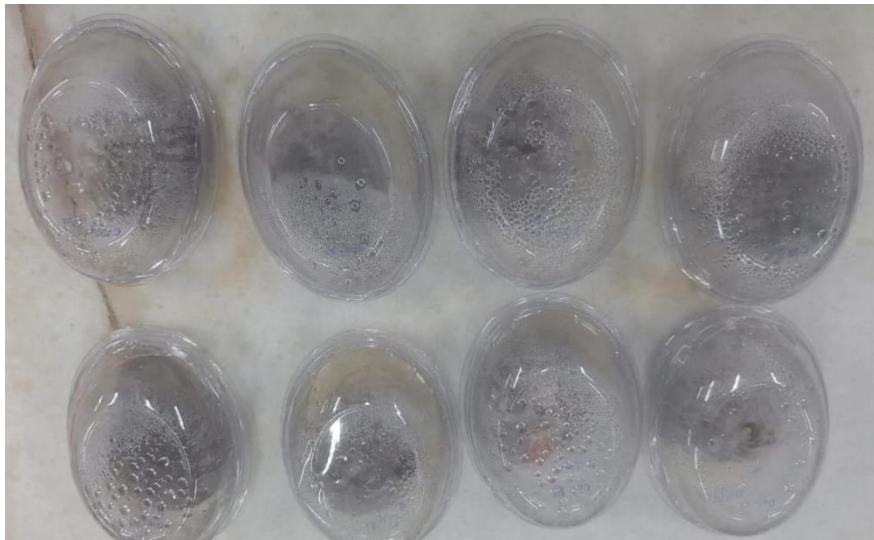
Durante a avaliação do efeito *in vivo* dos óleos essenciais no controle da antracnose em frutos de mamão papaya, observou-se intenso desenvolvimento de *Colletotrichum gloeosporioides* em todos os tratamentos avaliados, incluindo o tratamento controle e aqueles contendo diferentes concentrações de óleo essencial (Figura 14, 15 e 16).

Figura 14. Fruto de mamão-papaya tratado com óleo essencial de pequi (*Caryocar brasiliense*), mostrando desenvolvimento de *Colletotrichum gloeosporioides*.



Fonte: Autora, 2025.

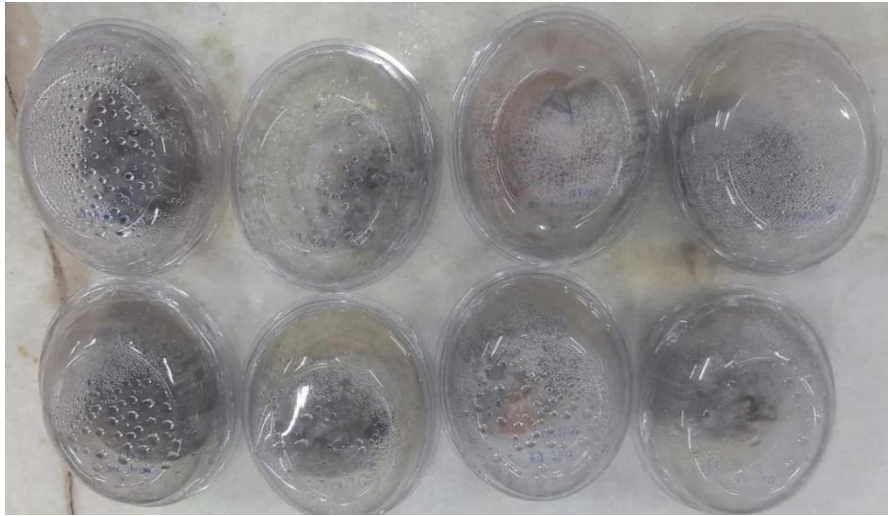
Figura 15. Fruto de mamão-papaya tratado com óleo essencial de copaíba (*Copaifera* sp.), mostrando desenvolvimento de *Colletotrichum gloeosporioides*.



Fonte: Autora, 2025.



