

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta tese/dissertação será disponibilizado somente a partir de 31/10/2027

At the author's request, the full text of this thesis/dissertation will not be available online until October 31, 2027

CAMILA LOPES MIRANDA

HIDROLATOS NO CONTROLE PÓS-COLHEITA DE *Colletotrichum fructicola*, AGENTE CAUSAL DA ANTRACNOSE DO MAMÃO (*Carica papaya*)

Botucatu

2025

CAMILA LOPES MIRANDA

HIDROLATOS NO CONTROLE PÓS-COLHEITA DE *Colletotrichum fructicola*, AGENTE CAUSAL DA ANTRACNOSE DO MAMÃO (*Carica papaya*)

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia- Proteção de Plantas

Orientadora: Dra. Maria Cândida de Godoy Gasparoto

Coorientador: Dr. Levi Pompermayer Machado

Botucatu

202

M672h Miranda, Camila Lopes
Hidrolatos no controle pós-colheita de *Colletotrichum fructicola*, agente causal da antracnose do mamão (Carica papaya) / Camila Lopes Miranda. -- Botucatu, 2025
105 p. : tabs., fotos

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu
Orientadora: Maria Cândida de Godoy Gasparoto
Coorientador: Levi Pompermayer Machado

1. Fitopatologia. 2. Pós-colheita. 3. Antracnose. I. Título.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: HIDROLATOS NO CONTROLE PÓS-COLHEITA DE *Colletotrichum fructicola*, AGENTE CAUSAL DA ANTRACNOSE DO MAMÃO (Carica papaya)

AUTORA: CAMILA LOPES MIRANDA

ORIENTADORA: MARIA CÂNDIDA DE GODOY GASPAROTO

COORDENADOR: LEVI POMPERMAYER MACHADO

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em Agronomia (Proteção de Plantas), pela Comissão Examinadora:

Documento assinado digitalmente
 **MARIA CÂNDIDA DE GODOY GASPAROTO**
Data: 03/11/2025 16:24:08-0300
Verifique em <https://validar.ti.gov.br>

Prof.^a Dr.^a MARIA CÂNDIDA DE GODOY GASPAROTO (Participação Virtual)
Agronomia e Recursos Naturais / UNESP / Câmpus de Registro - FCAVR

Documento assinado digitalmente
 **IVAN HERMAN FISCHER**
Data: 03/11/2025 09:46:43-0300
Verifique em <https://validar.ti.gov.br>

Pesquisador Dr. IVAN HERMAN FISCHER (Participação Virtual)
SAA-SP / Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios - APTA

Documento assinado digitalmente
 **MARISE CAGNIN MARTINS PARISI**
Data: 03/11/2025 10:12:19-0300
Verifique em <https://validar.ti.gov.br>

Pesquisadora Dr.^a MARISE CAGNIN MARTINS PARISI (Participação Virtual)
Coordenadoria de Pesquisa / Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios - APTA

Botucatu, 31 de outubro de 2025.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela força, saúde e sabedoria durante esta caminhada.

A minha orientadora, Profa. Dra. Maria Cândida de Godoy Gasparoto, pela paciência, dedicação, incentivo e pela partilha generosa de conhecimento, que foram fundamentais para o desenvolvimento desta dissertação. Ao meu coorientador, Prof. Dr. Levi Pompermayer Machado, pelas contribuições ao longo deste trabalho.

A minha família, pelo amor incondicional, pela compreensão nos momentos de ausência e pelo incentivo constante.

Ao NEPFIP, grupo de pesquisa da Unesp-Registro, pelo apoio durante a realização dos experimentos e por tornar o ambiente mais leve e acolhedor, contribuindo para meu crescimento profissional, por meio de conhecimentos técnicos, e pessoal, com experiências inesquecíveis.

Aos professores e colegas da pós-graduação da Faculdade de Ciências Agrárias-Unesp Botucatu, pelo apoio, pelas discussões enriquecedoras, e amizade ao longo do percurso acadêmico.

À empresa Dierberger por fornecer os hidrolatos utilizados na realização dos experimentos, e ao Prof. Dr. Rondinelli D. Herculano (Unesp/Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Araraquara) por me orientar na execução do biofilme de amido de milho.

