



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

MARIANA CARVALHO DE LIMA

**SELEÇÃO, IDENTIFICAÇÃO E BIOPROSPECÇÃO DE FUNGOS ENDÓFITOS  
DE PLANTAS DA RESERVA EXTRATIVISTA DO CIRIACO**

Imperatriz – MA

2025





**MARIANA CARVALHO DE LIMA**

**SELEÇÃO, IDENTIFICAÇÃO E BIOPROSPECÇÃO DE FUNGOS ENDÓFITOS  
DE PLANTAS DA RESERVA EXTRATIVISTA CIRIACO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro de Ciências Exatas, Naturais e Tecnológicas – CCENT, da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão – UEMASUL, do curso Ciências Biológicas.

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

Imperatriz – MA

2025





L732s

Lima, Mariana Carvalho de

Seleção, identificação e bioprospecção de fungos endófitos de plantas da Reserva Extrativista do Ciriaco. / Mariana Carvalho de Lima. – Imperatriz, MA, 2025.

57 f. : il.

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

1. Antagonismo. 2. Metabólitos secundários. 3. Fitopatógeno. 4. Imperatriz - MA. I. Título.

CDU 582.28(812.1)

Ficha elaborada pela Bibliotecária: **Jennifer Rabelo Pires CRB13/987**





MARIANA CARVALHO DE LIMA

**SELEÇÃO, IDENTIFICAÇÃO E BIOPROSPECÇÃO DE FUNGOS ENDÓFITOS  
DE PLANTAS DA RESERVA EXTRATIVISTA DO CIRIACO**

Aprovado em: 07/01/2026

Banca Examinadora:

Documento assinado digitalmente  
**gov.br** IVANEIDE DE OLIVEIRA NASCIMENTO  
Data: 22/01/2026 07:35:55-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Prof. A Dra. Ivaneide de Oliveira Nascimento**

Doutora em Agroecologia

Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão

Documento assinado digitalmente  
**gov.br** THATYANE PEREIRA DE SOUSA  
Data: 22/01/2026 11:53:24-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Prof. A Dra. Thatyane Pereira Silva**

Doutora em Agronomia

Universidade Estadual da Região Tocantina Do Maranhão

Documento assinado digitalmente  
**gov.br** JEOVANIA OLIVEIRA LIMA  
Data: 23/01/2026 16:27:23-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Prof. A Me. Jeovania de Oliveira Lima**

Mestre em Agricultura e meio Ambiente

Universidade Estadual da Região Tocantina Do Maranhão





## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a Deus, a minha mãe Maria Marta e ao meu pai Francisco Alves, irmãos, sobrinhos e amigos.





## AGRADECIMENTOS

A Deus, por tamanha bondade e misericórdia, o Senhor me deu forças para continuar mesmo quando cansada, de luto, a sua graça me alcançou e hoje eu vivo a totalidade da promessa.

A minha Mãe, mulher de fé que sempre me incentivou a estudar e ir em busca de minha independência financeira, agradeço imensamente por suas orações, a mesma que um dia orou para que esse dia chegasse, e hoje mãe podemos dar graças e louvores porque este dia chegou. Agradeço imensamente a minha irmã Mirella, Luiz Miguel e ao meu Cunhado “irmão” Jefson Adriano, pelo apoio, amizade e lealdade, por serem amigos fiéis e sempre me ajudaram com conselhos e financeiramente.

Agradeço ao meu pai Francisco Alves, pelo amor que teve por mim, pela proteção imanada que veio dele, mesmo não estando fisicamente, o senhor segue presente em minha memória e em meu coração.

As minhas sobrinhas Madalena e Izabel, fonte de alegria e amor, a cada afago delas eu me sentia renovada, por ver tamanho amor em seus olhares. Aos meus 11 onze irmãos que torceram para que eu fizesse uma graduação.

Aos meus estimados e excepcionais orientadores e docentes, cuja a sua sapiência foi de suma importância para a concretização do meu intelecto nas Ciências Biológicas. Suas estimáveis contribuições perpassam os limites geográficos da universidade, atribuindo em minha formação profissional as competências e habilidades requeridas, enquanto futura docente e pesquisadora.

Agradeço imensamente a minha Orientadora Ivaneide de Oliveira, por acreditar nos sonhos dos seus discentes, pela sua mestria no ensinar, pela sua empatia, sem dúvidas a senhora é um profissional espelho para mim.

Aos meus familiares tios e tias, primos e primas que oraram para que eu estivesse aqui, pelas palavras de apoio e incentivo, sem dúvidas foram de grande valia nos momentos de dificuldades.

Agradeço a todos os amigos que fiz durante esta jornada acadêmica, ao meu grupo de amigas seletas Debora, Vanessa, Aline e Thais Gabriela, que desde o início nós nos demos as mãos, lamentamos juntas e sorrimos juntas. Aprendi muito com cada uma.

A Laiara e Thauane por sua amizade, por me auxiliar durante a pesquisa, ensinando e me acalmando, juntas conseguimos alcançar nossos objetivos.





A Livia Chagas, pelos momentos de risos e ensinamentos no laboratório de microbiologia e saúde, por se manter disponível a ajudar, por ter emprestado o seu aparelho telefônico para o registro de imagens.

Ao Santiago, pela sua amizade e ajuda, por me emprestar também o celular para o registro de imagens. Aos meus amigos Ritler, Glesiane, Isvethlana, Rebeca, Luana, Gabriel que foram fonte de alegrias, e acolhimento mútuo, pelas palavras de incentivo e pelas correções em ocasiões oportunas.

Enfim a todos que direta ou indiretamente, com ou sem minha consciência colaboraram para que eu estivesse chegando aqui.





## EPÍGRAFE

*“Nada te perturbe, nada te espante, tudo passa, Deus  
não muda, a paciência tudo alcança; a quem tem Deus,  
nada falta: só Deus basta”.*  
*(Santa Tereza D’Ávila).*





## RESUMO

Os fungos endófitos são amplamente citados na literatura como fontes promissoras no controle de fitopatógenos, destacando-se pela capacidade de produzir metabólitos secundários passíveis de aplicação nas indústrias agrícola e farmacêutica. O presente estudo teve como objetivo realizar a identificação morfológica e a bioprospecção de fungos endófitos associados a plantas da Reserva Extrativista do Ciriaco, localizada no município de Cidelândia-MA. A metodologia adotada compreendeu a coleta de folhas de espécies vegetais em período de floração ou com presença de estruturas reprodutivas, visando facilitar o processo de identificação botânica. O material vegetal foi acondicionado em sacos previamente esterilizados e encaminhado ao Laboratório de Microbiologia e Saúde, no município de Imperatriz-MA, onde se procedeu à desinfestação superficial. O isolamento fúngico foi realizado por meio de uma metodologia adaptada, na qual pequenos fragmentos foliares foram inoculados em placas de Petri contendo meio de cultura BDA e extrato de malte, sendo posteriormente incubados em estufa do tipo BOD, sob fotoperíodo, à temperatura de 27°C. Após sucessivos repiques, obtiveram-se colônias puras. A identificação morfológica macroscópica baseou-se na avaliação do padrão de crescimento, coloração e textura das colônias. Para a análise microscópica, fragmentos das colônias foram montados em lâminas contendo azul de algodão e observados em microscópio óptico. As colônias com textura algodonosa ou coriácea foram submetidas à técnica da fita adesiva, possibilitando a visualização de estruturas como conidióforos, hifas e conídios. Posteriormente, foram conduzidos testes *in vitro* para avaliar o potencial antagonístico dos fungos endófitos isolados. Durante sete dias, realizaram-se medições do crescimento fúngico em placas de Petri, totalizando 14 tratamentos e uma testemunha. Os dados obtidos foram submetidos à análise estatística por meio do programa SISVAR e organizados em tabelas e gráficos utilizando o *Microsoft Excel*, versão 2021. Os resultados permitiram a identificação de sete espécies vegetais, a partir das quais foram isolados e identificados, por análise morfológica, os gêneros fúngicos *Curvularia sp.*, *Trichoderma sp.*, *Aspergillus sp.*, *Chaetomium sp.*, *Penicillium sp.*, *Geotrichum sp.* e *Cladosporium sp.* Dentre esses, destacaram-se nos testes de antagonismo, tanto na avaliação diária quanto ao longo dos sete dias, considerando os índices IVC, PIC e frequência dos isolados, os gêneros *Aspergillus sp.*, isolado de *Psychotria bracyceras*, e *Trichoderma sp.*, isolado de *Policourea racemosa*. Outros isolados pertencentes aos gêneros *Aspergillus sp.*, *Fusarium sp.*, *Cladosporium sp.* e *Penicillium sp.* também apresentaram controle significativo nos ensaios. Observou-se, ainda, a presença de fungos que não demonstraram efeito antagonista *in vitro* sobre *Fusarium sp.* entre eles *Aspergillus sp.* isolado da planta *Costus spicatus*, *Curvularia sp.* e *Curvularia sp.* respectivamente isolados da planta *Heliconia psittacorum*, *Chaetomium sp.* isolado da planta *Helicônia psittacorum* e o *Trichoderma sp.* isolado da planta *Geophila repens*. Evidenciando que os mecanismos de controle exercidos pelos endófitos dependem de múltiplas variáveis. Com base nos resultados obtidos, concluiu-se que a bioprospecção de fungos endófitos em áreas de Reserva Extrativista é fundamental para a descoberta de novos metabólitos com potencial aplicação no controle de fungos patogênicos.

**Palavras-chave:** Antagonismo *in vitro*; Metabólitos secundários; Fitopatógeno; Diversidade fúngica.





## ABSTRACT

Endophytic fungi are widely cited in the literature as promising sources for the control of phytopathogens, standing out for their ability to produce secondary metabolites applicable in the agricultural and pharmaceutical industries. This study aimed to perform the morphological identification and bioprospecting of endophytic fungi associated with plants from the Ciriaco Extractive Reserve, located in the municipality of Cidelândia–MA. The methodology adopted involved collecting leaves from plant species during flowering or with the presence of reproductive structures, aiming to facilitate the botanical identification process. The plant material was placed in previously sterilized bags and sent to the Microbiology and Health Laboratory in the municipality of Imperatriz–MA, where surface disinfection was carried out. Fungal isolation was performed using an adapted methodology, in which small leaf fragments were inoculated onto Petri dishes containing PDA culture medium and malt extract, and subsequently incubated in a BOD incubator under a photoperiod at a temperature of 27°C. After successive subculturing, pure colonies were obtained. Macroscopic morphological identification was based on the evaluation of the growth pattern, color, and texture of the colonies. For microscopic analysis, fragments of the colonies were mounted on slides containing cotton blue and observed under an optical microscope. Colonies with a cottony or leathery texture were subjected to the adhesive tape technique, allowing visualization of structures such as conidiophores, hyphae, and conidia. Subsequently, *in vitro* tests were conducted to evaluate the antagonistic potential of the isolated endophytic fungi. For seven days, fungal growth measurements were performed in Petri dishes, totaling 14 treatments and one control. The data obtained were subjected to statistical analysis using the SISVAR program and organized into tables and graphs using Microsoft Excel, version 2021. The results allowed the identification of seven plant species, from which the fungal genera *Curvularia sp.*, *Trichoderma sp.*, *Aspergillus sp.*, *Chaetomium sp.*, *Penicillium sp.*, *Geotrichum sp.*, and *Cladosporium sp.* were isolated and identified by morphological analysis. Among these, the genera *Aspergillus sp.*, isolated from *Psychotria bracyceras*, and *Trichoderma sp.*, isolated from *Policourea racemosa*, stood out in the antagonism tests, both in the daily evaluation and over the seven days, considering the IVC, PIC indices and the frequency of isolates. Other isolates belonging to the genera *Aspergillus sp.*, *Fusarium sp.*, *Cladosporium sp.*, and *Penicillium sp.* also showed significant control in the assays. Furthermore, the presence of fungi that did not demonstrate an antagonistic effect *in vitro* on *Fusarium sp.* was observed, highlighting that the control mechanisms exerted by endophytes depend on multiple variables. Based on the results obtained, it was concluded that bioprospecting for endophytic fungi in Extractive Reserve areas is fundamental for the discovery of new metabolites with potential application in the control of pathogenic fungi.

**Keywords:** Endophytic fungi; Bioprospecting; Plants; Extractive Reserve; Phytopathogens.





## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 01.</b> Localização da área de estudo evidenciando a RESEX do Ciriaco, localizada no município de Cidelândia no estado do Maranhão, Brasil.....	28
<b>Figura 02.</b> Coleta das folhas das plantas na RESEX do Ciriaco. ....	29
<b>Figura 03.</b> Imersão dos fragmentos das folhas nas soluções.....	29
<b>Figura 04.</b> Experimento na BOD em delineamento casualizado.....	31
<b>Figura 05.</b> Placas do teste <i>in vitro</i> evidenciando as seis repetições .....	32
<b>Figura 06.</b> Prancha das fotos contendo as sete espécies vegetais que serviram de hospedeiras dos fungos endofíticos isolados da área de conservação RESEX Ciriaco.....	34
<b>Figura 07.</b> Prancha contendo as imagens das colônias e da estrutura microscópica reprodutora dos fungos isolados das plantas da RESEX.....	36
<b>Figura 08.</b> Prancha contendo as imagens das colônias e da estrutura microscópica reprodutora dos fungos isolados das plantas da RESEX.....	37
<b>Figura 09.</b> Prancha contendo as imagens das colônias e da estrutura microscópica reprodutora dos fungos isolados das plantas da RESEX.....	38
<b>Figura 10.</b> Prancha contendo as imagens das colônias e da estrutura microscópica reprodutora dos fungos isolados das plantas da RESEX.....	39
<b>Figura 11.</b> Prancha contendo as imagens das colônias e da estrutura microscópica reprodutora dos fungos isolados das plantas da RESEX.....	39





## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 01.</b> Relação entre as espécies vegetais selecionadas, parte utilizada (folha) número de isolados obtidos e os gêneros dos fungos identificados de acordo com as características morfológicas.....	35
<b>Tabela 02.</b> Análise da frequência de ocorrência (FO) e as categorias dos fungos endófitos isolados, de acordo com Zhang (2004).....	40
<b>Tabela 03.</b> A valiação do índice de velocidade de crescimento micelial em <i>in vitro</i> (IVCM) da testemunha <i>Fusarium sp.</i> e de 14 isolados fúngicos de espécies vegetais da Resex. em antagonismo com <i>Fusarium sp.</i> .....	44
<b>Tabela 04.</b> Análise do crescimento micelial do <i>Fusarium Oxysporium.f.sp. coriandrii</i> em antagonismo com fungos endofíticos isolados das plantas medicinais da RESEX Ciríaco-MA.....	46.





