INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE RONDÔNIA - IFRO
***CAMPUS* GUAJARÁ-MIRIM**
LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

LUCIDARIANE DIAS PARRIÃO

USO DE ÓLEO ESSENCIAL DE CRAVO *Syzygium aromaticum* E CHORUME NO CONTROLE DE *Lasiodiplodia* sp.

GUAJARÁ-MIRIM/RO
2026

LUCIDARIANE DIAS PARRIÃO

USO DE ÓLEO ESSENCIAL DE CRAVO *Syzygium aromaticum* E CHORUME NO CONTROLE DE *Lasiodiplodia* sp.

Artigo entregue como Trabalho de Conclusão de Curso ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO), *Campus* Guajará-Mirim/RO, como requisito parcial para obtenção do grau de licenciado, junto ao Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas, sob a orientação da Profa. Dra. Kally Alves de Sousa e coorientação da Profa. Dra. Elaine Oliveira Costa de Carvalho.

GUAJARÁ-MIRIM/RO
2026

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Gerador de Ficha Catalográfica do IFRO.

P261u
Parrião, Lucidariane Dias.

Uso de óleo essencial de cravo Syzygium aromaticum e chorume no controle de Lasiodiplodia sp. / Lucidariane Dias Parrião. - Guajará-Mirim, 2026.
27 f.

Orientador(a): Profª. Dra. Kally Alves de Sousa.

Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Ciências com Habilitação em Química ou Biologia) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia - IFRO, Guajará-Mirim, 2026.

1. Controle biológico.. 2. Sinergismo.. 3. Manejo sustentável.. 4. Fungo fitopatogênico.. I. Sousa, Kally Alves de (orient.). II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia - IFRO. III. Título.

CDD: 632.4

Bibliotecário(a) Responsável: Fernanda Leite Dias, CRB-11/909

LUCIDARIANE DIAS PARRIÃO

USO DE ÓLEO ESSENCIAL DE CRAVO *Syzygium aromaticum* E CHORUME NO CONTROLE DE *Lasiodiplodia* sp.

Artigo entregue como Trabalho de Conclusão de Curso ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO), *Campus* Guajará-Mirim/RO, como requisito parcial para obtenção do grau de licenciado, junto ao Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas, sob a orientação da Profa. Dra. Kally Alves de Sousa e coorientação da Profa. Dra. Elaine Oliveira Costa de Carvalho

Aprovado em: 15/04/2026 pela banca examinadora.

Documento assinado digitalmente
gov.br
KALLY ALVES DE SOUSA
Data: 12/10/2026 21:52:56-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

_____ _____

Profa. Dra. Kally Alves de Sousa (orientadora)
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO), *Campus* Guajará-Mirim

Documento assinado digitalmente
gov.br
ELAINE OLIVEIRA COSTA DE CARVALHO
Data: 16/10/2026 18:39:42-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

_____ _____

Profa. Dra. Elaine Oliveira Costa de Carvalho (coorientadora)
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO), *Campus* Guajará-Mirim

Documento assinado digitalmente
gov.br
PAULO PRATES JUNIOR
Data: 14/10/2026 12:18:24-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

_____ _____

Prof. Dr. Paulo Prates Júnior
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro (IFTM) *Campus* Paracatu

Documento assinado digitalmente
gov.br
JESSICA SILVA FELIX BASTOS FREIRE
Data: 16/10/2026 09:33:30-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

_____ _____

Dra. Jéssica Silva Felix Bastos Freire
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO), *Campus* Guajará-Mirim

USO DE ÓLEO ESSENCIAL DE CRAVO *Syzygium aromaticum* E CHORUME NO CONTROLE DE *Lasiodiplodia* sp.

RESUMO: As doenças fúngicas representam um desafio significativo para o manejo sustentável de culturas agrícolas tropicais. Este trabalho investigou uma alternativa para controlar o fungo fitopatogênico *Lasiodiplodia* sp., combinando óleo essencial de cravo-da-índia (*Syzygium aromaticum*, OE) e chorume de compostagem (CH). O fungo foi isolado de tecidos lenhosos de coqueiro infectados e sua virulência confirmada em mudas de açaí pelo postulado de Koch. Diferentes formulações com OE e CH foram testadas, com concentrações de OE variando entre 0,00-2,00 % (v/v) e de CH entre 0,00–50,00 % (v/v). Discos de micélio de *Lasiodiplodia* sp. foram cultivados em meio BDA (Agar Batata Dextrose) suplementado com as formulações e incubados a 25 °C. Os resultados demonstraram uma ação sinérgica eficaz nos blocos iniciais. Combinações de OE entre 0,30% e 1,0% (v/v) e de CH entre 8% e 50% (v/v) inibiram completamente o crescimento fúngico, permitindo reduzir a concentração de OE em até 6 vezes (de 1,70% para 0,30%) sem perda de eficácia. A concentração inibitória mínima (CIM) do OE isolado situou-se entre 0,50% e 1,00% (v/v). O chorume isolado (até 25% v/v) não inibiu o fungo, mas potencializou o efeito do OE, permitindo a administração de doses menores. Em diluições extremas (OE 1:100–1:200), a atividade antifúngica foi perdida. Essa combinação aponta benefícios econômicos e ambientais ao reduzir o uso de insumos e ao valorizar resíduos orgânicos. Assim, a associação entre óleo essencial de cravo e chorume revela-se uma abordagem promissora e sustentável para o manejo de fitopatógenos.

PALAVRAS-CHAVE: Controle biológico; Sinergismo; Manejo sustentável; Fungo fitopatogênico.

ABSTRACT: Fungal diseases represent a significant challenge for the sustainable management of tropical crops. This study investigated an alternative to control the phytopathogenic fungus *Lasiodiplodia* sp. by combining clove essential oil (*Syzygium aromaticum*, OE) and compost slurry (CH). We isolated the fungus from infected coconut woody tissues and confirmed its virulence in açaí seedlings using Koch's postulates. We tested different formulations containing OE (0.00–2.00% v/v) and CH (0.00–50.00% v/v). We cultured mycelial discs of *Lasiodiplodia* sp. on PDA medium supplemented with the formulations and incubated them at 25 °C. The results showed effective synergistic action in the initial blocks: combinations with OE concentrations between 0.30% and 1.0% (v/v) and CH between 8% and 50% (v/v) completely inhibited fungal growth, allowing a reduction of up to six times in the OE concentration (from 1.70% to 0.30%) without loss of efficacy. The minimum inhibitory concentration (MIC) of OE alone was between 0.50% and 1.00% (v/v). The slurry alone (up to 25% v/v) did not inhibit the fungus but potentiated the OE effect, enabling lower doses. At extreme dilutions (OE 1:100–1:200), antifungal activity was lost. This combination offers economic and environmental benefits by reducing input use and valorizing organic waste. Therefore, the association between clove essential oil and compost slurry emerges as a promising, sustainable approach to managing phytopathogens.

KEYWORDS: Biological control; Synergism; Sustainable management; Phytopathogenic fungus.

1 INTRODUÇÃO

O uso extensivo de fungicidas sintéticos na agricultura traz riscos ambientais e à saúde e tem acelerado a evolução da resistência fúngica, tornando o manejo de doenças cada vez mais difícil (Beckerman *et al.*, 2023; Alkemade *et al.*, 2025). Mudanças ambientais e fatores humanos ampliam a distribuição e a resistência de fungos patogênicos, reforçando a busca por alternativas sustentáveis (Chang *et al.*, 2021; George *et al.*, 2025). A abordagem tradicional de controle de patógenos, que utiliza fungicidas químicos, tem se mostrado ineficiente e prejudicial ao meio ambiente, como reforçam Locatelli *et al.*, 2015 e Vilela *et al.*, 2024.

Lasiodiplodia sp., especialmente *L. theobromae* (sin. *Botryodiplodia theobromae*), é um fitopatógeno polífago da família Botryosphaeriaceae, com distribuição cosmopolita em regiões tropicais e subtropicais e um amplo espectro de hospedeiros (mais de 500 espécies vegetais) (Punithalingam, 1980; Phillips *et al.*, 2013; Salvatore; Andolfi; Nicoletti, 2020). Esse fungo causa diversas doenças de grande impacto econômico, incluindo morte descendente (dieback), cancros de ramos e caule, gomose, podridão de frutos (em especial podridão peduncular ou *stem-end* rot), podridão de raízes, tizão foliar e, em alguns casos, podridão de sementes e de material de propagação (Punithalingam, 1980; Úrbez-Torres *et al.*, 2008; Phillips *et al.*, 2013). Entre as culturas agrícolas mais afetadas destacam-se cacau (*Theobroma cacao*), manga (*Mangifera indica*), mamão (*Carica papaya*), citros, uva (*Vitis vinifera*), caju (*Anacardium occidentale*), abacate (*Persea americana*), banana, coco, goiaba, anonáceas (graviola, pinha etc.), além de outras frutíferas tropicais e ornamentais (Johnson, 1993; Alves *et al.*, 2008; Marques *et al.*, 2013; Netto *et al.*, 2014; Alvindia; Gallema, 2017). Em condições de pós-colheita, a podridão de frutos causada por *L. theobromae* pode gerar perdas significativas de qualidade e comercialização (Alvindia; Gallema, 2017; Vilela *et al.*, 2024).