Figura 16. Fruto de mamão-papaya tratado com óleo essencial de andiroba (*Carapa guianensis*), mostrando desenvolvimento de *Colletotrichum gloeosporioides*.



Fonte: Autora, 2025.

Após 96 horas da inoculação, verificou-se que o fungo colonizou completamente a superfície dos frutos, promovendo o avanço das lesões até a ocupação total do tecido, impossibilitando a delimitação precisa das áreas lesionadas. Dessa forma, não foi possível realizar a medição do diâmetro das lesões, uma vez que o patógeno atingiu 100% da superfície dos frutos em todos os tratamentos.

Esse resultado indica que, nas condições experimentais adotadas, os óleos essenciais testados não apresentaram efeito protetor ou curativo *in vivo* contra o desenvolvimento da antracnose em frutos de mamão papaya, mesmo nas maiores concentrações avaliadas. A ausência de diferença visual entre os tratamentos reforça que os óleos essenciais não foram capazes de retardar ou inibir o crescimento do fungo em condições *in vivo*.

Os óleos essenciais de pequi (*Caryocar brasiliense*), copaíba (*Copaifera* sp.) e andiroba (*Carapa guianensis*) não apresentaram efeito protetor ou curativo contra a antracnose em frutos de mamão papaya. A elevada severidade da antracnose observada neste estudo pode ser explicada pelas características biológicas de *Colletotrichum gloeosporioides*, patógeno reconhecidamente agressivo em condições favoráveis.

De acordo com Sharma e Kulshrestha (2015), esse fungo apresenta rápido crescimento e elevada capacidade de colonização em ambientes com temperatura entre 25 e 28 °C e alta umidade, além de seguir um modo de infecção hemibiotrófico, no qual a fase necrotrófica promove a rápida destruição do tecido do hospedeiro (Souza, 2022). Esse comportamento contribui para o avanço acelerado das lesões e pode justificar a colonização total dos frutos observada após 96 horas da inoculação.



A ineficácia observada pode estar relacionada à volatilização rápida e à baixa persistência dos compostos ativos na superfície dos frutos, bem como à dificuldade de penetração em um ambiente complexo, como o tecido do fruto. Estudos *in vitro*, como o de Pimentel *et al.*, (2010), com óleo essencial de *Tanaecium nocturnum* sobre *Aspergillus flavus*, mostram que a eficácia dos óleos essenciais depende da composição química, concentração e método de aplicação (Silva, 2018), sendo que técnicas de contato geralmente apresentam melhores resultados que a fumigação.

Embora os resultados de Pimentel *et al.*, (2010) sejam *in vitro*, eles reforçam a necessidade de considerar a forma de aplicação e a estabilidade dos compostos ativos ao testar óleos essenciais em frutos ou outros ambientes complexos. Dessa forma, os resultados do presente estudo indicam que, nas condições experimentais adotadas, outras estratégias de manejo ou métodos de aplicação mais eficientes precisam ser avaliados para potencializar o efeito antifúngico desses óleos essenciais em frutos de mamão.

6 CONCLUSÃO

Os experimentos realizados evidenciaram que os óleos essenciais de pequi (*Caryocar brasiliense*), copaíba (*Copaifera langsdorffii*) e andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.), nas concentrações avaliadas, não apresentaram efeito antifúngico contra *Colletotrichum gloeosporioides*, agente causal da antracnose em mamão (*Carica papaya* L.). No caso do óleo de pequi, não foram observadas diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos, indicando ausência de atividade inibitória sobre o crescimento micelial. O óleo de copaíba apresentou efeito inicial de redução do crescimento micelial no segundo dia, especialmente nas maiores concentrações, porém esse efeito não se manteve nos períodos subsequentes, sugerindo baixa persistência da ação antifúngica. Já o óleo de andiroba não apenas deixou de inibir o crescimento do patógeno, como favoreceu incremento micelial a partir do quarto dia, levantando a hipótese de interação entre metabólitos do óleo e do fungo que pode ter estimulado o desenvolvimento do patógeno.