## LISTA DE GRÁFICOS

**Gráfico 01** Crescimento do *Fusarium sp.* em antagonismo com fungos endófitos durante os sete dias.....43

**Gráfico 02.** Gráfico da média geral dos sete dias do crescimento micelial do fungo do gênero *Fusarium Oxyporium Coriandrii* em antagonismos com fungos endófitos isolados das plantas da RESEX.....45

**Gráfico 03.** Gráfico com os valores de índice do potencial de inibição do crescimento do fungo do gênero *Fusarium sp.* em antagonismos com fungos isolados das plantas da RESEX, resultado do PIC em porcentagem.....48





## LISTA DE SIGLAS

RESEX– Reserva Extrativista do Ciriaco

P.r– *Policourea racemosa*

G.r– *Geophila repens*

P.c– *Psychotria colorata*

A.c– *Amasônia campestri*

IVCM– Índice de Velocidade de Crescimento Micelial

PIC– Porcentagem de inibição de crescimento

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

UC – Unidade de Conservação

C.s– *Costus spicatus*

P.b – *Psychotria brachyceras*

H.p – *Helicônia psittacorum*

## SUMÁRIO





<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>16</b>
2.1 Conceito e importância dos fungos.....	16
2.2 Descoberta do Termo ‘endofítico’ .....	17
2.3 Relação simbiótica fungo-planta .....	17
2.4 Produção de metabólitos secundários .....	19
2.5 Bioprospecção de fungos endofíticos.....	20
2.6 Fungos endófitos de interesse agrícola e no biocontrole.....	20
2.7 Fusarium, importância e comportamento fitopatológico.....	21
2.8 Gênero Aspergillus, histórico e classificação geral .....	22
2.9 Gênero Trichoderma histórico e classificação geral.....	23
2.10 Gênero Penicillium, histórico e classificação geral .....	23
2.11 Gênero Curvularia, histórico e classificação geral .....	24
2.12 Gênero Cladosporium histórico e classificação geral .....	24
2.13 Gênero Geotrichum histórico e classificação geral.....	25
2.14 Gênero Chaetomium histórico e classificação geral .....	25
2.15 Identificação morfológica.....	25
2.16 Contexto geral sobre as reservas extrativistas (RESEX) .....	26
<b>3 OBJETIVOS .....</b>	<b>27</b>
3.1 Objetivo Geral.....	27
3.2 Objetivos Específicos .....	27
<b>4 MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>28</b>
4.1 Área de estudo.....	28
4.2 Coleta de folhas e isolamento de fungos endófitos .....	28
4.3 Instalação dos ensaios para avaliação da atividade antifúngica (bioprospecção) ..	30
4.3 Análise de dados.....	33
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>33</b>
5.1 Plantas selecionadas para isolamento dos endófitos.....	33
5.2 Avaliação da atividade antifúngica dos fungos isolados (bioprospecção) .....	41
<b>6 CONCLUSÃO.....</b>	<b>49</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>51</b>



## 1 INTRODUÇÃO

Os fungos endofíticos possuem grande potencial para aplicação na biotecnologia, devido à sua capacidade de atuar no biocontrole de patógenos e de produzir uma ampla variedade de metabólitos secundários com possíveis usos nas indústrias farmacêutica, agrícola e ambiental (Ribeiro *et al.*, 2017). Esses microrganismos estabelecem associações simbióticas com as plantas e podem ser encontrados em diferentes tecidos, como folhas, frutos, raízes e ramos, sem causar danos aparentes ao hospedeiro (Mussi-Dias, 2012).

Eles habitam de forma sistêmica o apoplasto, vasos condutores e em alguns casos podem até estar inseridos dentro das células (Mussi-Dias, 2012). Sua penetração nos vegetais dá-se por meio de aberturas naturais ou artificiais, tais como: estômatos, ferimentos causados por instrumentos agrícolas, microferimento nas raízes que ocorrem devido ao atrito dessas com o solo (Peixoto *et al.*, 2004)

Desta forma, estes fungos podem desempenhar funções que beneficiam as plantas, como protegê-las contra pragas e patógenos, possibilitando maior crescimento e enraizamento, tornando-a resistente ao stress (Silva, 2014).

A relação entre fungos e plantas é dinâmica e pode variar de antagonismo a mutualismo, dependendo de diversos fatores. Quando ocorre uma infecção fúngica, a planta ativa mecanismos de defesa que visam limitar a colonização do microrganismo. O tipo de interação estabelecida é determinado, principalmente, pelas condições ambientais e pelas características genéticas tanto do fungo quanto do hospedeiro (Silva, 2014).

Na natureza há também fungos que causam doenças nas plantas, estes são conhecidos como fitopatógenos, eles geram inúmeras perdas para o sistema agrícola. O fungo do gênero "*Fusarium oxysporum*" é conhecido por causar a murcha de *Fusarium*, doença essa que causa inúmeros prejuízos (Heck, 2015).

Esta doença é antiga, atinge uma das culturas mais importante no mundo, a da banana. Foi descrita pela primeira vez no ano de 1874 na Austrália, por Bacroft (Heck, 2015). A doença é considerada uma das seis mais importantes, devido a devastação causada, sendo comparada com a ferrugem do trigo (*Puccinia graminis*) e a requeima da batata (*Psytophthora infestans*) (Heck, 2015).

O primeiro registro da doença no Brasil ocorreu em 1930, no município de Piracicaba, estado de São Paulo, quando mais de um milhão de bananeiras do grupo AAB foram dizimadas



em um período de quatro anos, por serem suscetíveis ao fungo (Heck, 2015). Um dos principais desafios no controle de espécies do gênero *Fusarium* é sua elevada variabilidade genética e a facilidade de propagação. Além disso, esses fungos formam estruturas de resistência capazes de permanecer viáveis no solo por longos períodos. Ressalta-se ainda que o *Fusarium sp.* pode infectar uma ampla variedade de culturas, como feijão, algodão, milho, soja e banana (Silva *et al.*, 2022). O controle desse patógeno é, em geral, realizado com o uso de produtos químicos; contudo, o uso excessivo desses compostos pode causar impactos ambientais, riscos à saúde humana e favorecer o surgimento de cepas resistentes. A utilização de microrganismos como agentes biocontrole é considerada uma boa alternativa por não oferecerem risco de contaminação (Silva *et al.*, 2022).

Os fungos endofíticos inibem os fitopatógenos através da competição e produção de metabólitos antifúngicos e micoparasitismo, são exemplos de fungos que utilizam essas técnicas *Trichoderma*, *Aspergillus*, *Penicillium*.

Mediante a isso, realizar estudos na Reserva Extrativista Ciriaco, localizada na cidade de Cidelândia-MA é uma boa alternativa, por ser área que abriga grande diversidade vegetal, as plantas desta região podem ser fontes ainda inexploradas de fungos endofíticos com potencial biotecnológico. Portanto, esse trabalho tem por objetivo isolar e identificar fungos endofíticos de plantas da RESEX Ciriaco e avaliar seu potencial de biocontrole *in vitro* contra *Fusarium oxysporum f. sp. coriandrii*.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Conceito e importância dos fungos

Os fungos são organismos eucarióticos, heterotróficos, que obtêm seus nutrientes por absorção. São ubíquos, podendo ser encontrados em diversos nichos ecológicos (Canuto, 2025). Taxonomicamente, podem ser classificados em sete filos principais: (Chytridiomycota, Neocallimastigomycota, Blastocladiomycota, Microsporídia, Glomeromycota, Ascomycota e Basidiomycota), a maioria dos fungos endofíticos pertence ao filo Ascomycota (Canuto, 2025).

Esses organismos são conhecidos por fazerem a decomposição da matéria orgânica, sem eles, os seres humanos viveriam em verdadeiros lixões a céu aberto, são fonte de alimentos, desde os primórdios os seres humanos utilizavam na produção de bebidas, queijos, e na produção de medicamentos, mesmo sem saberem eles já estavam empregando o que hoje conhecemos por biotecnologia. Além disso, esses têm demonstrando o grande potencial para



serem empregados na recuperação ambiental e na ciclagem de produtos agrícolas (Silva *et al.*, 2016).

## 2.2 Descoberta do Termo “endofítico”

O termo “endofítico” surgiu pela primeira vez em 1866, proposto por Bary, que o utilizou para designar qualquer organismo encontrado no interior dos tecidos vegetais. Posteriormente, em 1988, Carroll ampliou essa definição ao acrescentar que os organismos endofíticos são aqueles que vivem no interior das plantas sem causar-lhes qualquer patologia de forma assintomática, distinguindo-os assim de parasitas e mutualistas (Moreira, 2014).

Mais tarde, em 1995, Wilson definiu o termo “endófito” como bactérias e fungos que habitam os tecidos internos das plantas de maneira assintomática, podendo colonizá-las temporariamente ou durante todo o ciclo de vida da planta (Moreira, 2014).

Em 2005, Schulz e Boyle utilizaram a definição de Wilson para caracterizar os micro-organismos endofíticos. Ao estudarem infecções fúngicas assintomáticas em gramíneas, causadas por espécies da família *Clavicipitaceae*, os autores utilizaram simultaneamente os termos “endófitos” e “endofíticos” para descrever um mesmo isolado, o que resultou em inconsistências terminológicas na literatura científica (Moreira, 2014).

Atualmente, o conceito e a classificação dos endófitos ainda são temas de discussão entre pesquisadores, sendo comum que cada autor adote uma definição própria. De modo geral, os fungos podem ser agrupados em endofíticos, epifíticos e fitopatogênicos (Moreira, 2014).

Os fungos endofíticos caracterizam-se por não causarem doenças nas plantas hospedeiras e por serem encontrados em tecidos saudáveis, como caule, raiz, folha e fruto. Alimentam-se dos nutrientes disponibilizados pela planta, sem causar prejuízos, estabelecendo uma relação mutualística. Em contrapartida, conferem às plantas maior capacidade de adaptação a diferentes condições ambientais, como estresse hídrico, frio, salinidade, presença de metais pesados, ataques de insetos e infecção por fitopatógenos (Canuto, 2025).

Os fungos endofíticos podem ser classificados em dois tipos: o primeiro são aqueles que não desenvolvem estruturas externas na planta e o segundo são aqueles que desenvolvem essas estruturas, os fungos micorrízicos são exemplo deles (Elias, 2015).

## 2.3 Relação simbiótica fungo-planta



A relação fungo e planta depende de muitas variáveis, desde as características do vegetal, o próprio microrganismo e as condições ambientais disponíveis. Algumas hipóteses defendem a relação de antagonismo e de simbiose, mas estudos *in vitro* apontam que os fungos produzem metabólitos que são tóxicos para as plantas e em contrapartida as plantas também produzem metabólitos que são tóxicos para os fungos, como forma de defesa, nessa relação há um balanceamento da relação antagônica (Bezerra, 2016).

Para ocupar os tecidos da planta os fungos endófitos passam por várias etapas, desde o reconhecimento do hospedeiro, desenvolvimento dos esporos, penetração na epiderme e colonização dos tecidos. Depois de obterem êxito com a colonização do tecido do hospedeiro, inicia-se o nicho (Elias, 2015).

Nesta relação os fungos obtêm nutrientes através dos processos de exsudados e lixiviados das plantas, e eles fornecem à planta proteção contra outros microrganismos. Essa relação de interação é essencial para a espécie vegetal, pois permite uma melhor sanidade do vegetal, além de promover o controle de insetos, herbívoros e fungos patogênicos de plantas (Elias, 2015).

Estudos apontam que os fungos que produzem melanina em sua parede celular possuem a capacidade de fornecer a planta uma proteção térmica maior, esses na maioria das vezes fornece patogenicidade aos seres humanos, mas para a planta, ajuda a suportar para enfrentar ambientes que são extremamente secos e quentes (Bezerra, 2016).

Podem fornecer às plantas hospedeiras a capacidade de resistir a estresses ambientais, seja locais com alta salinidade ou que seja extremamente seco, isso se dá pela produção de hormônios vegetais que promovem o crescimento de enzimas e outros compostos de interesse biotecnológico como metabólitos secundários Bessa *et al.*, (2025). A relação fungo e planta pode ser estabelecida pela sua presença nos frutos, caule, folha e raiz (Bessa *et al.*, 2025).

Quando essa interação ocorre nas raízes o fungo endofítico passa a ter acesso aos nutrientes provindos da planta através do processo de fotossíntese, isso fornece a ele, a capacidade de crescer e colonizar em outros locais, em compensação a planta sofre uma mudança em seu metabolismo e na produção de proteínas, ocasionando a fabricação de hormônios vegetais que conferem a ela proteção a estresse abióticos (Maia *et al.*, 2020).

Os fungos endofíticos micorrízicos atuam produzindo uma maior quantidade de biomassa vegetal, fornecendo a capacidade de resistir a ausência de água, produzindo ainda substâncias tóxicas que impedem o ataque por herbívoros (Bessa *et al.*, 2025).

Conforme Maia *et al.*,(2020), uma característica marcante é a capacidade que fungos endofíticos têm de fornecer às plantas a tolerância a salinidade, um estudo realizado por



Baltruschat *et al.*, (2008) testou o nível de estresse salino suportado por plantas que continham fungos comparadas às plantas que não continham fungos, evidenciou-se que plantas que foram colonizadas pelo fungo *Piriformospora* apresentaram crescimento mais elevado e demonstraram também uma menor taxa de estresse fisiológico.

Os fungos filamentosos associados às plantas possuem a capacidade de biossintetizar uma variedade de metabólitos secundários, quando em condições favoráveis podem produzir mais que 70% de metabólitos secundários quando comparados com outros microrganismos.

São capazes de criar propriedades semelhantes às das plantas hospedeiras, estes produtos naturais produzidos são rotineiramente utilizados no tratamento de enfermidades: câncer, parasitoses, infecções bacterianas e doenças fúngicas (Bessa *et al.*, 2025). Na agricultura os fungos micorrízicos vem sendo bastante utilizados no cultivo de pinheiros e morangos, tornando essas espécies mais resistentes às variações ambientais de seca e frio (Santos *et al.*, 2015).

#### **2.4 Produção de metabólitos secundários**

A produção de metabólitos secundários produzidos pelos fungos depende de muitas variáveis ambientais como: fonte de carbono disponível, ph, temperatura e luz. Antes acreditava-se que os metabólitos encontrados em uma determinada planta era produzidos somente por ela, mas, com o tempo ao realizar-se estudos, descobriu-se que, os fungos que eram encontrados em uma determinada planta poderiam produzir os metabólitos secundário o qual a mesma possuía (Elias, 2015), diante disso, na década de 40 a descoberta da penicilina deixa isso evidente, a produção de metabólitos secundários pelos fungos endófitos (Elias, 2015).

Os estudos atribuíam a capacidade desses fungos mimetizar essa substância produzida pela planta hospedeira devido a sua co-evolução, adaptando-se a seu microambiente estes sequestrava partículas de DNA e acrescentava ao seu Genoma, conferido a eles a capacidade de biossintetizar alguns fitoquímicos que eram produzidos pela planta o qual se encontrava (Elias, 2015).

Uma característica notável dos fungos endofíticos é a capacidade de sintetizar substâncias originalmente produzidas pelas plantas hospedeiras. Um exemplo expressivo é a descoberta da produção de paclitaxel (Taxol®) por fungos endofíticos, um composto de grande relevância farmacológica, amplamente utilizado no tratamento de câncer de mama e de útero (Canuto, 2025).

Para além dessa substância, que controla o desenvolvimento de cânceres, os



metabólitos secundários elaborados por fungos endófitos possuem atividade antimicrobiana, antioxidante, antiviral e citotóxica. Promovendo assim, a busca por estas propriedades de grande interesse biotecnológico (Elias, 2015).

Para realização do cultivo agrícola, o emprego de várias substâncias é iminente, a utilização de herbicidas, fungicidas e bactericidas o que pode gerar resistência fúngica (Silva et al., 2022).

Diante desse cenário, os fungos endófitos se configuram como uma excelente alternativa no controle de fitopatógenos, devido estes ocuparem o mesmo nicho ecológico, desse modo eles competem pelos mesmos nutrientes, produzem substâncias antagônicas, parasitam o patógeno e podem induzir a planta a desenvolver resistência (Felber *et al.*, 2013).

## 2.5 Bioprospecção de fungos endofíticos

A sociedade sempre precisou da natureza para sobreviver, no início a humanidade vivia da coleta e da caça e, com o passar do tempo, os recursos naturais começaram a ser vistos como moeda de troca. Com a exploração desenfreada desses recursos, emergiu o debate sobre a necessidade de um manejo adequado (Palma *et al.*, 2012).

Em 1972 realizou-se a Conferência de Estocolmo, que destacou a preservação de fauna e flora em benefício das gerações presentes e futuras. Já o termo “bioprospecção” apareceu na Medida Provisória da lei 2.186-16/2001, definindo-o como a atividade exploratória destinada à identificação de componentes do patrimônio genético e de conhecimentos tradicionais associados, com potencial de uso comercial (Palma *et al.*, 2012).

Posteriormente, o Comitê Gestor do Patrimônio Genético (CGEN) reformulou a definição, passando a considerar como bioprospecção “a etapa em que os genótipos promissores, selecionados na fase de pesquisa científica, são submetidos a testes de distinção, homogeneidade e estabilidade com valor de cultivo ou ensaios semelhantes” (Palma *et al.*, 2012). Os fungos estão entre os principais organismos a serem empregados na bioprospecção, isso ocorre devido a produção de metabólitos secundários, podendo serem explorados para a produção de bioprodutos.