Em relação ao *Lasiodiplodia* sp., o controle químico isolado tem se mostrado ineficaz e ambientalmente problemático, uma vez que este fungo pode atuar como patógeno latente e assumir um comportamento agressivo sob condições de estresse, exigindo, portanto, um manejo integrado (Alves *et al.*, 2008; Phillips *et al.*, 2013; Peixinho; Ribeiro; Amorim, 2017; Salvatore; Andolfi; Nicoletti, 2020). A baixa eficiência de fungicidas na inibição de *Lasiodiplodia theobromae*, por exemplo, é um desafio já documentado, com estudos confirmando a pouca efetividade de diversos produtos na

germinação de conídios e controle pós-colheita (Alvindia; Gallema, 2017; Vilela *et al*., 2024). O fungo *L. theobromae* é um fitopatógeno que causa doenças em diversas culturas agrícolas, levando a perdas econômicas significativas (Oliveira *et al*., 2013; Zhang *et al*., 2014; Alvindia; Gallema, 2017; Peixinho; Ribeiro; Amorim, 2017; Vilela *et al*., 2024).

O uso de óleos essenciais e microrganismos no controle de fitopatógenos representa uma abordagem sustentável e de baixo impacto ambiental, alinhada aos princípios da agricultura sustentável, e tem ganhado destaque (Chang *et al*., 2021). Dentro dessa perspectiva, o uso de óleos essenciais e de chorume tem potencial para reduzir a dependência de substâncias químicas sintéticas, reduzindo os riscos de poluição do solo, da água e dos nutrientes (Scheuerell; Mahaffee, 2002; Fisher; Phillips, 2008). Essa estratégia traz benefícios não apenas para os agricultores, mas também para os ecossistemas e para a comunidade local (Pavela; Benelli, 2016; Chang *et al*., 2021). A união desses recursos naturais pode levar a uma abordagem mais eficiente e unificada no controle de doenças na agricultura, em consonância com os princípios da agricultura sustentável e da conservação do meio ambiente (Tongnuanchan e Benjakul, 2014; Vilela *et al*., 2024).

Assim, o presente trabalho buscou desenvolver métodos mais sustentáveis no contexto do biocontrole, utilizando produtos naturais, como o óleo essencial de cravo-da-índia (*Syzygium aromaticum*) e o chorume de compostagem, para o controle *in vitro* deste fungo (Joshi *et al*., 2009; Colmenarez *et al*., 2020; Cahyaningrum *et al*., 2025). A hipótese é que esses bioprodutos, isolados ou combinados, possuam propriedades antifúngicas capazes de inibir o crescimento de *Lasiodiplodia* sp.

A principal meta deste trabalho foi analisar e desenvolver formulações com óleo essencial e chorume para o controle do fitopatógeno *Lasiodiplodia* sp. Isso porque há evidências do potencial antifúngico dos óleos essenciais de orégano (*Origanum vulgare*), alecrim-pimenta (*Lippia sidoides*), canela (*Cinnamomum verum – casca*), cravo-da-índia (*Syzygium aromaticum*) e menta (*Mentha arvensis*) (Peixinho; Ribeiro; Amorim, 2017; Vilela *et al*., 2024). Dentre esses, o óleo essencial de cravo-da-índia destaca-se pelo elevado teor de eugenol (geralmente entre 70% e 90%), seu composto majoritário, ao qual se atribui a forte atividade antifúngica (Silvestri *et al*., 2010; Goñi *et al*., 2016; Haro-González *et al*., 2025; Sun *et al*., 2023). O eugenol atua principalmente por meio da desestabilização da membrana celular dos fungos, alterando sua permeabilidade e inibindo o crescimento micelial e a germinação de

esporos (Sun *et al*., 2023; de Oliveira Pereira *et al*., 2013). Estudos têm demonstrado a eficácia desse óleo essencial e de seu principal constituinte contra diversos fitopatógenos, incluindo espécies do gênero *Lasiodiplodia*, o que justifica sua seleção para o desenvolvimento das formulações propostas neste trabalho (Sun *et al*., 2023). A sua capacidade de eliminar patógenos alinha-se a práticas agrícolas mais sustentáveis, delimitando-se a ações que visam a adoção crescente de métodos que mitigam os efeitos ambientais da agricultura (Dhir, 2017; Chang *et al*., 2021). Enquanto os óleos essenciais são reconhecidos por suas propriedades antimicrobianas (Raveau *et al*., 2020; Vilela *et al*., 2024; Mawcha *et al*., 2024), o chorume, rico em nutrientes e compostos bioativos, pode fortalecer as plantas e contribuir para a supressão de fitopatógenos (Miceli *et al*., 2008; Mbogning *et al*., 2024). O chorume, quando aplicado em concentrações adequadas, pode exercer efeito supressivo sobre fitopatógenos, contribuindo para a redução da incidência de doenças em plantas, sendo esse efeito associado ao aumento da atividade microbiana e à presença de compostos antimicrobianos (Morales; Santos; Danner, 2007).

Além disso, a pesquisa busca explorar o potencial sinérgico entre o óleo essencial e o chorume, que podem atuar de forma complementar no controle do fungo. Essa combinação pode oferecer uma solução mais robusta e duradoura, reduzindo a necessidade de aplicações frequentes de insumos. Vale destacar que, até o momento, não foram encontrados estudos na região norte que explorem a sinergia entre óleos essenciais e chorume no controle de *Lasiodiplodia* sp., o que poderá tornar esta pesquisa uma importante contribuição para o campo da fitopatologia. Para além disso, a pesquisa é socialmente relevante, pois oferece soluções econômicas e ecológicas para pequenos agricultores, alinhadas às necessidades de manejo sustentável e à redução da dependência de pesticidas sintéticos, o que aponta os biopesticidas como ferramentas eficazes e ambientalmente seguras no manejo integrado de pragas (MIP) para proteger cultivos e reduzir impactos ambientais (Chang *et al*., 2021).

2 METODOLOGIA

2.1 Isolamento de Espécie do Complexo *Lasiodiplodia* sp.

O fungo fitopatogênico causador da podridão descendente (*Lasiodiplodia* sp.) foi isolado a partir de tecidos lenhosos de coqueiro (*Cocos nucifera* L.) com sintomas de infecção, coletados no bairro Jardim das Esmeraldas, em Guajará-Mirim (RO), em abril de 2025.

Para o isolamento do fungo, utilizou-se o método indireto, no qual foram retirados 20 fragmentos (5 × 5 mm) da região de transição entre tecido sadio e tecido necrosado. A desinfecção seguiu a seguinte sequência: água destilada, álcool 70 % (v/v) (1 min), hipoclorito de sódio 2 % (m/v) (2 min), três enxágues em água destilada esterilizada, concluindo com secagem em papel-filtro esterilizado durante 10 min. Os fragmentos desinfetados foram transferidos para placas contendo meio BDA (Agar Batata Dextrose) e incubados em BOD a 25 °C por 7 dias, até o pleno crescimento do fungo, de acordo com Alfenas e Mafia (2016).

Para a manutenção do isolado, o fungo foi repicado periodicamente em meio BDA e mantido em câmaras BOD a 25 °C, sendo transferido a cada 20–30 dias para preservar sua viabilidade. Para armazenamento de longo prazo, discos de micélio cultivados em meio BDA foram acondicionados em tubos contendo água destilada esterilizada (técnica de Castellani) e mantidos sob refrigeração a 4 °C, o que permitiu a conservação do isolado sem perda significativa de virulência (Castellani, 1939).

2.2 Preparo das Formulações

Neste estudo, quatro blocos experimentais com diferentes formulações foram preparados e testados (Tabela 1). As combinações de formulações foram estabelecidas com o propósito de avaliar os efeitos individuais e combinados dos componentes, em diferentes concentrações, sobre o crescimento de *Lasiodiplodia* sp. As concentrações nas formulações variaram de 0 a 1,70% (v/v) para o óleo essencial e de 0 a 50,0 % (v/v) para o chorume nos experimentos. As concentrações dos componentes da formulação foram determinadas com base na literatura (Morais *et al.*, 2019; Morales-Pizarro *et al.*, 2023; Tang *et al.*, 2025).