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

RESUMO

O Brasil é um grande produtor e exportador de mamão papaia (*Carica papaya* L.), cuja qualidade e vida de prateleira são comprometidas pela antracnose, doença causada por *Colletotrichum* spp. Nesse contexto, hidrolatos, resíduos aquosos da extração de óleos essenciais, podem apresentar compostos com ação fungicida. O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito *in vitro* e *in vivo* de hidrolatos no controle de *C. fructicola*. Avaliou-se *in vitro* o efeito de diferentes concentrações (0, 10, 25, 50, 75 e 100%) dos hidrolatos de eucalipto citriodora, melaleuca e lima ácida Tahiti sobre o crescimento micelial, a esporulação, a germinação e o comprimento de tubos germinativos de *C. fructicola*. A quantificação *in vivo* da antracnose sob efeito do hidrolato incorporado ou não a biofilme de amido de milho, foi realizada avaliando-se a severidade, a incidência e o período de incubação da doença, sendo estimada a área abaixo da curva do progresso da severidade (AACPS) e incidência (AACPI) da doença. A vida útil de frutos de mamão papaia incorporados ou não a biofilme de amido de milho foi avaliada por meio das características físico-químicas (perda de massa, firmeza, pH, sólidos solúveis e acidez titulável). Nos experimentos *in vitro*, estimou-se as concentrações efetivas capazes de inibir 50% (CE₅₀) do crescimento micelial, esporulação e germinação do fungo. Para o hidrolato de eucalipto, as CE₅₀ foram 28%, 22% e 22%, respectivamente. Já para o hidrolato de lima ácida, os valores estimados de CE₅₀ foram 41%, 26% e 9%, respectivamente. Para o hidrolato de melaleuca, a CE₅₀, quando estimada ($p < 0,05$), ficou próxima ou acima da maior concentração avaliada, evidenciando o baixo potencial antifúngico desse resíduo. Os hidrolatos de eucalipto citriodora e lima ácida Tahiti mostraram-se eficazes na redução da emissão de tubos germinativos, reforçando sua efetividade no controle *in vitro* de *C. fructicola*. Nos ensaios *in vivo*, a aplicação preventiva do hidrolato de eucalipto citriodora, incorporado ou não a biofilme de amido de milho, nos frutos em intervalos de 12, 24 e 48 horas, não apresentou diferença estatística em comparação à testemunha, além de não apresentar efeito na conservação de frutos de mamão avaliados durante 12 dias. Os resultados indicam a necessidade de aprofundar os estudos voltados à otimização de formulações de revestimentos comestíveis, uma vez que os resíduos de eucalipto citriodora e lima ácida Tahiti demonstraram atividade no controle do fitopatógeno.

Palavras-chave: biofilme ativo; hidrossol; bioeconomia.

ABSTRACT

Brazil is a major producer and exporter of papaya (*Carica papaya* L.), whose quality and shelf life are compromised by anthracnose, a disease caused by *Colletotrichum* spp. In this context, hydrosols, aqueous residues from the extraction of essential oils, may contain compounds with fungicidal action. The objective of this work was to evaluate the *in vitro* and *in vivo* effect of hydrosols in the control of *C. fructicola*. The *in vitro* effect of different concentrations (0, 10, 25, 50, 75 and 100%) of eucalyptus citriodora, melaleuca and Tahiti lime hydrosols on mycelial growth, sporulation, germination and germ tube length of *C. fructicola* was evaluated. The *in vivo* quantification of anthracnose under the effect of hydrosol incorporated or not into corn starch biofilm was performed by evaluating the severity, incidence, and incubation period of the disease, estimating the area under the disease progress curve (AUDPC) and incidence curve (AUDPC). The shelf life of papaya fruits incorporated or not into corn starch biofilm was evaluated through physicochemical characteristics (mass loss, firmness, pH, soluble solids, and titratable acidity). In *in vitro* experiments, the effective concentrations capable of inhibiting 50% (EC₅₀) of mycelial growth, sporulation, and germination of the fungus were estimated. For eucalyptus hydrosol, the EC₅₀ values were 28%, 22%, and 22%, respectively. For lime hydrosol, the estimated EC₅₀ values were 41%, 26%, and 9%, respectively. For melaleuca hydrosol, the EC₅₀, when estimated ($p < 0.05$), was close to or above the highest concentration evaluated, highlighting the low antifungal potential of this residue. Eucalyptus citriodora and Tahiti lime hydrosols proved effective in reducing the emission of germ tubes, reinforcing their effectiveness in the *in vitro* control of *C. fructicola*. However, *in vivo* assays the preventive application of eucalyptus citriodora hydrosol, incorporated or not into a corn starch biofilm, on fruits at 12, 24, and 48-hour intervals, showed no statistical difference compared to the control, and also showed no effect on the preservation of papaya fruits evaluated over 12 days. The results indicate the need for further studies aimed at optimizing edible coating formulations, since residues of eucalyptus citriodora and Tahiti lime have demonstrated activity in controlling the phytopathogen.