## 2.6 Fungos endófitos de interesse agrícola e no biocontrole

Os principais gêneros estudados endofíticos são *Fusarium sp*, *Aspergillus sp*, *Trichoderma sp*, *Penicillium sp*, *Geotrichum sp* e *Curvularia sp*. Isso acontece porque esses



fungos funcionam como verdadeiras fábricas de produção de enzimas de interesse biotecnológico, devido às técnicas de manuseio do processo fermentativo já serem conhecidas, esses fungos também possuem o material genético fácil de ser modificado, podendo assim, serem introduzidos várias cópias de genes para potencializar a sua ação (Costa, 2012).

## 2.7 *Fusarium*, importância e comportamento fitopatológico

O fungo *Fusarium sp.* faz parte do reino Fungi, divisão Ascomycota subdivisão Pezizomycotina, classe Sordariomycetes, ordem Hypocreales e família Nectriaceae (Lucas *et al.*, 2023).

Caracteriza-se por ser encontrado em várias regiões, sendo encontrado em solos, água, ar, alimenta-se de matéria orgânica, no entanto algumas espécies podem ser endêmicas de determinados locais, seu diferencial é a formação de clamidósporo, uma estrutura de resistência que confere a capacidade de suportar mudanças ambientais hostis, assim, ele é conceituado como um dos fungos fitopatógenos mundiais que mais acomete diferentes culturas (Lucas *et al.*, 2023).

Responsável por causar doença no algodoeiro, a Murcha de *Fusarium*, caracteriza-se por acometer a planta em diferentes estágios de desenvolvimento, no estágio de plântula: ocorre a amarelidão, emurchecimento dos cotilédones até levar à morte. Em plantas com estágio de desenvolvimento mais avançado, ocorre a clorose, atrofia, murcha das folhas e morte das plantas, os sintomas mais corriqueiros são a pigmentação marrom escura do sistema vascular xilema (Holanda, 2022).

Esse sintoma pode ser atribuído ao mecanismo de defesa da planta tilose, calose ou géis, deixando assim os vasos escuros (Singh *et al.*, 2017). Em contrapartida a planta também pode estar contaminada pelo fungo *Fusarium sp.* mesmo quando esta não apresentar os vasos com coloração marrom (Hao *et al.*, 2009).

Alguns fatores podem ser essenciais para o desenvolvimento ou não da doença, entre eles a virulência da população do patógeno, densidade de inóculo, suscetibilidade do hospedeiro, idade da planta, variação, umidade e fertilidade do solo, além de interação com microrganismos presentes no solo como nematóides (Holanda, 2022).

Os fungos deste gênero podem apresentar várias cores e formas micromorfológicas, dependerá do meio de cultura que está incluso, seus esporos são assexuais, suas hifas têm coloração hialinas e sua estrutura reprodutora é variável de acordo com a espécie (Lucas *et al.*, 2023).



A reprodução sexuada também pode ocorrer neste gênero, é uma reprodução multifacetada que envolve união de núcleos, mitose e meiose, fenômeno que só ocorre quando este fungo encontra condições ambientais ideais, permitindo assim ao fungo, um maior sucesso evolutivo (Lucas *et al.*, 2023).

Para realizar a identificação é observado sua estrutura morfológica: coloração, textura, forma dos esporos, hifas e estrutura reprodutora. Em relação a sua disseminação, seus esporos podem ser espalhados pelo ar, e quando encontram condições ideais pode ocorrer a esporulação. Este gênero é responsável por causar inúmeras perdas na agricultura, a murcha de *Fusarium* é uma delas, esta doença ocorre em muitas espécies de vegetais: algodoeiro, feijoeiro, abacaxizeiro. Responsável pelo superbotamento de almofadas florais, o que resulta no não desenvolvimento do fruto (Lucas *et al.*, 2023).

## 2.8 Gênero *Aspergillus*, histórico e classificação geral

Em 1729, o padre Florentino e o micologista Antônio Pietro Michele descreveram pela primeira vez o fungo do Gênero *Aspergillus*, este assemelhava-se, com instrumento litúrgico utilizado durante as celebrações para aspergir água benta na igreja Os fungos deste gênero são anamórficos de ascomicetos, fazem parte do reino Fungi, divisão Ascomycota da ordem Eurotiales, produzem esporos assexuais, a colônia pode ter a cor verde, amarelo, marrom, branco, preto ou cinza, seu conidióforo é sem septo e sua base tem o formato de T ou L (Couto, 2013).

Podem ser encontrado em vários lugares, possui como característica boa propagação dos esporos, a temperatura ideal para o seu crescimento varia de 6°C a 55° C, desenvolvem-se em locais com baixa umidade, podendo desenvolver-se em diferentes substratos, isso se dá, pela grande diversidade de enzimas produzidas, estima-se que, há em torno de 260 a 837 espécies de *Aspergillus* (Salazar *et al.*, 2013).

A organização em relação a classificação do *Aspergillus* até hoje é alvo de discussão e por isso está frequentemente sendo organizada, sendo corriqueiros a identificação até o nível de seções e grupos. Para realizar a sua identificação é observada sua estrutura morfológica, formato dos esporos, hifas, forma de crescimento em placa de petri, coloração, textura, além da observação do crescimento em variados tipos de meio de cultura, e pôr fim a utilização das técnicas de identificação molecular (Salazar *et al.*, 2013).

Os fungos deste gênero são responsáveis por vários problemas na indústria alimentícia, conseguem colonizar uma grande variedades de alimentos: soja, arroz, milho, café, amendoim



cereais e frutas, produzem micotoxinas que são capazes de causar óbitos e desencadear o desenvolvimento de cânceres a longo prazo (Kew, 2013).

No ano de 1919 evidenciou a importância desse gênero pois, a partir dele foi produzido o ácido cítrico que é intensamente utilizado na indústria alimentícia, na produção de refrigerantes, sucos de frutas, vinhos e geleias (Gazola, 2024).

## 2.9 Gênero *Trichoderma* histórico e classificação geral

Os fungos do gênero *Trichoderma sp.* pertencem ao filo Ascomycota amplamente distribuídos em regiões de clima temperado e tropical. Suas colônias geralmente apresentam crescimento acelerado, com micélio branco que pode ser recoberto por conídios de coloração verde (Gazola, 2024).

Atualmente, são reconhecidas mais de 250 espécies, muitas delas capazes de parasitar fungos macroscópicos e decompor madeira. A obtenção de nutrientes a partir de biomassa fúngica morta é considerada uma característica ancestral e comum à maioria das espécies desse gênero. Esses fungos podem ser encontrados tanto no solo quanto como endófitos em plantas (Gazola, 2024).

A nutrição do *Trichoderma* pode ocorrer por meio do micoparasitismo, que se manifesta em duas formas principais: o biotrófico, quando o fungo estabelece uma interação com hifas vivas, formando estruturas denominadas haustórios para absorção de nutrientes; e o necrotrófico, em que há destruição das células do hospedeiro, utilizando-se o conteúdo celular morto como fonte de alimento (Yao, *et al.*, 2023).

Esse processo envolve uma sequência de etapas bioquímicas, incluindo o reconhecimento do hospedeiro, adesão às suas hifas, degradação da parede celular e morte da célula. Na fase de degradação, atuam enzimas como quitinases, glucanases e proteases, responsáveis pela quebra dos principais componentes estruturais da parede fúngica (Yao, *et al.*, 2023).

## 2.10 Gênero *Penicillium*, histórico e classificação geral

O nome *Penicillium* foi introduzido pela primeira vez por Heinrich Link há mais de 200 anos, após ele descobrir um novo fungo filamentosos que tinha como característica o conidióforo semelhante a um pincel (Figueredo e Sousa, 2017).

Posteriormente o fungo ganhou bastante destaque após a descoberta acidental por



Alexandre Fleming no ano 1928, com esta descoberta, foi possível criar a penicilina, o primeiro antibiótico criado e empregado de maneira a vida no combate a doenças bacterianas. O gênero *Penicillium* possui distribuição mundial, e pode ser encontrado em uma grande diversidade de locais: solo, ar, água, alimentos e plantas. Suas biomoléculas são empregadas na produção de medicamentos imunossuppressores e no controle do colesterol (Figueredo e Sousa, 2017).

O gênero *Penicillium* faz parte do filo Ascomycota, ao subfilo Pezizomycotina da classe Eurotiomycetes e à ordem Eurotiales e família Trichocomaceae. Caracterizado por possuir propriedades que podem ser utilizadas na biotecnologia para produção de medicamentos e também como agente de biocontrole. No controle de fungos patogênicos, os fungos deste gênero utilizam de micoparasitismo e secreção de metabólitos secundários (Pallu, 2010).

Responsável por causar inúmeros prejuízos econômicos, devido a produção de metabólitos secundários tóxicos à saúde humana, podem ser encontrados em milho, nozes, amendoins e embutidos, o consumo de maneira progressiva dessas toxinas podem levar ao desenvolvimento de cânceres, lesão dos tecidos renais e a supressão do sistema imune (Perrone e Susca, 2017).

### **2.11 Gênero *Curvularia*, histórico e classificação geral**

O gênero *curvularia* é classificado como pertencente ao filo Ascomycota, classe Euascomycetes, ordem Pleosporales, família Pleosporaceae. São descritas cerca de 119 espécies, essas diferenciam-se, devido às características morfológicas. Dividido em 3 grupos distintos por conta da diferença dos septos e forma dos conídios. O primeiro grupo *Geniculata* tem como característica espécies com conídios com quatro septos, já o grupo *lunata* apresenta uma curvatura mais proeminente, este distingue-se do *maculata*, além de apresentarem um conjunto de células de tamanho médio e serem mais volumosas (Cruz, 2013).

Os fungos do gênero *Curvularia* podem ser encontrados no solo, ar e em diferentes substratos, a maioria dos constituintes desse gênero são saprófitas, mas há também espécies endofíticas. Na literatura os fungos deste gênero podem ser endofíticos associados a plantas medicinais, estes produzem metabólitos secundários que são amplamente utilizados na produção de medicamentos (Alberto *et al.*, 2011).

### **2.12 Gênero *Cladosporium* histórico e classificação geral**

Este gênero possui mais de 750 espécies, tem como características a presença de



melanina em sua parede celular, encontram-se de modo difuso no ambiente, podem ser encontrados no ar e podem reproduzir-se mesmo em ambientes em que há pouca umidade. Algumas espécies desse gênero conseguem suportar diferentes variações de temperaturas, podem ser encontradas em ambientes salinos. Os seus esporos são delicados o que torna difícil a preparação de lâminas para a visualização das estruturas morfológicas microscópicas (Pereira, 2018).

Este gênero dificilmente tem espécies que podem causar doenças em humanos, na literatura tem relatado que algumas podem causar infecções cutâneas e respiratórias (Pereira, 2018).

### **2.13 Gênero *Geotrichum* histórico e classificação geral**

O gênero *Geotrichum sp.* é integrante do filo Ascomycota, classe Saccharomycetes, ordem Saccharomycetales e família Dipodascaceae, possuem espécies que podem ser encontradas em uma diversidade de locais entre eles: solos, ar, água, esgotos, leite frutas, endofítico e na pele humana, possuem importância para indústria alimentícia e para saúde humana, podendo desencadear doenças pulmonares (Eliskases-Lechner, 2002).

### **2.14 Gênero *Chaetomium* histórico e classificação geral**

O gênero *Chaetomium* pertence ao filo Ascomycota, reconhecido por ser um dos maiores gêneros saprófitas (Rão *et al.*, 2022). Wang *et al.*, (2016) afirma que este também possui espécies que são endófitas, sendo capazes de produzir uma quantidade exorbitante de metabólitos secundários, que podem ser empregados em várias atividades biológicas desde antitumorais, citotóxicas, antimicrobiana, antifúngicas e inibidoras de crescimento vegetal.

Possuindo mais de 400 espécies, estando espalhadas no ambiente em sedimentos marinhos, são capazes de suportar ambientes hostis em que há muita salinidade, reservatórios bioquímicos e lugares de tratamento de esgoto. Algumas espécies deste gênero podem desencadear patologias, dentre elas alergias e infecções na pele. Por causa desta plasticidade ele torna-se tão interessante para a biotecnologia (Rão *et al.*, 2022).

### **2.15 Identificação morfológica**

A identificação do organismo consiste em determinar onde este organismo está



posicionado em um sistema de classificação, sendo esta dependente do tipo de espécimes, todavia a classificação em si do organismo, é a organização de forma hierárquica. (Fagundes, 2025). Para fazer a identificação dos microrganismos, a primeira técnica a ser utilizada consiste em observar as características morfológicas, observando cores, formas e detalhes estruturais, esta técnica é conhecida por ser mais simples (Fagundes, 2025).

Nos fungos são observadas as estruturas morfológicas: corpos de frutificação, formato dos esporos, fase sexual dos esporos e do talo de frutificação (Fagundes, 2025). A lupa nesta etapa é fundamental para identificação, além da utilização do microscópio óptico, pois algumas dessas estruturas só podem ser visualizadas com este equipamento (Senanayake *et al.*, 2020).

Para realizar a observação das características morfológicas é observado a textura da colônia, cor, forma de crescimento da colônia na placa e estrutura reprodutora, a microscopia auxilia ainda no processo de distinção de leveduras e fungos filamentosos, ajudando a determinar ainda se as hifas são cenocíticas ou filamentosas (Silva *et al.*, 2011).

## **2.16 Contexto geral sobre as reservas extrativistas (RESEX)**

As Resex foram criadas no ano de 1980, após diversos movimentos sociais dos seringueiros da Amazônia, a luta consistia em garantir a utilização da terra como fonte de renda pela população tradicional, na época a mesma estava sendo expulsa pelos grandes fazendeiros, eles visavam expandir seus negócios com agropecuária, diante das transformações ambientais devido a utilização dos recursos naturais de forma desenfreada, o governo decidiu como medida para tentar mitigar esses impactos gerado pela expansão econômica, o governo decidiu criar as unidades de conservação, para que assim fosse possível proteger áreas (Choma, 2018)

As Resex são unidades de conservação (UC) definida pela lei nº 9.985/2000, são locais designados ao aproveitamento autossustentável e a manutenção dos recursos naturais renováveis por parte da população que lá reside, além da proteção à cultura e dos recursos que são retirados para a manutenção da vida da população local (Barros, 2020). No artigo 18 da lei nº 9.985/2000 traz o conceito de Resex:

A Reserva Extrativista é uma área utilizada por populações extrativistas tradicionais, cuja subsistência baseia-se no extrativismo e, complementarmente, na agricultura de subsistência e na criação de animais de pequeno porte, e tem como objetivos básicos proteger os meios de vida e a cultura dessas populações, e assegurar o uso sustentável dos recursos naturais da unidade (Barros, 2020).

A RESEX do Ciriaco, até a década 1960 foi uma região intensamente desmatada, sendo



também afetada por sucessivas queimadas, apesar das perturbações, as palmeiras de coco babaçu (*Attalea speciosa*) mantiveram-se naquele local, devido a capacidade de colonizar locais que foram abertos pelo fogo. Por ser uma região rica em palmeiras de coco babaçu, as mulheres viam a coleta e extração do coco babaçu, uma oportunidade de fonte de renda (Nasuti; Borges; Vivier, 2019).

A partir desse movimento, houve a colonização de várias famílias tornando-se assim, um povoado marcado pela presença de pequenos agricultores. Com o tempo a região passou a possuir característica de local fundiário, aumentou-se as fazendas de criação de gado, assumindo a vertente patrão-morador, avançando cada vez mais o bioma amazônico, mudando a paisagem, que passava a apresentar mais pastos, o que, paradoxalmente favoreceu o surgimento e a expansão das palmeira de coco babaçu (Nasuti; Borges; Vivier, 2019).

Em virtude destas mudanças ambientais e sociais, viu a necessidade de garantir a proteção dos recursos naturais bem como a valorização da cultura regional e da vida da população, mesmo que na época a população não concordasse muito com esta criação (Santos, 2022).