O óleo essencial, extraído dos botões florais de cravo-da-índia (*Syzygium aromaticum*), da marca Destilaria Bauru (R), empregado nas formulações, foi adquirido comercialmente. O composto dominante do óleo essencial é eugenol (84,0%

v/v). O óleo essencial foi esterilizado por filtração através de membrana Millipore de 0,22 µm. O chorume, outro componente da formulação, foi obtido como subproduto do processo de compostagem do projeto institucional “Resíduos Sólidos: coleta seletiva e geração de renda”. Foram construídas três composteiras em caixas d’água de 1.000 L, adaptadas para drenagem e aeração, estruturadas com camadas de folhas secas, esterco, resíduos orgânicos, maravalha e casca de café. Os resíduos frescos foram doados pelos Supermercados Irmãos Gonçalves; a casca de café, pelo Café Silin; e a maravalha e o esterco, por serrarias e pecuaristas locais. As composteiras foram umedecidas e revolvidas semanalmente durante três meses. O processo apresentou fases mesofílicas e termofílicas bem definidas, com temperaturas acima de 60 °C, indicando intensa atividade microbiana e eficiência na decomposição. Desse processo, os 3 L de chorume utilizados foram obtidos exclusivamente da caixa d’água 1. O material foi armazenado à temperatura ambiente (25–28°C) por 150 dias. Nos experimentos, o chorume foi submetido à filtração em três estágios para remoção de partículas e microrganismos contaminantes: primeiro, em papel de filtro comum (nº 103), seguido de filtro analítico e, finalmente, de membrana Millipore de 0,22 µm. foram incorporados ao meio BDA (batata-dextrose-ágar) ainda em estado líquido, antes da solidificação

Tabela 1. Composição das formulações testadas para inibir o crescimento de *Lasiodiplodia* sp.

FORMULAÇÕES	1º BLOCO EXPERIMENTAL		2º BLOCO EXPERIMENTAL		3º BLOCO EXPERIMENTAL		4º BLOCO EXPERIMENTAL	
	OE	CH	OE	CH	OE	CH	OE	CH
1	0,30	8,00	0,15	8,00	0,0015	0,80	0,003	8,00
2	1,70	8,00	0,85	8,00	0,0085	0,80	0,017	8,00
3	0,30	42,00	0,15	42,00	0,0015	4,20	0,003	42,00
4	1,70	42,00	0,85	42,00	0,0085	4,20	0,017	42,00
5	0,00	25,00	0,00	25,00	0,00	2,50	0,00	25,00
6	2,00	25,00	1,00	25,00	0,01	2,50	0,02	25,00
7	1,00	0,00	0,50	0,00	0,005	0,00	0,01	0,00
8	1,00	50,00	0,50	50,00	0,005	5,00	0,01	50,00
9	1,00	25,00	0,50	25,00	0,005	2,50	0,01	25,00

Legenda: OE: óleo essencial de cravo (*Syzygium aromaticum*); CH: chorume.
Fonte: elaborado pela autora (2025)

2.3 Testes *in vitro* de Atividade Antifúngica Micelial das Formulações

O impacto das formulações discriminadas na tabela anterior sobre o crescimento de *Lasiodiplodia* sp. foi avaliado. Os tratamentos foram incorporados ao meio BDA ainda em estado líquido, antes da solidificação, compondo uma solução com volume total de 100 mL por tratamento, incluindo o meio de cultura, o chorume e o óleo essencial nas proporções estabelecidas. Essa solução foi então distribuída em cinco placas de Petri, na alíquota de 20 mL por placa. Os testes de inibição do crescimento fúngico foram realizados por meio da inoculação de discos (8 mm de diâmetro) contendo micélio com 7 dias de crescimento, inseridos no centro das placas de cada tratamento. As placas foram incubadas em BOD a 25 °C por 3 dias para avaliar a capacidade antifúngica das formulações sobre o crescimento do fungo. Todos os experimentos foram conduzidos em quintuplicata. Os controles negativos foram compostos por placas com meio de cultura BDA puro (sem qualquer agente inibitório), enquanto os controles positivos continham nistatina na concentração final de 150 mg/L, incorporada ao meio BDA.

2.4 Avaliação da Virulência *de Lasiodiplodia* sp. (Postulado de Koch)

Para comprovar a patogenicidade do isolado de *Lasiodiplodia* sp. empregado nos ensaios de atividade antifúngica, foi realizado o teste baseado no Postulado de Koch (Koch, 1882; Woodward *et al.*, 2005). Foram selecionadas oito mudas de açaí (*Euterpe oleracea*), com aproximadamente 13 cm de altura, previamente padronizadas quanto ao tamanho e à sanidade. O caule de todas as mudas foi submetido à desinfestação superficial com álcool 70% (v/v) e, em seguida, lixado com lixa de granulação 230, de modo a provocar uma lesão superficial de aproximadamente 1 cm de comprimento. Em quatro mudas (grupo inoculado), foi depositado sobre a lesão um disco de 8 mm de diâmetro contendo micélio ativo do fungo, previamente cultivado em meio BDA por 7 dias a 25 °C. As quatro mudas restantes (grupo controle) receberam apenas o procedimento de lixamento e um disco de meio BDA estéril, sem micélio.

O local de inoculação foi protegido com filme plástico de PVC (policloreto de vinila) para evitar contaminações externas e manter o contato do inóculo com o tecido vegetal. Em seguida, cada muda foi envolvida individualmente com saco plástico transparente de 1 L, previamente umedecido internamente com água destilada

esterilizada, a fim de manter alta umidade relativa (> 90%) e favorecer a infecção (Alfenas; Mafia, 2016).

As plantas foram mantidas em estufa tipo telado, com estrutura de madeira e cobertura de telhas, e apresentaram laterais revestidas com tela plástica de malha fina (tipo mosquiteiro), que permitiu aeração e proteção contra insetos e partículas externas. As mudas foram dispostas em prateleira de 30 cm de largura, posicionada no interior da estufa, e permaneceram protegidas da incidência direta da radiação solar para evitar estresse hídrico e térmico que pudesse interferir no processo de infecção. Durante o período experimental (14 dias), a temperatura ambiente variou entre 22 e 28 °C, e a umidade relativa do ar foi monitorada diariamente. A avaliação da patogenicidade foi realizada por meio da inspeção visual dos sintomas e da medição do comprimento da lesão necrótica no caule, com observações aos 7 e 14 dias após a inoculação (Figura 1).

Figura 1. Experimentos do postulado de Koch em mudas de açaí *Euterpe oleracea* Engel.



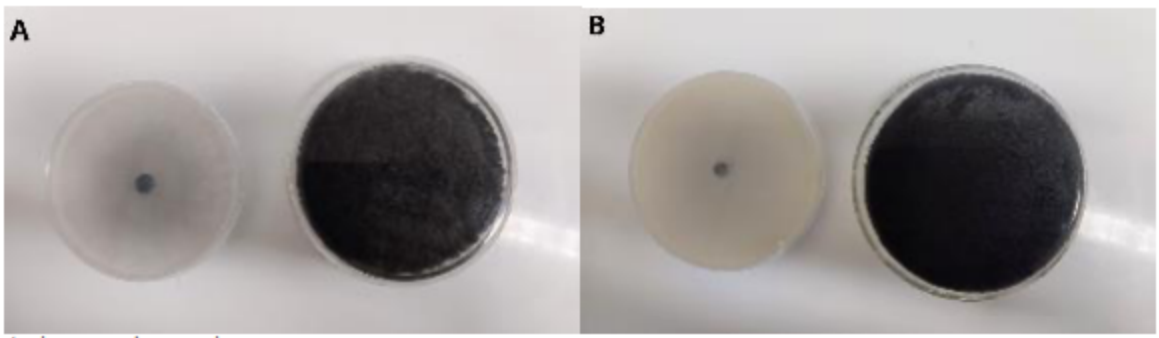
Fonte: imagens da pesquisa.
Legenda: (A) grupo controle, (B) grupo tratamento (inoculação do micélio), (C) apresenta o grupo controle após a aplicação do postulado de Koch, (D) apresenta o grupo de tratamento após a aplicação do postulado de Koch.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização Morfológica do Isolado