Nos ensaios *in vivo*, verificou-se intensa colonização dos frutos por *C. gloeosporioides*, independentemente do tratamento aplicado, com rápida progressão da doença e ocupação total da superfície dos frutos em 96 horas. Esse resultado evidencia que, nas condições experimentais adotadas, os óleos essenciais testados não apresentaram efeito protetor ou curativo contra a antracnose, reforçando a elevada agressividade do patógeno e a suscetibilidade dos frutos no estágio de maturação utilizado.



Conclui-se que os óleos essenciais avaliados não se mostraram eficazes no controle da antracnose em mamão, tanto *in vitro* quanto *in vivo*, nas concentrações testadas. Dessa forma, recomenda-se a realização de novos estudos envolvendo diferentes concentrações, métodos de aplicação, formulações que aumentem a estabilidade dos compostos e análises dos metabólitos envolvidos, visando compreender melhor os mecanismos de interação e explorar alternativas mais eficazes para o manejo da antracnose em mamão.

REFERÊNCIAS

- ALENCAR, F. L. **Óleo de andiroba (*Carapa guianensis* Aublet): das características botânicas da espécie à extração do óleo**, 2023. 39 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Ciências Química e Biologia). Universidade Federal do Amazonas, Itacoatiara, 2023.
- ALMEIDA ANDRADE, K. *et al.* Diagnóstico fitossanitário na cultura do melão e mamão. **Omnia Sapientiae**, v. 4, n. 2, p. 24–30, 2024.
- ALMEIDA, T. F.; CURADO, A. C. S.; MELLO, F. A. T. **Extratos vegetais no tratamento de pós-colheita da antracnose em frutos de mamão**. In: MANEJO DE PRAGAS E DOENÇAS: a busca por formas sustentáveis de controle, 2021
- ARAUJO, L. **Mecanismos de resistência inata e induzida por *ulvana* à infecção de *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc., agente causal da Mancha Foliar de *Glomerella* em macieira (*Malus domestica* Borkh.)**, 2010. 74 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.
- ARRUDA, H. S.; CRUZ, R. G.; ALMEIDA, M. E. F. Caracterização química, funcionalidade e toxicidade do pequi. **Nutrição Brasil**, v. 11, n. 5, setembro/outubro 2012.
- ASSAGO, M. F. **Impactos dos resíduos de agrotóxicos nos alimentos sobre a saúde humana: um estudo de revisão**, 2025. 51 f. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Centro de Ciências da Saúde, Instituto de Estudos em Saúde Coletiva, Rio de Janeiro, 2025.
- ALVES SANTOS, F. S.; FERREIRA, T. E. M. Efeito antifúngico do óleo essencial de pequi (*Caryocar brasiliense*). **Revista de Educação, Ciência e Tecnologia de Almenara/MG**, v. 4, n. 3, p. 41–59, 2023.
- BARBOSA, D. G. M. **Aspectos que tornaram os herbicidas tão necessários, porém muito questionados**. 2022. 39 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, Campus Araguatins, Araguatins, 2022.
- BORTOLOTTI, G. **Características da inserção dos bioinsumos para controle biológico no mercado fitossanitário brasileiro**. 2022. 110 f. Dissertação (Mestrado em Sanidade, Segurança Alimentar e Ambiental no Agronegócio) – Instituto Biológico, Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, São Paulo, 2022.



BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. **Estatística de Comércio Exterior do Agronegócio Brasileiro – AGROSTAT**. AGROSTAT, 2025. Disponível em: <https://sistemasweb.agricultura.gov.br/pages/AGROSTAT.html>. Acesso em: 07 maio 2025.

CARVALHO, R. S. **Extratos vegetais na agricultura e no tratamento de sementes**, 2021. 52 f. Dissertação (Mestrado em Agroecologia e Desenvolvimento Rural). Universidade Federal de São Carlos, Centro de Ciências Agrárias, Araras, 2021.