Em 1992 foi decretada (UC), esta por sua vez, passou a ter como incumbência a proteção da vida, tendo enfoque na proteção do coco babaçu. A RESEX passou a ganhar boa visibilidade nos anos de 1995 quando foram criadas associação dos trabalhadores agroextrativistas da Reserva Extrativista de Ciriaco, com o intuito de que os moradores acentuassem o cuidado com RESEX, e criassem programas que contemplasse as suas necessidades (Santos, 2022)

No ano de 2002 recebeu a autorização de direito real de uso garantido pelo Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA).

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo Geral**

Isolar, identificar e realizar a bioprospecção de fungos endófitos de plantas da área de conservação da reserva extrativista Ciriaco.

#### **3.2 Objetivos Específicos**

- Isolar fungos endófitos em plantas da área de conservação da Reserva Extrativista Ciriaco;



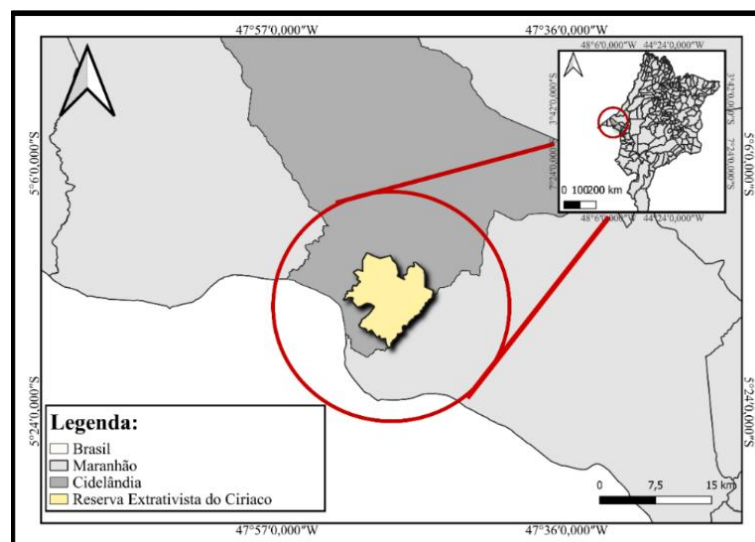
- Realizar a identificação morfológica dos fungos endofíticos isolados;
- Avaliar *in vitro* a atividade antifúngica destes em antagonismo com fungos do gênero *Fusarium sp*;
- Selecionar os fungos endofíticos com atividade anti fúngicas.

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1 Área de estudo

A Reserva Extrativista Ciriaco está localizada na região Sul do Estado do Maranhão, (-5.0560 latitude e longitude de - 47.6030) possui uma área de 8.106,63 hectares e conta com 150 famílias cadastradas. A RESEX está inserida entre os municípios de Cidelândia e Imperatriz, no Maranhão. Seu bioma está localizado em parte de transição entre o bioma amazônico e bioma cerrado (Figura 01).

**Figura 01.** Localização da área de estudo, evidenciando a RESEX do Ciriaco, localizada no município de Cidelândia no estado do Maranhão, Brasil.



Fonte: Braga *et al.*, 2024.

### 4.2 Coleta de folhas e isolamento de fungos endófitos

As coletas das folhas das plantas (figura 02), foram realizadas no mês de novembro e dezembro, no horário das 9:00 às 12:30 da manhã, em fragmentos de mata com característica predominante do bioma Amazônico, na área de conservação da RESEX do Ciriaco.

As amostras de folhas, em duplicata, com aparência saudável foram seccionadas e acondicionadas em sacos plásticos previamente esterilizados e transportados até o Laboratório de Microbiologia e Saúde da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão



UEMASUL, localizada na cidade de Imperatriz- Ma, para posterior isolamento dos fungos endófitos.

**Figura 02.** Coleta das folhas das plantas na RESEX do Ciriaco em A e B.



Fonte: Autora, 2025.

Para o isolamento de fungos endófitos das folhas, as amostras foram dissecadas em pequenos pedaços com, aproximadamente, 25 mm<sup>2</sup> de área, e desinfestadas superficialmente, foram submergidas na água destilada com sabão líquido por duas vezes, por conseguinte ocorreu a imersão em álcool 70% por 1 minuto, seguida de imersão em solução de hipoclorito de sódio 2% por 1 minutos, depois em álcool 70% por 30 segundos e finalmente foram lavadas com água destilada.

**Figura 03.** Imersão dos fragmentos das folhas nas soluções



Fonte: Autora, 2025.

Todo o procedimento foi realizado dentro de tubos esterilizados do tipo falcon de 50 mL, de forma que as amostras foram imersas e agitadas dentro dos tubos. Para confirmar a desinfecção, alíquotas de 1 mL da água destilada foram utilizadas na última lavagem, após a lavagem, os pequenos cortes das folhas foram inoculadas em placas de Petri contendo ágar malte (composto de 20g de extrato de malte e 20g de ágar por litro), e posteriormente incubadas



por 7 dias a 26 °C. O procedimento foi adaptado de Zhao, Xu e Jiang (2012).

O crescimento foi acompanhado diariamente e as colônias fúngicas isoladas e purificadas por sucessivos repiques em meio ágar malte, adaptado de Santos *et al.*, (2015). Os fungos isolados ficaram mantidos sob refrigeração a 4° C. Após 5 e 7 dias de crescimento foi feito registro fotográfico das características macroscópicas observadas.

Características como rebordo, zonação ou rugosidade eram classificadas através da sua presença ou ausência no fungo filamentosos em estudo. No que confere ao tamanho da colônia, foi realizada a medição do seu diâmetro em mm em dois eixos ortogonais (média das duas medidas diametralmente opostas). Foram observadas ainda as características cor e textura. A textura foi definida de acordo com o livro “*Food and Indoor Fungi*”.

Para identificação a nível de gênero das colônias de fungos filamentosos 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 microscópicas para visualização ao microscópio, consistiu em retirar do rebordo da colônia uma amostra e colocou-se uma gota de azul de algodão, entre lâmina e lamínula. Para visualização de fungos filamentosos, cujas colônias não eram muito pulverulentas, utilizou-se a fita-adesiva, colocando sobre a colônia e transportada para a lâmina com uma gota de azul de algodão. E para a dispersão dos esporos utilizou-se uma gota de álcool 98% na lâmina.

Para preservação e utilização futura dos fungos filamentosos isolados, após crescimento das colônias em meio de cultura, foram cortados discos de micélios e transferidos para tubos de vidro com 7mL de água estéril, os quais foram acondicionados a 4°C.

### **4.3 Instalação dos ensaios para avaliação da atividade antifúngica (bioprospecção)**

O experimento *in vitro* foi realizado no Laboratório de Microbiologia e Saúde da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, em delineamento inteiramente casualizado com quatorze tratamentos e uma testemunha, cada um possuindo seis repetições (figura 04).

Os tratamentos utilizados foram:



T1= Testemunha (*Fusarium sp.* sem antagonista); T2= *Fusarium sp* x *Aspergillus sp.* (G.r); T3= *Fusarium sp.* x *Curvularia sp* (H.s); T4= *Fusarium sp.* x *Trichoderma sp.* (G.r); T5= *Fusarium sp.* x *Aspergillus sp.* (A.c); T6= *Fusarium sp* e *Cladosporium sp.* (P.c); T7= *Fusarium sp.* x *Aspergillus sp.* (P.b); T8= *Fusarium sp.* x *Chaetomium sp.* (H.p); T9= *Fusarium sp.* x *Curvularia sp.* (H.p); T10= *Fusarium sp.* x *Aspergillus sp.* (C.s); T11= *Fusarium* e *Cladosporium sp.* (H.p); T12= *Fusarium sp* e *Trichoderma sp.* (P.r); T13= *Fusarium sp.* x *Penicillium sp.*(C.s); T14= *Fusarium sp.* x *Aspergillus sp.*(C.s); T15= *Fusarium sp.* x *Aspergillus sp* (P.c).

**Figura. 04** Experimento na BOD em delineamento casualizado.



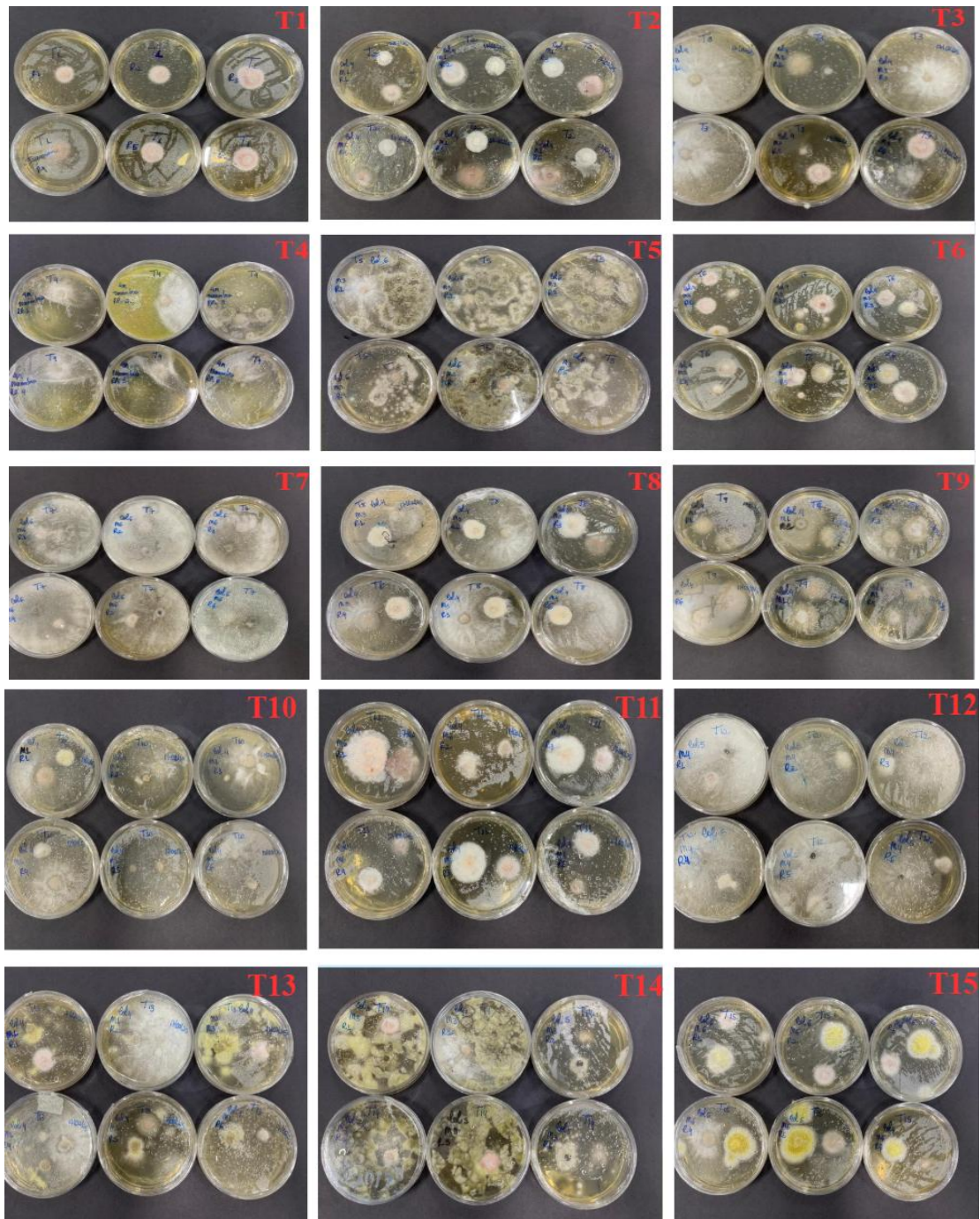
Fonte: Autora, 2025.

Dois discos de 6 mm de diâmetro com sete dias de idade em BDA, contendo micélio de *Fusarium spp.*, e outro disco contendo micélio de fungo endofítico, foram repicados para as placas, dispostos em pareamento, vedadas com plástico- filme e mantidas em B.O.D, a 26° C sob fotoperíodo de 12 horas. A cultura pura do patógeno foi obtida a partir de isolados depositados na Micoteca Prof. Gilson Soares da Silva, localizada no Laboratório de Fitopatologia/UEMA.

A testemunha consistiu em meio de cultura somente com o fitopatógeno. Os tratamentos continham diferentes gêneros de fungos endofíticos. Discos dos isolados de fungos endofíticos e de *F. oxysporum* dispostos em pareamento em placas de Petri contendo meio de crescimento (Figura 05).



**Figura. 05** Placas do teste *in vitro* evidenciando as seis repetições.



**Fonte:** Autora, 2025

Legenda: T1= *Fusarium sp.*; T2= *Fusarium sp x Aspergillus sp. (G.r)*; T3= *Fusarium sp. x Curvularia sp (H.s.)*; T4= *Fusarium sp. x Trichoderma sp. (G.r)*; T5= *Fusarium sp. x Aspergillus sp. (A.c)*; T6= *Fusarium sp e Cladosporium sp. (P.c)*; T7= *Fusarium sp. x Aspergillus sp. (P.b)*; T8= *Fusarium sp. x Chaetomium sp. (H.p)*; T9= *Fusarium sp. x Curvularia sp. (H.p)*; T10= *Fusarium sp. x Aspergillus sp. (C.s)*; T11= *Fusarium e Cladosporium sp. (H.p)*; T12= *Fusarium sp e Trichoderma sp. (P.r)*; T13= *Fusarium sp. x Penicillium sp.(C.s)*; T14= *Fusarium sp. x Aspergillus sp.(C.s)*; T15= *Fusarium sp. x Aspergillus sp (P.c)*.

A avaliação do crescimento micelial foi realizada através de medições diárias do diâmetro das colônias em dois eixos ortogonais (média das duas medidas diametralmente 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):

$IVCM = \Sigma (D - Da) / N$  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 seis repetições de cada tratamento, utilizando a equação (MENTEN et al., 1976):

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

### 4.3 Análise de 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, Gui e Liu (2004): espécie dominante ( $FO > 0,50$ ), espécie mais comum ( $0,50 > FO > 0,31$ ), espécie comum ( $0,30 > FO > 0,10$ ), e espécies raras ( $FO < 0,10$ ).

Os dados obtidos no experimento *in vitro* foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade, com auxílio do programa SISVAR Versão 5.6.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Plantas selecionadas para isolamento dos endófitos

Durante a etapa de bioprospecção foram selecionadas 7 plantas, algumas em período de floração outras apresentavam o fruto, o que facilitou o processo de identificação botânica, para a realização do isolamento dos fungos endófitos. As espécies selecionadas foram: *Amasônia campestris*, *Costus spicatus*, *Helicônia sp.*, *Geophila repens*, *Psychotria colorata*, *Policourea racemosa*, *Psychotria brachyceras* (Figura 06)



**Figura 06.** Prancha das fotos contendo as sete espécies vegetais que serviram de hospedeiras dos fungos endofíticos isolados da área de conservação RESEX Ciriaco.



Fonte: autora, (2025).

Legenda: A - *Amasônia campestris*; B - *Costus spicatus*; C - *Helicônia psittacorum*; D - *Geophila repens*; E - *Psychotria colorata*; F - *Policourea racemosa*; G - *Psychotria brachyceras*.

A Partir das amostras foliares, foram obtidos isolados fúngicos pertencentes a diferentes gêneros como consta na (tabela 01). O número de isolados variou entre as espécies vegetais, com o registro de 1 a 3 isolados por planta. A planta *Amasonia campestri* apresentou um único isolado, enquanto a *Geophila repens*, *Psychotria colorata* e *Palicourea racemosa* foram encontrados dois gêneros respectivamente em cada uma, sendo *Trichoderma sp.* e *Aspergillus sp.*; *Aspergillus sp.* e *Cladosporium sp.*; *Trichoderma sp.* e *Aspergillus sp.*

A planta *Helicônia psittacorum* foi a que apresentou maior número de isolados, pois obteve-se três gêneros; *Curvularia sp.*, *Chaetomium sp.*, e *Geotrichum sp.* (Tabela 01), estes gêneros encontrados vão de encontro com os dados de Cerqueira *et al.* (2013), ao realizar sua pesquisa em plantas ornamentais tropicais, ele conseguiu isolar estes gêneros.