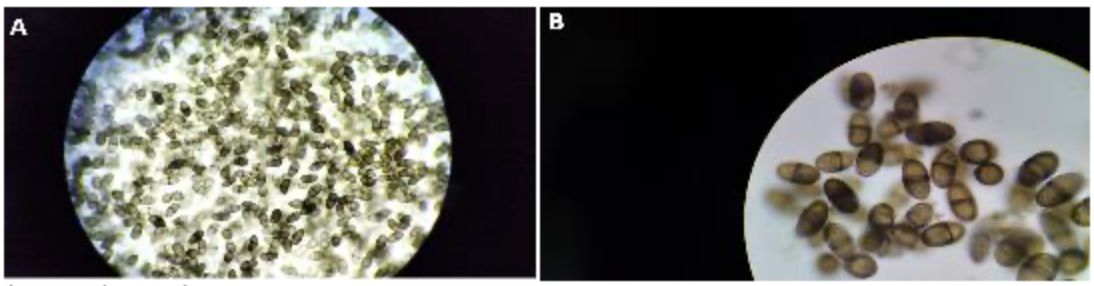
Após o período de incubação, observou-se o desenvolvimento de colônias fúngicas características em meio BDA. As colônias apresentaram crescimento aéreo abundante, inicialmente de coloração esbranquiçada que evoluiu para cinza-escuro a negro após 7-10 dias de incubação, com formação de micélio denso e algodonoso (Figura 2). A análise microscópica do isolado, realizada com base em estruturas fúngicas coletadas nas bordas das colônias, revelou características morfológicas compatíveis com espécies do complexo *Lasiodiplodia* sp. Observaram-se conídios elipsoides a oblongos, inicialmente hialinos e unicelulares, que amadurecem, tornando-se septados com um único septo transversal, e adquirem coloração marrom-escura. As dimensões médias dos conídios variaram entre 20 e 30 µm de comprimento por 10-15 µm de largura, apresentando parede espessa e superfície lisa. A presença de picnídios escuros foi observada em culturas mais antigas (após 10-14 dias), com liberação de massa conidial de coloração creme a bege (Figura 3).

Figura 2. Colônias isoladas de *Lasiodiplodia* sp.



Fonte: imagens da pesquisa.
Legenda: (A) Anverso da placa. (B) Reverso da placa.

Figura 3. Detalhe morfológico de conídios maduros septados e pigmentados de *Lasiodiplodia* sp., produzidos *in vitro* em meio de cultura ágar-batata-dextrose (BDA).



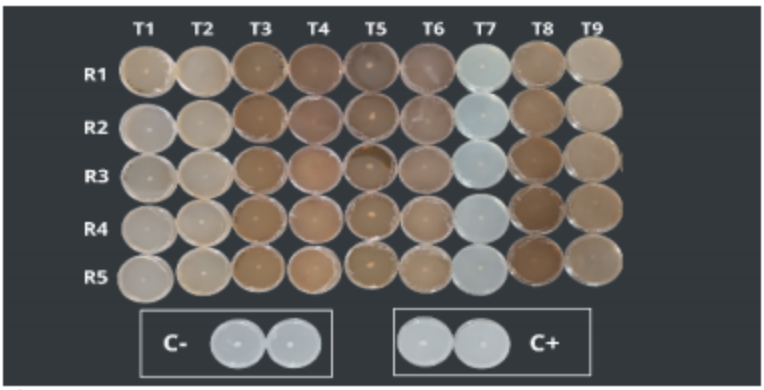
Fonte: imagens da pesquisa.
Legenda: (A) Objetiva de 400×. (B) Objetiva 1000X.

Essas características estão em conformidade com as descrições típicas do gênero *Lasiodiplodia*, cujas espécies frequentemente apresentam sobreposição morfológica, o que dificulta a identificação em nível específico com base apenas em caracteres morfológicos. Dessa forma, embora os dados obtidos sejam consistentes com o gênero, a confirmação da espécie requer análises moleculares complementares, uma vez que espécies crípticas neste complexo são comuns e exigem ferramentas filogenéticas para sua diferenciação (Phillips *et al.*, 2013; Souza *et al.*, 2021).

3.2 Efeito Antifúngico das Combinações de Óleo Essencial e Chorume

Os experimentos foram conduzidos em quatro blocos sequenciais para avaliar a eficiência das combinações de óleo essencial (OE) e chorume (CH) na inibição do crescimento do fungo *Lasiodiplodia* sp. (Figura 4).

Figura 4. Inoculação fúngica inicial com combinações de óleo essencial de cravo-da-índia (*Syzygium aromaticum*) e de chorume contra o crescimento de *Lasiodiplodia* sp.



Fonte: imagens da pesquisa.
Legenda: Avaliação inicial da atividade antifúngica de combinações de óleo essencial (OE) e chorume (CH) sobre o crescimento de *Lasiodiplodia* sp. no dia da inoculação. Esta imagem ilustra os nove tratamentos, com composições variando de 0,00 a 2,00% (v/v) de OE e de 0,00 a 50,00% (v/v) de CH.

No primeiro bloco de experimentos (Tabela 2), diferentes combinações de OE e CH demonstraram efeitos inibitórios sobre o fungo. Foram observadas inibições com concentrações de OE entre 0,30% (v/v) e 2,0% (v/v), combinadas com CH na faixa de 8,0% (v/v) a 50% (v/v). Ao manter a concentração de CH constante em 8% (v/v) (Experimentos T1 e T2) ou 42% (v/v) (Experimentos T3 e T4), uma redução de aproximadamente seis vezes na concentração de OE ainda foi capaz de impedir o desenvolvimento do fungo. Nos Experimentos T8 e T9, uma redução de 50% na concentração de OE foi suficiente para manter a inibição, independentemente da concentração de CH utilizada. No Experimento T6, a redução da concentração de OE

de 2% (v/v) para 1% (v/v), mantendo o CH em 25% (v/v), preservou a eficácia na inibição do crescimento fúngico. Já o uso isolado de CH a 25% (v/v) (Experimento T5) não inibiu o crescimento do fungo; em contrapartida, o uso isolado de OE, em concentrações a partir de 1,0% (v/v), inibiu o crescimento de *Lasiodiplodia* sp.

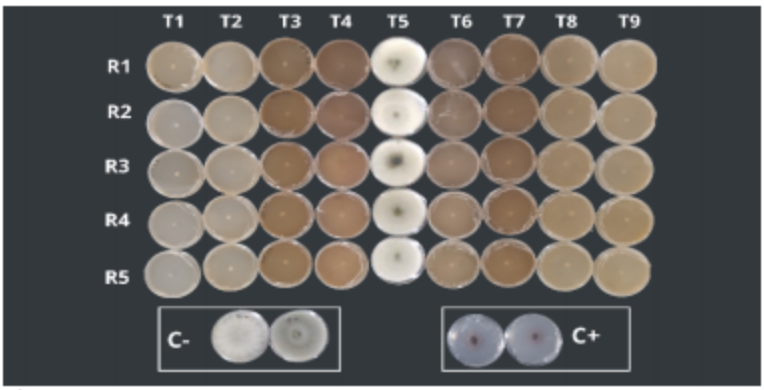
Tabela 2. Resultado do 1º Bloco Experimental - impacto das formulações no crescimento de *Lasiodiplodia* sp.

1º Bloco Experimental	Concentrações dos Componentes das Formulações (%v/v)		Crescimento de *Lasiodiplodia* sp.
	OE	CH	
T1	0,30	8,00	-
T2	1,70	8,00	-
T3	0,30	42,00	-
T4	1,70	42,00	-
T5	0,00	25,00	+
T6	2,00	25,00	-
T7	1,00	0,00	-
T8	1,00	50,00	-
T9	1,00	25,00	-

Legenda: (-) inibição do fungo; (+) crescimento do fungo

A Figura 5 ilustra o efeito visual das combinações do 1º Bloco Experimental no crescimento de *Lasiodiplodia* sp.

Figura 5. Efeito de combinações de óleo essencial e chorume na inibição do crescimento de *Lasiodiplodia* sp. após 3 dias de incubação - 1º Bloco Experimental.



Fonte: imagens da pesquisa.
Legenda: T1 a T9: Tratamentos 1 a 9, conforme a Tabela 2. R1 a R5: repetições de cada tratamento experimental. Controles negativos (C-): meio de cultura BDA sem qualquer agente inibitório. Controles positivos (C+): meio de cultura BDA com nistatina a 150 mg/L.

De modo análogo, no segundo bloco de experimentos (Tabela 3), os efeitos inibitórios das combinações de OE e CH foram mantidos, mesmo com reduções aproximadas à metade nas concentrações de OE. Mantendo CH em 8% (v/v) (Experimentos T1 e T2) ou em 42% (v/v) (Experimentos T5 e T6), as reduções nas concentrações de OE continuaram eficazes. Nos Experimentos T8 e T9, uma redução de 50% na concentração de OE impediu o crescimento, e, no Experimento T6, a redução de 2% (v/v) para 1% (v/v) em OE, com CH a 25% (v/v), não alterou a inibição. Os Experimentos T5 (uso isolado de CH a 25% v/v) e T7 (uso isolado de OE a 0,50% v/v) não apresentaram efeito inibitório, reforçando que a concentração inibitória mínima (CIM) do OE, quando empregado isoladamente, situa-se entre 0,50% e 1,0% (v/v).