CARVALHO, A. B. *et al.* Propriedade terapêutica do óleo de copaíba (*Copaifera spp.*) no tratamento de doenças de pele. **Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana**, v. 22, n. 12, p. 1–21, 2024.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies Arbóreas Brasileiras — Volume 5: Andiroba (*Carapa guianensis*)**. Colombo, PR: Embrapa, 2014.

CARNEIRO NETO, T. F. de S. **Manejo alternativo pós-colheita na redução de podridões em mangas no Submédio do Vale São Francisco**. 2022. 69 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Horticultura Irrigada) – Universidade do Estado da Bahia, Juazeiro, 2022.

COSTA, A. Potássio melhora a frutificação do mamoeiro. **Campo & Negócios**, 13 jul. 2015. Disponível em: <https://campoenegocios.com/potassio-melhora-a-frutificacao-do-mamoeiro/>. Acesso em: 09 jan. 2026.

COSTA, A. P. S. **Energia de ativação e atributos de qualidade durante o amadurecimento do mamão**. 2024. 38 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2024.

COSTA, T. F. **Extração e atividade enzimática de látex coletado de frutos de mamoeiro (*Carica papaya* L.)**, 2021. 74 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais). Universidade Federal do Recôncavo da Bahia; Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA, 2021.

COUTINHO, C. C. M.; NETO, O. C.; ROSANOVA, C.; MENEZES, D. C. R. O pequi (*Caryocar brasiliense*) e suas principais características. **Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro**, v. 11, 2024.

CRUZ, I. L. S. D.; NASCIMENTO, T. A.; MALECK, M.; QUEIROZ, M. M. C. Da história às práticas modernas: a função dos óleos essenciais na sustentabilidade e no controle de insetos. **Mosaico – Revista Multidisciplinar de Humanidades**, Vassouras, v. 15, n. 2, p. 86–96, 2024.

DANTAS, S. A. F. *et al.* Doenças fúngicas pós-colheita em mamões e laranjas comercializados na Central de Abastecimento do Recife. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 28, p. 528–533, 2003.

DANTAS, S. A. F.; OLIVEIRA, S. M. A. Doenças do mamão. In: **SÃO JOSÉ, A. R. et al. Patologia pós colheita: frutas, olerícolas e ornamentais tropicais**, Brasília: EMBRAPA-Informações Tecnológicas, p. 695–729, 2006.

DIAS, J. S. A. *et al.* Avaliação in vitro da atividade antifúngica do óleo resina da copaibeira (*Copaifera reticulata* Ducke) e da sua nanoemulsão sobre uma cepa selvagem de *Aspergillus fumigatus* Fresenius isolada da castanheira-do-Brasil (*Bertholletia excelsa* Bompl.). **Research, Society and Development**, v. 12, n. 4, 2023.



DOS REIS, H. F. **Conservação pós-colheita de mamão Formosa (*Carica papaya* L.) e controle alternativo *in vitro* e *in vivo* de *Colletotrichum gloeosporioides***. 2014. 125 f. Tese (Doutorado em Agronomia – Produção Vegetal) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2014.

Food and Agriculture Organization of the United Nations – FAOSTAT. Disponível em: <https://www.fao.org/statistics/en>. Acesso em: 07 maio 2025.

FIRMINO, F. A. *et al.* Óleos essenciais da Amazônia: potencial e perspectivas futuras para andiroba, breu-branco, buriti e copaíba. **Studies in Engineering and Exact Sciences**, Curitiba, v. 6, n. 1, p. 1–19, 2025.

FIGUEIREDO, A. R. **Óleos essenciais com atividade antimicrobiana a fitopatógenos de interesse em *Passiflora edulis* Sims**, 2021. 151 f. Tese (Doutorado em Ciência, Tecnologia e Inovação em Agropecuária) – Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2021.

FERREIRA, E. F. *et al.* Uso de extratos vegetais no controle *in vitro* do *Colletotrichum gloeosporioides* Penz. coletado em frutos de mamoeiro (*Carica papaya* L.). **Defesa Fitossanitária – Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, n. 2, jun. 2014.