A espécie vegetal *Costus spicatus* apresentou 2 isolados, *Aspergillus sp.* e *Penicillium sp.* (tabela 01). Este resultado também foi encontrados por Paes *et al.*, (2014) que observou que esses fungos não eram encontrados em uma parte específica da planta, mas estavam distribuídos por todo o vegetal em seu teste de a (5% de probabilidade) ele analisou as partes da planta que os fungos mais se concentravam, como resultado ele obteve: raízes e folhas, o que corrobora com os resultados da técnica empregada neste projeto. Da planta *Psychotria brachyceras* obteve-se um único isolado *Aspergillus sp.* (tabela 01). Ao analisar os dados da tabela, observou-se que o gênero de maior ocorrência foi o *Aspergillus sp.* aparecendo em cada

seis dos sete isolados, para Rocha, (2021) isso ocorre porque este gênero consegue viver em diferentes temperaturas variando de 6° a 47° graus, além da capacidade de viver em diferentes substratos e baixa umidade.

**Tabela 01.** Relação entre as espécies vegetais selecionadas, parte utilizada (folha) número de isolados obtidos e os gêneros dos fungos identificados de acordo com as características morfológicas.

Planta	Parte Utilizada	Quantidade de Isolados	Gênero dos Fungos
<i>Amasônia campestris</i>	Folhas	1	<i>Aspergillus sp.</i>
<i>Geophila repens</i>	Folhas	2	<i>Trichoderma sp.e Aspergillus sp.</i>
<i>Psychotria colorata</i>	Folhas	2	<i>Aspergillus sp. Cladosporium sp.</i>
<i>Policourea racemosa</i>	Folhas	2	<i>Trichoderma sp e Aspergillus sp.</i>
<i>Helicônia psittacorum</i>	Folhas	3	<i>Curvularia sp. Chaetomium sp. Geotrichum sp.</i>
<i>Costus spicatus</i>	Folhas	2	<i>Aspergillus sp. Penicillium sp.</i>
<i>Psychotria brachyceras</i>	Folha	1	<i>Aspergillus sp.</i>

**Fonte:** Autora, 2025.

A figura 07, apresenta estruturas macroscópicas e microscópicas dos fungos isolados das plantas da RESEX e da testemunha *Fusarium sp.* No sentido de ratificar a diversidade morfológica dos gêneros identificados nas placas de cultivo (A, C e E), estes apresentaram diferenças na coloração e textura e padrão de crescimento, características estas, que são fundamentais para auxiliar no processo de identificação elementar dos fungos (Fagundes, 2025). A diferenças entre as características microscópicas, são essenciais para a distinção destes gêneros (Silva *et al.*, 2011),

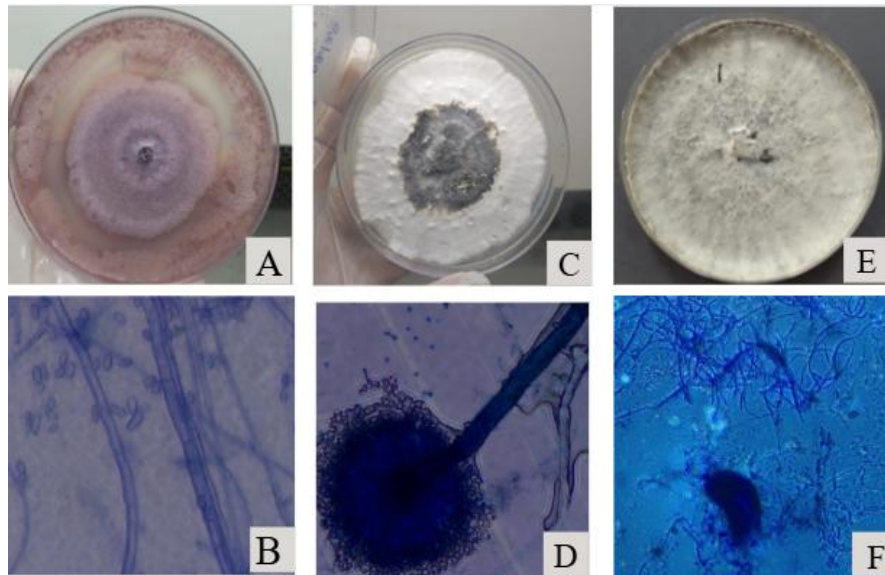
Na imagem A (Figura 07), a colônia atribuída ao fungo do gênero *Fusarium sp.* apresenta coloração na cor lavanda lilás e aspecto algodinoso, crescimento espalhado radialmente a partir do ponto onde foi inoculado. Na imagem (B) microscópica (Figura 07), é confirmada a identificação do gênero através da estrutura reprodutiva observada do fungo *Fusarium sp.*, esta possui hifas hialinas septadas e conídios típicos deste gênero em formato curvo (Lucas *et al.*, 2023).



A imagem C (Figura 07) apresenta a colônia aérea com coloração branca e no centro a cor preta, possui textura algodonosa, na análise microscópica observa-se a estrutura globosa, da qual, há saída de conídios em formato esférico, esta estrutura globosa pode ser unisseriada ou bisseriada, indo de encontro às características morfológicas descritas por Vargas *et al.*, (2011), ao visualizar fungos do gênero *Aspergillus sp.* a vesícula terminal é uma das características determinantes deste gênero.

Em (E) (Figura 07) a colônia apresenta aspecto algodonoso, coloração branca creme, a imagem (F) (Figura 07) revela a estrutura reprodutora da qual há presença de hifas septadas e conídios apresentando 3 septos característicos do gênero *Curvularia sp.*

**Figura 07.** Prancha contendo as imagens das colônias e da estrutura microscópica reprodutora dos fungos isolados das plantas das RESEX.



Fonte: Autora, 2025.

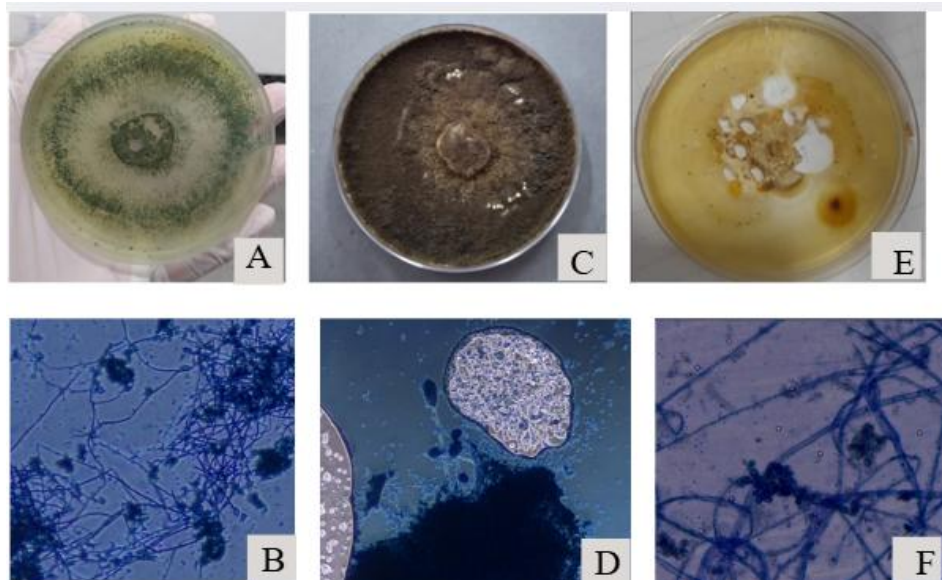
Legenda: A- Placa contendo fungo do gênero *Fusarium sp.*; B- Estrutura reprodutora do gênero *Fusarium sp.*; C-Placa contendo fungo do gênero *Aspergillus sp.*; D- Estrutura reprodutora do *Aspergillus sp.*; E- Placa contendo fungo do gênero *Curvularia sp.*; F - Estrutura reprodutora do *Curvularia sp.*

A letra A da (Figura 08), apresenta a cultura com coloração verde claro, aspecto pulverulento crescimento radial, na estrutura microscópica em (B), é evidenciado as hifas septadas e o conidióforo ramificado em formato de galhos característico do gênero *Trichoderma sp.* (Barreto, 2018).

A imagem C (Figura 08), reflete a colônia do gênero *Aspergillus sp.* possuindo a coloração marrom escuro aspectos pulverulento, em (D) (Figura 08), há várias estruturas reprodutoras, algumas apresentando haste e vesícula terminal esférica, outras subglobosas, seus conídios também possui formato esférico Vargas *et al.*, (2011). Em E (Figura 08), a colônia

tem a cor marrom clara, com aspecto algodonofo, na imagem microscópica é visualizada a estrutura dos ramoconídeos (células de ramificação) que dão origem a novas hifas identificado como *Cladosporium sp.*

**Figura 08.** Prancha contendo as imagens das colônias e da estrutura microscópica reprodutora dos fungos isolados das plantas da RESEX.



Fonte: Autora, 2025

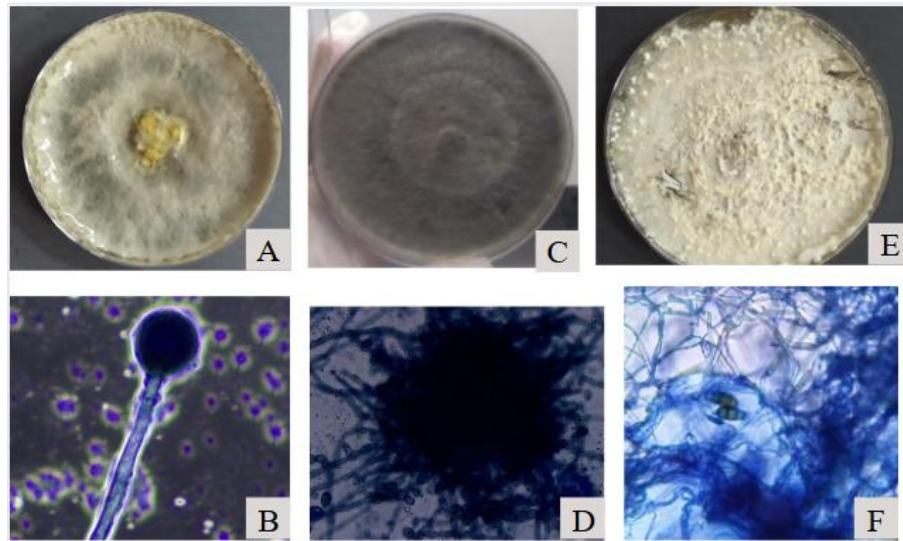
Legenda: A- Placa contendo fungo do gênero *Trichoderma sp.*; B- Estrutura reprodutora do *Trichoderma sp.*; C- Placa contendo fungo do gênero *Aspergillus sp.*; D- Estrutura reprodutora do *Aspergillus sp.*; E- Placa contendo fungo do gênero *Cladosporium sp.*; F- Estrutura reprodutora do *Cladosporium sp.*

O gênero *Aspergillus sp.* foi identificado morfologicamente apresentando colônia verde, textura algodonofo em (A) (Figura 09), em (B) (Figura 09) é possível ver de forma nítida o conidióforo suspendendo a vesícula, além dos conídios esféricos. O gênero *Chaetomium sp.* pode apresentar a colônia na cor cinza, e possuírem textura algodonofo (C) (Figura 09), nas características microscópicas apresentam característica lamniformes e dele partem hifas septadas (D) (Figura 09).

A imagem (E) (Figura 09), contendo o micélio aéreo tem coloração bege, com textura algodonofo, seus esporos apresentam formato de bumerangue apresentando de 3 a 5 secções, fundamental para configurá-lo como possível pertencente ao gênero *Curvularia sp.*



**Figura 09.** Prancha contendo as imagens das colônias e da estrutura reprodutora dos fungos isolados das plantas da RESEX.



Fonte: Autora, 2025.

Legenda: A- Placa contendo fungo do gênero *Aspergillus sp.*; B- Estrutura reprodutora do fungo do gênero *Aspergillus sp.*; C- Placa contendo fungo do gênero *Chaetomium sp.*; D- Estrutura reprodutora fungo do gênero *Chaetomium sp.*; E- Placa contendo fungo do gênero *Curvularia sp.*; F- Estrutura reprodutora do fungo do gênero *Curvularia sp.*

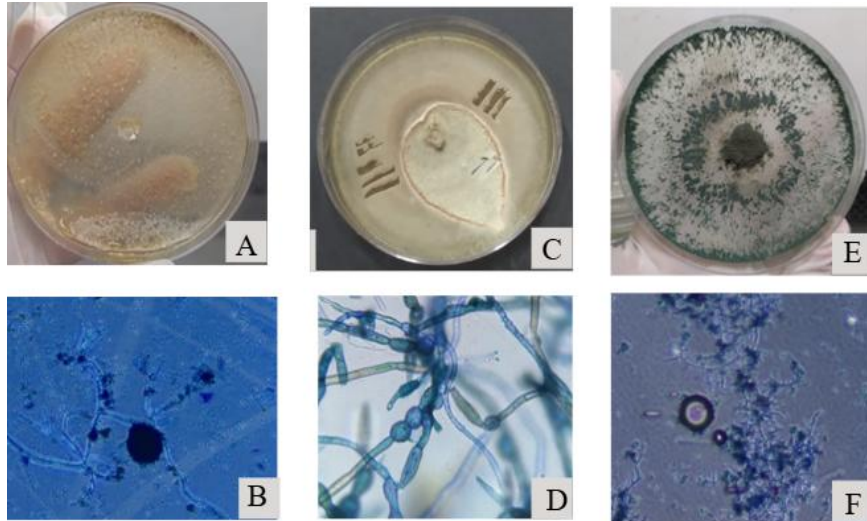
Na figura 10, em A, a placa contendo a colônia fúngica apresenta atributos macroscópicos como: cor amarela e aspectos pulverulento, em (B) a estrutura de haste sustentado a vesícula, juntamente a presença de hifas septadas e esporos redondos, confirmam o gênero *Aspergillus sp.*

A colônia presente em (C) possui aspecto algodono e coloração bege claro, a imagem microscópica em (D) revela hifas septadas e que dão origem após se fragmentarem a novos conídios, o gênero *Geotrichum sp.* apresentam esse tipo de reprodução assexuada.

O fungo do gênero *Trichoderma sp.* que é evidenciado em (E) apresenta a cor verde escuro, tem aspecto pulverulento e crescimento em formato de círculo, sua estrutura reprodutora tem formato de galhos, seus conídios são circulares (F).

**Figura 10.** Prancha contendo as imagens das colônias e da estrutura reprodutora dos fungos isolados das plantas da RESEX.



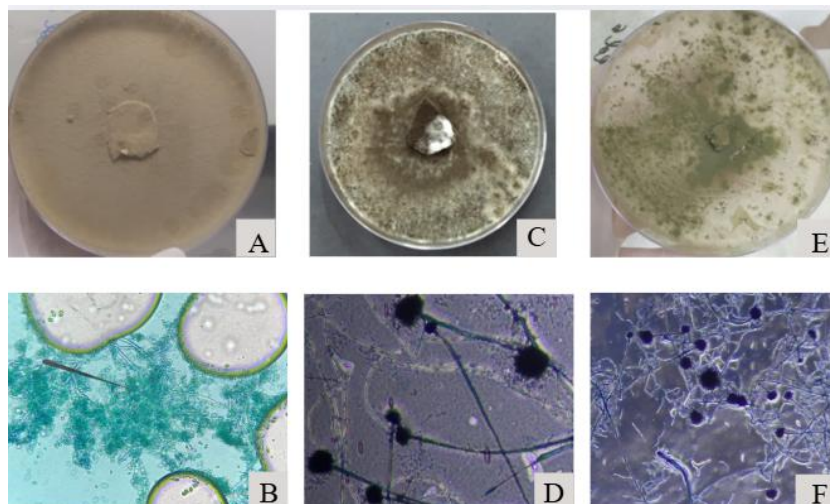


Fonte: Autora, 2025.

Legenda: A- Placa contendo fungo do gênero *Aspergillus* sp.; B- Estrutura reprodutiva do fungo do gênero *Aspergillus* sp.; C- Placa contendo fungo do gênero *Geotrichum* sp.; D Estrutura reprodutiva do fungo do *Geotrichum* sp.

