



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

LAIARA CARNEIRO DE SOUSA

**LEVANTAMENTO DE FUNGOS FITOPATOGÊNICOS NA FLORA DA RESERVA
EXTRATIVISTA DO CIRIACO E AVALIAÇÃO DO CONTROLE BIOLÓGICO
COM *Trichoderma* spp.**

Imperatriz – MA

2025



LAIARA CARNEIRO DE SOUSA

**LEVANTAMENTO DE FUNGOS FITOPATOGÊNICOS NA FLORA DA RESERVA
EXTRATIVISTA DO CIRIACO E AVALIAÇÃO DO CONTROLE BIOLÓGICO
COM *Trichoderma* spp.**

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 conclusão do Curso de Ciências Biológicas.

Orientador(a): Prof.(a). Dr(a). Ivaneide de Oliveira Nascimento

Imperatriz – MA

2025

LAIARA CARNEIRO DE SOUSA

**LEVANTAMENTO DE FUNGOS FITOPATOGÊNICOS NA FLORA DA RESERVA
EXTRATIVISTA DO CIRIACO E AVALIAÇÃO DO CONTROLE BIOLÓGICO
COM *Trichoderma* spp.**

Aprovado em: 14/01/2026

Banca Examinadora:

Prof. Dra. Ivaneide de Oliveira Nascimento

Doutora em Agroecologia

Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão

Prof. Dra. Sheila Elke Araújo Nunes

Doutora em Medicina Tropical

Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão

Prof. Me. Pedro Tiago Pereira Leite

Mestre em Educação e Ensino de Ciências na Amazônia

Universidade Estadual da Região Tocantina Do Maranhão

S725I

Sousa, Laiara Carneiro de

Levantamento de fungos fitopatogênicos na flora da Reserva Extrativista do Ciríaco e avaliação do controle biológico com *Trichoderma* spp. / Laiara Carneiro de Sousa. – Imperatriz, MA, 2025.

49 f.; il.

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

1. Fungos fitopatogênicos. 2. Controle biológico. 3. Agentes patogênicos - plantas. 4. Imperatriz - MA. I. Título.

CDU 582.28(812.1)

Ficha elaborada pelo Bibliotecário: **Mateus de Araújo Souza CRB13/955**

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a Deus e a todos que
fizeram parte dessa trajetória.



AGRADECIMENTOS

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, pois sem ele nada teria sido possível. Foi Ele quem me concedeu serenidade nos momentos de incerteza e coragem diante das dificuldades, mostrando que cada desafio é também uma oportunidade de crescimento.

Aos meus progenitores, que com amor incondicional e dedicação incansável foram o alicerce da minha vida. Cada palavra de incentivo, cada gesto de apoio e cada exemplo de perseverança serviram como inspiração para que eu seguisse firme em minha jornada acadêmica. Este trabalho é também fruto dos valores que me transmitiram e da confiança que sempre depositaram em mim.

Ao meu noivo, Marcos Eduardo, cuja paciência e incentivo foram fundamentais para que eu tivesse forças de continuar. Seu carinho e apoio constante tornaram os dias mais leves e me lembraram que o amor é também combustível para alcançar grandes objetivos. A você, que esteve ao meu lado em cada etapa, ofereço esta vitória como parte da nossa caminhada conjunta.

À minha querida avó, com quem tive a bênção de conviver durante a faculdade. Sua presença carinhosa e paciente foi abrigo nos dias de cansaço, sempre preocupada com meu bem-estar e disposta a ajudar como podia. Este trabalho carrega a marca de sua dedicação e ternura, que me inspiraram e acompanharam em cada decisão.

Aos meus amigos e a todos que, de forma direta ou indireta, contribuíram para esta jornada. Com cumplicidade, incentivo e apoio, tornaram esta trajetória mais rica e significativa. Agradeço de forma especial às minhas amigas de laboratório, Júlia, Mariana e Tauanny, com vocês cada pesquisa ganhou leveza, os dias se tornaram mais divertidos e até os momentos de maior esforço se transformaram em lembranças felizes. Também agradeço a Rebeca e Luana, cuja amizade foi uma bênção nesta caminhada; com vocês aprendi, cresci e descobri o valor da parceria sincera. Dedico ainda a Vanessa, Débora, Aline, Thaís, Isvetlana e Glesiane, amigas que, com carinho e presença, deixaram marcas de afeto e companheirismo em minha vida. Agradeço a todos e ofereço este trabalho como símbolo da gratidão que carrego por terem feito parte desta jornada, tornando-a mais leve, rica e inesquecível.

Agradeço a professora Ivaneide pela orientação, confiança e as oportunidades que me deu para evoluir dentro da pesquisa. Se hoje sou boa com um microscópio o manual foi entregue por esta mulher. Agradeço também a professora Sheila, pois ambas foram como mães para

mim, obriga pelo o carinho que tiveram comigo em toda essa trajetória, por estarem sempre presentes e dispostas a me ajudar a melhorar, tenho um imenso carinho e admiração. Minha jornada como graduando está chegando ao fim, mas me deixaram a meta de um dia ser uma doutora tão boa quanto vocês são, obrigada por tudo.



EPÍGRAFE

“Tudo posso naquele que me fortalece.”
(Filipenses 4:13)



RESUMO

Os fungos fitopatogênicos constituem um dos principais agentes etiológicos de doenças em plantas, atuando por meio de mecanismos como degradação da parede celular, secreção de enzimas hidrolíticas e produção de metabólitos secundários, o que compromete a fisiologia vegetal e favorece a ocorrência de sintomas como manchas foliares, necroses e murchas vasculares. A Reserva Extrativista do Ciriaco, localizada na região Tocantina do Maranhão, representa um importante espaço socioambiental, onde comunidades tradicionais desenvolvem atividades agroextrativistas, tornando importante o conhecimento sobre os microrganismos que afetam sua flora. Nesse contexto, este trabalho realizou o levantamento de fungos fitopatogênicos presentes na RESEX e avaliou, por meio de ensaios *in vitro*, o potencial de controle biológico utilizando isolados de *Trichoderma* spp., reconhecidos por sua ação antagonista contra diversos patógenos vegetais. A metodologia incluiu a coleta de folhas de espécies vegetais, seguida de isolamento dos microrganismos em meio de cultura apropriado, identificação morfológica dos gêneros e posterior instalação de ensaios de antagonismo em placas de Petri, utilizando dois isolados de *Trichoderma* spp. contra representantes de cada gênero fitopatogênico identificado. Foram observados gêneros como *Colletotrichum*, *Fusarium*, *Pestalotiopsis*, *Penicillium* e *Aspergillus*, conhecidos por sua capacidade de causar doenças em plantas. Os resultados demonstraram que os isolados de *Trichoderma* spp. apresentaram diferença significativa na inibição do crescimento micelial dos patógenos, com destaque para mecanismos de competição por espaço e nutrientes. Conclui-se que o uso de *Trichoderma* spp. representa uma alternativa viável e sustentável de biocontrole, com potencial de aplicação em áreas de conservação e sistemas agroextrativistas, contribuindo para a manutenção da biodiversidade e para o fortalecimento das práticas tradicionais de manejo na Reserva Extrativista do Ciriaco.

Palavras-chave: Ambiente tropical; plantas; agentes patógenos; biocontrole.



ABSTRACT

Phytopathogenic fungi constitute one of the main etiological agents of plant diseases, acting through mechanisms such as cell wall degradation, secretion of hydrolytic enzymes, and production of secondary metabolites, which compromise plant physiology and favor the occurrence of symptoms such as leaf spots, necrosis, and vascular wilting. The Ciriaco Extractive Reserve, located in the Tocantina region of Maranhão, represents an important socio-environmental area where traditional communities develop agro-extractive activities, making it essential to understand the microorganisms that affect its flora. In this context, this study carried out a survey of phytopathogenic fungi present in the RESEX and evaluated, through in vitro assays, the potential of biological control using isolates of *Trichoderma* spp., recognized for their antagonistic action against several plant pathogens. The methodology included the collection of leaves from native plant species, followed by the isolation of microorganisms in appropriate culture media, morphological identification of genera, and subsequent installation of antagonism assays in Petri dishes, using two isolates of *Trichoderma* spp. against representatives of each phytopathogenic genus identified. Genera such as *Colletotrichum*, *Fusarium*, *Pestalotiopsis*, *Penicillium*, and *Aspergillus* were observed, all known for their ability to cause plant diseases. The results demonstrated that the isolates of *Trichoderma* spp. showed significant differences in the inhibition of mycelial growth of the pathogens, with emphasis on mechanisms of competition for space and nutrients. It is concluded that the use of *Trichoderma* spp. represents a viable and sustainable alternative for biocontrol, with potential application in conservation areas and agro-extractive systems, contributing to biodiversity maintenance and strengthening traditional management practices in the Ciriaco Extractive Reserve.

Keywords: Tropical environment; plants; pathogens; biocontrol.



LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Posicionamento do Maranhão no mapa do Brasil, do município de Cidelândia no estado do Maranhão e da Reserva Extrativista do Ciriaco em Cidelândia.....23
- Figura 2.** Isolados de *Trichoderma spp.*: A) *Trichoderma rugulosum* proveniente da micoteca do Laboratório de Microbiologia e Saúde da UEMASUL; B) *Trichoderma sp.* isolado na Reserva Extrativista do Ciriaco, Maranhão. Ambos contendo a visão superior e inferior.....25
- Figura 3.** Espécies vegetais analisadas e isoladas de folhas doentes; (A, B, C) Arecaceae nativas da Amazônia maranhense; D) *Costus spicatus*; E) *Chamaecostus lanceolatus*; F) *Geophila repens*; G) *Maranta humis*.....26
- Figura 4.** Teste *in vitro* de antagonismo entre *Colletotrichum sp.* e isolados de *Trichoderma spp.* em placas de Petri. A: testemunha com *Colletotrichum sp.* isolado, apresentando crescimento micelial uniforme; B: interação entre *Colletotrichum sp.* e *Trichoderma sp.*; C: interação entre *Colletotrichum sp.* e *Trichoderma rugulosum*.....33
- Figura 05.** Teste *in vitro* de antagonismo entre *Pestalotiopsis sp.* e isolados de *Trichoderma spp.* em placas de Petri. A: testemunha com *Pestalotiopsis sp.* isolado; B: interação com *Trichoderma sp.*; C: interação com *Trichoderma rugulosum*.....35
- Figura 06.** Teste *in vitro* de antagonismo entre *Fusarium sp.* e isolados de *Trichoderma spp.* em placas de Petri. A: testemunha com *Fusarium sp.* isolado; B: interação com *Trichoderma sp.*; C: interação com *Trichoderma rugulosum*.....38
- Figura 7.** Teste *R* de antagonismo entre *Penicillium sp.* e isolados de *Trichoderma spp.* em placas de Petri. A: testemunha com *Penicillium sp.* isolado; B: interação com *Trichoderma sp.*; C: interação com *Trichoderma rugulosum*.....40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Imagens macro e microscópicas dos fungos fitopatogênicos isolados de folhas doentes de plantas coletadas na Reserva Extrativista do Ciriaco. Identificados por gênero.....	28
Tabela 2. Frequência de ocorrência dos fungos fitopatogênicos identificados nas amostras foliares na Reserva Extrativista do Ciriaco.....	30
Tabela 3. Relação entre sintomas foliares observados e fitopatógenos identificados nas amostras coletadas.....	32
Tabela 4. Análise do crescimento micelial (cm) da testemunha de <i>Colletotrichum</i> sp. e dos tratamentos com <i>Trichoderma</i> sp. e <i>T. rugulosum</i> ao longo de sete dias.....	35
Tabela 5. Análise do crescimento micelial (cm) da testemunha de <i>Pestalotiopsis</i> sp. e dos tratamentos com <i>Trichoderma</i> sp. e <i>T. rugulosum</i> ao longo de sete dias.....	38
Tabela 6. Análise do crescimento micelial (cm) da testemunha de <i>Fusarium</i> sp. e dos tratamentos com <i>Trichoderma</i> sp. e <i>T. rugulosum</i> ao longo de sete dias.....	40
Tabela 7. Análise do crescimento micelial (cm) da testemunha de <i>Penicillium</i> sp. e dos tratamentos com <i>Trichoderma</i> sp. e <i>T. rugulosum</i> ao longo de sete dias.....	42

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Crescimento micelial de <i>Colletotrichum</i> sp. em teste in vitro ao longo de sete dias, comparando a testemunha (isolado puro) com os tratamentos contendo <i>Trichoderma</i> sp. e <i>Trichoderma rugulosum</i>	35
Gráfico 2. Crescimento micelial de <i>Pestalotiopsis</i> sp. em teste in vitro ao longo de sete dias, comparando a testemunha (isolado puro) com os tratamentos contendo <i>Trichoderma</i> sp. e <i>Trichoderma rugulosum</i>	38
Gráfico 3. Crescimento micelial de <i>Fusarium</i> sp. em teste in vitro ao longo de sete dias, comparando a testemunha (isolado puro) com os tratamentos contendo <i>Trichoderma</i> sp. e <i>Trichoderma rugulosum</i>	41
Gráfico 4. Crescimento micelial de <i>Penicillium</i> sp. em teste in vitro ao longo de sete dias, comparando a testemunha (isolado puro) com os tratamentos contendo <i>Trichoderma</i> sp. e <i>Trichoderma rugulosum</i>	42
Gráfico 5. Índice de Velocidade de Crescimento Micelial (IVCM) dos fitopatógenos sob diferentes tratamentos.....	43

LISTA DE SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
AENDA – Agência Nacional de Defesa Agropecuária
AGROLINK – Portal de informações agropecuárias
BDA – Ágar Batata Dextrose
BOD – Demanda Bioquímica de Oxigênio
CV – Coeficiente de Variação
DIC –Delineamento Inteiramente Casualizado
FO – Frequência de Ocorrência
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICMBio – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
IDHM – Índice de Desenvolvimento Humano Municipal
IMESC – Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos
IVCM – Índice de Velocidade de Crescimento Micelial;
MID – Manejo Integrado de Doenças
MS – Ministério da Saúde
PIC – Porcentagem de Inibição de Crescimento
RESEX – Reserva Extrativista
SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
UBS – Unidade Básica de Saúde
UEMASUL – Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	16
2 OBJETIVOS	17
2.1 Objetivo Geral	17
2.2 Objetivos Específicos.....	17
3 REVISÃO DE LITERATURA.....	17
3.1 A Reserva Extrativista do Ciriaco: Caracterização Ambiental e Desafios	17
3.2 Biodiversidade Microbiana em Áreas de Conservação	18
3.3 Fungos Fitopatogênicos em Plantas Tropicais.....	19
3.4 Estratégias de Controle de Fungos Fitopatógenos	21
3.5 <i>Trichoderma</i> spp.: Mecanismos de Ação e Potencial em Áreas de Conservação.....	22
4 METODOLOGIA.....	23
4.1 Área de estudo.....	23
4.2 Coleta e armazenamento das folhas.....	24
4.3 Isolamento e identificação dos fungos.....	24
4.4 Instalação dos ensaios para avaliação da atividade antifúngica (bioprospecção)	25
4.5 Análise dos dados.....	27
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	27
6 CONCLUSÃO.....	43
REFERÊNCIAS.....	44

1 INTRODUÇÃO

A Reserva Extrativista do Ciriaco (RESEX), localizada em Cidelândia no Maranhão, foi criada em 1992 pelo decreto nº 534 e possui uma área com aproximadamente 8.106,79 hectares. Nela, comunidades tradicionais desenvolvem atividades como o extrativismo, agricultura familiar e criação de pequenos animais (Masullo *et al.*, 2018; Nascimento; Oliveira, 2022). Assim, a conservação da RESEX preserva a história, a cultura e as fontes de renda das populações locais, além de proteger a biodiversidade. No entanto, a falta de conhecimento sobre as espécies que habitam a área gera contradições quanto à sua conservação (Nascimento; Oliveira, 2022).