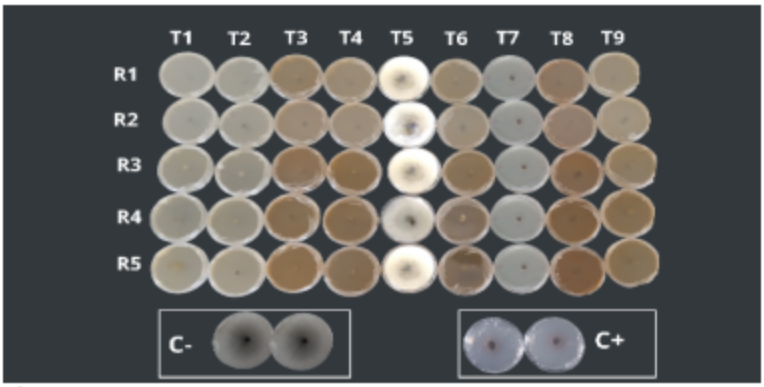
Tabela 3. Resultado do 2º Bloco Experimental - impacto das formulações no crescimento de *Lasiodiplodia* sp.

2º Bloco Experimental	Concentrações dos Componentes das Formulações (%v/v)		Crescimento de *Lasiodiplodia* sp.
	OE	CH	
1	0,15	8,00	-
2	0,85	8,00	-
3	0,15	42,00	-
4	0,85	42,00	-
5	0,00	25,00	+
6	1,00	25,00	-
7	0,50	0,00	+
8	0,50	50,00	-
9	0,50	25,00	-

Legenda: (-) inibição do fungo; (+) crescimento do fungo

A Figura 6 ilustra o efeito visual das combinações do 2º Bloco Experimental no crescimento de *Lasiodiplodia* sp.

Figura 6. Efeito de combinações de óleo essencial e chorume na inibição do crescimento de *Lasiodiplodia* sp. após 3 dias de incubação - 2º Bloco Experimental.



Fonte: imagens da pesquisa.
Legenda: T1 a T9: Tratamentos 1 a 9, conforme a Tabela 3. R1 a R5: repetições de cada tratamento experimental. Controles negativos (C-): meio de cultura BDA sem qualquer agente inibitório. Controles positivos (C+): meio de cultura BDA com nistatina a 150 mg/L.

Estudos demonstram que óleos essenciais, como os de orégano (*Origanum vulgare*), alecrim-pimenta (*Lippia sidoides*), canela (*Cinnamomum verum*) e cravo (*Syzygium aromaticum*), apresentam efeito inibitório sobre fungos fitopatogênicos, com concentração inibitória mínima (CIM) variando entre 250 e 2.000 µL/L (Vilela *et al*., 2024). Para o óleo de menta (*Mentha arvensis*), a inibição de 100% do crescimento micelial de *L. theobromae* foi observada em todas as concentrações testadas (0,25% a 2,0% v/v) (Peixinho; Ribeiro; Amorim, 2017). A eficácia dos óleos essenciais é, portanto, dose-dependente e varia conforme a espécie fúngica e o óleo utilizado.

A sinergia entre OE e CH foi identificada nos dois primeiros blocos de experimentos, uma vez que o uso isolado de CH, nas concentrações de 25% (v/v), ou de OE, em concentrações de até 0,50% (v/v), não foi capaz de controlar o fungo. Os achados experimentais estão de acordo com relatos de que a associação de óleos essenciais a outros compostos orgânicos pode potencializar o efeito antifúngico (Peixinho; Ribeiro; Amorim, 2017; Anjos *et al*., 2014; Vilela *et al*., 2024).

A determinação da concentração inibitória mínima (CIM) do OE entre 0,50% e 1,0% (v/v) está alinhada com achados da literatura, nos quais óleos essenciais de espécies como alecrim-pimenta (*Lippia sidoides*), erva-de-jabuti (*Lippia gracilis*) e cravo (*Syzygium aromaticum*) inibiram completamente o crescimento micelial de *Lasiodiplodia* sp. em faixas de concentração semelhantes. Da mesma forma, óleos de canela (*Cinnamomum verum*), orégano (*Origanum vulgare*) e cravo (*Syzygium aromaticum*) apresentaram efeitos inibitórios contra patógenos pós-colheita em concentrações equivalentes às utilizadas nos primeiros blocos deste trabalho (Anjos *et al*., 2014; Cahyaningrum *et al*., 2025; Vilela *et al*., 2024).

No 3º bloco de experimentos, no qual foram aplicadas diluições de 200x para OE e de 10x para CH em relação às concentrações do 1º bloco, nenhuma das combinações foi capaz de inibir o crescimento do fungo, indicando perda total da atividade inibitória em diluições elevadas (Tabela 4).

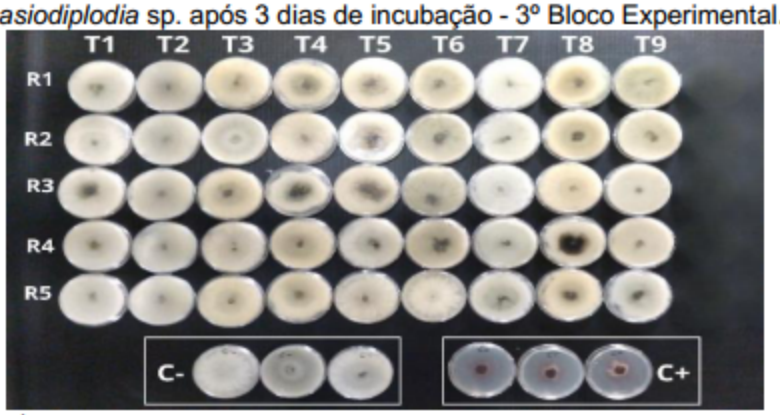
Tabela 4. Resultado do 3º Bloco Experimental - impacto das formulações no crescimento de *Lasiodiplodia* sp.

3º Bloco Experimental	Concentrações dos Componentes das Formulações (% v/v)		Crescimento de *Lasiodiplodia* sp.
	OE	CH	
1	0,0015	0,80	+
2	0,0085	0,80	+
3	0,0015	4,20	+
4	0,0085	4,20	+
5	0,00	2,50	+
6	0,01	2,50	+
7	0,005	0,00	+
8	0,005	5,00	+
9	0,005	2,50	+

Legenda: (-) inibição do fungo; (+) crescimento do fungo

A Figura 7 ilustra o efeito visual das combinações do 3º Bloco Experimental sob o crescimento de *Lasiodiplodia* sp.

Figura 7. Efeito de combinações de óleo essencial e chorume na inibição do crescimento de *Lasiodiplodia* sp. após 3 dias de incubação - 3º Bloco Experimental.



Fonte: imagens da pesquisa.
Legenda: T1 a T9: Tratamentos 1 a 9, conforme a Tabela 4. R1 a R5: repetições de cada tratamento experimental. Controles negativos (C-): meio de cultura BDA sem qualquer agente inibitório. Controles positivos (C+): meio de cultura BDA com nistatina a 150 mg/L.

No 4º bloco de experimentos, com diluição de OE em 100x no meio de cultivo, em relação às diluições do 1º bloco, a atividade inibitória das combinações também não foi mantida, o que demonstra que diluições sucessivas de OE comprometem o efeito antifúngico, mesmo na presença de CH (Tabela 5).

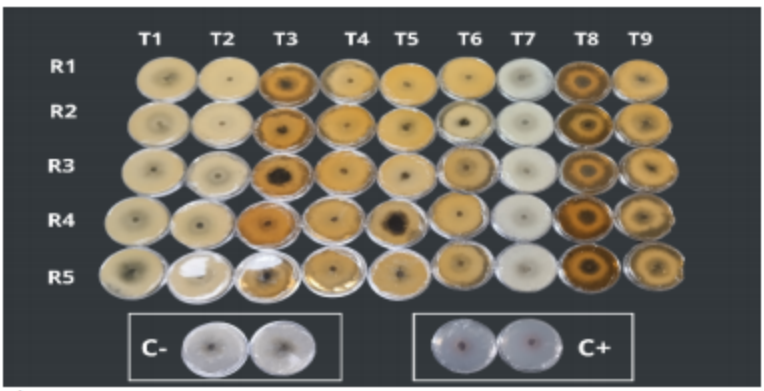
Tabela 5. Resultado do 4º Bloco Experimental - impacto das formulações no crescimento de *Lasiodiplodia* sp.

4º Bloco Experimental	Concentrações dos Componentes das Formulações (% v/v)		Crescimento de *Lasiodiplodia* sp.
	OE	CH	
1	0,003	8,00	+
2	0,017	8,00	+
3	0,003	42,00	+
4	0,017	42,00	+
5	0,00	25,00	+
6	0,02	25,00	+
7	0,01	0,00	+
8	0,01	50,00	+
9	0,01	25,00	+

Legenda: (-) inibição do fungo; (+) crescimento do fungo.