O fungo do gênero *Penicillium* sp. identificado pelas características de coloração marrom, textura pulverulenta (A) (Figura 11), apresentou estrutura reprodutora ramificada semelhante a um pincel, com coloração hialina e esporos esféricos em (B), o gênero *Aspergillus* sp. que é evidenciado em C e E (Figura 11), ambos apresentaram o aspecto pulverulento, porém ambas com coloração distinta, a estrutura microscópica de ambas apresentaram a estrutura conidióforo segurando a vesícula.

**Figura 11.** Prancha contendo as imagens das colônias e da estrutura reprodutora dos fungos isolados das plantas da RESEX.



Fonte: Autora, 2025.

Legenda: A- Placa contendo fungo do gênero *Penicillium* sp.; B- Estrutura reprodutiva do fungo do gênero *Penicillium* sp.; C- Placa contendo fungo do gênero *Aspergillus* sp.; D- Estrutura reprodutiva do fungo do gênero *Aspergillus* sp.; E- Placa contendo fungo do gênero *Aspergillus* sp.; F- Estrutura reprodutiva do fungo do gênero *Aspergillus* sp.



Quanto à frequência de ocorrência e as categorias (Zhang, Gui e Liu, 2004), o fungo *Aspergillus sp.* é a espécie dominante, o *Trichoderma sp.* é a espécie mais comum, e os fungos *Cladosporium sp.*, *Curvularia sp.*, *Chaetomium sp.*, *Geotrichum sp.*, e *Penicillium sp.*, são as espécies comuns (Tabela 02).

**Tabela 02.** Análise da frequência de ocorrência (FO) e as categorias dos fungos endófitos isolados, de acordo com Zhang (2004).

Gênero dos fungos	Frequência de ocorrência (FO)	Categoria (Zhang, Gui e Liu, 2004)
<i>Aspergillus sp.</i>	0,86	Espécie dominante
<i>Trichoderma sp.</i>	0,28	Espécie comum
<i>Cladosporium sp.</i>	0,14	Espécie comum
<i>Chaetomium sp.</i>	0,14	Espécie comum
<i>Geotrichum sp.</i>	0,14	Espécie comum
<i>Penicillium sp.</i>	0,14	Espécie comum
<i>Curvularia sp.</i>	0,14	Espécie comum

Fonte: Autora, 2025.

A tabela 02, evidencia a frequência de ocorrência (FO) dos fungos endofíticos isolados, nas amostras analisadas, bem como sua classificação quanto ao grau de ocorrência, conforme critérios estabelecidos por Zhang (2004).

Os valores de FO permitiram avaliar o grau de constância e ocorrência e dominância dos diferentes gêneros fúngicos associados aos tecidos vegetais analisados, fornecendo auxílio para a compreensão da estrutura da comunidade.

Observou-se que o gênero *Aspergillus sp.* apresentou maior frequência de ocorrência (FO=0,86) sendo classificado como espécie dominante. Este resultante pode estar associado à sua alta plasticidade, devido a sua capacidade de adaptação a diferentes condições ambientais (Ferreira *et al.*, 2025).

O gênero *Trichoderma sp.* apresentou frequência intermediária (FO= 0,28), sendo classificado como espécies mais comuns. Este padrão sugere uma presença constante nos tecidos vegetais, embora sem predominância absoluta. *Trichoderma* é amplamente reconhecido por suas interações benéficas com a planta, incluindo promoção de crescimento e antagonismo a fitopatógenos, o que pode explicar sua ocorrência recorrente em comunidades endofíticas (Shoresh *et al.*, 2010).



Os gêneros *Cladosporium*, *Chaetomium*, *Geotrichum*, *Curvularia* e *Penicillium* apresentaram valores semelhantes de frequência de ocorrência (FO= 0,14) sendo classificados como espécies comuns. Esses resultados indicam que tais fungos ocorrem de forma regular, porém com menor constância em relação aos gêneros frequentes. Ainda assim, a presença desses gêneros contribui significativamente para a diversidade fúngica endofítica. A presença destes conforme Rajagopal *et al.*, (2012) pode ser atribuída pelo fato de serem considerados unipresentes.

Para Coelho, (2017) o fato do gênero *Curvularia* ser frequentemente citado na literatura como patógeno de sementes e responsável por causar manchas foliares na plantas, reflete que este possui a capacidade de traslocar-se para região das folhas, podendo viver como endófito, e possivelmente em um dado momento, devido as mudanças ambientais essa situação muda e torna-se patológica.

A presença do fungo do gênero *Geotrichum* já é relatada como este possuindo prevalência de ocorrência nas folhas (Carvalho *et al.*, 2016).

## 5.2 Avaliação da atividade antifúngica dos fungos isolados (bioprospecção)

O gráfico 01 e a tabela 02, apresentam o crescimento micelial de *Fusarium Oxysporum f. Sp coriandrii* (em cm) ao longo dos sete dias, isolados (T1) em antagonismo direto com diferentes isolados de fungos endofíticos (T2- T15). É possível observar que o controle T1 (*Fusarium sp.*) apresentou crescimento constante e progressivo ao longo dos dias de avaliação, já alguns tratamentos exibiram valores inferiores, especialmente a partir dos últimos dias de avaliação (D5 e D7).

De maneira geral observa-se que o crescimento do fungo patogênico aumenta de forma progressiva ao longo dos sete dias em todos os tratamentos, porém com intensidade distintas conforme o endofítico utilizado. O tratamento controle T1 apresentou o crescimento médio de 1,33 cm no primeiro dia, atingindo 2,63 cm no sétimo dia, sendo utilizado como referência para a comparação (Gráfico 01 e a tabela 02).

Entre os tratamentos avaliados, dois se destacaram pela redução expressiva do crescimento micelial do patógeno, o T7 e o T12, apresentando os menores valores ao longo dos sete dias, sobretudo no sétimo dia, com o crescimento de 1,58cm e 1,64 cm respectivamente, indicando forte efeito inibitório (Gráfico 01 e a tabela 02).

O T7 (*Fusarium sp. x Aspergillus sp.*) apresentou maior capacidade de inibição do



crescimento micelial, essa supressão pode ser atribuída à capacidade que o *Aspergillus sp.* tem de produzir diversos metabólitos secundários, os quais atuam como agentes tóxicos ou inibitórios de outros organismos, além de sua grande produção de esporos que potencializa a sua ação antagonista (Rocha, 2021).

O T12, (*Fusarium sp. x Trichoderma sp. (P.r)*) apresentou uma boa taxa de controle, Segundo Silva *et al.*, (2007), esse resultado pode ser atribuído à capacidade que o *Trichoderma sp.* tem de ser hiperparasita, além de produzir enzimas polissacaridasas, proteases e lipases, que irão promover a degradação da parede celular do fungo patogênico, estudos comprovam que este gênero realiza mecanismos de competição e predação (Quevedo *et al.*, 2022). Competindo também por recursos que podem ser: ar, nutrientes, luz e espaço físico (Holanda, 2022)

Em estudo realizado por Holanda, (2022) ressalta que fungos deste gênero tem como característica uma reprodução e esporulação muito rápida o que limita o crescimento de outros fungos. Este resultado atesta que ambos possuem potencial antagonista contra *Fusarium Oxysporum f. Sp. Coriandrii*.

Os tratamentos T5, T11, T13 e T14 (*Fusarium sp. x Aspergillus sp.*) (Gráfico 01 e tabela 02), apresentaram menor número de crescimento em cm, quando comparados ao controle, indicando redução efetiva do crescimento do patógeno. Esses resultados sugerem atividade antagonistas, sobretudo no período final, quando o *Fusarium sp.* tende a atingir maior crescimento em cm, esses resultados também foram obtidos por (Blume *et al.*, 2007) que em experimento *in vitro* utilizando estes mesmos gêneros no controle do *Fusarium sp.* obtiveram também redução do crescimento do patógeno evidenciando o potencial antagonístico destes gêneros (Blume *et al.*, 2007).

Em contrapartida, alguns tratamentos promoveram crescimento maior do patógeno em comparação ao controle, evidenciando ausência de antagonismo. Os tratamentos T3, T4, T8, T9 e T10 (Gráfico 01 e tabela 2) registraram os maiores valores médios alcançados entre 2,30 cm e 3,00 cm no sétimo dia indicando que esses isolados não foram capazes de limitar o desenvolvimento de *F. Oxysporum*.

Os resultados desses tratamentos (T3, T4, T8, T9, T10) demonstram que esses isolados endofíticos não foram eficazes no controle do crescimento do *Fusarium sp.* Benítez *et al.*, (2004), explica que o controle realizado pelos fungos do gênero *Trichoderma sp.* dependem de muitos mecanismos desde a utilização de suas cepas, micoparasitismo, produção de antibióticos, esses irão atuar de forma coordenada, mas isso tudo dependerá da ativação da cepa,

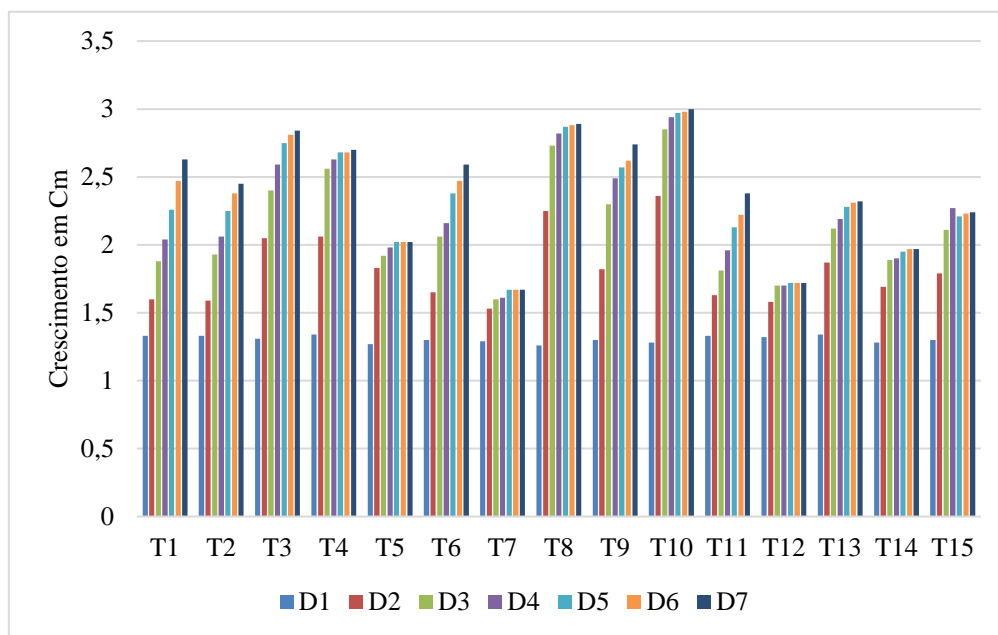


do fungo antagonizado, planta cultivada e das condições ambientais.

O gráfico 01 e tabela 02, também mostram que alguns tratamentos começaram com valores próximos ao controle nos primeiros dias como exemplo T2, T6, T15, mas divergiram significativamente nas fases finais. Indicando que o efeito antagonista de alguns endófitos pode manifestar-se mais tardiamente, enquanto alguns vão perdendo ou não exercem essa atividade antagonista ao longo do tempo.

Os coeficientes de variação (CV%) variaram de 4,22% a 16, 59% entre os dias avaliados, indicando boa precisão experimental. Os valores de significância ( $p < 0,05$ ) a partir do segundo dia de avaliação confirmam que houve diferenças estatísticas claras entre os tratamentos durante o desenvolvimento da colônia fúngicas (Tabela 02).

**Gráfico 01.** Crescimento do *Fusarium sp.* em antagonismo com fungos endófitos durante os sete dias.



**Fonte:** autora, 2025.

Legenda: T1= *Fusarium sp.*; T2= *Fusarium sp x Aspergillus sp. (G.r)*; T3= *Fusarium sp. x Curvularia sp (H.s.)*; T4= *Fusarium sp. x Trichoderma sp.(G.r)*; T5= *Fusarium sp. x Aspergillus sp. (A.c)*; T6= *Fusarium sp x Cladosporium sp. (P.c)*; T7= *Fusarium sp. x Aspergillus sp. (P.b)*; T8= *Fusarium sp. x Chaetomium sp. (H.p)*; T9= *Fusarium sp. x Curvularia sp. (H.p)*; T10= *Fusarium sp. x Aspergillus sp. (C.s)*; T11= *Fusarium x Cladosporium sp. (H.p)*; T12= *Fusarium sp x Trichoderma sp. (P.r)*; T13= *Fusarium sp. x Penicillium sp.(C.s)*; T14= *Fusarium sp. x Aspergillus sp.(C.s)*; T15= *Fusarium sp. x Aspergillus sp (P.c)*.

**Tabela 03.** Análise do crescimento micelial do *Fusarium Oxysporium.f.sp. coriandrii* em antagonismo com fungos endofíticos isolados das plantas medicinais da RESEX Ciríaco-MA.

---

Crescimento micelial em (Cm) do *F. Oxysporium f.sp. coriandrii*

---



Tratamentos	1D	2D	3D	4D	5D	6D	7D	X7D
T1	1,33a	1,60b	1,88c	2,04b	2,26b	2,47b	2,63b	2,09b
T2	1,33a	1,59b	1,93c	2,06b	2,25b	2,38b	2,45b	2,04b
T3	1,31a	2,05a	2,40b	2,59a	2,75a	2,81a	2,84a	2,45a
T4	1,34a	2,06a	2,56b	2,63a	2,68a	2,68b	2,70a	2,43a
T5	1,27a	1,83b	1,92c	1,98b	2,02c	2,02c	2,02c	1,89b
T6	1,30a	1,65b	2,06c	2,38b	2,38b	2,47b	2,59b	2,11b
T7	1,29a	1,53b	1,60c	1,67c	1,67c	1,67d	1,67d	1,58a
T8	1,26a	2,25a	2,73a	2,82a	2,87a	2,88a	2,89a	2,59a
T9	1,30a	1,82b	2,30b	2,49a	2,57a	2,62b	2,74a	2,32a
T10	1,28a	2,36a	2,85a	2,94a	2,97a	2,98a	3a	2,69a
T11	1,33a	1,63b	1,81c	1,96b	2,13c	2,22c	2,38b	1,95b
T12	1,32a	1,58b	1,70c	1,70b	1,72c	1,72d	1,72d	1,64c
T13	1,34a	1,87b	2,12c	2,19b	2,28b	2,31c	2,32b	2,14b
T14	1,28a	1,69b	1,89c	1,90b	1,95c	1,97d	1,97c	1,82c
T15	1,30a	1,79b	2,11c	2,27b	2,21b	2,23c	2,24c	2,13b
CV%	4,22	15,95	16,50	16,59	13,98	13,47	12,81	12,65
P	0,25	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Fonte: Autora, 2025.

\*Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre-si para o teste de Scott-Knott ao nível de probabilidade de 5%.

Legenda: T1= *Fusarium sp.*; T2= *Fusarium sp x Aspergillus sp. (G.r)*; T3= *Fusarium sp. x Curvularia sp (H.p)*.; T4= *Fusarium sp. x Trichoderma sp. (G.r)*; T5= *Fusarium sp. x Aspergillus sp. (A.c)*; T6= *Fusarium sp x Cladosporium sp. (P.c)*; T7= *Fusarium sp. x Aspergillus sp. (P.b)*; T8= *Fusarium sp. x Chaetomium sp. (H.p)*; T9= *Fusarium sp. x Curvularia sp. (H)*; T10= *Fusarium sp. x Aspergillus sp. (C.s)*; T11= *Fusarium x Cladosporium sp. (H.p)*; T12= *Fusarium sp x Trichoderma sp. (P.r)*; T13= *Fusarium sp. x Penicillium sp.(C.s)*; T14= *Fusarium sp. x Aspergillus sp.(C.s)*; T15= *Fusarium sp. x Aspergillus sp (P.c)*.