Segundo Nasuti *et al.*, (2019), a ocupação humana na área da RESEX tem promovido o desmatamento por meio de práticas como queimadas e abertura de áreas para agricultura familiar, resultando na fragmentação da cobertura vegetal. Ferri (2025) analisou que essas práticas alteram a microbiota do solo e modificam as condições microclimáticas. Gerando um cenário que aumenta a suscetibilidade das espécies vegetais à incidência de fungos fitopatogênicos, tornando importante que se faça o levantamento desses organismos para subsidiar estratégias de conservação.

Os fungos fitopatogênicos são organismos que causam doenças em plantas, prejudicando seu desenvolvimento e produção, causando manchas foliares, murchas vasculares e necroses em culturas tropicais (Oliveira *et al.*, 2022). Estima-se que cerca de 80% das doenças em plantas sejam provocadas por esses microrganismos, que atuam por meio da secreção de enzimas capazes de degradar a parede celular vegetal e comprometer seu metabolismo (Wives; Valente, 2024).

Nesse contexto, o uso de agentes de biocontrole, como o gênero *Trichoderma*, surge como alternativa promissora para reduzir os impactos dos patógenos e fortalecer sistemas agroextrativistas. De acordo com Rajendiran *et al.*, 2010, esse gênero está entre os mais procurados para este fim, pois são facilmente propagados e formulados em laboratório, com boa capacidade de armazenamento. Sendo um dos mais utilizados no mundo, devido à sua eficácia no controle biológico de fitopatógenos e à sua capacidade de adaptação a diferentes ambientes (Machado *et al.*, 2012).

Sob esta perspectiva, o presente trabalho fez o levantamento de fungos fitopatogênicos presentes na Reserva Extrativista do Ciriaco e analisou o controle biológico *in vitro* dos fungos identificados em antagonismo com dois isolados de fungos do gênero *Trichoderma*. Buscando colaborar com a conservação da RESEX, aumentando o conhecimento sobre a biodiversidade

de microrganismo causadores de doenças em plantas. Assim, abrindo caminho tanto para futuras linhas de pesquisa dentro da área quanto melhorando as chances de controle em caso de incidência de fitopatógenos.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Realizar o levantamento e controle biológico de fungos fitopatógenos na flora da Reserva Extrativista do Ciriaco.

2.2 Objetivos Específicos

- Isolar fungos de plantas da área de conservação Reserva Extrativista Ciriaco
- Realizar a identificação morfológica dos fungos causadores de doenças nas plantas selecionadas.
- Avaliar *in vitro* a atividade antifúngica de *Trichoderma* spp. sobre alguns isolados de fungos fitopatógenos.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 A Reserva Extrativista do Ciriaco: Caracterização Ambiental e Desafios

A Reserva Extrativista do Ciriaco foi oficialmente criada pelo Decreto nº 534, de 20 de maio de 1992, como resposta às demandas sociais e ambientais da região. O decreto estabeleceu a área como unidade de conservação de uso sustentável, garantindo às comunidades locais o direito de explorar recursos naturais de forma equilibrada e legalmente reconhecida (Brasil, 1992; ICMBio, 2018).

A RESEX está inserida em uma região de ecótono dos biomas Amazônia e Cerrado, caracterizada por elevada diversidade ecológica e vulnerabilidade ambiental. Estudos apontam que essa zona de transição apresenta mudanças climáticas significativas e pressões antrópicas que afetam diretamente a conservação da biodiversidade (Silva *et al.*, 2016; Nogueira *et al.*, 2015).

O clima da região é tipicamente tropical úmido, com estação chuvosa bem definida e vegetação composta por formações florestais e savânicas. A diversidade florística reflete a condição de ecótono, onde espécies amazônicas e cerratenses coexistem, formando mosaicos vegetacionais de grande importância ecológica (Almeida; Vieira, 2014; IBGE, 2019).



As principais atividades econômicas desenvolvidas na RESEX do Ciriaco estão relacionadas ao extrativismo do babaçu e práticas agrícolas de pequena escala que complementam os meios de vida das comunidades (Silva *et al.*, 2019; Fundo Amazônia, 2020). Apesar de sua importância socioambiental, a RESEX enfrenta sérios desafios relacionados ao desmatamento, queimadas e fragmentação da vegetação. Dados recentes indicam que o Maranhão perdeu cerca de 27% de suas áreas naturais em menos de quatro décadas, evidenciando a pressão sobre unidades de conservação como o Ciriaco (G1 Maranhão, 2024; IMESC, 2025).

Esses problemas ambientais têm repercussões diretas sobre a biodiversidade, comprometendo espécies vegetais e animais que dependem da integridade dos ecossistemas locais. Sendo assim, pesquisas apontam que a degradação ambiental em reservas extrativistas do Maranhão ameaça não apenas a fauna e flora, mas também a sustentabilidade das comunidades que vivem nessas áreas (Sant’Ana Júnior, 2014; Almeida *et al.*, 2020). Assim, o conhecimento sobre a biodiversidade da microbiota é importante tanto para a conservação da área quanto para o manejo de estratégias de controle biológico.

3.2 Biodiversidade Microbiana em Áreas de Conservação: Reserva Extrativistas do Ciriaco

Os microrganismos desempenham funções vitais nos ecossistemas, atuando na ciclagem de nutrientes, decomposição da matéria orgânica e manutenção da fertilidade dos solos. Andrade (2020) destaca que o uso de microrganismos eficientes pode ser aplicado em práticas ecológicas e sociais, reforçando sua importância para a sustentabilidade. Gomes (2015) complementa que compreender o papel desses organismos é interessante para estratégias de educação ambiental e para o manejo sustentável dos recursos naturais.

A saúde das plantas está diretamente associada à diversidade e atividade dos microrganismos presentes no solo. Andreote e Cardoso (2023) explicam que o microbioma do solo influencia a nutrição vegetal, promovendo resistência contra patógenos e melhorando a absorção de nutrientes. Silva *et al.*, (2024) reforçam que microrganismos benéficos contribuem para a qualidade do solo e para a sustentabilidade agrícola, reduzindo a dependência de insumos químicos.

Ambientes tropicais apresentam elevada diversidade de fungos e bactérias, resultado das condições climáticas e da complexidade ecológica. Araújo (2019) identificou ampla variedade de fungos micorrízicos arbusculares em florestas tropicais secas e úmidas do



Nordeste brasileiro, evidenciando a riqueza desses ecossistemas. Silva *et al.*, (2014) observaram que a variação das chuvas influencia diretamente a composição das comunidades microbianas em solos tropicais, demonstrando a sensibilidade desses organismos às mudanças ambientais. Pesquisas realizadas em áreas de conservação têm demonstrado a importância da microbiota do solo para a manutenção da qualidade ambiental.

Novak *et al.*, (2018) verificaram que atributos microbiológicos diferem significativamente entre áreas nativas e plantios de eucalipto, indicando o papel da vegetação na estruturação da comunidade microbiana. França (2024) analisou solos amazônicos e concluiu que variações de temperatura e umidade afetam diretamente a dinâmica da microbiota, reforçando a necessidade de monitoramento em unidades de conservação.

Apesar dos avanços, ainda existem lacunas referentes a biodiversidade microbiana em reservas extrativistas. Rodrigues (2020) aponta que a produção acadêmica sobre RESEX frequentemente privilegia aspectos sociais e econômicos, deixando em segundo plano os estudos microbiológicos. Souza (2021) confirma que há escassez de pesquisas voltadas para a caracterização da microbiota em áreas extrativistas, o que limita o desenvolvimento de estratégias de manejo ecológico mais integradas.

3.3 Fungos Fitopatogênicos em Plantas

O termo fitopatogênico deriva do grego, em que *phyto* significa planta, *pathos* doença e *genos* origem. Assim, fungos fitopatogênicos são microrganismos capazes de causar doenças em plantas, afetando diretamente o crescimento e a produtividade, e constituem uma ameaça tanto para ecossistemas naturais quanto para sistemas agrícolas (Wives; Valente, 2024). Em ambientes tropicais, caracterizados por alta umidade e temperaturas elevadas, esses patógenos encontram condições ideais para ciclos rápidos de infecção e elevada severidade das doenças (Amorim; Rezende; Bergamin Filho, 2016).

Os mecanismos de ação desses fungos fitopatogênicos, incluem penetração direta nos tecidos vegetais, secreção de enzimas hidrolíticas e produção de metabólitos tóxicos, que comprometem a integridade celular e favorecem a colonização (Grimes *et al.*, 2023).

Revisões recentes destacam que a diversidade de fungos de solo e foliares em sistemas agroflorestais tropicais aumenta a complexidade do manejo, exigindo estratégias integradas que considerem tanto a ecologia dos patógenos quanto o impacto ambiental (Sociedade Brasileira de Fitopatologia, 2025).



O gênero *Colletotrichum* destaca-se entre os principais fungos fitopatogênicos devido à sua ampla distribuição geográfica, especialmente em regiões tropicais e subtropicais, onde encontra condições ideais de umidade e temperatura para o desenvolvimento de epidemias severas (Faria; Inácio, 2023). Conhecido por causar antracnose, doença que provoca lesões necróticas em folhas, caules, flores e frutos, comprometendo a produtividade de culturas de alto valor de mercado como morango, manga, citros, abacate e banana, além de grãos como feijão, soja, sorgo e milho (Dean *et al.*, 2012).

Estudos recentes ressaltam que espécies de *Colletotrichum* apresentam grande diversidade morfológica e genética, organizando-se em complexos de espécies como *C. gloeosporioides*, *C. acutatum* e *C. graminicola*, o que dificulta sua identificação e manejo (Jayawardena *et al.*, 2021). Além disso, o gênero possui estilos de vida variados, incluindo formas hemibiotróficas, endofíticas e saprofíticas, que ampliam sua capacidade de adaptação e sobrevivência em diferentes hospedeiras e ambientes (Münch *et al.*, 2008).

O gênero *Pestalotiopsis* é considerado cosmopolita, ocorrendo em diversas regiões do mundo e associado a uma ampla gama de hospedeiras, incluindo espécies agrícolas, florestais e ornamentais (Kruschewsky; Luz; Bezerra, 2014). No Brasil, já foi relatado em diferentes estados, causando doenças foliares e manchas necróticas que comprometem o desenvolvimento das plantas, como observado em helicônias ornamentais (Serra; Coelho, 2007).

Estudos filogenéticos recentes demonstram que o grupo pestaloide, que inclui *Pestalotiopsis*, *Neopestalotiopsis* e *Pseudopestalotiopsis*, apresenta grande diversidade genética e relevância fitopatológica, com espécies capazes de afetar culturas de importância econômica, como noqueira-pecã e palmeiras ornamentais (Silva, 2016; Lazarotto *et al.*, 2014). Além disso, a variabilidade morfológica e molecular do gênero dificulta sua identificação precisa, exigindo abordagens integradas que considerem tanto características morfológicas quanto análises *multilocus* para a correta delimitação das espécies (Baia *et al.*, 2020).

O gênero *Fusarium* é amplamente distribuído em solos agrícolas e associado a diversas espécies vegetais. Muitas de suas espécies são reconhecidas como patógenos de relevância econômica, causando doenças como a murcha vascular, podridões radiculares e infecções em sementes e plântulas, que comprometem a produtividade de culturas como milho, algodão, soja e hortaliças (Costa *et al.*, 2013; Agrolink, 2025).

No Brasil, espécies como *Fusarium graminearum* e *Fusarium verticillioides* são particularmente relevantes, afetando sementes e plântulas de milho e contribuindo para perdas significativas na produção (Costa *et al.*, 2013). Além de sua importância agrícola, o gênero também possui impacto em saúde pública, já que algumas espécies oportunistas, como

Fusarium solani e *Fusarium oxysporum*, podem causar infecções em humanos imunocomprometidos (Ministério da Saúde, 2025).

O gênero *Penicillium* é amplamente conhecido por sua importância biotecnológica e médica, além disso, esse gênero apresenta espécies fitopatogênica, atuando principalmente na deterioração de sementes, grãos e frutos pós-colheita. Entre elas, *P. expansum* e *P. citrinum* destacam-se como agentes de podridões em maçãs e frutas cítricas, respectivamente, além de produzirem micotoxinas como patulina e citrinina, que representam riscos à saúde humana e animal (Sustentare, 2022).

O gênero *Aspergillus* é amplamente distribuído em ambientes agrícolas e de armazenamento, sendo reconhecido por sua capacidade de colonizar grãos e sementes pós-colheita. Espécies como *A. flavus* e *A. parasiticus* destacam-se pela produção de aflatoxinas, micotoxinas altamente tóxicas e carcinogênicas, que comprometem a qualidade dos produtos e representam riscos à saúde humana e animal (Agrolink, 2025; Farias *et al.*, 2000). Esses fungos atuam principalmente em culturas como milho e amendoim, onde a contaminação endógena por *A. flavus* é relatada como fator limitante da produtividade e da qualidade dos grãos (Peixoto *et al.*, 2020; Aenda, 2025).

Além disso, espécies como *A. niger* estão associadas à deterioração de sementes e ao chamado “mofo preto”, que ocorre em café e outras culturas armazenadas sob alta umidade (Agrolink, 2025; Plantix, 2025). Diferentemente de gêneros como *Colletotrichum* ou *Fusarium*, *Aspergillus* não é considerado um fitopatógeno típico de folhas, sendo classificado como fungo oportunista que se aproveita de condições de estresse ou de hospedeiros debilitados (Boff, 2024).

Os fungos fitopatogênicos geram impactos ecológicos ao reduzir a biodiversidade vegetal e comprometer ecossistemas. No âmbito econômico, provocam perdas significativas na produção agrícola. Rodrigues *et al.*, (2022) destacam que o controle biológico pós-colheita em citros é uma alternativa para reduzir prejuízos causados por fungos. Chan-Cupul *et al.*, (2025) reforçam que o uso de fungos entomopatogênicos pode promover o crescimento vegetal e reduzir impactos econômicos. Dessa forma, estratégias de controle biológico desses fungos pode contribuir tanto para a economia quanto para o meio ambiente, pois reduz impactos ocasionados por exemplo, por agrotóxicos.

3.4 Estratégias de Controle de Fungos Fitopatógenos

Os fungicidas químicos continuam sendo uma das principais ferramentas no controle de doenças fúngicas em plantas, devido à sua eficácia rápida e ampla aplicabilidade. De acordo

com Oliveira; Viana; Martins (2016), o emprego de fungicidas sintéticos tem se mostrado eficaz na redução significativa das perdas pós-colheita em culturas tropicais de alto valor econômico, como a banana, ao controlar doenças como a antracnose.

Segundo Silva *et al.*, (2020), os fungicidas químicos apresentam vantagens como ação imediata e facilidade de aplicação, sendo fundamentais em sistemas intensivos de produção. Apesar das vantagens, o uso indiscriminado de fungicidas químicos traz limitações e impactos ambientais, como a contaminação do solo e da água, além da seleção de populações resistentes. De acordo com Pereira *et al.*, (2021), o uso contínuo desses insumos compromete a sustentabilidade agrícola e pode gerar riscos à saúde humana e à biodiversidade.

O biocontrole surge como alternativa sustentável, utilizando microrganismos benéficos ou metabólitos naturais para reduzir a incidência de fitopatógenos. Estudos recentes apontam que agentes biológicos apresentam eficácia comparável aos fungicidas químicos em determinadas condições. Oliveira *et al.*, (2022) destacam que o biocontrole contribui para a redução do impacto ambiental e para a promoção da agricultura sustentável.

O Manejo Integrado de Doenças (MID) combina diferentes estratégias de controle, incluindo práticas culturais, uso racional de fungicidas e biocontrole. Essa abordagem busca reduzir a pressão dos patógenos e aumentar a resiliência dos sistemas agrícolas. Segundo Costa *et al.* (2019), o MID é considerado a estratégia mais eficiente para equilibrar produtividade e sustentabilidade, especialmente em regiões tropicais.