GANDOLFI, R. C. *et al.* A importância da técnica de cromatografia líquida de alta eficiência no isolamento do fármaco enantiômero puro esomeprazol. **International Journal of Health Management Review**, v. 6, n. 1, 2020.

GARCIA, L. S. *et al.* **Pequi (*Caryocar brasiliense* e *Caryocar coriaceum*): importância socioeconômica, principais fitoquímicos e propriedades bioativas**. In: Árvores, plantas e frutos do Cerrado: aplicações e possibilidades, v. 1, p. 18, 2024.

GOMES, L. I. S. *et al.* Metodologia de inoculação de *Colletotrichum gloeosporioides* em frutos de mamão. **Agrotropica**, Ilhéus, v. 24, n. 3, p. 183-188, 2012.

JAIME ALFREDO, A. G. **Patologia pós-colheita de frutos comercializados em feira livre e supermercados de Redenção-CE**. 2023. 41 f. Monografia (Graduação em Agronomia) – Instituto de Desenvolvimento Rural, Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Redenção-CE, 2023.

JARDIM, I. C. S. F.; ANDRADE, J. A.; QUEIROZ, S. C. N. Resíduos de agrotóxicos em alimentos: uma preocupação ambiental global – Um enfoque às maçãs. **Química Nova**, v. 32, n. 4, 2009.

JESUS, S. F. **Controle de fungos fitopatogênicos por meio da validação de óleos essenciais (ensaio *in vitro*)**, 2023. 21 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Ciências Biológicas). Instituto Federal Goiano, Campus Ceres, Ceres, GO, 2023.

JUNIOR, C. L. S.; MORAES, T. C.; MARTINS, J. A. B.; FREIRE, M. G. M. Controle da antracnose em mamão por extratos vegetais. **Perspectivas Online: Ciências Biológicas e da Saúde**, v. 1, n. 1, 2011.

LEMES, D. C. **Estudo fitoquímico e citotóxico *in vitro* da oleorresina de *Copaifera paupera* e seus principais metabólitos secundários**, 2017. 58 f. Trabalho de Conclusão de Curso. Franca, 2017.



LESCANO, F. B.; VALENSUELA, L. S. **Adubação orgânica e bioestimulantes no desenvolvimento inicial da cultura do mamoeiro Formosa cv. Bela Nova**. 2025. 120 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Agronomia) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2025.

LEONE, J. A. B. *et al.* Análise das principais doenças fúngicas do mamão pós-colheita: impactos na qualidade e comercialização da fruta. In: **XXVIII Encontro Latino Americano de Iniciação Científica**, p. 1-5, 2024.

LEITE, N. O. G. *et al.* Influências das interações Patógeno-Hospedeiro-Meio Ambiente nas funções Biológicas das plantas. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 10, 2020.

LIRA, G. B. *et al.* Processos de extração e usos industriais de óleos de andiroba e açai: uma revisão. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 12, 15 p. 2021.

LIMA JUNIOR, J. A. *et al.* **Avanços e desafios no controle de doenças pós-colheita do mamão**, v. 1. Editora Científica, 2024.

LIMA, H. E. *et al.* Classificação química dos agrotóxicos: uma revisão sobre os principais grupos. In: **Transformações agrárias: pesquisas e tecnologias para o desenvolvimento sustentável**, v. 1. Belo Horizonte: Editora e-Publicar, 2023.

LIMA, C. A. S. *et al.* Atualizações sobre as propriedades medicinais do óleo de copaíba (*Copaifera* spp.): uma revisão bibliográfica. **Uniciencias**, v. 25, n. 2, p. 100–106, 2021.

LIN, H.; PENG, Y. J. Ácidos graxos em fungos filamentosos patogênicos: regulação multidimensional e mecanismos patogênicos. **Virulence**, v. 16, 2025.