A análise do crescimento micelial gráfico 02, do fungo do gênero *Fusarium sp.* aos sete dias evidencia diferenças significativas no comportamento do *Fusarium Oxysporum* quando cultivado de forma isolada (T1), e quando este está associado a diferentes fungos endofíticos isolados das plantas da Resex (T2 a T15).

O tratamento T1 apresentou o crescimento de 2,09 cm, sendo utilizado como referência para avaliar o potencial antagonico dos endófitos utilizados no teste *in vitro*. Entre os tratamentos avaliados T7 (1,58 cm) e T12 (1,64) destacaram-se como os mais eficazes, apresentando as menores médias, evidenciando maior capacidade de inibição. Estes dois gêneros atuam como excelentes agentes de biocontrole, isso pode estar associado a produção de metabólitos secundários (Rocha, 2021) bem como pela relação de microparasitismo que estes exercem (Yao, *et al.*, 2023).

Os tratamentos que apresentaram um efeito, mesmo que, em menor magnitude foram

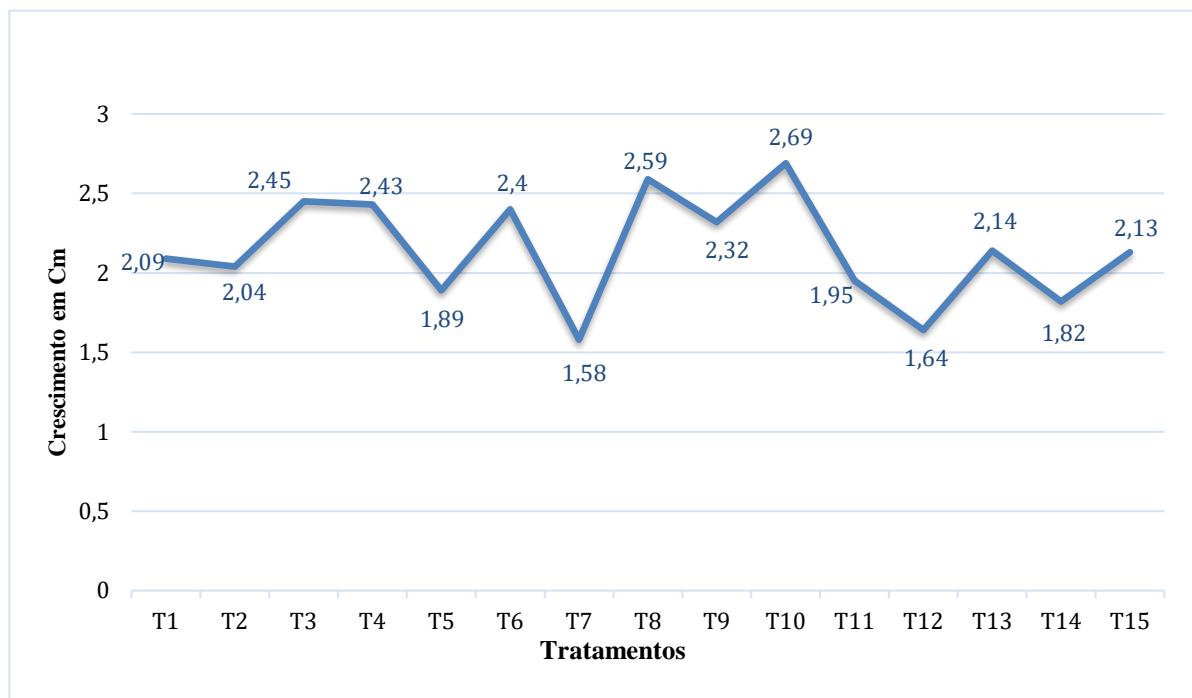


T2 (2,04cm), T5 (1,89cm), T9 (2,32), T11 (1,95) e T14 (1,82), todos estes atingiram valores inferiores ao controle.

Em contrapartida, uma parte dos tratamentos apresentaram crescimento superior aos observados no T1, indicando ausência de atividade antagonista significativa. Os tratamentos T3(2,45 cm), T4 (2,43cm), T6 (2,40cm), T8 (2,56cm), T10 (2,69), T13(2,14) e T15 (2,13). Não realizaram a redução do crescimento micelial de *Fusarium Oxysporum*, demonstrando que o T10 apresentou o maior valor registrado entre todos os tratamentos.

Em suma, estes resultados demonstram que somente uma parte dos fungos endofíticos avaliados possui potencial para o biocontrole frente ao patógeno, com destaque para o T7 e para o T12 que apresentaram uma boa supressão do crescimento micelial, quando comparado ao controle. Estes resultados reforçam a importância da seleção criteriosa de isolados endofíticos com capacidade antagonista, haja vista, que nem todos os fungos tiveram bons resultados no controle do patógeno.

**Gráfico 02.** Gráfico da média geral dos sete dias do crescimento micelial do fungo do gênero *Fusarium Oxyporium Coriandrii* em antagonismos com fungos endófitos isolados das plantas da RESEX.



Fonte: autora, 2025.

Legenda: T1= *Fusarium sp.*; T2= *Fusarium sp x Aspergillus sp. (G.r)*; T3= *Fusarium sp. x Curvularia sp (H.p)*; T4= *Fusarium sp. x Trichoderma sp.(G.r)*; T5= *Fusarium sp. x Aspergillus sp. (A.c)*; T6= *Fusarium sp x Cladosporium sp. (P.c)*; T7= *Fusarium sp. x Aspergillus sp. (P.b)*; T8= *Fusarium sp. x Chaetomium sp. (H.p)*; T9= *Fusarium sp. x Curvularia sp. (H.p)*; T10= *Fusarium sp. x Aspergillus sp. (C.s)*; T11= *Fusarium x Cladosporium sp. (H.p)*; T12= *Fusarium sp x Trichoderma sp. (P.r)*; T13= *Fusarium sp. x Penicillium sp.(C.s)*; T14= *Fusarium sp. x Aspergillus sp.(C.s)*; T15= *Fusarium sp. x Aspergillus sp (P.c)*.



Quanto ao índice de velocidade de crescimento micelial pode ser observado na tabela 03, que os valores oscilaram entre 0,05 a 0,25 cm por dia, demonstrando que houve heterogeneidade no índice de velocidade do crescimento micelial dos isolados, tendo um destaque para o T10 que apresentou crescimento acelerado quando comparado aos demais. Outros gêneros que obtiveram altos valores foram: T1, T3, T8, respectivamente, estes obtiveram índices iguais ou superiores a 0,22 cm, sugerindo rápido crescimento micelial. Em compensação os fungos que apresentaram os menores valores de IVCM foram o T7 e T12 com 0,05 e 0,06 respectivamente indicando crescimento micelial lento, refletindo padrões diferentes de crescimento dos fungos.

**Tabela 04.** Avaliação do índice de velocidade de crescimento micelial em *in vitro* (IVCM) da testemunha *Fusarium sp.* e de 14 isolados fúngicos de espécies vegetais da Resex. em antagonismo com *Fusarium sp.*

Teste	Gêneros Fúngicos	Espécies vegetais	IVCM	Cm
T1	<i>Fusarium sp.</i>		IVCM	0,22 cm
T2	<i>Fusarium sp. X Aspergillus sp.</i>	<i>Geophila repens</i>	IVCM	0,16 cm
T3	<i>Fusarium sp. X Curvularia sp.</i>	<i>Heliconia</i>	IVCM	0,22 cm
T4	<i>Fusarium sp. X Trichoderma sp.</i>	<i>Geophila repens</i>	IVCM	0,19cm
T5	<i>Fusarium sp. X Aspergillus sp.</i>	<i>Amasonia campestri</i>	IVCM	0,11cm
T6	<i>Fusarium sp. X Cladosporium sp.</i>	<i>Psychotria colorata</i>	IVCM	0,18cm
T7	<i>Fusarium sp. X Aspergillus sp.</i>	<i>Psychotria brachyceras</i>	IVCM	0,05cm
T8	<i>Fusarium sp. X Chaetomium sp</i>	<i>Heliconia</i>	IVCM	0,23cm
T9	<i>Fusarium sp. X Curvularia sp.</i>	<i>Heliconia</i>	IVCM	0,21cm
T10	<i>Fusarium sp. X Aspergillus sp.</i>	<i>Costus spicatus</i>	IVCM	0,25cm
T11	<i>Fusarium sp. X Geotrichum sp</i>	<i>Helicônia</i>	IVCM	0,15cm
T12	<i>Fusarium sp. X Trichoderma sp.</i>	<i>Policourea racemosa</i>	IVCM	0,06cm
T13	<i>Fusarium sp. X Penicillium sp.</i>	<i>Costus spicatus</i>	IVCM	0,14cm
T14	<i>Fusarium sp. X Aspergillus sp.</i>	<i>Costus spicatus</i>	IVCM	0,10cm
T15	<i>Fusarium sp. X Aspergillus sp.</i>	<i>Psychotria colorata</i>	IVCM	0,13cm

Fonte: Autora, (2025).

A análise do Índice de Percentual de Inibição do Crescimento (PIC) média geral dos sete dias no gráfico 03, evidenciou variações significativas na capacidade antagonista dos tratamentos avaliados contra *Fusarium sp.* Entre os quinze tratamentos analisados, uma parcela demonstrou valores positivos de PIC, indicando potencial inibitório efetivo sobre o fungo patogênico.

O tratamento T7 destacou-se como o mais eficiente, apresentando 24,4% de inibição, configurando-se como o isolado de maior potencial no biocontrole, O gênero *Aspergillus sp.* citado na revisão bibliográfica de Manathunga *et al.*, (2024), traz luz para o motivo que isso possa ter ocorrido, devido a capacidade que os fungos endofíticos possuem para realizar o micoparasitismo e antibiose.

Em seguida, os tratamentos T12 (21,53%) T14(12,92%), T5(9,57%) e T11 (6,69%) T15



(1,91%), também demonstraram efeito inibidor, embora em alguns em menor magnitude, o fato do T12 ter sido o segundo a atingir o maior valor, pode ser atribuído à capacidade que o *Trichoderma sp*, têm de ser parasitário e antagônico a sua capacidade de sobreviver em ambientes que não fornecem condições ideais, pela ótima atividade reprodutiva, além de causar danos devido ao enrolamento das estruturas das hifas dos fungos dos patógenos (Manathunga *et al.*, (2024).

Os tratamentos T1 E T2 apresentaram valores neutros e próximos à neutralidade (0% e 2,39% respectivamente) , afirmando em T1 nenhuma interferência. Em contrapartida, alguns dos tratamentos apresentaram valores negativos do PIC, indicando que em vez de inibir o crescimento do *Fusarium sp*. Acabaram favorecendo ou permitindo seu desenvolvimento. Os tratamentos T10 (-28,7%) e T8 (-23,92%) foram os que apresentaram os índices mais negativos, apontando para uma possível relação de estímulo ao crescimento micelial do patógeno.

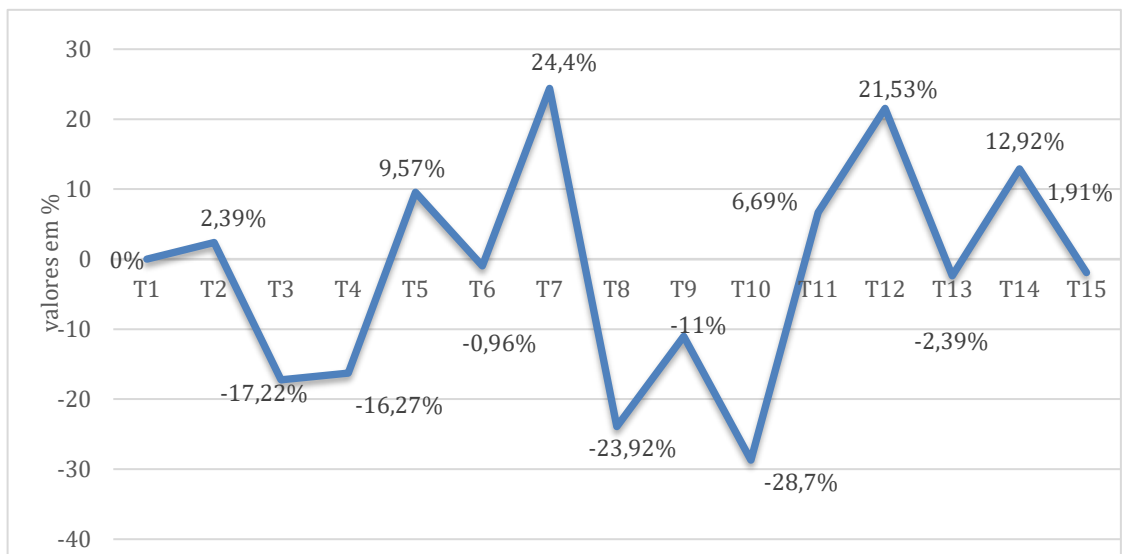
Os tratamentos T3 (-17,22%), T4 (-16,27%), T9 (-11%), T6 (-0,96%) e T13 (-2,39%), também apresentaram valores negativos comprovando também que estes não inibiram o *Fusarium sp*, mas fizeram o oposto ou estimularam.

Conforme Manathunga *et al.*, (2024) alguns fatores podem influenciar nesse antagonismo, isso explica o por quê da heterogeneidade dos resultados, o fato de nem todos possuírem atividade antagônica já é algo citado na literatura, e isto pode está relacionado às diferenças quanto aos mecanismos de biocontrole, podendo promover o antagonismo direto através da produção de metabólitos secundário e enzimas hidrolíticas, quanto na promoção de mecanismos indiretos, como indução da resistência sistêmica, do hospedeiro.

Dessa forma, os fungos que realizaram o controle em placa provavelmente agem desenvolvendo antagonismo direto, enquanto aqueles que não possuíram o efeito de inibição, é provável que eles necessitam da interação fungo e planta para poderem expressar o seu efeito biocontrolador (Priyashantha *et al.*, 2023).

**Gráfico 03.** Gráfico com os valores de índice do potencial de inibição do crescimento do fungo do gênero *Fusarium sp*. em antagonismos com fungos isolados das plantas da RESEX, resultado do PIC em porcentagem.





**Fonte:** autora, 2025.

Legenda: T1= *Fusarium sp.*; T2= *Fusarium sp x Aspergillus sp. (G.r)*; T3= *Fusarium sp. x Curvularia sp (H.p)*.; T4= *Fusarium sp. x Trichoderma sp.(G.r)*; T5= *Fusarium sp. x Aspergillus sp. (A.c)*; T6= *Fusarium sp x Cladosporium sp. (P.c)*; T7= *Fusarium sp. x Aspergillus sp. (P.b)*; T8= *Fusarium sp. x Chaetomium sp. (H.p)*; T9= *Fusarium sp. x Curvularia sp. (H.p)*; T10= *Fusarium sp. x Aspergillus sp. (C.s)*; T11= *Fusarium x Cladosporium sp. (H.p)*; T12= *Fusarium sp x Trichoderma sp. (P.r)*; T13= *Fusarium sp. x Penicillium sp.(C.s)*; T14= *Fusarium sp. x Aspergillus sp.(C.s)*; T15= *Fusarium sp. x Aspergillus sp (P.c)*.



## 6 CONCLUSÃO

A prospecção de fungos endofíticos realizada na RESEX do Ciriaco evidenciou ampla diversidade microbiana associada às espécies vegetais analisadas, confirmando o papel dessas plantas como reservatórios de microrganismos com potencial biotecnológico.

A partir das amostras foliares, foram obtidos isolados pertencentes a diferentes gêneros, destacando-se *Aspergillus* sp., *Trichoderma* sp., *Cladosporium* sp., *Curvularia* sp., *Chaetomium* sp., *Geotrichum* sp., e *Penicillium* sp. Com destaque para *Aspergillus* sp. e *Trichoderma* sp., classificados respectivamente como espécie dominante e comum, enquanto os demais gêneros foram considerados ocasionais.

A análise comparativa entre as espécies vegetais revelou variação no número de isolados, sugerindo influência de fatores fisiológicos e ecológicos na colonização endofítica. *Helicônia* sp. apresentou maior diversidade, ao passo que *Amasonia campestris* e *Psychotria brachyceras* mostraram apenas um isolado.