3.5 *Trichoderma* spp.: Mecanismos de Ação e Potencial em Áreas de Conservação

O gênero *Trichoderma* é amplamente estudado por sua capacidade de atuar como agente de biocontrole em diferentes sistemas agrícolas e naturais. Esses fungos apresentam elevada adaptabilidade e colonizam diversos substratos, sendo reconhecidos como importantes aliados na agricultura sustentável. Segundo Druzhinina *et al.*, (2018), *Trichoderma* é considerado um dos gêneros mais promissores para o manejo de fitopatógenos devido à sua diversidade genética e funcional.

O micoparasitismo é um dos principais mecanismos de ação de *Trichoderma*, caracterizado pela capacidade de atacar diretamente outros fungos fitopatogênicos. De acordo com Mukherjee *et al.*, (2020), esse processo envolve o reconhecimento do hospedeiro, a penetração de suas hifas e a degradação enzimática da parede celular, resultando na inibição do crescimento do patógeno.

A antibiose consiste na produção de compostos antimicrobianos que inibem ou eliminam patógenos. *Trichoderma* spp. são capazes de sintetizar uma ampla gama de

antibióticos e peptídeos com atividade antifúngica. Segundo Contreras-Cornejo *et al.*, (2016), esses metabólitos desempenham papel crucial na supressão de doenças e na promoção da saúde das plantas.

Outro mecanismo é a competição por nutrientes e espaço, na qual *Trichoderma* coloniza rapidamente o solo e a rizosfera, impedindo o estabelecimento de patógenos. Harman *et al.*, (2019) destacam que essa estratégia reduz a pressão de doenças em ambientes agrícolas e naturais, favorecendo o equilíbrio ecológico.

Diversos estudos têm demonstrado a eficácia de *Trichoderma* em culturas tropicais de importância econômica. Oliveira *et al.*, (2021) verificaram resultados positivos no controle de doenças em milho e soja. Em sistemas agroflorestais, *Trichoderma* também tem sido testado em cacau e babaçu, mostrando potencial para reduzir a incidência de patógenos e aumentar a produtividade (Silva *et al.*, 2022).

Apesar dos resultados promissores, o uso de *Trichoderma* enfrenta desafios em campo, como variações ambientais, competição com microbiota nativa e dificuldades na formulação de bioinoculantes. Segundo Woo *et al.*, (2021), a eficácia do biocontrole pode ser reduzida em condições adversas, exigindo maior investimento em pesquisa aplicada e desenvolvimento tecnológico.

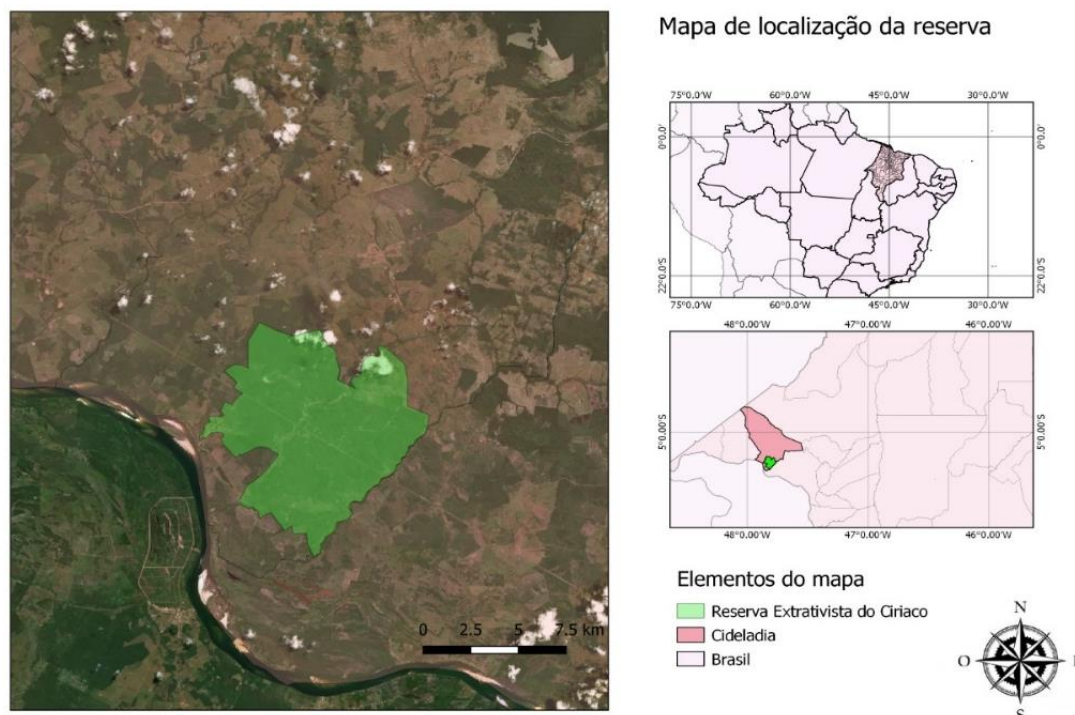
Nas reservas extrativistas e na agricultura familiar, *Trichoderma* representa uma alternativa sustentável para o manejo de doenças, reduzindo a dependência de insumos químicos. Estudos recentes apontam que sua aplicação pode fortalecer sistemas agroextrativistas, promovendo a conservação ambiental e a segurança alimentar. De acordo com Silva *et al.*, (2023), o uso de bioinoculantes à base de *Trichoderma* é viável em sistemas de baixo custo e alto impacto socioambiental.

4 METODOLOGIA

4.1 Área de estudo

A Reserva Extrativista Ciriaco localiza-se no município de Cidelândia (Figura 1), na mesorregião Oeste do estado do Maranhão, está inserida em área de transição dos biomas Amazônia e Cerrado. Com predominância de vegetação característica do bioma Amazônico. A reserva em questão abrange uma área de aproximadamente 8.106,79 hectares, situada nas coordenadas Sul 5° 18' 53" e Oeste 47° 48' 35". As principais atividades realizadas pelos moradores desta reserva é o extrativismo do coco babaçu e atividades ligadas à agricultura e o pastoril (ICMbio, 2011).

Figura 1: Localização do estado do Maranhão no mapa do Brasil, do município de Cidelândia no estado do Maranhão e da Reserva Extrativista do Ciriaco em Cidelândia.



4.2 Coleta e armazenamento das folhas

A coleta ocorreu em fragmento de mata com características típicas do bioma amazônico. Nesse, foi realizada uma única coleta, procurando plantas com folhas que apresentassem sinais de doenças fúngica. As folhas identificadas foram seccionadas, colocadas em sacos plásticos previamente esterilizados e transportadas em temperatura ambiente até ao laboratório de Microbiologia e Ciências da Saúde da UEMASUL em Imperatriz, MA, para o subseqüente isolamento dos fungos patogênicos.

4.3 Isolamento e identificação dos fungos

O isolamento dos fungos patogênicos das folhas, foram com dissecação em pequenos pedaços de aproximadamente, 25 mm² de área, e desinfestadas superficialmente, com a imersão em álcool 70% por 1 minuto, seguida de imersão em solução de hipoclorito de sódio 2% por 5 minutos, álcool 70% por 30 segundos e, finalmente, lavadas com água destilada e esterilizada, após a lavagem. Os pequenos cortes das folhas e caules foram colocados em placas de Petri contendo meio Ágar Batata Dextrose (BDA) (composição: 20g de ágar, 20 g de dextrose, 200

g de batata por litro), e incubadas por 7 dias a 26 °C. O procedimento foi adaptado de Menezes (2004).

O crescimento foi acompanhado diariamente e as colônias fúngicas foram isoladas e purificadas por sucessivos repiques em meio BDA.

Após 5 e 7 dias de crescimento realizou-se registros fotográficos das características macroscópicas observadas, como: rebordo, zonação ou rugosidade, cor e textura. Essas foram classificadas através da presença ou ausência no fungo filamentosos em estudo. No que confere ao tamanho da colônia, foi realizado a medição do seu diâmetro em mm em dois eixos ortogonais (média das duas medidas diametricamente opostas).

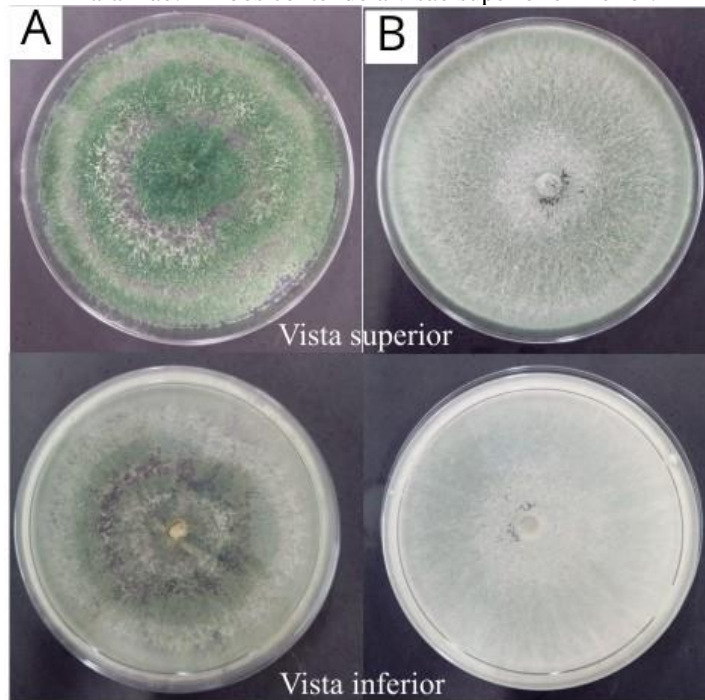
Para identificação ao nível de gênero das colônias de fungos patogênicos isolados, foi realizada observação microscópica das suas estruturas morfológicas. Os dados obtidos foram comparados com a descrição das espécies em literaturas específicas e nas páginas da Reflora Virtual Herbário
<https://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/PrincipalUC/PrincipalUC.do?lingua=en> e das Micoteca virtual da UFPE (<https://www.ufpe.br/micoteca/sobre>) e Micoteca Prof. Gilson Soares da Silva da UEMA (<https://www.micoteca.uema.br/>).

As preparações para visualização ao microscópio, consistiram em retirar do rebordo da colônia uma amostra e colocá-la numa gota de azul de algodão (1g/L em ácido láctico 88%), entre lâmina e lamínula. Para visualização de fungos filamentosos, cujas colônias não sejam muito pulverulentas, utilizou-se a fita-adesiva, colocada sobre a colônia e transportada a lâmina com uma gota de azul de algodão. E a dispersão dos esporos foi utilizada uma gota de álcool 98% na lâmina. A preservação e utilização futura dos fungos filamentosos isolados, após crescimento das colônias em meio de cultura, foram cortados discos de micélio e transferidos para tubos de vidro com 7mL de água estéril, os quais foram acondicionados a 4°C.

4.4 Instalação dos ensaios para avaliação da atividade antifúngica (bioprospecção)

Os experimentos *in vitro* foram realizados no Laboratório de Microbiologia e Saúde da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, em Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), os testes foram compostos de fungos patogênicos isolados da Resex, onde foi selecionado um isolado de cada um dos seguintes gêneros: *Colletotrichum*, *Pestalotiopsis*, *Fusarium* e *Penicilium*. Para cada gênero foram feitos 3 tratamentos: T1 sendo a testemunha (cultura pura), T2 e T3 os tratamentos com *Trichoderma* spp. (Figura 2) em pareamento em placas de Petri contendo meio de crescimento. Todos os tratamentos com 6 repetições.

Figura 2. Isolados de *Trichoderma* spp.: A) *Trichoderma rugulosum* proveniente da micoteca do Laboratório de Microbiologia e Saúde da UEMASUL; B) *Trichoderma* sp. isolado na Reserva Extrativista do Ciriaco, Maranhão. Ambos contendo a visão superior e inferior.



Fonte: Autora, 2025.

Dois discos de 6 mm de diâmetro com sete dias de idade em BDA, contendo micélio de *Trichoderma* spp. e outro disco contendo micélio de fungo patogênico, foram repicados para as placas, dispostos em pareamento, vedadas com filme plástico e mantidas em incubadoras de Demanda Bioquímica de Oxigênio (BOD), a 26 °C sob fotoperíodo de 12 horas.

A testemunha consistiu de meio de cultura somente com o fitopatógeno. A avaliação foi realizada através de medições diárias do diâmetro das colônias em dois eixos ortogonais (média das duas medidas diametricamente opostas), iniciando-se 24 horas após a repicagem do fungo, e perdurando por 7(sete) dias. Com esses dados foram calculados o índice de velocidade de crescimento micelial, conforme a fórmula descrita por Oliveira (1991):

$$IVCM = \Sigma (D - Da) / N \text{ Onde:}$$

IVCM = índice de velocidade de crescimento micelial;

D = diâmetro médio atual da colônia;

Da = diâmetro médio da colônia do dia anterior;

N = número de dias após a inoculação.

A Porcentagem de Inibição de Crescimento (PIC) foi calculada através da média das cinco repetições de cada tratamento, utilizando a equação (Menten *et al.*, 1976):

$$PIC = \frac{(\text{Crescimento da testemunha} - \text{Crescimento tratamento})}{\text{Crescimento da testemunha}} \times 100$$

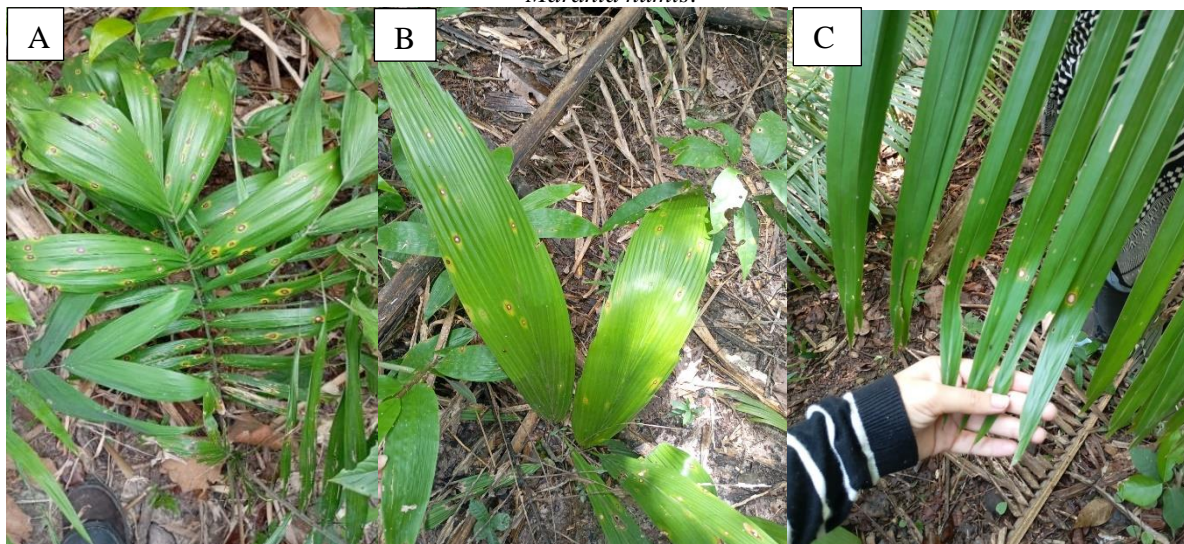
4.5 Análise dos dados

A Frequência de Ocorrência (FO) das espécies foi calculada pela equação: $F_i = J_i/k$, onde F_i = frequência de ocorrência da espécie i , J_i = número de amostras onde a espécie i ocorreu e k = número total de amostras. As espécies foram ordenadas em quatro categorias baseadas em sua frequência de ocorrência (FO), segundo Zhang *et al.*, (2004): espécie dominante ($FO > 0,50$), espécie mais comum ($0,50 > FO > 0,31$), espécie comum ($0,30 > FO > 0,10$), e espécies raras ($FO < 0,10$). As médias obtidas no experimento *in vitro* foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, com auxílio do programa Sisvar Versão 5.6.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram coletadas folhas com sintomas de doenças fúngicas em plantas da família Arecaceae, nativas da Amazônia maranhense, e em quatro espécies vegetais previamente identificadas em trabalhos anteriores na RESEX: *Costus spicatus*, *Chamaecostus lanceolatus*, *Geophila repens* e *Maranta humilis* (Figura 3).