LIU, F. *et al.* How does mechanical damage affect the preservability of postharvest fruits and vegetables? **LWT – Food Science and Technology**, v. 237, p. 11, 2025.

MACHADO, R. M. A. *et al.* Avaliação de óleos essenciais sobre o crescimento *in vitro* do fungo *Colletotrichum gloeosporioides*. **Revista Perspectiva Online**, v. 3, n. 8, p. 64–75, 2013.

MAIA, T. F.; DE DONATO, A.; FRAGA, M. E. Atividade antifúngica de óleos essenciais de plantas. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 17, n. 1, 2015.

MARTINS, D. S. Situação atual da produção integrada de mamão no Brasil. **Papaya Brasil**. Vitória: Incaper, 2003.

MARTINS, D. S. *et al.* **Recomendações técnicas para o cultivo do mamoeiro**. Vitória: Incaper, 2024.

MARQUES, T. A. **Estudo químico do óleo essencial e extrato de *Pleroma granulatum* e avaliação de atividade antioxidante e antifúngica**. 2023. 140 f. Tese (Doutorado em Química) – Instituto de Química, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2023.

MARQUES, Á. A. **Atividade nematicida do óleo essencial da polpa de pequi (*Caryocar brasiliense*) no controle de *Meloidogyne javanica***. 2020. 37 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Instituto Federal Goiano, Morrinhos, 2020.



MEDEIROS, D. C. *et al.* Controle alternativo da antracnose na pós-colheita da manga (*Mangifera indica* L.). **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 7, n. 1, p. 4872–4892, 2021.

MERLIN, R. Pequi, o verdadeiro ouro do Cerrado. **Mixology News**, 09 dez. 2023. Disponível em: <https://mixologynews.com.br/12/2023/mixologia/pequi-ouro-do-cerrado/>. Acesso em: 09 jan. 2026.

MELO, W. D. **Revisão de aspectos produtivos e de importância socioambiental de pequi (*Caryocar* sp.)**. 2021. 31 f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Tocantins, Campus de Gurupi, Gurupi, 2021.

MELO, A. E. C. S. **Desenvolvimento e avaliação biológica de novo curativo à base de quitosana e papaína como alternativa para o tratamento de úlceras em diabéticos**. 2023. 109 f. Tese (Doutorado em Ciências Farmacêuticas) – Centro de Ciências da Saúde, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2023.

MOREIRA, M. C. D. **Avaliação das propriedades físico-químicas do óleo de pequi**. 2017. 24 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciência e Tecnologia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2017.

NASCIMENTO, J.; MORAIS, S. Plantas medicinais nativas brasileiras com atividade cicatrizante. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 19, n. 1, p. 118–128, 2017.

OLIVEIRA, A. M. G.; CALDAS, R. C. Produção do mamoeiro em função de adubação com nitrogênio, fósforo e potássio. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, n. 1, p. 160–163, 2004.

OLIVEIRA, A. M. G.; MEISSNER FILHO, P. E. (eds.). **A cultura do mamoeiro**. Brasília, DF: Embrapa, 2021. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1136356>. Acesso em: 13 jan. 2026.

OLIVEIRA, R. S. **Conhecimento, uso e manejo de pequi (*Caryocar coriaceum* Wittm.) na região do Parque Nacional de Sete Cidades (Piauí, Brasil)**. 2022. 115 f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2022.

OLIVEIRA, T. S. **Efeito fungitóxico do óleo de capim-santo (*Cymbopogon* sp.) sobre *Fusarium oxysporum* isolado do feijão**. 2021. 10 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química) – Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, Imperatriz, 2021.

OLIVEIRA, N. I. **Fitocosméticos: uso de derivados vegetais de plantas do Cerrado em formulações cosméticas**. 2024. 34 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Farmácia) – Universidade Estadual de Goiás, Unidade Universitária de Itumbiara, Itumbiara, 2024.

PINTO, C. S. **Indicadores técnicos e econômicos do mamoeiro aos fatores de produção água e composto orgânico**. 2021. 89 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) –



Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2021.