A Figura 8 ilustra o efeito visual das combinações do 4º Bloco Experimental sob o crescimento de *Lasiodiplodia* sp.

Figura 8. Efeito de combinações de óleo essencial e chorume na inibição do crescimento de *Lasiodiplodia* sp. após 3 dias de incubação - 4º Bloco Experimental.



Fonte: imagens da pesquisa.
Legenda: T1 a T9: Tratamentos 1 a 9, conforme a Tabela 5. R1 a R5: repetições de cada tratamento experimental. Controles negativos (C-): meio de cultura BDA sem qualquer agente inibitório. Controles positivos (C+): meio de cultura BDA com nistatina a 150 mg/L.

Assim, em todos os blocos, na ausência de OE, concentrações de CH entre 2,5% e 25% (v/v) no meio de cultura não inibiram o crescimento fúngico. Da mesma forma, na ausência de CH, concentrações de OE inferiores a 1,0% (v/v) também não apresentaram efeito inibitório. A literatura reforça que a eficácia dos óleos essenciais depende fortemente da concentração e que concentrações muito baixas tendem a perder o efeito antifúngico. Além disso, estudos com óleos, como o de nim (*Azadirachta indica* L.), e com extratos naturais indicam que doses reduzidas frequentemente apresentam efeito limitado, corroborando a necessidade de manter o OE dentro de uma faixa adequada de concentração para garantir a eficácia (Peixinho; Ribeiro; Amorim, 2017; Machado; Vieira; Machado, 2015).

O efeito do óleo de nim sobre *Lasiodiplodia theobromae* e *Colletotrichum gloeosporioides* em manga foi avaliado, observando-se que apenas a maior concentração testada (64 $mL \cdot L^{-1}$) apresentou eficácia no controle de ambos os fungos, enquanto concentrações inferiores (4, 8, 16 e 32 $mL \cdot L^{-1}$) não foram suficientes para inibir o crescimento micelial, reforçando o caráter dose-dependente da atividade antifúngica (Machado; Vieira; Machado, 2015).

Já o óleo essencial de menta (*Mentha arvensis*) inibiu 100% do crescimento micelial de *L. theobromae in vitro* em todas as concentrações testadas (0,25%; 0,5%; 1,0%; 1,5%; 2,0%). No entanto, quando avaliado *in vivo* em cachos de uva 'Itália', o óleo de menta apresentou eficácia limitada: no tratamento curativo, apenas a concentração de 0,25% reduziu a incidência da doença (88% de bagas infectadas, ante 100% nos demais tratamentos), enquanto no tratamento preventivo, a concentração de 0,5% proporcionou melhor resultado, com índice de doença de 73,7% em comparação aos 98% da testemunha (Peixinho; Ribeiro; Amorim, 2017).

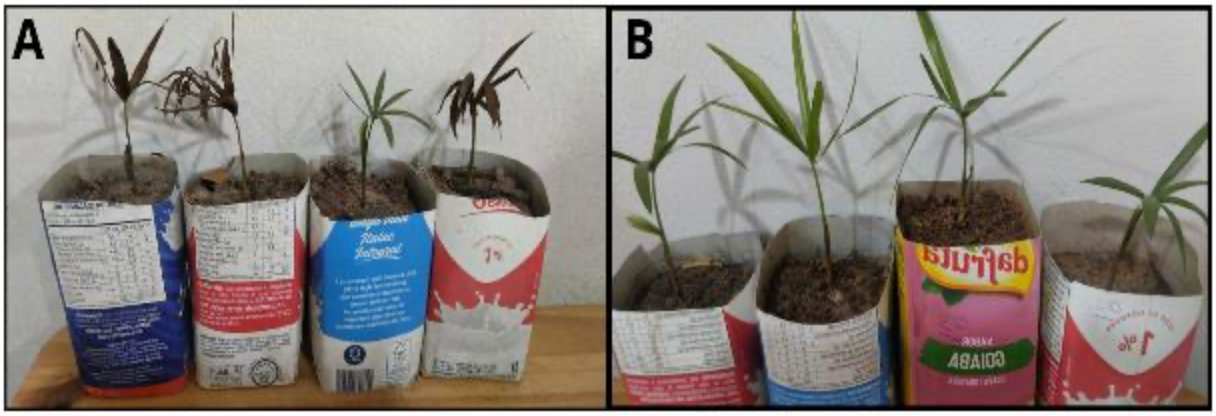
A perda de atividade em diluições extremas também reforça a importância de otimizar as proporções entre OE e CH para um ponto ótimo de sinergia. As diluições foram realizadas a partir das concentrações estabelecidas no 1º bloco experimental, aplicando-se fatores de diluição de 200x para o OE e 10x para o CH (3º bloco) e de 100x para o OE (4º bloco), o que resultou em concentrações finais de OE entre 0,003% e 0,017% (v/v) e de CH entre 2,5% e 50,8% (v/v), conforme as Tabelas 4 e 5. Essas concentrações ficaram abaixo da janela de sinergia identificada nos blocos iniciais, resultando na perda completa da atividade antifúngica. A associação de óleos essenciais com outros compostos pode resultar em efeitos sinérgicos vantajosos, permitindo a redução das doses sem perda de eficiência, mas desde que as

concentrações se mantenham dentro de limites efetivos. Os dados do presente estudo indicam que essa janela de sinergia está situada nas faixas de concentração testadas nos primeiros blocos, enquanto as diluições dos terceiro e quarto blocos ultrapassaram esse limite, resultando em perda de eficácia (Anjos *et al.*, 2014; Vilela *et al.*, 2024).

3.3 Patogenicidade do Isolado em Mudas de Açaí (*Euterpe oleracea* Engel)

Os resultados obtidos no teste de patogenicidade, baseado nos postulados de Koch, demonstram que o isolado de *Lasiodiplodia* sp. apresenta elevada virulência em mudas de açaí, sendo capaz de induzir sintomas típicos de necrose e evoluir para a mortalidade das plantas em curto prazo (Figura 9).

Figura 9. Avaliação do postulado de Koch aos 14 dias após a inoculação.



Fonte: imagens da pesquisa.
Legenda: (A) grupo controle, (B) grupo tratamento (inoculação do micélio)

A mortalidade de 3 das 4 mudas inoculadas (75%) aos 14 dias após a inoculação indica virulência significativa do isolado testado. Esse resultado está de acordo com a literatura, que descreve *Lasiodiplodia theobromae* como patógeno latente de ampla gama de hospedeiros, cuja transição para comportamento patogênico é frequentemente desencadeada por condições de estresse do hospedeiro (Salvatore; Andolfi; Nicoletti, 2020). A sobrevivência de uma muda, embora não seja o padrão, pode ser atribuída à variabilidade individual na resistência da planta ou a possíveis falhas no processo de inoculação, o que é comum em testes de patogenicidade e reforça a necessidade de repetições adequadas (Souza *et al.*, 2021). A sobrevivência de uma muda, embora não seja o padrão, pode ser atribuída à variabilidade individual na resistência da planta ou a possíveis falhas no processo de

inoculação, o que é comum em testes de patogenicidade e reforça a necessidade de repetições adequadas (Souza *et al*., 2021).

A ausência de sintomas nas mudas-controle valida o delineamento experimental e atende aos postulados de Koch, confirmando que os sintomas observados decorrem exclusivamente da ação do patógeno inoculado. A reprodução consistente dos sintomas apenas na presença do patógeno é um princípio fundamental para a comprovação da patogenicidade, o que foi atendido no presente estudo. Além disso, o método de inoculação empregado (lixamento do caule, seguido da aplicação de disco micelial e da proteção com filme de PVC) mostrou-se eficaz para induzir a doença, alinhando-se a protocolos descritos na literatura para fungos do gênero *Lasiodiplodia* (Souza *et al*., 2021).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo avaliou, em condições *in vitro*, a eficácia do óleo essencial de cravo-da-índia (*Syzygium aromaticum*) e do chorume de compostagem, isolados e em combinação, no controle do crescimento micelial de *Lasiodiplodia* sp. Os resultados demonstraram que a associação entre os dois insumos promoveu um efeito sinérgico nos blocos iniciais, permitindo reduzir a concentração do óleo essencial em até 6 vezes, sem perda da atividade antifúngica, quando combinada com chorume nas concentrações de 8% a 50% (v/v).

A concentração inibitória mínima (CIM) do óleo essencial isolado foi estabelecida entre 0,50% e 1,00% (v/v), enquanto o chorume isolado, nas concentrações testadas (até 25% v/v), não apresentou efeito inibitório direto sobre o fungo. Diluições extremas do óleo essencial (1:100 e 1:200) resultaram na perda completa da atividade, indicando que a eficácia antifúngica é dose-dependente e que a sinergia observada ocorre em uma janela específica de concentrações.