Figura 3. Espécies vegetais que foram analisadas e isoladas amostras de folhas doentes; (A,B e C) Arecaceae nativas da Amazônia maranhense, D) *Costus spicatus*, E) *Chamaecostus lanceolatus*, F) *Geophila repens* e G) *Maranta humilis*.



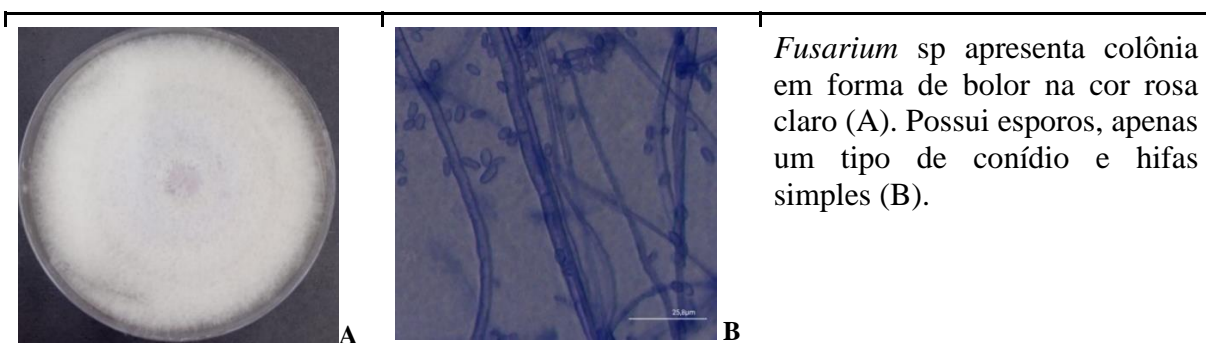


Fonte: Autora, 2025.

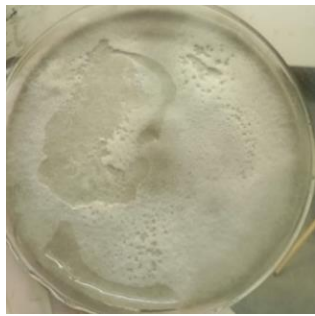
A partir da análise morfológica das colônias fúngicas cultivadas em meio de cultura e da observação microscópica das estruturas reprodutivas, foram identificados 10 isolados de fungos, distribuídos em cinco gêneros: *Fusarium*, *Colletotrichum*, *Aspergillus*, *Pestalotiopsis* e *Penicillium* (Tabela 1). Esses microrganismos estão amplamente associados a doenças foliares em plantas tropicais, como antracnose, manchas irregulares e infecções oportunistas, conforme já descrito por Bailey e Jeger (1992) e Silva *et al.*, (2021). Quanto a frequência de ocorrência (FO), os gêneros *Fusarium*, *Pestalotiopsis* e *Penicillium* apresentaram FO= 0,20, são espécies comum. O gênero *Aspergillus* possui FO=0,60, é espécie dominante e *Colletotrichum* possui FO= 0,40, é mais comum (Tabela 2).

Tabela 1. Imagens macro e microscópicas dos fungos fitopatogênicos isolados de folhas doentes de plantas coletadas na Reserva Extrativista do Ciriaco. Identificados por gênero.

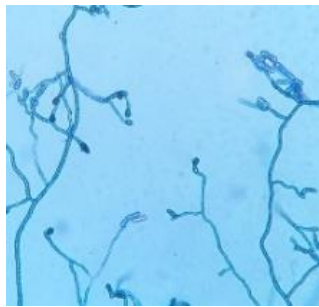
Gênero *Fusarium*



Gênero *Colletotrichum*



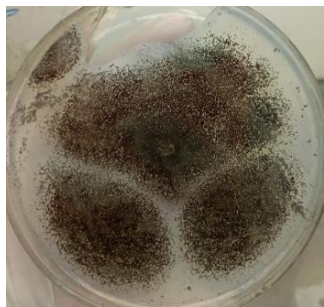
C



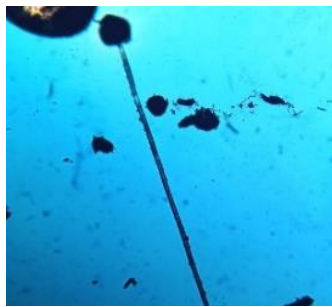
D

Colletotrichum sp. apresenta colônia de micélio na textura cinza-claro com textura algodonosa de aspecto denso (C). possuem hifas septadas, conidióforos, conídios e apressório (D).

Gênero *Aspergillus*

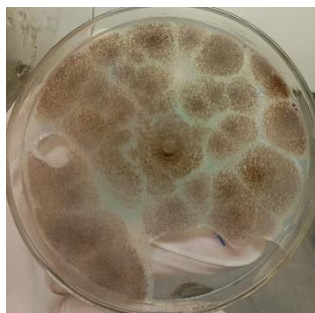


E



F

Aspergillus niger apresenta colônia de micélio na textura preto (E). vesícula globosa, com conídios simples e ramificados, ativos e inativos (F).



G

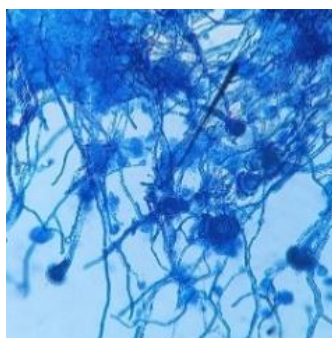


H

Aspergillus sp. Colônia com micélio marrom claro, textura pulverulenta (G). Vesícula esférica com fiálides dispostas em uma ou duas camadas, conídios arredondados (H).

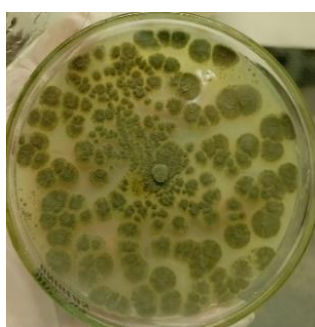


I

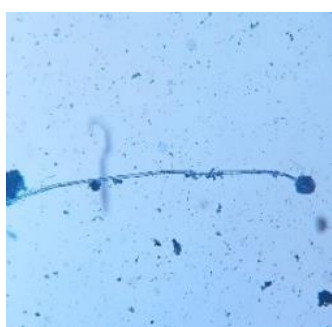


J

Aspergillus sp. Colônia com micélio verde claro, textura pulverulenta (I). Vesícula esférica com fiálides dispostas em uma ou duas camadas, conídios arredondados (J).

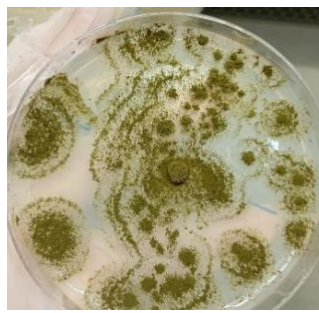


K

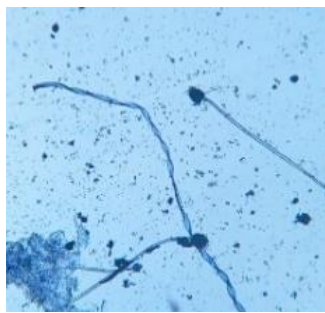


L

Aspergillus sp. Colônia com micélio verde escuro, textura pulverulenta (K). Vesícula esférica com fiálides dispostas em uma ou duas camadas, conídios arredondados (L).



M



N

Aspergillus sp. Colônia com micélio verde escuro, crescimento radial textura pulverulenta (M). Vesícula esférica com fiáldes dispostas em uma ou duas camadas, conídios arredondados (N).

Gênero *Pestalotiopsis*



O



P

Pestalotiopsis sp. colônia com micélio branco a cinza, textura aveludada (O). Conídios fusiformes, multicelulares, com três células pigmentadas centrais e duas células hialinas nas extremidades, além de apêndices filamentosos (P).



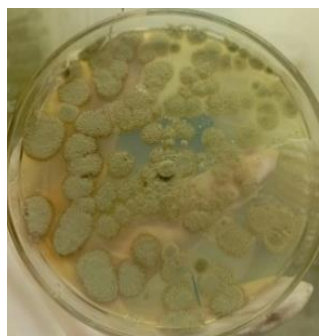
Q



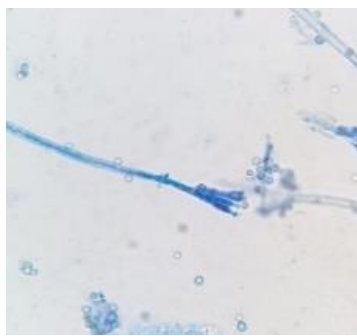
R

Pestalotiopsis sp. colônia com micélio branco a cinza, textura fina e delicada com acérvulos (Q). Conídios fusiformes, multicelulares, com três células pigmentadas centrais e duas células hialinas nas extremidades, além de apêndices filamentosos (R).

Gênero *Penicillium*



S



T

Penicillium sp. colônia com micélio verde, textura aveludada ou farinácea (S). Conidióforos ramificados em forma de pincel, com fiáldes que produzem conídios arredondados, hialinos e dispostos em cadeias (T).

Fonte: Autora, 2025.

Tabela 2. Frequência de ocorrência dos fungos fitopatogênicos identificados nas amostras foliares na Reserva Extrativista do Ciriaco.



Fungo identificado	Ji (amostras)	k (total)	FO (Fi)	Categoria
<i>Aspergillus</i> spp.	3	5	0,6	Dominante
<i>Colletotrichum</i> spp.	2	5	0,4	Mais comum




<i>Penicillium</i> sp.	1	5	0,2	Comum
<i>Fusarium</i> sp.	1	5	0,2	Comum
<i>Pestalotiopsis</i> spp.	1	5	0,2	comum

Fonte: Autora, 2025.

De acordo com a análise dos sintomas de doenças presentes nas folhas coletadas, o resultado obtido para os fitopatógenos fúngicos revelou a presença de diferentes gêneros associados às lesões observadas em cada planta (Tabela 3). Conforme os dados apresentados na tabela, nas plantas da família Aracaceae e na espécie *Costus spicatus*, foi identificado *Colletotrichum* spp. como principal agente causador de antracnose foliar, resultado que está em consonância com relatos de ocorrência de antracnose em palmeiras tropicais, como o coqueiro, onde o gênero é descrito como patógeno recorrente (Blog Mfrural, 2025). Além disso, esse gênero fúngico apresenta ampla gama de hospedeiros, incluindo diversas plantas ornamentais tropicais, o que reforça sua capacidade de colonizar representantes da família Costaceae (Talhinhas; Baroncelli, 2021).

Tabela 3. Relação entre sintomas foliares observados e fitopatógenos identificados nas amostras coletadas.

Folha com sintoma	Planta	Fungos identificados	Sintoma observado	Doença associada
	Aracaceae	<i>Colletotrichum</i> sp. <i>Penicillium</i> sp., <i>Aspergillus</i> spp. (3 tipos), <i>Fusarium</i> sp.	Manchas escuras com bordas irregulares	Antracnose foliar
	<i>Costus spicatus</i>	<i>Colletotrichum</i> sp.	Manchas escuras com bordas irregulares	Antracnose foliar

Folha com sintoma	Planta	Fungos identificados	Sintoma observado	Doença associada
	<i>Geophila repens</i>	<i>Aspergillus niger</i>	Áreas enegrecidas e ressecadas	Colonização oportunista
	<i>Maranta humis</i>	<i>Aspergillus sp.</i>	Manchas amareladas ou esverdeadas	Infecção secundária
	<i>Chamaecostus lanceolatus</i>	<i>Pestalotiopsis spp.</i>	Manchas com centro escuro e bordas amareladas	Mancha foliar pestalotiótica

Fonte: Autora, 2025.

Nas amostras da família *Arecaceae*, também foram detectados como colonizadores secundários *Penicillium sp.*, três tipos de *Aspergillus spp.* e *Fusarium sp.* (Tabela 3). O gênero *Aspergillus* apareceu ainda em outras espécies analisadas, como *Geophila repens* e *Maranta humis*, evidenciando sua ampla distribuição em ambientes tropicais. Pesquisas apontam que espécies de *Penicillium* podem assumir caráter fitopatogênico, ocasionando podridões pós-colheita e degradação de tecidos vegetais (Oliveira *et al.*, 2020; Koné *et al.*, 2025). De modo semelhante, representantes de *Aspergillus* têm sido relacionados a infecções oportunistas em plantas tropicais, sobretudo em condições de estresse ou em folhas previamente danificadas (Oliveira *et al.*, 2020). Já *Fusarium spp.*, embora frequentemente se estabeleça como colonizador secundário, pode tornar-se agressivo em situações favoráveis, provocando necroses foliares e murchas vasculares em diversas espécies vegetais (Batista *et al.*, 2020).

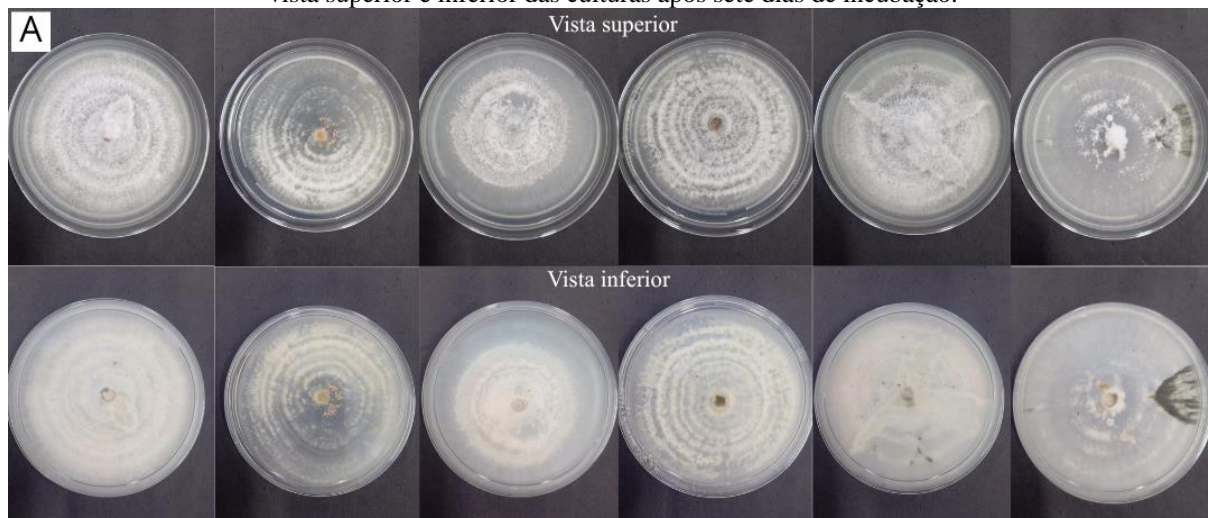
Na planta *Chamaecostus lanceolatus* (Tabela 3), foi identificado a presença de *Pestalotiopsis spp.*, agente causador de mancha foliar pestalotiótica. Segundo Silva (2016),