PIMENTEL, F. A. *et al.* Ação fungitóxica do óleo essencial de *Tanaecium nocturnum* (Barb. Rodr.) Bur. e K. Shum sobre *Aspergillus flavus* isolado da castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*). **Acta Amazonica**, v. 40, n. 1, 2010.

PONTES, S. R. L. **Avaliação das atividades angiogênica, genotóxica e antigenotóxica do óleo da *Carapa guianensis* (andiroba)**. 2014. 101 f. Dissertação (Mestrado em Genética) – Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2014.

RITZINGER, C. H. S. P.; SOUZA, J. da S. (org.). **Mamão: fitossanidade**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. (Série Frutas do Brasil, 11).

ROMÁRIO, V. **Copaíba (*Copaifera langsdorfii* Desf.)**. 19 jun. 2023. Disponível em: <https://vascoromaozinho.pt/2023/06/19/copaiba-copaifera-langsdorfii/>. Acesso em: 9 jan. 2026.

ROCHA, R. de P. **Avaliação pós-colheita de mamão papaya cv. Golden tratado com calda bordalesa e óleo essencial de cravo (*Syzygium aromaticum*)**. 2012. 57 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2012.

RODRIGUES, J. P.; COELHO, C. C. de S.; SOARES, A. G.; FREITAS SILVA, O. Current technologies to control fungal diseases in postharvest papaya (*Carica papaya* L.). **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 36, art. 102128, set. 2021.

SANTOS, F. S. A.; EMATNE, M. F. T. Efeito antifúngico do óleo essencial de pequi (*Caryocar brasiliense*). **Recital – Revista de Educação, Ciência e Tecnologia de Almenara**, v. 4, n. 3, 2022.

SANTOS, A. C. V. **Plantas inseticidas ocorrentes na Amazônia como alternativa de controle de *Spodoptera frugiperda* e *Sitophilus zeamais***. 2014. 46 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal do Acre, Rio Branco, 2014.

SANTOS, F. S. A.; EMATNE, M. F. T. Efeito antifúngico do óleo essencial de pequi (*Caryocar brasiliense*). **Recital – Revista de Educação, Ciência e Tecnologia de Almenara/MG**, v. 4, n. 3, p. 41–59, 2023.

SHARMA, M.; KULSHRESTHA, S. **Colletotrichum gloeosporioides: um patógeno causador de antracnose em frutas e vegetais**. **Bioscience Biotechnology Research Asia**, v. 12, n. 2, p. 1233–1246, 2015.

SIMPÓSIO DO PAPAYA BRASILEIRO, 9., 2024, Linhares, ES. **Produção sustentável com qualidade**. Organização: MARTINS, D. S.; VENTURA, J. A.; VINAGRE, D. O. V. M. B. Linhares, ES, 2024.

SILVA, Á. R. S.; AZEVEDO, A. P.; SOUZA, R. A.; ALMEIDA, A. C. G. Perfil de limonóides isolados da andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.): revisão sistemática. **Research, Society and Development**, v. 12, n. 6, e3912642018, p. 11, 2023.



SILVA, M. S. **Tamanho de parcelas experimentais para avaliação de caracteres em mamoeiro (*Carica papaya* L.)**. 2018. 97 f. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2018.

SILVA, M. L.; GONÇALVES, C. S.; QUADROS, O. F. Desafios na cultura do mamoeiro e sua importância para a economia. **Revista Científica da FAESA**, Vitória, v. 18, n. 1, 2022.

SILVA, L. R. Propriedades físico-químicas e perfil dos ácidos graxos do óleo da andiroba. **Nativa: Pesquisas Agrárias e Ambientais**, Sinop, v. 6, n. 2, p. 147–152, 2018.

SILVA, N. S. *et al.* Florescimento do mamoeiro como subsídio para o melhoramento genético da cultura: revisão de literatura. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 14, p. 10, 2022.