Keywords: active biofilm; hydrosol; bioeconomy.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL.....	13
CAPÍTULO 1- HIDROLATOS DE MELALEUCA, EUCALIPTO CITRIODORA E LIMA ÁCIDA TAHITI NO CONTROLE <i>in vitro</i> DE <i>Colletotrichum fructicola</i>.....	15
1.1 INTRODUÇÃO.....	17
1.2 REVISÃO DE LITERATURA.....	18
1.3 MATERIAL E MÉTODOS.....	23
1.4 RESULTADOS.....	26
1.5 DISCUSSÃO.....	36
1.6 CONCLUSÕES.....	40
REFERÊNCIAS.....	41
CAPÍTULO 2- HIDROLATO DE EUCALIPTO CITRIODORA NO CONTROLE PÓS-COLHEITA DA ANTRACNOSE (<i>Colletotrichum fructicola</i>) EM FRUTOS DE MAMOEIRO EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO.....	51
2.1 INTRODUÇÃO.....	53
2.2 REVISÃO DE LITERATURA.....	54
2.3 MATERIAL E MÉTODOS.....	58
2.4 RESULTADOS.....	62
2.5 DISCUSSÃO.....	75
2.6 CONCLUSÕES.....	77
REFERÊNCIAS.....	79
CAPÍTULO 3- USO DE HIDROLATO DE EUCALIPTO CITRIODORA NA CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE MAMÃO PAPAIA.....	87
3.1 INTRODUÇÃO.....	89
3.2 REVISÃO DE LITERATURA.....	90
3.3 MATERIAL E MÉTODOS.....	93
3.4 RESULTADOS.....	95
3.5 DISCUSSÃO.....	96
3.6 CONCLUSÕES.....	97
REFERÊNCIAS.....	98
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	104
REFERÊNCIAS.....	105

INTRODUÇÃO GERAL

A demanda mundial por frutas e hortaliças vem crescendo, impulsionada principalmente pela conscientização da população quanto à importância de uma alimentação saudável, essencial para a manutenção da qualidade de vida e a prevenção de enfermidades. Entre essas frutas, o mamão papaia se destaca pelo elevado valor nutricional, sendo amplamente consumido e utilizado em diferentes dietas alimentares (Alara *et al.*, 2022).

Contudo, as perdas de produtos hortícolas ainda representam um dos maiores entraves à segurança alimentar e à sustentabilidade da cadeia produtiva agrícola, sobretudo em países tropicais, onde fatores como condições ambientais favoráveis ao desenvolvimento de patógenos e a ausência de uma cadeia de frio eficiente agravam a problemática (Oliveira *et al.*, 2006).

No caso do mamão papaia, sua elevada perecibilidade constitui um desafio significativo para a cadeia produtiva. Por ser um fruto climatérico, apresenta alta taxa respiratória e produção acelerada de etileno após a colheita, o que intensifica o amadurecimento e reduz drasticamente sua vida útil. Além disso, está constantemente sujeito à ação de fitopatógenos que comprometem tanto a produtividade quanto a qualidade comercial (Vinod *et al.*, 2023, p. 2). Dentre as doenças de maior impacto, a antracnose, causada por *Colletotrichum fructicola*, destaca-se como a principal enfermidade pós-colheita do mamão.