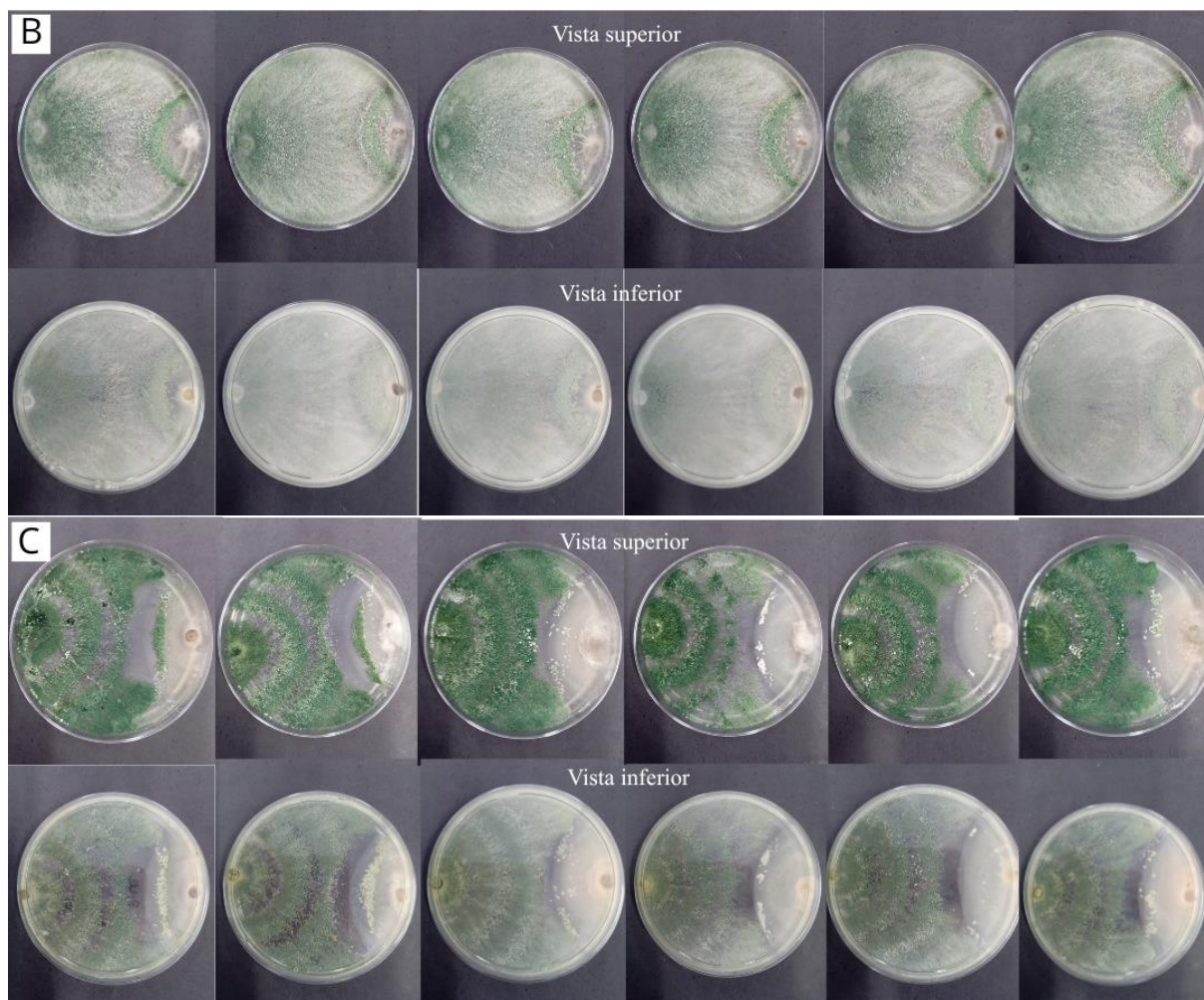
espécies da família Pestalotiopsidaceae estão diretamente associadas à ocorrência da mancha pestalotiótica em palmeiras ornamentais, caracterizada por lesões necróticas que comprometem a área foliar e reduzem a vitalidade da planta. De acordo com a Embrapa (2025), *Pestalotiopsis longisetula* também é responsável por sintomas em folhas, pecíolos, estolhos e frutos de morangueiro, podendo levar à morte de mudas em condições favoráveis. Além disso, o portal Agrolink (2025) descreve a mancha foliar causada por *Pestalotiopsis* spp. como uma doença recorrente em diferentes culturas. Esses trabalhos mostram o potencial do gênero como patogênico em plantas.

No teste *in vitro*, o crescimento de *Colletotrichum* sp. foi maior na testemunha (M7D = 2,43 cm), enquanto os tratamentos com *Trichoderma* sp. e *T. rugulosum* reduziram significativamente o avanço micelial a partir do terceiro dia, ambos com média final de 1,93 cm e Porcentagem de Inibição de Crescimento (PIC) de 20,58% (Tabela 4; Figura 4 e Gráfico 1). Esses resultados confirmam o efeito antagonístico dos isolados de *Trichoderma*, sustentado pelos valores de p ($\leq 0,0001$) e pela baixa variação experimental (CV entre 1,69% e 8,35%), com diferenças estatísticas validadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Em consonância, Poletto *et al.*, (2024) relatam a inibição de *Colletotrichum* spp. por diferentes espécies de *Trichoderma* via micoparasitismo e antibiose, enquanto Cortez-Lázaro *et al.*, (2025) destacam o papel de metabólitos secundários na supressão de fitopatógenos; Rebelo *et al.*, (2023) reforçam a aplicabilidade do biocontrole com *Trichoderma* em sistemas tropicais, incluindo palmeiras.

Figura 4. Teste *in vitro* de antagonismo entre *Colletotrichum* sp. e isolados de *Trichoderma* spp. em placas de Petri. A: testemunha com *Colletotrichum* sp. isolado, apresentando crescimento micelial uniforme; B: interação entre *Colletotrichum* sp. e *Trichoderma* sp., com redução visível do crescimento do patógeno; C: interação entre *Colletotrichum* sp. e *Trichoderma rugulosum*, evidenciando efeito inibitório semelhante. As imagens mostram vista superior e inferior das culturas após sete dias de incubação.





Fonte: Autora, 2025.

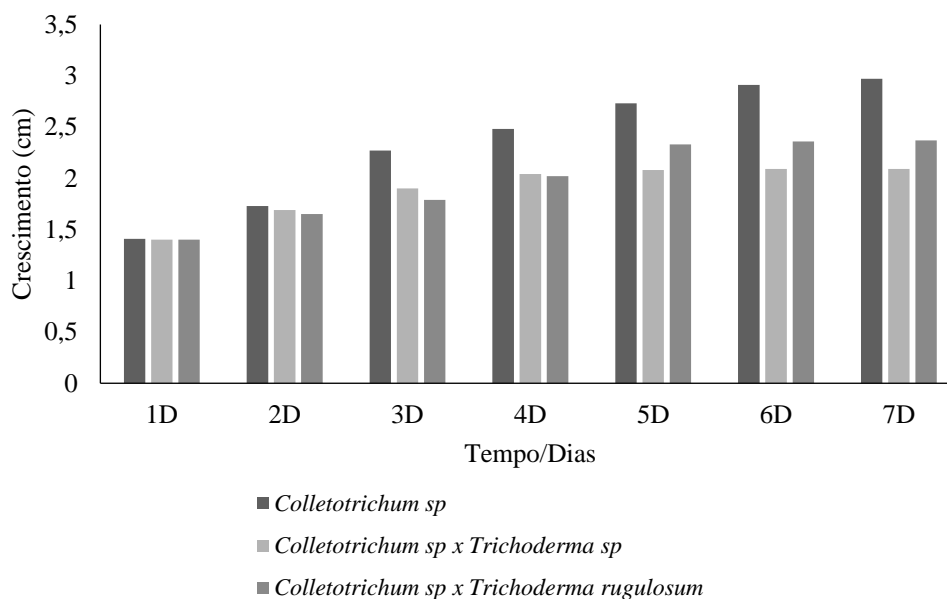
Tabela 4. Análise do crescimento micelial (cm) da testemunha de *Colletotrichum* sp. e dos tratamentos com *Trichoderma* sp. e *T. rugulosum* ao longo de sete dias.

Tratamentos	1D	2D	3D	4D	5D	6D	7D	M7D
<i>Colletotrichum</i> sp. (testemunha)	1,41a	1,73a	2,27a	2,48a	2,73a	2,91a	2,97a	2,43a
<i>Colletotrichum</i> sp. x <i>Trichoderma</i> sp.	1,40a	1,69a	1,90b	2,04b	2,08c	2,09c	2,09c	1,93b
<i>Colletotrichum</i> sp. x <i>Trichoderma</i> <i>rugulosum</i>	1,40a	1,65a	1,79b	2,02b	2,33b	2,36b	2,37b	1,93b
CV%	2,11	3,00	6,96	8,35	2,72	2,20	1,69	7,28
P	0,7332	0,0784	0,0001	0,0007	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

*Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV: coeficiente de variação. M7D: média dos sete dias.

Fonte: Autora, 2025.

Gráfico 1. Crescimento micelial de *Colletotrichum* sp. em teste *in vitro* ao longo de sete dias, comparando a testemunha (isolado puro) com os tratamentos contendo *Trichoderma* sp. e *Trichoderma rugulosum*.

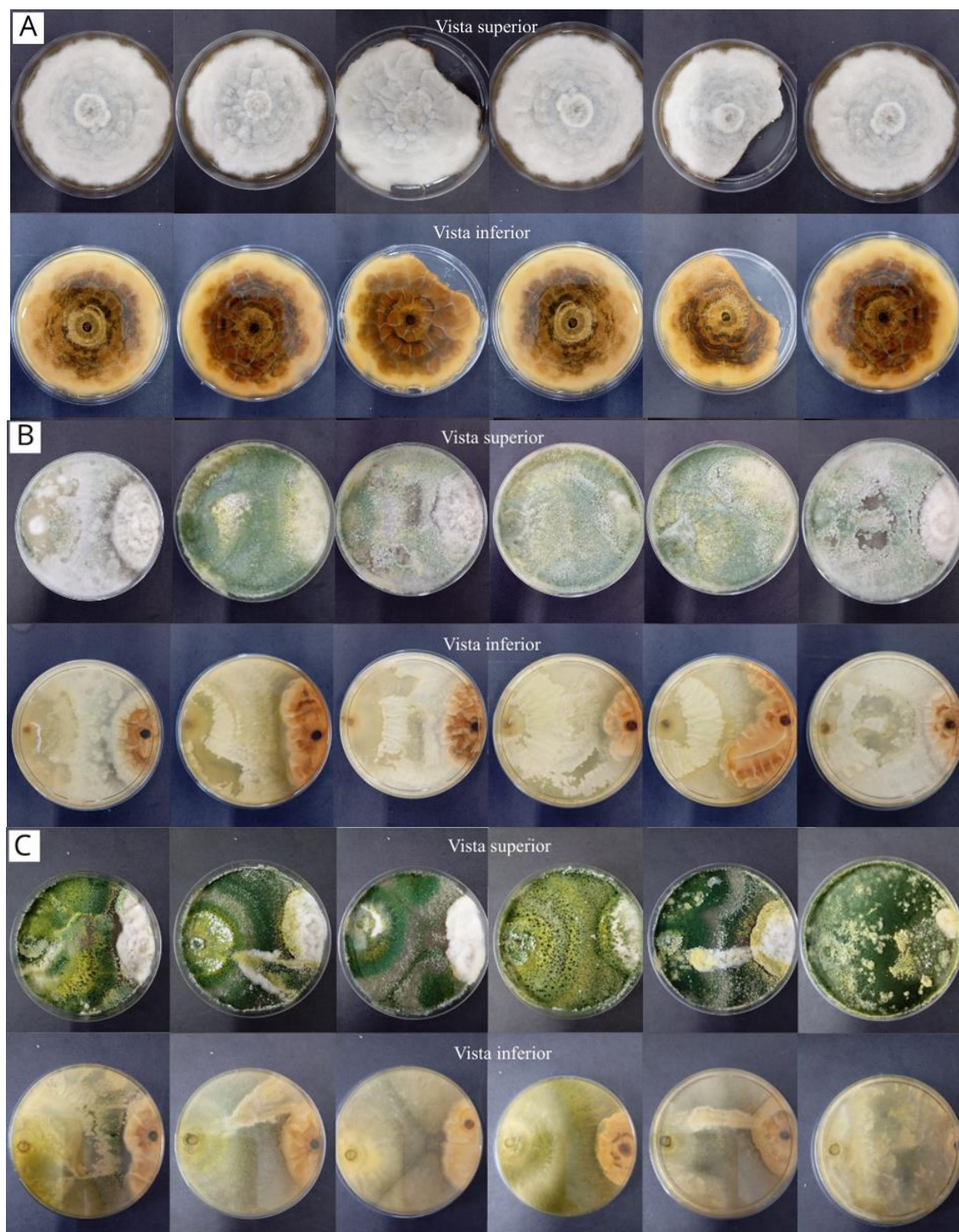


*Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV: coeficiente de variação. M7D: média dos sete dias.

Fonte: Autora, 2025.

Nos testes *in vitro* de *Pestalotiopsis* sp. (Figura 5), a testemunha apresentou maior média ao longo dos sete dias (M7D = 2,27 cm), atingindo 2,92 cm no sétimo dia, enquanto os tratamentos com *Trichoderma* sp. e *T. rugulosum* reduziram significativamente o crescimento a partir do quinto dia, com médias finais de 2,05 cm e 1,94 cm e porcentagens de inibição de crescimento (PIC) de 9,69% e 14,54%, respectivamente (Tabela 5; gráfico 2). Os valores de p ($\leq 0,0004$), confirmados pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, evidenciam diferenças estatísticas relevantes, reforçadas pela boa homogeneidade dos dados (CV entre 2,60% e 8,93%).

Figura 5 – Teste *in vitro* de antagonismo entre *Pestalotiopsis* sp. e isolados de *Trichoderma* spp. em placas de Petri. A: testemunha com *Pestalotiopsis* sp. isolado, apresentando crescimento micelial uniforme; B: interação entre *Pestalotiopsis* sp. e *Trichoderma* sp., com redução visível do crescimento do patógeno; C: interação entre *Pestalotiopsis* sp. e *Trichoderma rugulosum*, evidenciando efeito inibitório semelhante. As imagens mostram vista superior e inferior das culturas após sete dias de incubação.



Fonte: Autora, 2025.

Tabela 5. Análise do crescimento micelial (cm) da testemunha de *Petalotiopsis* sp. e dos tratamentos com *Trichoderma* sp. e *T. rugulosum* ao longo de sete dias.

Tratamentos	1D	2D	3D	4D	5D	6D	7D	M7D
<i>Petalotiopsis</i> sp (testemunha)	1,40a	1,82a	2,02a	2,26a	2,66a	2,66a	2,92a	2,27a
<i>Petalotiopsis</i> sp x <i>Trichoderma</i> sp	1,40a	1,78a	2,00a	2,15a	2,28b	2,28b	2,28b	2,05b

<i>Pestalotiopsis</i> sp x <i>Trichoderma rugulosum</i>	1,41a	1,80a	1,89ab	2,00a	2,03b	2,13b	2,13b	1,94b
---	-------	-------	--------	-------	-------	-------	-------	-------

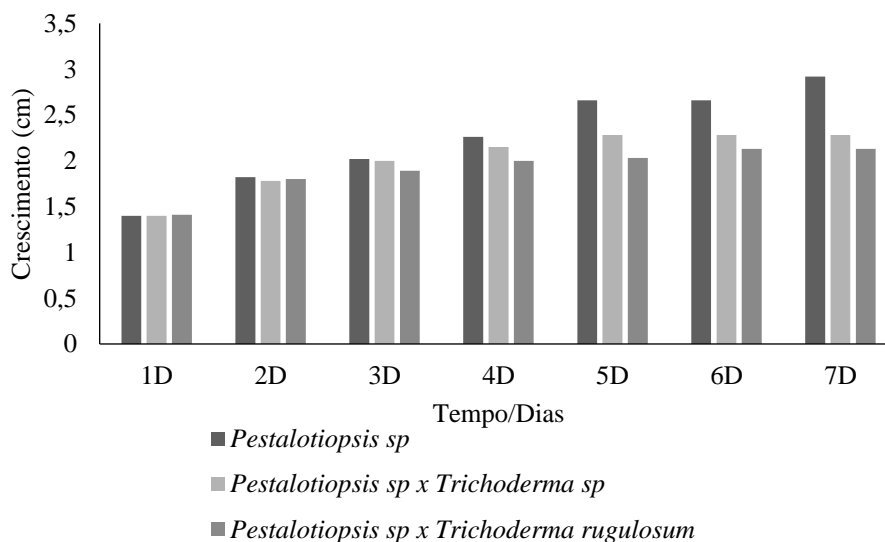
CV%	2,60	4,05	7,10	8,56	8,93	4,96	4,96	3,73
P	0,9481	0,6892	0,2371	0,0694	0,0004	0,0000	0,0000	0,0000

*Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV: coeficiente de variação. M7D: média dos sete dias.