SOUZA, Q. C. **Manejo das principais doenças do mamoeiro (*Carica papaya* L.)**. 2021. 42 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrônoma) – Universidade do Estado da Bahia, Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais, Campus III, Juazeiro, 2021.

SOUZA, E. M. **Manejo sustentável de podridão pós-colheita em frutos de manga no semiárido do sertão baiano: tecnologia importante no processo de transição orgânica/agroecológica**. 2022. 88 f. Tese (Doutorado em Agroecologia e Desenvolvimento Territorial) – Universidade do Estado da Bahia, Juazeiro, 2022.

SOUSA, R. M. S.; SERRA, I. M. R. S.; MELO, T. A. **Efeito de óleos essenciais como alternativa no controle de *Colletotrichum gloeosporioides* em pimenta**. *Summa Phytopathologica*, v. 38, n. 1, p. 1– 6, 2012.

SOUZA, D. P. **Caracterização fisiológica de *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc. associados a *Mangifera indica* L. em diferentes regimes de temperatura**. 2022. 28 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Ipameri, GO, 2022.

SOUZA, R. L. *et al.* **Avaliação da atividade fungitóxica do óleo de copaíba (*Copaifera* spp.) da Amazônia Ocidental contra a antracnose (*Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc.) em mamoeiros (*Carica papaya* L.)**. *Research, Society and Development*, v. 12, n. 12, 2023.

SOUZA, F. C. **Avaliação do potencial farmacológico de derivados semissintéticos de terpenos obtidos do óleo de copaíba (*Copaifera* spp. – Fabaceae)**. 2018. 106 f. Tese (Doutorado em Inovação Farmacêutica) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2018.

SOUSA, R. M. S.; SERRA, I. M. R. S.; MELO, T. A. **Efeito de óleos essenciais como alternativa no controle de *Colletotrichum gloeosporioides* em pimenta**. *Summa Phytopathologica*, v. 38, n. 1, p. 1– 6, 2012.

SOUZA, D. P. **Caracterização fisiológica de *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc. associados a *Mangifera indica* L. em diferentes regimes de temperatura**. 2022. 28 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Ipameri, GO, 2022.



SOUZA, R. L. *et al.* **Avaliação da atividade fungitóxica do óleo de copaíba (*Copaifera spp.*) da Amazônia Ocidental contra a antracnose (*Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc.) em mamoeiros (*Carica papaya L.*).** Research, Society and Development, v. 12, n. 12, 2023.

SOUZA, F. C. **Avaliação do potencial farmacológico de derivados semissintéticos de terpenos obtidos do óleo de copaíba (*Copaifera spp.* – Fabaceae).** 2018. 106 f. Tese (Doutorado em Inovação Farmacêutica) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2018.

STRACIERI, J. **Caracterização morfo-cultural e molecular de *Colletotrichum spp.* associados à antracnose em manga, mamão e goiaba.** 2015. 109 f. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Universidade Estadual Paulista, Câmpus de Jaboticabal, Jaboticabal, 2015.

TAVARES, G. M. **Controle químico e hidrotérmico da antracnose em frutos de mamoeiro (*Carica papaya L.*) na pós-colheita.** 2004. 55 p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Departamento de Fitopatologia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.

VELOSO, R. A. **Óleos essenciais como controle alternativo de fitopatógenos.** 2016. 72 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Tocantins, Campus de Gurupi, Gurupi, TO, 2016.

VIDAL, J. M. **Controle alternativo da antracnose em frutos de mamoeiro e qualidade pós-colheita.** 2013. 29 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2013.

VIEIRA, K. F. L. **Agrotóxicos e abordagem CTSA: uma proposição pedagógica para o ensino de química no nível médio integrada à perspectiva da educação ambiental.** 2025. 116 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química) – Instituto de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2025.

VIEIRA, D. G. *et al.* **Crescimento *in vitro* de fungos (*Colletotrichum gloeosporioides* e *Cladosporium cladosporioides*) isolados de frutos do mamoeiro, sob atmosfera controlada e refrigeração.** *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v. 28, n. 3, p. 387–390, 2006.