O controle dessas doenças tem sido realizado predominantemente por meio do uso de fungicidas sintéticos (Agrofit, 2025). No entanto, a crescente demanda por alimentos livres de resíduos químicos, aliada às exigências dos mercados internacionais, tem impulsionado a busca por alternativas seguras e sustentáveis que aliem conservação do fruto e controle eficiente de patógenos. Nesse cenário, os revestimentos biodegradáveis comestíveis, aplicados sobre os frutos e enriquecidos com compostos antimicrobianos como óleos essenciais e hidrolatos, destacam-se como uma estratégia promissora para prolongar a vida útil e reduzir a incidência de doenças pós-colheita.

Os hidrolatos são resíduos aquosos obtidos durante o processo de destilação para extração de óleos essenciais. Diversos estudos relatam a atividade antimicrobiana dos óleos essenciais, com aplicações potenciais no manejo de patógenos agrícolas (Sebaa *et al.*, 2019; Tabet Zatlal *et al.*, 2017; Tabti *et al.*, 2014),

e, levando em consideração que os hidrolatos podem conter traços dos principais componentes bioativos presentes nos óleos essenciais (Almeida *et al.*, 2024), estes se apresentam como uma alternativa viável e de baixo custo para a agricultura sustentável. Além disso, seu aproveitamento contribui para a economia circular, ao agregar valor a um resíduo frequentemente descartado, promovendo uso mais eficiente dos recursos naturais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O hidrolato de melaleuca (*Melaleuca alternifolia*) não apresentou eficácia no controle do fungo *Colletotrichum fructicola*, agente causador da antracnose do mamão. Em contrapartida, os hidrolatos de eucalipto citriodora (*Corymbia citriodora*) e lima ácida Tahiti (*Citrus latifolia*) mostraram-se eficazes no controle do fitopatógeno, agente causador da antracnose do mamão.

A aplicação preventiva do hidrolato de eucalipto citriodora, realizada a 12, 24 e 48 horas antes da inoculação, associado ou não ao biofilme de amido de milho, não foi suficiente para controlar a antracnose em frutos de mamão papaia, embora valores numéricos possam indicar discreta redução no desenvolvimento da doença com o tratamento de hidrolato incorporado ao biofilme, aplicado 24 horas antes da inoculação.

Esses resultados reforçam a necessidade de estudos adicionais voltados à otimização das formulações de revestimentos comestíveis, visando explorar plenamente o potencial antifúngico observado *in vitro* e promover o aumento efetivo da vida útil dos frutos pós-colheita.

REFERÊNCIAS

- ALARA, O.R.; ABDURAHMAN, N.H.; ALARA, J.A. Carica papaya: comprehensive overview of the nutritional values, phytochemicals and pharmacological activities. **Advances in traditional medicine**, v. 22, n. 1, p. 17-47, 2022. <https://doi.org/10.1007/s13596-020-00481-3>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13596-020-00481-3>. Acesso em: 24 ago. 2025.
- ALMEIDA, H.H.; CRUGEIRA, P.J.; AMARAL, J.S.; RODRIGUES, A.E.; BARREIRO, M.F. Disclosing the potential of Cupressus leylandii AB Jacks & Dallim, Eucalyptus globulus Labill., Aloysia citrodora Paláu, and Melissa officinalis L. hydrosols as eco-friendly antimicrobial agents. **Natural Products and Bioprospecting**, v. 14, n. 1, p. 1, 2024. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13659-023-00417-9>. Acesso em: 10 jun. 2025.
- OLIVEIRA, S.M.A.; TERAPO, D.; DANTAS, S.A.F.; TAVARES, S.C.C.H. **Patologia pós-colheita: frutas, olerícolas e ornamentais tropicais**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 855 p. ISBN 8573833513. 2006.
- VINOD, B.R.; ASREY, R.; SETHI, S.; PRAKASH, J.; MEENA, N.K.; MENAKA, M.; MISHRA, S.; SHIVASWAMY, G. Recent advances in physical treatments of papaya fruit for postharvest quality retention: A review. **EFood**, v. 4, n. 2, p. e79, 2023. <https://doi.org/10.1002/efd2.79>. Disponível em: <https://iadns.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/efd2.79>. Acesso em: 15 ago. 2025.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. AGROFIT: Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários. Disponível em: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 19 ago. 2025.