Fonte: Autora, 2025.

Esses resultados estão em consonância com Rebelo *et al.*, (2023), que demonstraram o potencial de *Trichoderma* como agente de biocontrole contra *Pestalotiopsis* e outros fitopatógenos em espécies agrícolas e florestais, e com Silva *et al.*, (2023), que destacam a eficiência do gênero no manejo biológico de doenças, reduzindo a dependência de fungicidas químicos. De forma complementar, Rodrigues *et al.*, (2023) reforçam que isolados de *Trichoderma* apresentam mecanismos de micoparasitismo e antibiose capazes de limitar o crescimento de patógenos oportunistas, corroborando a redução observada neste estudo (Figura 5; gráfico 2).

Gráfico 2. Crescimento micelial de *Pestalotiopsis* sp. em teste in vitro ao longo de sete dias, comparando a testemunha (isolado puro) com os tratamentos contendo *Trichoderma* sp. e *Trichoderma rugulosum*.



*Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV: coeficiente de variação. M7D: média dos sete dias.

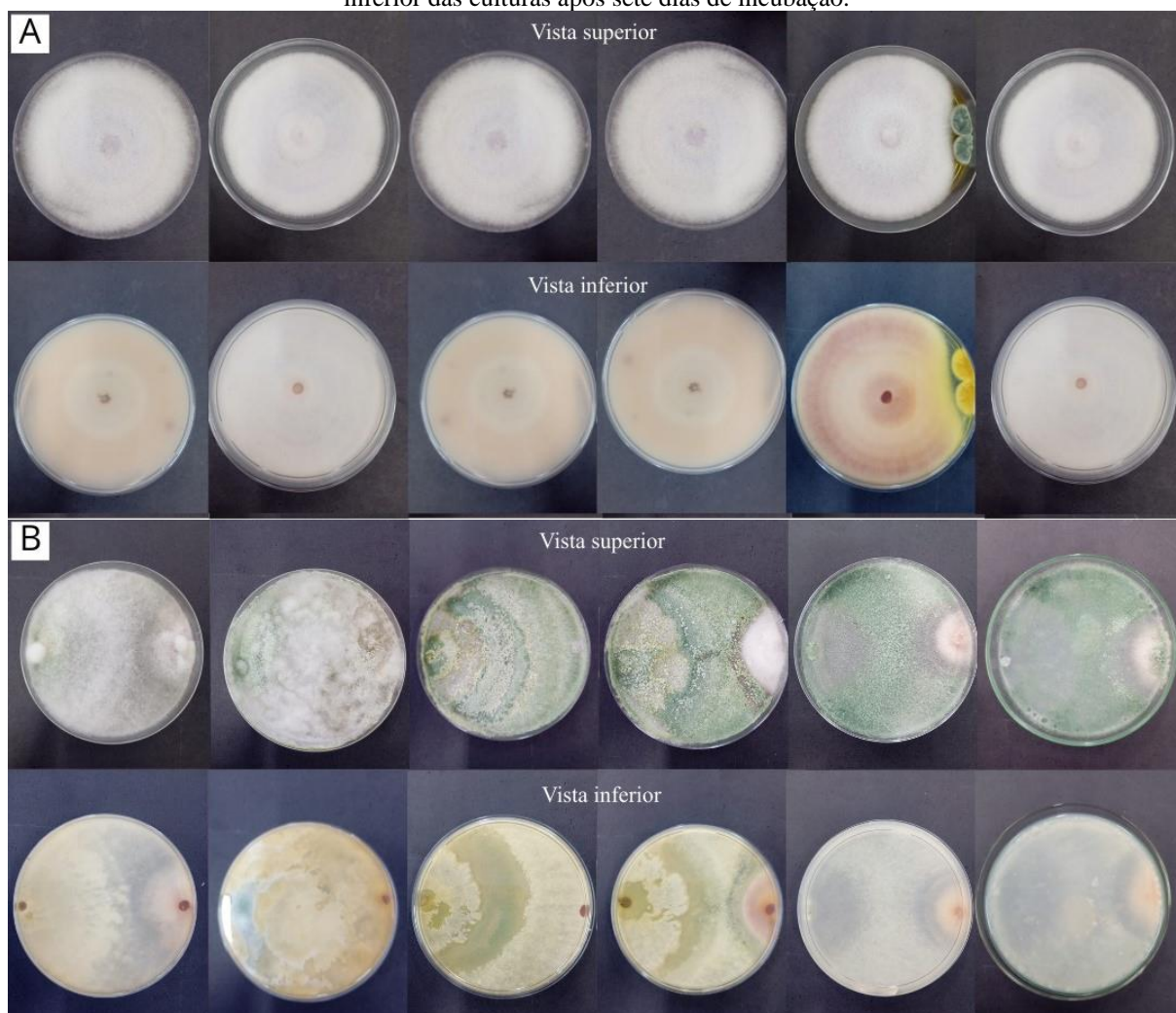
Fonte: Autora, 2025.

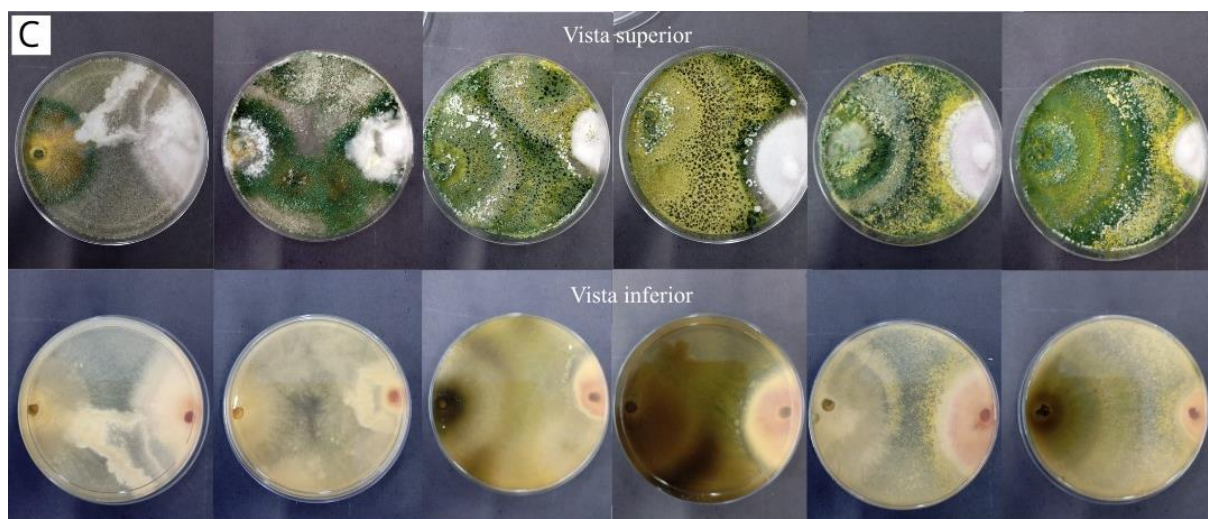
Nos testes *in vitro* de *Fusarium* sp. (Figura 6), a testemunha apresentou maior média ao longo dos sete dias (M7D = 2,16 cm), iniciando em 1,81 cm no primeiro dia e atingindo 2,90 cm no sétimo dia (Tabela 6). Já os tratamentos com *Trichoderma* sp. e *T. rugulosum* reduziram significativamente o crescimento a partir do segundo dia, com médias finais de 1,68 cm e 1,83

cm e porcentagens de inibição de crescimento (PIC) de 22,22% e 15,27%, respectivamente. Os valores de p ($\leq 0,0023$), confirmados pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, evidenciam diferenças estatísticas relevantes, reforçadas pela boa consistência dos dados (CV entre 4,51% e 8,68%).

Figura 6 – Teste *in vitro* de antagonismo entre *Fusarium* sp. e isolados de *Trichoderma* spp. em placas de Petri.

A: testemunha com *Fusarium* sp. isolado, apresentando crescimento micelial uniforme; B: interação entre *Fusarium* sp. e *Trichoderma* sp., com redução visível do crescimento do patógeno; C: interação entre *Fusarium* sp. e *Trichoderma rugulosum*, evidenciando efeito inibitório semelhante. As imagens mostram vista superior e inferior das culturas após sete dias de incubação.





Fonte: Autora, 2025.

Tabela 6. Análise do crescimento micelial (cm) da testemunha de *Fusarium* sp. e dos tratamentos com *Trichoderma* sp. e *T. rugulosum* ao longo de sete dias.

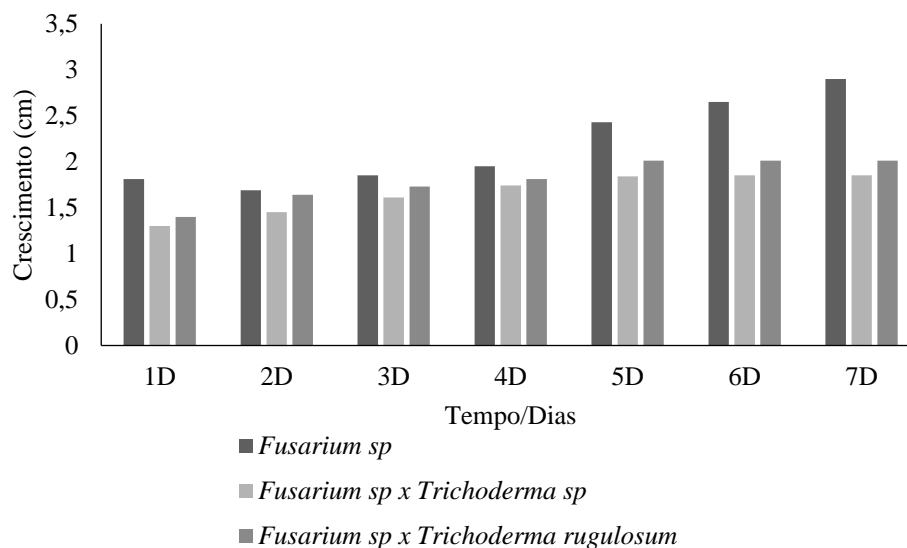
Tratamentos	1D	2D	3D	4D	5D	6D	7D	M7D
<i>Fusarium</i> sp (testemunha)	1,51a	1,69a	1,85a	1,95a	2,43a	2,65a	2,90a	2,16a
<i>Fusarium</i> sp <i>Trichoderma</i> sp	x 1,30b	1,45b	1,61b	1,74b	1,84b	1,85b	1,85b	1,68b
<i>Fusarium</i> sp <i>Trichoderma</i> <i>rugulosum</i>	x 1,40a	1,64a	1,73b	1,81b	2,01b	2,01b	2,01b	1,83b
CV%	4,51	6,23	5,86	8,68	8,15	7,61	7,66	6,36
P	0,0248	0,0023	0,0047	0,1000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000

*Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV: coeficiente de variação. M7D: média dos sete dias.

Fonte: Autora, 2025.

Esses resultados estão em consonância com Awala *et al.*, (2024), que revisaram os mecanismos de ação de *Trichoderma* contra *Fusarium* em culturas hortícolas e destacaram o papel do micoparasitismo, antibiose e produção de enzimas hidrolíticas na redução do crescimento do patógeno. Além disso, estudos como o de Zhang *et al.*, (2024) confirmam que isolados de *Trichoderma* apresentam alta eficiência contra *Fusarium proliferatum* em testes de pareamento de culturas, corroborando a redução observada neste trabalho. Assim, os dados obtidos reforçam que *Trichoderma* é uma alternativa sustentável e eficaz para o manejo biológico de *Fusarium* sp., reduzindo o crescimento micelial (Gráfico 3), e contribuindo para práticas agrícolas menos dependentes de fungicidas químicos.

Gráfico 3. Crescimento micelial de *Fusarium* sp. em teste in vitro ao longo de sete dias, comparando a testemunha (isolado puro) com os tratamentos contendo *Trichoderma* sp. e *Trichoderma rugulosum*.



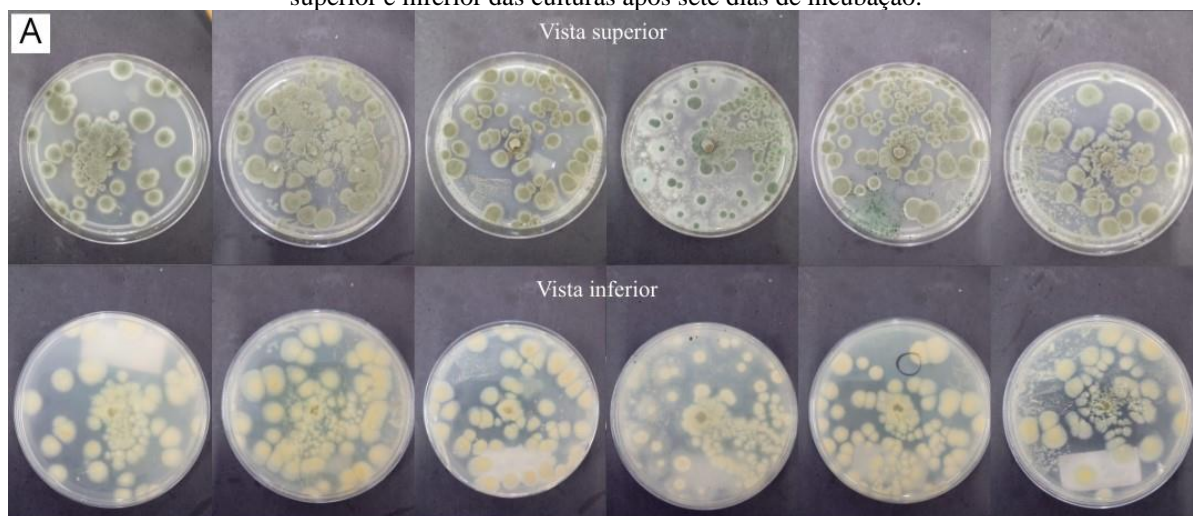
*Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV: coeficiente de variação. M7D: média dos sete dias.