Os resultados obtidos confirmaram a hipótese inicial de que a combinação entre óleo essencial de cravo e chorume pode potencializar a atividade antifúngica contra *Lasiodiplodia* sp., o que oferece uma abordagem promissora para futuras investigações. No entanto, ressalta-se que as conclusões deste estudo estão restritas às condições experimentais *in vitro*.

Dessa forma, este estudo forneceu subsídios iniciais para o desenvolvimento de estratégias de manejo de *Lasiodiplodia* sp. baseadas no uso combinado de recursos naturais, alinhadas aos princípios de redução do uso de insumos sintéticos e de valorização de resíduos orgânicos, contribuindo para a construção de alternativas mais sustentáveis na agricultura.

5 AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, ao Criador, ao meu marido, Gessimo Silva Júnior, e à minha família, pelo amor, apoio, incentivo, compreensão e por estarem ao meu lado durante toda esta caminhada acadêmica. À Profa. Dra. Kally Alves de Sousa, pela orientação, dedicação e pelas contribuições fundamentais para o desenvolvimento desta pesquisa. Ao Prof. Dr. Paulo Prates Júnior, pelo apoio e pelas valiosas contribuições ao longo deste trabalho. Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO), pelo apoio financeiro e pela concessão da bolsa por meio do Edital nº 7/2024/REIT/PROPESP/IFRO, que possibilitaram a realização desta pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALFENAS, A. C.; MAFIA, R. G. **Métodos em fitopatologia**. 2. ed. Viçosa: Editora UFV, 2016. 516 p.

ALKEMADE, J. A. *et al*. Learning from fungicide resistance: evolutionary insights to guide RNAi-based control of fungal crop pathogens. **Fungal Biology Reviews**, v. 53, p. 100443, 2025. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.fbr.2025.100443. Acesso em: 05 dez. 2025.

ALVES, A.; CROUS, P. W.; CORREIA, A.; PHILLIPS, A. J. L. Morphological and molecular data reveal cryptic speciation in *Lasiodiplodia theobromae*. **Fungal Diversity**, v. 28, p. 1-13, 2008. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s13225-008-0008-1. Acesso em: 12 fev. 2026.

ALVINDIA, D. G.; GALLEMA, F. L. M. *Lasiodiplodia theobromae* causes vascular streak dieback (VSD)-like symptoms of cacao in Davao Region, Philippines. **Australasian Plant Pathology**, v. 46, p. 1-5, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s13314-017-0279-9. Acesso em: 20 jan. 2026.

ANJOS, J. R. N. *et al*. Effect of essential oils on *in vitro* control of *Lasiodiplodia theobromae*. **Acta Horticulturae**, v. 1198, p. 55-60, 2014. Disponível em: https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2018.1198.8. Acesso em: 16 ago. 2025.

BECKERMAN, J.; PALMER, C.; TEDFORD, E.; YPEMA, H. Fifty years of fungicide development, deployment, and future use. **Phytopathology**, v. 113, p. 694-706, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.1094/PHYTO-10-22-0380-KC. Acesso em: 10 jan. 2026.

CAHYANINGRUM, H. *et al*. Potential of essential oils in suppressing *Lasiodiplodia theobromae*, the causal agent of citrus stem rot disease. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, v. 1572, p. 012050, 2025. Disponível em: https://doi.org/10.1088/1755-1315/1572/1/012050. Acesso em: 06 set. 2025.

CASTELLANI, A. The viability of some pathogenic fungi in distilled water. **Journal of Tropical Medicine and Hygiene**, v. 42, p. 225-226, 1939.

CHANG, Y.; HARMON, P. F.; TREADWELL, D. D.; CARRILLO, D.; SARKHOSH, A.; BRECHT, J. Biocontrol potential of essential oils in organic horticulture systems: from farm to fork. **Frontiers in Nutrition**, v. 8, p. 805138, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.3389/fnut.2021.805138. Acesso em: 03 jan. 2026.

COLMENAREZ, Y.; VASQUEZ, C.; FIDELIS, E. G.; CORNIANI, N. Biological control as a key tool for the management of invasive species in Latin America and the Caribbean. In: CHONG, P. A.; NEWMAN, D. J.; STEINMACHER, D. A. (ed.). **Agricultural, forestry and bioindustry biotechnology and biodiscovery**. Cham: Springer Nature Switzerland AG, 2020. p. 357-386. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-030-51358-0_18. Acesso em: 02 out. 2025.

DE OLIVEIRA PEREIRA, F.; MENDES, J. M.; DE OLIVEIRA LIMA, E. Investigation on mechanism of antifungal activity of eugenol against *Trichophyton rubrum*. **Medical Mycology**, v. 51, n. 5, p. 507-513, 2013. Disponível em: https://doi.org/10.3109/13693786.2012.742966. Acesso em: 12 jan. 2026.

DHIR, B. Biofertilizers and biopesticides: eco-friendly biological agents. In: **Advances in environmental biotechnology**. [S.l.]: Springer, 2017. p. 167-188. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-981-10-4041-2_10. Acesso em: 12 nov. 2025.

FISHER, K.; PHILLIPS, C. A. Potential antimicrobial uses of essential oils in food: is citrus the answer? **Trends in Food Science & Technology**, v. 19, n. 3, p. 156-164, 2008. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.tifs.2007.09.004. Acesso em: 11 dez. 2025.

GEORGE, M. E.; GAITOR, T. T.; CLUCK, D. B.; HENAO-MARTÍNEZ, A. F.; SELLS, N. R.; CHASTAIN, D. B. The impact of climate change on the epidemiology of fungal infections. **Therapeutic Advances in Infectious Disease**, v. 12, p. 1-24, 2025. Disponível em: https://doi.org/10.1177/20499361251313841. Acesso em: 11 set. 2025.

GOÑI, M. G.; ROURA, S. I.; PONCE, A. G.; MOREIRA, M. R. Clove (*Syzygium aromaticum*) oils. In: **Essential oils in food preservation, flavor and safety**. 1. ed. [S.l.]: Elsevier, 2016. Cap. 39. Disponível em: https://doi.org/10.1016/B978-0-12-416641-7.00039-0. Acesso em: 10 dez. 2025.

HARO-GONZÁLEZ, J. N.; BARBOSA-NUÑEZ, J. A.; CASTILLO-HERRERA, G. A.; ESTARRÓN-ESPINOSA, M.; HERRERA-RODRÍGUEZ, S. E.; ESPINOSA-ANDREWS, H.; ÁLVAREZ, Á. H.; MARTÍNEZ-VELÁZQUEZ, M. Clove essential oil and its major component, eugenol: a comparative study of their *in vitro* antioxidant and anticancer properties. **Natural Product Research**, v. 39, n. 18, p. 5395-5402, 2025. Disponível em: https://doi.org/10.1080/14786419.2024.2404658. Acesso em: 10 jan. 2026.

JOHNSON, G. I.; COOKE, T.; MEAD, A. Infection and quiescence of mango stem-end rot pathogens. **Acta Horticulturae**, v. 341, p. 329-336, 1993. Disponível em: https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1993.341.37. Acesso em: 20 jan. 2026.

JOSHI, D.; HOODA, K. S.; BHATT, J. C.; MINA, B. L.; GUPTA, H. S. Suppressive effects of composts on soil-borne and foliar diseases of French bean in the western Himalayas. **Crop Protection**, v. 28, n. 7, p. 608-615, 2009. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.cropro.2009.03.009. Acesso em: 12 jan. 2026.

KOCH, R. Die Aetiologie der Tuberculose. **Berliner Klinische Wochenschrift**, v. 19, p. 221-230, 1882.

LOCATELLI, T.; FREIRE, M. G. M.; SOUZA, C. L. M. de; MUSSI-DIAS, V. Toxicidade de fungicidas no crescimento e germinação *in vitro* do fungo *Lasiodiplodia theobromae*. **Revista Científica Rural**, Campos dos Goytacazes, v. 20, n. 2, p. 9-22, 2015. Disponível em: https://doi.org/10.25242/88685172015678. Acesso em: 15 out. 2025.

MACHADO, P. P.; VIEIRA, G. H. C.; MACHADO, R. A. Uso da própolis e óleo de nim no controle dos fungos *Lasiodiplodia theobromae* e *Colletotrichum gloeosporioides*, principais patógenos que acometem os frutos da manga. **Agrarian**, v. 8, n. 29, p. 222-229, 2015. Disponível em: https://doi.org/10.32404/real.v2i4.653. Acesso em: 20 nov. 2025.