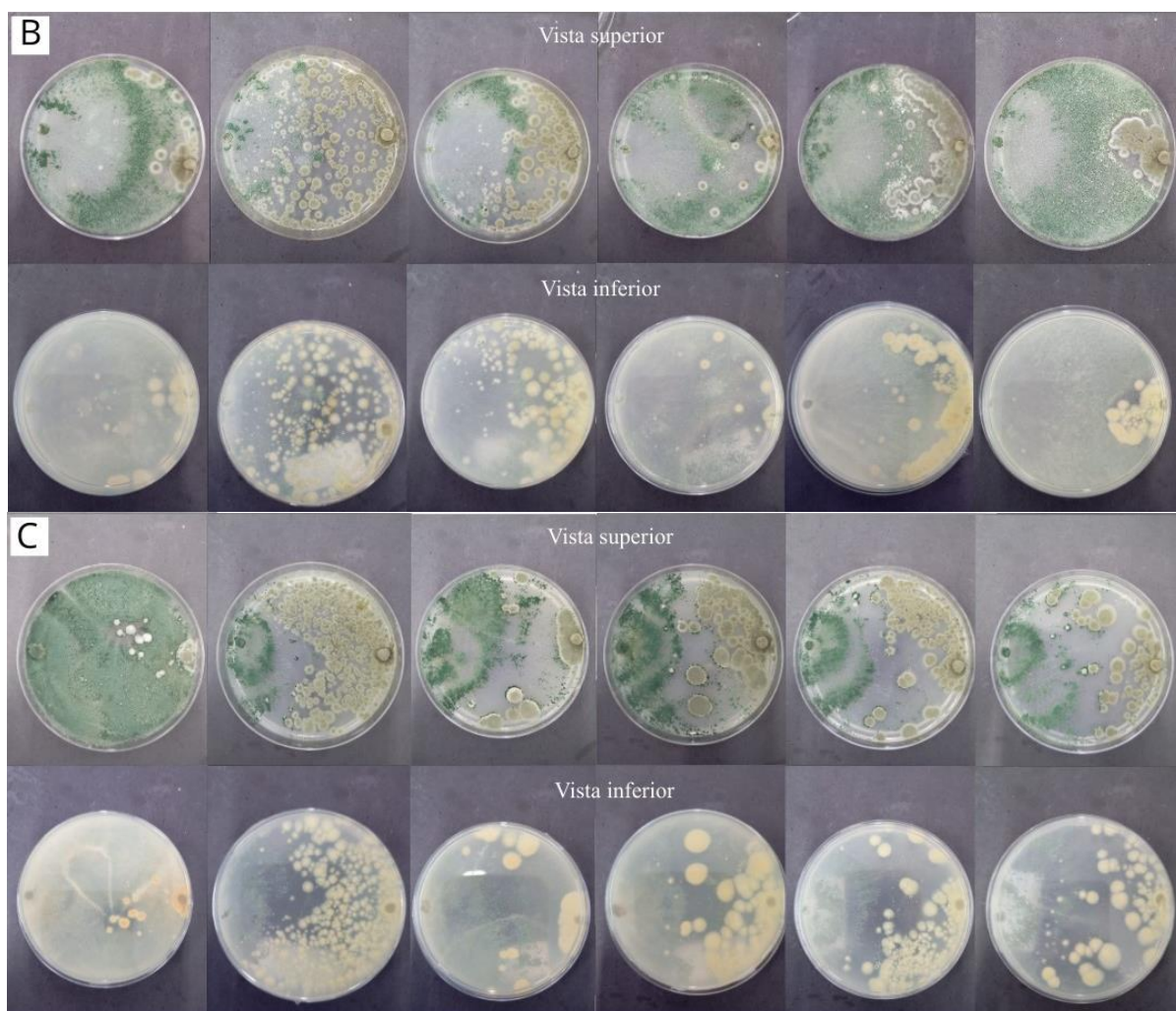
Fonte: Autora, 2025.

A avaliação do crescimento micelial de *Penicillium* sp. em condições *in vitro* (Figura 7) mostrou que a testemunha apresentou maior média ao longo dos sete dias (M7D = 2,64 cm), iniciando em 1,29 cm no primeiro dia e atingindo 3,06 cm no sétimo dia (Tabela 7). Nos tratamentos com *Trichoderma* sp. e *T. rugulosum* houve redução significativa a partir do quarto dia, com médias finais de 2,28 cm e 2,34 cm, respectivamente.

Figura 7. Teste *in vitro* de antagonismo entre *Penicillium* sp. e isolados de *Trichoderma* spp. em placas de Petri.

A: testemunha com *Penicillium* sp. isolado, apresentando crescimento micelial uniforme; B: interação entre *Penicillium* sp. e *Trichoderma* sp., com redução visível do crescimento do patógeno; C: interação entre *Penicillium* sp. e *Trichoderma rugulosum*, evidenciando efeito inibitório semelhante. As imagens mostram vista superior e inferior das culturas após sete dias de incubação.





Fonte: Autora, 2025.

Tabela 7. Análise do crescimento micelial (cm) da testemunha de *Penicillium* sp. e dos tratamentos com *Trichoderma* sp. e *T. rugulosum* ao longo de sete dias.

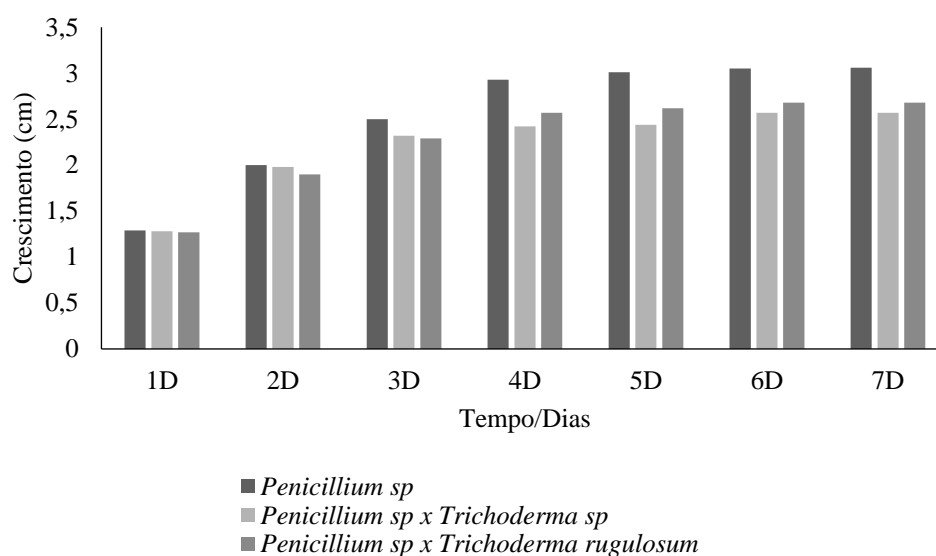
Tratamentos	1D	2D	3D	4D	5D	6D	7D	M7D
<i>Penicillium</i> sp (testemunha)	1,29a	2,00a	2,50a	2,93a	3,01a	3,05a	3,06a	2,64a
<i>Penicillium</i> sp x <i>Trichoderma</i> sp	1,28a	1,98a	2,32a	2,42b	2,44b	2,57b	2,57b	2,28b
<i>Penicillium</i> sp x <i>Trichoderma</i> <i>rugulosum</i>	1,27a	1,90a	2,29a	2,57b	2,62b	2,68b	2,68b	2,34b
CV%	2,80	4,13	6,47	8,00	8,65	9,32	9,24	7,34
P	0,6655	0,1066	0,0581	0,0032	0,0017	0,0151	0,0115	0,0064

*Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV: coeficiente de variação. M7D: média dos sete dias.

Fonte: Autora, 2025.

A porcentagem de inibição de crescimento (PIC) em relação à testemunha foi de 13,64% para *Trichoderma* sp. e 11,36% para *T. rugulosum*. Os valores de *p* indicaram diferenças estatísticas relevantes a partir do quarto dia ($p \leq 0,0032$), confirmadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (Tabela 7). O coeficiente de variação variou entre 2,80% e 9,32%, demonstrando boa homogeneidade dos dados e evidenciando o efeito inibitório dos isolados de *Trichoderma* sobre o crescimento de *Penicillium* sp., conforme ilustrado na tabela de crescimento micelial (Tabela 7). Assim, os dados obtidos mostram que *Trichoderma* inibiu o crescimento micelial ao longo dos 7 dias analisados (Gráfico 4).

Gráfico 4. Crescimento micelial de *Penicillium* sp. em teste *in vitro* ao longo de sete dias, comparando a testemunha (isolado puro) com os tratamentos contendo *Trichoderma* sp. e *Trichoderma rugulosum*.



*Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV: coeficiente de variação. M7D: média dos sete dias.

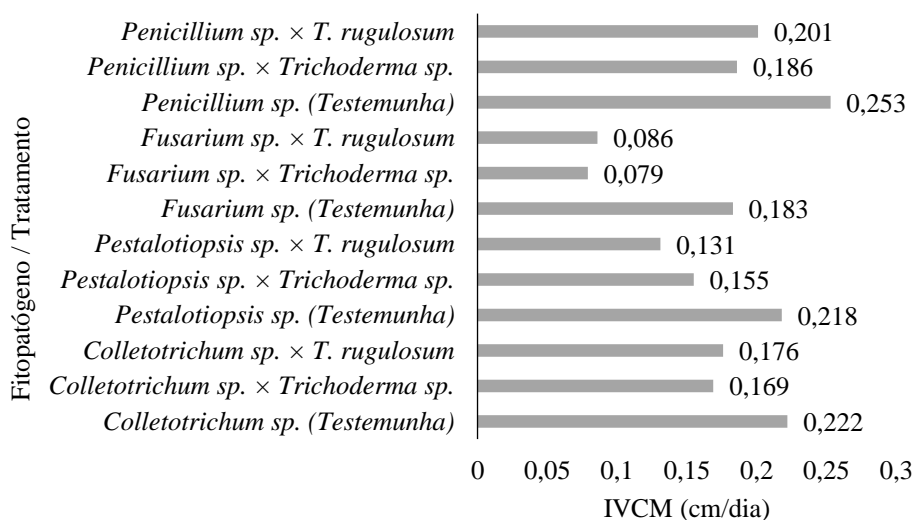
Fonte: Autora, 2025.

Resultados semelhantes a esses foram relatados por Silva (2023), que observou que apenas alguns isolados de *Trichoderma* conseguiram antagonizar *Penicillium*, destacando sua intensa esporulação e elevada liberação de conídios como fatores que aumentam a competitividade do patógeno. Assim, a inibição moderada observada (PIC entre 11–13%) é coerente com a literatura, reforçando que, embora *Trichoderma* seja capaz de reduzir significativamente o crescimento de *Penicillium*, o antagonismo tende a ser menos intenso do que contra outros patógenos, evidenciando a necessidade de selecionar isolados mais eficientes para o manejo biológico.

Os resultados obtidos para o Índice de Velocidade de Crescimento Micelial (IVCM) evidenciam que os isolados de *Trichoderma sp.* e *T. rugulosum* reduziram significativamente a taxa de desenvolvimento dos fitopatógenos avaliados em comparação às respectivas testemunhas (Gráfico 5). Entre os patógenos, o efeito mais expressivo foi observado sobre *Fusarium sp.*, cujo IVCM caiu de 0,183 na testemunha para valores próximos de 0,08 nos tratamentos. Esse resultado está em consonância com trabalhos como os de Machado *et al.* (2012) e Willerding *et al.* (2015), que também relataram forte inibição do crescimento de *Fusarium* por isolados de *Trichoderma*.

Já *Pestalotiopsis sp.*, apresentou maior sensibilidade ao isolado de *T. rugulosum* (0,131), sugerindo que diferentes espécies de *Trichoderma* podem apresentar espectros de ação distintos, como já discutido por Nguyen *et al.* (2025), que observaram resultados semelhantes no controle de *Pestalotiopsis* em frutos de pomelo. Para *Colletotrichum sp.* e *Penicillium sp.*, também foram verificadas reduções consistentes na velocidade de crescimento, confirmando que o efeito antagonista não se restringe a um único gênero, mas se estende a diferentes fitopatógenos, estando de acordo com SciELO Brasil (2022).

Gráfico 5. Índice de Velocidade de Crescimento Micelial (IVCM) dos fitopatógenos sob diferentes tratamentos.



Fonte: Autora, 2025.

6 CONCLUSÃO

Este estudo permitiu identificar e caracterizar fungos fitopatogênicos presentes em folhas de diferentes espécies vegetais da Reserva Extrativista Ciriaco, no Maranhão, evidenciando a diversidade microbiana associada a sintomas foliares. A análise morfológica e

microscópica revelou a presença de gêneros amplamente conhecidos por sua relevância fitopatológica, como *Colletotrichum*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Aspergillus* e *Pestalotiopsis*.

Os testes *in vitro* demonstraram que *Trichoderma* spp. exerce efeito inibitório significativo sobre o crescimento micelial desses patógenos, reforçando seu potencial como agente de biocontrole. A redução estatisticamente comprovada do desenvolvimento fúngico em todos os tratamentos confirma a eficácia do *Trichoderma* sp. na supressão de doenças foliares, contribuindo para estratégias de manejo sustentável em ambientes naturais e agrícolas.

Portanto, este estudo contribui para o avanço do conhecimento sobre a microbiota fúngica associada a flora da Amazônia maranhense na Reserva Extrativista do Ciriaco e reforça o papel de *Trichoderma* spp. como ferramenta promissora no controle biológico de fungos fitopatogênicos, com potencial aplicação em sistemas agroecológicos e em programas de conservação vegetal.

REFERÊNCIAS

- AENDA. **Cepas de *Aspergillus flavus* inibem toxinas e fungos no campo.** Associação Nacional de Defesa Vegetal, 2025. Disponível em: https://www.aenda.org.br/noticia_imprensa/cepas-de-aspergillus-flavus-inibem-toxinas-e-fungos-no-campo/. Acesso em: 23 dez. 2025.
- AGROLINK. **Fungo de pós-colheita (*Aspergillus* spp.).** Agrolink, 2025. Disponível em: https://www.agrolink.com.br/problemas/fungo-de-pos-colheita_2136.html. Acesso em: 23 dez. 2025.
- AGROLINK. **Fusariose (*Fusarium oxysporum* f.sp. . vasinfectum).** Agrolink, 2025. Disponível em: https://www.agrolink.com.br/problemas/fusariose_2763.html. Acesso em: 23 dez. 2025.
- AGROLINK. **Mancha foliar (*Pestalotiopsis* sp.).** Portal Agrolink, 2025. Disponível em: https://www.agrolink.com.br/problemas/problema/mancha-foliar_3476.html. Acesso em: 25 dez. 2025.
- ALMEIDA, F. S. *et al.* Impactos ambientais e sociais em reservas extrativistas no Maranhão. **Revista de Estudos Ambientais**, v. 22, n. 2, p. 45-60, 2020.
- ALMEIDA, S. S.; VIEIRA, I. C. G. **Florestas de transição Amazônia-Cerrado: composição florística e estrutura.** Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi, 2014.
- AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A. **Manual de Fitopatologia: Princípios e Conceitos.** 5. ed. Piracicaba: Editora Agronômica Ceres, 2016.
- ANDRADE, F. M. C. **Caderno dos microrganismos eficientes (E.M.):** instruções práticas sobre uso ecológico e social do EM. 3. ed. Viçosa: UFV, IPPDS, 2020.

ANDREOTE, F. D.; CARDOSO, E. J. B. N. Microbioma do solo e sua relação com a nutrição vegetal. In: MENDES, R.; MENDES, R. J. (org.). **Microbioma do solo**. Brasília: Embrapa, 2023.

ARAÚJO, D. M. A. D. A. **Diversidade de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) em florestas tropicais secas e úmidas no Nordeste do Brasil**. 2019. 97f. Tese (Doutorado em Biologia de Fungos) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2019.

AWALA, M. A. *et al.* Mechanisms of action and biocontrol potential of *Trichoderma* against *Fusarium* in horticultural crops. **Cogent Food & Agriculture**, v. 10, n. 1, p. 2394685, 2024.

BAIA, F. L. J. *et al.* **Identificação e análise de genes efetores do gênero *Neopestalotiopsis* com base no genoma completo**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2020.

BATISTA, B. G. *et al.* Human fusariosis: an emerging infection that is difficult to treat. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 53, e20200013, 2020.

BLOG MFRURAL. **Doenças em palmeiras: principais problemas e como identificar**. 2025. Disponível em: <https://blog.mfrural.com.br/doencas-palmeiras/>. Acesso em: 24 dez. 2025.

BOFF, J. A. **Epidemiologia das infecções causadas por *Aspergillus* spp.** São José do Rio Preto: Academia de Ciência e Tecnologia de São José do Rio Preto, 2024.

BRASIL. **Decreto nº 534, de 20 de maio de 1992**. Cria a Reserva Extrativista do Ciriaco. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 1992.

BRASIL. *Trichoderma: biological control efficiency and perspectives for the Brazilian Midwest states and Tocantins*. **Brazilian Journal of Biology**, SciELO Brasil, 2022.

CHAN-CUPUL, J. *et al.* **Uso de fungos entomopatogênicos na promoção do crescimento de plantas**. Brasília: Educapes/CAPES, 2025.

CONTRERAS-CORNEJO, H. A. *et al.* Ecological functions of *Trichoderma* spp. and their secondary metabolites in the rhizosphere. **Frontiers in Microbiology**, v. 7, p. 1-12, 2016.

CORTEZ-LÁZARO, A. A. *et al.* Global trends in *Trichoderma* secondary metabolite research for sustainable agricultural biocontrol. **Frontiers in Microbiology**, v. 16, p. 1595946, 2025.

COSTA, F. R. *et al.* Manejo integrado de doenças em culturas tropicais: fundamentos e aplicações. **Revista Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, v. 40, n. 4, p. 233-250, 2019.

COSTA, J. L. *et al.* Características patogênicas de isolados do complexo *Fusarium graminearum* e de *Fusarium verticillioides* em sementes e plântulas de milho. **Ciência Rural**, v. 43, n. 4, p. 689-695, 2013.

DEAN, R. *et al.* Os 10 principais patógenos fúngicos na patologia molecular de plantas. **Molecular Plant Pathology**, v. 13, n. 4, p. 414-430, 2012.

DRUZHININA, I. S. *et al.* *Trichoderma*: the genomics of opportunistic success. **Nature Reviews Microbiology**, v. 16, p. 431-445, 2018.

EMBRAPA. **Mancha de pestalotiopsis (*Pestalotiopsis longisetula*) em morangueiro**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2025.

FARIA, C. M. X.; INÁCIO, C. A. Considerações sobre o gênero *Colletotrichum*. **Revisão Anual de Patologia de Plantas (RAPP)**, v. 29, p. 131-147, 2023.

FARIAS, A. X. *et al.* Contaminação endógena por *Aspergillus* spp. em milho pós-colheita no Estado do Paraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 3, p. 611–618, 2000.

FERRI, W. **Queimadas e microbioma do solo: estudo revela impacto e estratégias para recuperação rápida**. São Paulo: Urbana Caipira, 2025. Disponível em: <<https://urbanacaipira.com.br/queimadas-e-microbioma-do-solo-estudo-revela-impacto-e-estrategias-para-recuperacao-rapida/>>. Acesso em: 19 dez. 2025.

FUNDO AMAZÔNIA. **Projeto Babaçu Livre**. Rio de Janeiro: BNDES, 2020. Disponível em: <<https://www.fundoamazonia.gov.br/pt/projetos/projeto-babacu-livre/>>. Acesso em: 13 nov. 2025.

G1 MARANHÃO. **Maranhão perdeu 27% das áreas naturais em 39 anos, aponta MapBiomas**. G1, 2024. Disponível em: <<https://g1.globo.com/ma/maranhao/noticia/2024/05/27/maranhao-perdeu-27percent-dasareas-naturais-em-39-anos-aponta-mapbiomas.ghtml>>. Acesso em: 13 nov. 2025.

GOMES, C. R. T. **A importância dos microrganismos para a sustentabilidade ambiental: sequência didática com enfoque investigativo**. 2025. 136 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Biologia) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2025.

GRIMES, R. *et al.* Antagonismo *in vitro* de espécies de *Trichoderma* contra fungos fitopatogênicos florestais. **Pesq. flor. bras**, Colombo, v. 43, e202002140, p. 1-9, 2023.

HARMAN, G. E. *et al.* *Trichoderma* species—opportunistic, avirulent plant symbionts. **Nature Reviews Microbiology**, v. 17, p. 747-760, 2019.

IBGE. **Mapa de Biomas e de Vegetação do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2019.

ICMBio. **Plano de Manejo da Reserva Extrativista do Ciriaco**. Brasília: ICMBio, 2018.

ICMBio. **Plano de manejo participativo da Reserva Extrativista do Ciriaco, Cidelândia**. Brasília: ICMBio, jan. 2011.

IMESC – Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos. **Análise da incidência de focos de queimadas nas terras indígenas do Estado do Maranhão**. São Luís: IMESC, 2025.

JAYAWARDENA, R. S. *et al.* *Colletotrichum*: estilos de vida, biologia, morfoespécies, complexos de espécies e espécies aceitas. **Mycosphere**, v. 12, n. 1, p. 519-669, 2021.

KONÉ, Y. *et al.* Potencial do agente de biocontrole *Penicillium citrinum* no manejo da brusone do arroz e na promoção do crescimento da planta em condições de estufa. **Bragantia**, v. 84, p. e20240025, 2025.

KRUSCHEWSKY, M. C.; LUZ, E. D. M. N.; BEZERRA, J. L. O gênero *Pestalotiopsis* (Ascomycota, ‘Coelomycetes’) no Brasil. **Agrotópica**, v. 26, n. 2, p. 89-98, 2014.

LAZAROTTO, M. *et al.* Identificação e caracterização de espécies de *Pestalotiopsis* patogênicas à nogueira-pecã no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, n. 6, 2014.

MACHADO, D. F. M. *et al.* *Trichoderma* no Brasil: o fungo e o bioagente. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 35, n. 1, p. 45–54, 2012.

MASULLO, Y. A. G.; MAGALHÃES, S. G. D. A. Análise socioeconômica e ambiental das Unidades de Conservação do Estado do Maranhão. **Relatório de pesquisa**. São Luís: FAPEMA, 2018.

MENEZES, M.; SAYONARA, M. P. A. **Guia prático para fungos fitopatogênicos**. Recife: UFRPE, Imprensa Universitária, 2004.

MENTEN, J. O. M. *et al.* Efeito de alguns fungicidas. In: **Congresso Brasileiro De Fitopatologia**, 1976, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: Sociedade Brasileira de Fitopatologia, 1976.

MICOTECA DA UEMA. **Micoteca Prof. Gilson Soares da Silva**. Universidade Estadual do Maranhão. Disponível em: <https://www.micoteca.uema.br>. Acesso em: 24 set. 2025.

MICOTECA VIRTUAL DA UFPE. **Micoteca Virtual da Universidade Federal de Pernambuco**. Universidade Federal de Pernambuco. Disponível em: <https://www.ufpe.br/micoteca/sobre>. Acesso em: 24 set. 2025.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Fusariose**. Brasília: Ministério da Saúde, 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/f/fusariose>. Acesso em: 23 dez. 2025.

MONTE, E.; BETTIOL, W.; HERMOSA, R. **Trichoderma e seus mecanismos de ação para o controle de doenças de plantas**. Embrapa Meio Ambiente, 2019. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1119258>>. Acesso em: 1 nov. 2025.

MÜNCH, S. *et al.* O estilo de vida hemibiotrófico das espécies de *Colletotrichum*. **Journal of Plant Physiology**, v. 165, p. 41-51, 2008.

NASCIMENTO, I. O.; OLIVEIRA, F. **Reserva Extrativista do Ciriaco, Maranhão, Brasil: potenciais de flora e entomofauna**. São Paulo: Ed. Lux, 2022.

NASUTI, S. **Reserva Extrativista de Ciriaco: desafios e sustentabilidade em uma UC do arco do desmatamento (Cidelândia/MA)**. 2019. Disponível em: <https://www.academia.edu/108891898>. Acesso em: 9 set. 2025.

NGUYEN, Q. K.; LE, B. D.; VO, M. T.; NGUYEN, T. N.; PHAN, C. H.; LE, T. Q.; NGUYEN, D. T.; HA, N. T.; DO, T. X.; LE, T. M. T.; TRAN, T. K. N.; LY, N. T. X.; NGO, T. P. *Application of Trichoderma spp. to Control Colletotrichum sp. and Pseudopestalotiopsis spp., Causing Agents of Fruit Rot in Pomelo*. *Applied Microbiology*, v. 5, n. 3, p. 456-468, 2025.

NOGUEIRA, E. M. *et al.* Bioma de transição Amazônia-Cerrado: características e desafios de conservação. **Acta Amazonica**, v. 45, n. 2, p. 195-210, 2015.

NOVAK, E. *et al.* Atributos microbiológicos do solo sob áreas nativas e plantios de eucalipto. **Scientia Forestalis**, v. 49, n. 132, 2018.

OLIVEIRA, E. S.; VIANA, F. M. P.; MARTINS, M. V. V. Alternativas a fungicidas sintéticos no controle da antracnose da banana. **Summa Phytopathologica**, v. 42, n. 4, p. 340–350, 2016.

OLIVEIRA, I. S. *et al.* Brazilian tropical dry forest (Caatinga) in the spotlight: an overview of species of *Aspergillus*, *Penicillium* and *Talaromyces*. **Acta Botanica Brasilica**, v. 34, n. 2, p. 1-15, 2020.

OLIVEIRA, I. S. *et al.* Patogenicidade de *Penicillium sclerotigenum* a diferentes frutas e hortaliças em pós-colheita. **Fitopatologia Brasileira**, v. 31, n. 4, p. 408–410, jul./ago. 2006.

OLIVEIRA, M. S. *et al.* Biocontrole de fitopatógenos: perspectivas para a agricultura sustentável. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 65, n. 1, p. 1-12, 2022.

OLIVEIRA, R. J. *et al.* Eficácia de *Trichoderma* spp. no controle de doenças em milho e soja. **Revista Brasileira de Fitopatologia**, v. 39, n. 3, p. 210-220, 2021.

PAZIANI, M. H. **Perfil fenotípico e genotípico de *Fusarium* spp. provenientes de episódios clínicos de fusarioses no Estado de São Paulo**. 2021. 71f. Tese (Doutorado em Ciências Farmacêuticas) – Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2021.

PEREIRA, A. L. *et al.* Impactos ambientais do uso de fungicidas na agricultura tropical. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 6, n. 3, p. 45-60, 2021.

PLANTIX. **Mofa preto (*Aspergillus niger*)**. Plantix, 2025. Disponível em: <https://plantix.net/pt/library/plant-diseases/100191/black-mould/>. Acesso em: 23 dez. 2025.

POLETTI, T. *et al.* Efficacy of five *Trichoderma* species against anthracnose pathogens in pecan through mycoparasitism and antibiosis. **Journal of Crop Health**, v. 76, p. 673–681, 2024.

RAJENDIRAN, R. *et al.* In vitro assessment of antagonistic activity of *Trichoderma viride* against post harvest pathogens. **Journal of Agricultural Technology**, Bangkok, v. 6, n. 1, p. 31–35, 2010.

REBELO, R. *et al.* *Trichoderma* como agente de biocontrole de fitopatógenos de espécies agrícolas e florestais. In: Congresso latino-americano de agroecologia (CLAA), 6.; congresso brasileiro de agroecologia (CBA), 10.; seminário estadual de agroecologia do distrito federal (SEMDF), 5., 2018. *Anais...* **Cadernos de Agroecologia**, v. 13, n. 1, jul. 2018.

RODRIGUES, A. O. *et al.* Unveiling the biocontrol potential of *Trichoderma*. **European Journal of Plant Pathology**, v. 171, p. 561–579, 2023.

RODRIGUES, A. R. D. S. P. Controle biológico de fungos fitopatogênicos em citros pós-colheita. **Citrus Research & Technology**, v. 42, p. 1-7, 2022.

RODRIGUES, V. S. R. **Educação ambiental nas reservas extrativistas da Microrregião Bragantina**. 2023. 45 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental e Energias Renováveis) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Capanema, 2020.

SANT'ANA JÚNIOR, H. A. Complexo portuário, reserva extrativista e desenvolvimento no Maranhão. **Cadernos CRH**, v. 27, n. 71, p. 1-20, 2014.

SERRA, I. M. R. S.; COELHO, R. S. B. Mancha de Pestalotiopsis em helicônia: caracterização da doença e potenciais fontes de resistência. **Fitopatologia Brasileira**, v. 32, p. 44-49, 2007.

SILVA, A. L. P. *et al.* As contribuições dos microrganismos na qualidade do solo na agricultura. **Peer Review**, v. 6, n. 7, p. 96-106, 2024.

SILVA, A. N. C. D. **Seleção, *in vitro*, de isolados de *Trichoderma* como potenciais agentes de controle biológico de fungos fitopatogênicos**. 2023. 72 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura e Biodiversidade) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2023.

SILVA, A. P. *et al.* Uso de bioinoculantes de *Trichoderma* spp. em sistemas agroextrativistas e agricultura familiar. **Journal of Applied Microbiology**, v. 134, n. 2, p. 345-356, 2023.

SILVA, G. B. *et al.* **Fungos associados e fitopatogênicos a espécies florestais nativas e exóticas na Amazônia**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2019.

SILVA, J. *et al.* ***Trichoderma*: biological control efficiency and applications in agriculture**. *Brazilian Journal of Biology*, v. 83, 2023.

SILVA, J. R. *et al.* Uso de fungicidas químicos no controle de doenças agrícolas: avanços e desafios. **Revista Brasileira de Fitopatologia**, v. 38, n. 2, p. 145-160, 2020.

SILVA, L. M. *et al.* Aplicação de *Trichoderma* spp. em sistemas agroflorestais de cacau e babaçu. **Agroecology and Sustainable Food Systems**, v. 46, n. 5, p. 623-640, 2022.

SILVA, M. A. **Filogenia, identificação e patogenicidade de Pestalotiopsidaceae associadas com a mancha-de-pestalotiopsis em palmeiras ornamentais**. 2016. 51f. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2016.

SILVA, M. *et al.* Evidências de mudanças climáticas na região de transição Amazônia-Cerrado no Estado do Maranhão. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 31, n. 3, p. 1-15, 2016.

SILVA, M. S. *et al.* **A economia invisível do babaçu e sua importância para meios de vida em comunidades agroextrativistas**. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. *Ciências Humanas*, v. 14, n. 1, p. 1-20, 2019.

SILVA, R. A. F. **Diversidade e identificação de fungos fitopatogênicos em frutos não convencionais**. 2023. 282 f. Tese (Doutorado em Fitopatologia) – Universidade de Brasília, Brasília, 2023.

SILVA, R. B. *et al.* Estudo das colônias de fungos e bactérias em solos de floresta tropical associada à variação das chuvas na região In: **Congresso Brasileiro De Meteorologia**, 17., 2010. *Anais...* Belém: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 2010.

SILVA, T. R.; COSTA, M. A.; NASCIMENTO, J. S. Fungos associados a doenças foliares em plantas da Amazônia maranhense. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 51, n. 1, p. 45-52, 2021.



SOCIEDADE BRASILEIRA DE FITOPATOLOGIA. **Revisão Anual de Patologia de Plantas (RAPP)**. Publicação digital da SBF, 2025. Disponível em: <https://sbf.itopologia.org.br/rapp>. Acesso em: 23 dez. 2025.

SOUZA, J. P. Produção acadêmica sobre as reservas extrativistas brasileiras (2010–2020): avanços e lacunas. **Revista Extensão Rural**, v. 27, n. 2, 2021.

SUSTENTARE. **Micotoxinas produzidas por fungos do gênero *Penicillium*: riscos e impactos**. *Sustentare Wipis*, 2022. Disponível em: <https://www.sustentarewipis.com.br/wp-content/uploads/artigos/2022/581553.pdf>. Acesso em: 23 dez. 2025.

TALHINHAS, P.; BARONCELLI, R. *Colletotrichum* species and complexes: geographic distribution, host range and conservation status. **Fungal Diversity**, v. 110, p. 109–198, 2021.

WIVES, A. P.; VALENTE, P. **O mundo oculto dos fungos fitopatogênicos**. Microbiologando – UFRGS, Porto Alegre, 18 fev. 2024. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/microbiologando/o-mundo-oculto-dos-fungos-fitopatogenticos/>. Acesso em: 23 dez. 2025.

WILLERDING, A. L.; COELHO NETTO, R. A.; ASSIS, L. A. G.; SILVA, G. F.; SOUSA, S. B.; FREITAS, S.; BLIND, A. D.; FIGUEIREDO, J. N. R.; HANADA, R. E. *Antagonismo de isolados de *Trichoderma* contra fungos fitopatogênicos habitantes do solo*. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) e Embrapa, 2015.

WOO, S. L. *et al.* *Trichoderma*-based products and their applications in agriculture: strengths and limitations. **Fungal Biology Reviews**, v. 35, n. 1, p. 1-15, 2021.

ZHANG, Y.; GUI, L. D.; LIU, R. J. Levantamento de fungos micorrízicos arbusculares em áreas desmatadas e florestas naturais na região subtropical de Dujiangyan, sudoeste da China. **Plant and Soil**, v. 261, p. 257-263, 2004.

ZHANG, Y.; LI, H.; WANG, J.; *et al.* Identification of *Trichoderma* spp., their biomanagement against *Fusarium proliferatum* and plant growth promotion. **Journal of Fungi**, v. 11, n. 9, p. 683, 2024.