MARQUES, M. W.; LIMA, N. B.; DE MORAIS JÚNIOR, M. A.; BARBOSA, M. A. G.; SOUZA, B. O.; MICHEREFF, S. J.; PHILLIPS, A. J. L.; CÂMARA, M. P. S. Species of *Lasiodiplodia* associated with mango in Brazil. **Fungal Diversity**, v. 61, n. 1, p. 181-193, 2013. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s13225-013-0231-z. Acesso em: 20 jan. 2026.

MAWCHA, A. B.; BHATTACHARYYA, J.; JHA, D.; PAL, A.; GUPTA, S.; JENA, K. K.; BHUYAN, S.; KUMAR, S. Biopesticides for sustainable agriculture: a review. **Frontiers in Microbiology**, v. 15, p. 1425392, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1425392. Acesso em: 12 jan. 2026.

MBOGNING, S. *et al*. Synergistic interplay between arbuscular mycorrhizal fungi and fern manure compost tea suppresses common tomato phytopathogens and pest attacks on-farm. **Frontiers in Horticulture**, v. 2, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.3389/fhort.2024.1253616. Acesso em: 02 fev. 2026.

MICELI, F. A. G. *et al*. Formulation of a liquid fertilizer for sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) using vermicompost leachate. **Bioresource Technology**, v. 99, n. 14, p. 6174-6180, 2008. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.12.043. Acesso em: 12 dez. 2025.

MORAIS, A. C. et al. Ação do óleo essencial de citronela (*Cymbopogon nardus* L.) sobre o patógeno *Lasiodiplodia theobromae* em cachos de videira cv. Itália. **Summa Phytopathologica**, v. 45, n. 3, p. 273-278, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.1590/0100-5405/206511. Acesso em: 05 jan. 2026.

MORALES, R. G. F.; SANTOS, I. dos; DANNER, M. A. Efeito do chorume líquido de suínos na podridão do colo e tombamento de plântulas de feijoeiro causadas por *Sclerotium rolfsii*. **Fitopatologia Brasileira**, v. 32, n. 5, p. 429-433, 2007. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S0100-41582007000500008. Acesso em: 12 jan. 2026.

MORALES-PIZARRO, A.; NEIRA-ROJAS, J.; SAAVEDRA-ALBERCA, E.; ZAPATEL-SIME, K.; ÁLVAREZ BERNAOLA, L.; PEÑA-CASTILLO, R.; AGUILAR-ANCCOA, R.; GALECIO-JULCA, M.; JAVIER-ALVA, J. Sustainable alternatives for the control of *Lasiodiplodia theobromae* (Pat.) Griffon & Maubl in mango. **Tropical and Subtropical Agroecosystems**, v. 27, n. 1, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.56369/tsaes.4839. Acesso em: 20 nov. 2025.

NETTO, M. S. B.; ASSUNÇÃO, I. P.; LIMA, G. S. A.; MARQUES, M. W.; LIMA, W. G.; MONTEIRO, J. H. A.; BALBINO, V. Q.; MICHEREFF, S. J.; PHILLIPS, A. J. L.; CÂMARA, M. P. S. Species of *Lasiodiplodia* associated with papaya stem-end rot in

Brazil. **Fungal Diversity**, v. 67, n. 1, p. 127-141, 2014. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s13225-014-0279-4. Acesso em: 22 jan. 2026.

OLIVEIRA, M. Z. A.; PRATES, P. J.; BARBOSA, C. de J.; ASSMAR, C. C. **Fungo *Lasiodiplodia theobromae*: um problema para a agricultura baiana**. Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2013. Disponível em: https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/962191/1/FungoLasiodiplodiatheobromae.pdf. Acesso em: 23 nov. 2025.

PAVELA, R.; BENELLI, G. Essential oils as ecofriendly biopesticides? Challenges and constraints. **Trends in Plant Science**, v. 21, n. 12, p. 1000-1007, 2016. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.tplants.2016.10.005. Acesso em: 02 mar. 2026.

PEIXINHO, G. de S.; RIBEIRO, V. G.; AMORIM, E. P. da R. Ação do óleo essencial de menta (*Mentha arvensis*) sobre o patógeno *Lasiodiplodia theobromae* em cachos de videira cv. Itália. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 43, n. 1, p. 32-35, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.1590/0100-5405/2204. Acesso em: 14 dez. 2025.

PHILLIPS, A. J. L. *et al*. The Botryosphaeriaceae: genera and species known from culture. **Studies in Mycology**, v. 76, p. 51-167, 2013. Disponível em: https://doi.org/10.3114/sim0021. Acesso em: 17 set. 2025.

PUNITHALINGAM, E. **Plant diseases attributed to *Botryodiplodia theobromae* Pat.** Vaduz: J. Cramer, 1980. 121 p. (Bibliotheca Mycologica, v. 71). ISBN 3768212564.

RAVEAU, R.; FONTAINE, J.; LOUNÈS-HADJ SAHRAOUI, A. Essential oils as potential alternative biocontrol products against plant pathogens and weeds: a review. **Foods**, v. 9, n. 3, p. 365, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.3390/foods9030365. Acesso em: 26 nov. 2025.

SALVATORE, M. M.; ANDOLFI, A.; NICOLETTI, R. The thin line between pathogenicity and endophytism: the case of *Lasiodiplodia theobromae*. **Agriculture**, Basel, v. 10, n. 10, p. 1-22, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.3390/agriculture10100488. Acesso em: 02 jan. 2026.

SCHEUERELL, S. J.; MAHAFFEE, W. F. Compost tea as a container medium drench for suppressing *Pythium* root rot in poinsettia. **HortScience**, v. 37, n. 7, p. 1063-1066, 2002. Disponível em: https://doi.org/10.21273/HORTSCI.37.7.1063. Acesso em: 18 fev. 2026.

SILVESTRI, J. D. F. *et al*. Perfil da composição química e atividades antibacteriana e antioxidante do óleo essencial do cravo-da-índia (*Eugenia caryophyllata* Thunb.). **Revista Ceres**, v. 57, n. 5, p. 589-665, 2010. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S0034-737X2010000500004. Acesso em: 02 jan. 2026.

SOUZA, J. S. N.; SANTOS, M. A. L. dos; VITÓRIA, N. S. Registro de *Lasiodiplodia theobromae* em frutos abortados de coqueiro no sertão da Bahia,

Brasil. **Agrotropica**, Ilhéus, v. 33, n. 1, p. 49-54, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.21757/0103-3816.2021v33n1p49-54. Acesso em: 09 fev. 2026.

SUN, Y. *et al*. The inhibitory mechanism of eugenol on *Lasiodiplodia theobromae* and its induced disease resistance of passion fruit. **Agronomy**, v. 13, n. 5, p. 1408, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.3390/agronomy13051408. Acesso em: 10 jan. 2026.

TANG, L. Q. *et al*. Biocontrol of the zearalenone-producer *Fusarium pomoeae* on soybean pods using an avirulent *Lasiodiplodia theobromae* isolate. **Pest Management Science**, 2025. PMID: 40844223. Disponível em: https://doi.org/10.1002/ps.70150. Acesso em: 13 nov. 2025.

TONGNUANCHAN, P.; BENJAKUL, S. Essential oils: extraction, bioactivities, and their uses for food preservation. **Journal of Food Science**, v. 79, n. 7, p. R1231-R1249, jul. 2014. Disponível em: https://doi.org/10.1111/1750-3841.12492. Acesso em: 17 jan. 2026.

ÜRBEZ-TORRES, J. R.; LEAVITT, G. M.; GUERRERO, J. C.; GUEVARA, J.; GUBLER, W. D. Identification and pathogenicity of *Lasiodiplodia theobromae* and *Diplodia seriata*, the causal agents of bot canker disease of grapevines in Mexico. **Plant Disease**, v. 92, n. 4, p. 519-529, 2008. Disponível em: https://doi.org/10.1094/PDIS-92-4-0519. Acesso em: 18 jan. 2026.

VILELA, E. S. D. *et al*. Essential oils on the control of fungi causing postharvest diseases in mango. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 55, n. 1, p. 689-698, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s42770-023-01237-2. Acesso em: 04 nov. 2025.

WOODWARD, J. E.; LANGSTON, D. B.; BROCK, J. H.; KEMERAIT, R. C.; BRENNEMAN, T. B.; BEARD, G. H. First demonstration of Koch's postulates for *Lasiodiplodia theobromae* fruit spot on eggplant (*Solanum melongena*). **Plant Disease**, v. 89, n. 6, p. 687-687, 2005. Disponível em: https://doi.org/10.1094/PD-89-0687A. Acesso em: 10 jan. 2026.

ZHANG, J. *Lasiodiplodia theobromae* in citrus fruit (Diplodia stem-end rot). In: **Postharvest decay: control strategies**. Lake Alfred: Departamento de Frutas Cítricas da Flórida, 2014. p. 309-335. Disponível em: https://doi.org/10.1016/B978-0-12-411552-1.00010-7. Acesso em: 04 nov. 2025.