Nos ensaios de antagonismo contra *Fusarium oxysporum* f. sp. *coriandrii*, observou-se heterogeneidade nos resultados. Os tratamentos T7 (*Aspergillus* sp.) e T12 (*Trichoderma* sp.) destacaram-se pela expressiva redução do crescimento micelial do patógeno, corroborando mecanismos descritos na literatura, como produção de metabólitos secundários, hiperparasitismo e ação de enzimas hidrolíticas. Outros isolados (T5, T11, T13 e T14) apresentaram efeito inibitório moderado, enquanto parte dos tratamentos não demonstrou antagonismo, sugerindo dependência de fatores intrínsecos às cepas e às condições ambientais.

A variação temporal na eficácia, com isolados que apresentaram efeito tardio ou perda de atividade ao longo do tempo, reforça a complexidade das interações endófito-patógeno. A análise estatística (CV% e  $p < 0,05$ ) confirmou diferenças significativas entre os tratamentos.

Os resultados indicam que determinados gêneros endofíticos, especialmente *Aspergillus* sp. e *Trichoderma* sp., possuem elevado potencial para o controle biológico de *Fusarium oxysporum*, configurando-se como alternativas promissoras em sistemas agrícolas. Contudo, a eficácia é variável e demanda estudos adicionais para validação e aplicação prática.

Diante desse achado, a realização da bioprospecção de fungos endófitos em área de conservação mostra-se uma estratégia promissora para a descoberta de fungos microrganismos com potencial aplicação no biocontrole agrícola. Recomenda-se como perspectiva futura, a identificação dos isolados a nível de espécie, afim de aprofundar o conhecimento da biologia desses organismos seus mecanismos de antagonismo suas possíveis aplicações biotecnológicas. Além disso a busca por gêneros de fungos que possam produzir metabólitos secundários



bioativos representam uma excelente alternativa para mitigar a utilização de fungicidas químicos.



## REFERÊNCIAS

- BRAGA, Eduarda Vaz *et al.* Impacto das queimadas na reserva extrativista do Ciriaco. **Caderno Pedagógico**, [S. l.], v. 21, n. 13, p.12787, 2024. Disponível em: <https://ojs.studiespublicacoes.com.br/ojs/index.php/cadped/article/view/12787>. Acesso em: 2 jan. 2026.
- BALTRUSCHAT, Helmut *et al.* Tolerância ao sal na cevada induzida pelo endófito radicular *Piriformospora indica* está associado a um forte aumento em antioxidante, **New Phytologist**, [S. l.], v. 180, n. 2, p. 501-510, 11 jun. 2008. DOI 10.1111/j.1469-8137.2008.02583.x Disponível em: <https://nph.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1469-8137.2008.02583.x>. Acesso em: 25 out. 2025.
- BARROS, Thiago Gil Barretos. **Potencial de plantas medicinais da Reserva Extrativista do rio Pacaás Novos, Estado de Rondônia**. 2020. 79 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Faculdade De Tecnologia, Universidade De Brasília, Brasília, DF, 2020. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/38958>. Acesso em: 27 out. 2025.
- BENÍTEZ, Tahía *et al.* Mecanismos de biocontrole de cepas de *Trichoderma*, **International Microbiology**, Madrid, v. 7, n. 4, p. 249-260, 2004. Disponível em: [https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1139-67092004000400003](https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1139-67092004000400003). Acesso em: 22 dez. 2025.
- BESSA, Douglas Martins de Oliveira *et al.* Novos Produtos Naturais Isolados de Fungos Endofíticos Associados a Plantas: uma mini revisão, **Revista Virtual de Química**, Gurupi, V 17, n 2, p. 372-382, 28 jan. 2025. DOI Org/10.21577/1984-6835.20250007. Disponível em: <https://rvq-sub.sbq.org.br/index.php/rvq/article/view/4829/1245>. Acesso em: 15 out. 2025.
- BEZERRA, Jadson Diogo Pereira. **Fungos endofíticos em cactos de áreas de caatinga preservada e com atividade de agricultura familiar: diversidade e estudo filogenético**. 2016. 83 f. Tese (Doutorado em Biologia de Fungos) - Centro de Biociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/27099/1/TESE%20Jadson%20Diogo%20Pereira%20Bezerra.pdf>. Acesso em: 19 out. 2025.
- CARVALHO, J. M. *et al.* Phytosterols isolated from endophytic fungus *Colletotrichum gloeosporioides* (Melanconiaceae). **Acta Amazonica**, Manaus, v. 46, n. 1, p. 69-72, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/1809-4392201500072>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aa/a/3V6L7P7v8XG6v5v3v3v3v3v/>. Acesso em: 2 jan. 2026.
- CANUTO, K. M. *et al.* Fungos endofíticos: perspectiva de descoberta e aplicação de compostos bioativos na agricultura. Brasília, DF: Embrapa, 2012. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/951754/1/FungosEndofiticos.pdf>. Acesso em: 15 dez. 2025.
- CERQUEIRA, Kaliússia S. *et al.* Fungos endófitos em plantas ornamentais tropicais na Bahia, **Agrotropica**, Itabuna, v. 25, n 3, p. 223-232, 2013. DOI: 10.21757/0103-3816.2013v25n3p223-232. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt->



[br/assuntos/ceplac/publicacoes/revista-agrotropica/artigos/2013-DOI-10.21757/0103-3816-2013v25n3p223-232.pdf](https://br/assuntos/ceplac/publicacoes/revista-agrotropica/artigos/2013-DOI-10.21757/0103-3816-2013v25n3p223-232.pdf). Acesso em: 13 dez. 2025.

COUTO, Fabiana Aparecida. **Identificação de espécies do gênero *Aspergillus*, seções *Nigri*, *Flavi* e *Circumdati* por taxonomia polifásica.** Orientador: Luiz Roberto Batista. 2013. 92 f. Tese (Doutorado em Ciências dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013. Disponível em: <https://repositorio.ufla.br/items/fb37e063-8eeb-4eee-a655-cc3b34a5f9a7>. Acesso em: 6 out. 2025.

COELHO, Carla Figueiredo. **Isolamento e identificação de fungos endofíticos da malva.** Orientador: Henrique dos Santos Pereira. 2017. 43 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia Tropical)-Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2017. Disponível em: <https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/5646>. Acesso em: 19 Dez. 2025.

COSTA, Itana da Purificação. **Isolamento, seleção e identificação de fungos filamentosos produtores de enzimas de interesse para indústria de alimentos a partir de *Moringa oleifera* Lam., MORINGACEAE.** 2012. 98 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE, 2012. Disponível em: [https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/16623/2/ITANA\\_PURIFICACAO\\_COSTA.pdf](https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/16623/2/ITANA_PURIFICACAO_COSTA.pdf). Acesso em: 6 jan. 2026.

CRUZ, Hênia Joelia Magalhães. **Estudo químico e avaliação das atividades antimicrobiana, anticolinesterásica e larvicida do fungo *Curvularia lunata* e levantamento quimiotaxonômico do complexo *Curvularia-Bipolaris-Cochliobolus*.** Orientador: Regina Maria Geris dos Santos. 2013. 180 f. Dissertação (Mestrado em Química) - Instituto de Química, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2013. Disponível em: [https://repositorio.ufba.br/bitstream/ri/20687/1/Disserta%C3%A7%C3%A3o\\_Completa\\_Henia\\_VF-2.pdf](https://repositorio.ufba.br/bitstream/ri/20687/1/Disserta%C3%A7%C3%A3o_Completa_Henia_VF-2.pdf). Acesso em: 21 dez. 2025.

DASH, Umesh Chandra *et al.* The modulatory role of prime identified compounds in *Geophila repens* in mitigating scopolamine-induced neurotoxicity in experimental rats of Alzheimer's disease via attenuation of cholinesterase,  $\beta$ -secretase, MAPt levels and inhibition of oxidative stress imparts inflammation. **Journal of Ethnopharmacology**, [S. l.], v. 281, p. 114637, 10 jan. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jep.2021.114637>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34534598/>. Acesso em: 21 set. 2025.

ELIAS, Luciana Mecatti. **Bioprospecção de fungos endofíticos isolados de guaranazeiros da Amazônia.** 2015. Tese (Doutorado em Fitopatologia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11138/tde-05012016-111344/>.

ELISKASES-LECHNER, F. *Geotrichum candidum*. In: **Encyclopedia of dairy sciences**. London: Academic Press, 2002. p. 1229-1234. Acesso em: 17 dez. 2025.

ETHURL, Luciana Zago *et al.* Seleção de antagonistas fúngicos a *Fusarium solani* e *Fusarium oxysporum* em substrato comercial para mudas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 6, p. 1794-1797, nov./dez. 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/y8WRNGxWKS3sj7bVvtQNHL/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 22 dez. 2025.



FAGUNDES, Luiz Fernando Grandi. **Identificação de fungos filamentosos isolados:**

avanços, desafios taxonômicos e sua relevância biotecnológica. Orientadores: Rafaella Costa Bonugli Santos, Wagner Antonio Chiba de Castro. 2025. 94 f. TCC (Graduação) - Universidade Federal da Integração Latino-Americana, Foz do Iguaçu, 2025. Disponível em: <https://dspace.unila.edu.br/items/6230629f-71f1-470b-ae39-6d3d332b48db>. Acesso em: 12 dez. 2025.

FELBER, Aretusa Cristina *et al.* Fungos endofíticos: potencial como controladores biológicos e estudos em videiras, **UNINGÁ Review**, Maringá, n. 14, p. 13-25, 4 mar. 2013. Disponível em: [efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.mastereditora.com.br/periodico/20130701\\_165829.pdf](efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.mastereditora.com.br/periodico/20130701_165829.pdf). Acesso em: 17 dez. 2025.

FIGUEIREDO, Giancarlo; SOUSA, Antonia. Diversidade taxonômica e identificação de *Penicillium*. In: **Conhecimento, conservação e uso dos fungos**. 26. ed. Manaus: Embrapa, 2019. v. 1, p. 321-338. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/311484113>. Acesso em: 21 dez. 2025.

FERREIRA, Nicholas de Campos *et al.* Diversidade de *Aspergillus* e *Penicillium* isolados de solo do bioma caatinga, **VI CONGRESSO BRASILEIRO INTERDISCIPLINAR EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA**. ISSN 2764-0582, 2025. p. 1-3, 2025. Disponível em: <efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://static.even3.com/anais/1178222.pdf?v=639028841312021943>. Acesso em: 1 jan. 2026.

GAZOLA, Vitor Dib *et al.* Importância de fungos do gênero *Trichoderma* para a agricultura: mecanismos de ação e melhoramento genético. **Peer Review**, p. 1-17, 3 out. 2024. DOI: 10.53660/PRW-2592-4616. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/384613979>. Acesso em: 2 jan. 2026.

HAO, Jianjun J. *et al.* Efeito da densidade de inóculo no solo de *Fusarium oxysporum* f. sp. *vasinfectum* Raça 4 no desenvolvimento da doença em algodão. **Plant Disease**, [s. l.], v. 93, n. 12, p. 1324-1328, 2009. DOI: 10.1094/PDIS-93-12-1324. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30759502/>. Acesso em: 15 dez. 2025.

HECK, Daniel Winter. **Supressividade a *Fusarium oxysporum* f. sp. cubense por produtos orgânicos**. Orientador: Wagner Bettiol. 2015. 127 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Proteção de Plantas) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2015. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/127953>. Acesso em: 12 out. 2025.

KEW, Michael C. Aflatoxins as a cause of hepatocellular carcinoma. **Journal of Gastrointestinal and Liver Diseases: JGLD**, [s. l.], v. 22, n. 3, p. 305-310, 2013. Disponível em: <https://jgld.ro/jgld/index.php/jgld/article/view/2013.3.13>. Acesso em: 5 nov. 2025.

**Implicações fitopatológicas do código de Melbourne**, Passo Fundo, ano 2024, v. 50, p. 1-4,

LUCAS, Sávio Santos Gomes *et al.* **Fusariose no semiárido brasileiro: impacto e danos em culturas agrícolas**. 1. ed. atual. São Paulo: [s. n.], 2023. v. 1. DOI 10.37885/231114945

MAIA, Vitor Rafael Oliveira *et al.* Fungos endofíticos como promotores de resistência a estresse hídrico e salino: o caso do *Piriformospora indica*. **Brazilian Applied Science Review**, Curitiba, v. 4, n. 2, p. 621-633, mar./abr. 2020. DOI: 10.34115/basrv4n2-015. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BASR/article/view/8485>. Acesso em: 2 jan. 2026.



MANATHUNGA, Kumudu K. *et al.* Explorando fungos endofíticos como antagonistas naturais contra patógenos fúngicos de culturas alimentares. **Journal of Fungi**, [s. l.], v. 10, n. 9, p. 1-25, 2024. DOI: 10.3390/jof10090606. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11433156/>. Acesso em: 24 dez. 2025.

MELO, Tamar Soares de. **Endofíticos**. [Brasília, DF]: Embrapa, 22 dez. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/agricultura-e-meio-ambiente/manejo/recursos-geneticos/endofiticos>. Acesso em: 21 maio 2024.

MENTEN, J. O. M.; MINUSSI, C. C.; CASTRO, C.; KIMATI, H. Efeito de alguns fungicidas no crescimento micelial de *Macrophomina phaseolina* (Tass.) Goid. “in vitro”. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 1, n. 2, p. 57-66, 1976.

MOREIRA, Renata Lamos. **Fungos endofíticos e epifíticos associados às folhas de cacauzeiro**. 2014. 48 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências Biológicas) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro, 2014. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/119106>. Acesso em: 10 out. 2025.

MUSSI-DIAS, Vicentina *et al.* Fungos endofíticos associados a plantas medicinais. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 14, n. 2, p. 261-266, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbpm/a/T8sJghZwyfmQkQxRnWCFCwQ/>. Acesso em: 21 maio 2024.

NASUTI, Stéphanie; BORGES, Luciana Riça Mourão; VIVIER, Elise. Reserva extrativista de Ciriaco: desafios e sustentabilidade em uma UC do arco do desmatamento (Cidelandia/MA). In: ROBERT, Pascale de *et al.* (org.). **Amazônias brasileiras: situações locais e evoluções**. Belém: NUMA/UFPA, 2014. v. 1. p. 203-220. ISBN 978-85-88998-73-5.

OLIVEIRA, L. A. *et al.* **Identificação e conservação de culturas *Penicillium* de interesse agrossilvicultural**. Manaus: INPA, 2015. 386 p. v. 1. ISBN 978-85-211-0159-8. Disponível em: [https://acta.inpa.gov.br/Livro-Diversidade-Microbiana-da-Amazonia/Ambiental\\_OliveiraDAS.pdf](https://acta.inpa.gov.br/Livro-Diversidade-Microbiana-da-Amazonia/Ambiental_OliveiraDAS.pdf). Acesso em: 23 out. 2025.

OLIVEIRA, R. J. R. **Efeito do espectro de luz no crescimento e esporulação de alguns fungos fitopatogênicos**. 1991. 52 f. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, 1991.

PAES, Lucilene da Silva *et al.* Micobiota endofítica de três ervas medicinais amazônicas: *Stachytarpheta cayennensis* (Verbenaceae), *Ayapana triplinervis* (Asteraceae) e *Costus spicatus* (Costaceae). **International Journal of Botany**, [s. l.], v. 10, p. 23-29, 2014. DOI: 10.3923/ijb.2014.23.29. Disponível em: <https://scialert.net/fulltext/?doi=ijb.2014.24.29>. Acesso em: 13 dez. 2025.

PALLU, Ana Paula de Sousa. **O potencial biotecnológico de fungos do gênero *Penicillium* e interação com cana-de-açúcar**. Orientador: Aline Aparecida Pizzirani-Kleiner. 2010. 130 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010. Disponível em: file:///C:/Users/maria/Downloads/Ana\_Paula\_Pallu%20(1).pdf. Acesso em: 21 dez 2024.



PALMA, Carol Manzoli *et al.* Bioprospecção no Brasil: análise crítica de alguns conceitos. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 64, n. 3, p. 1-10, 2012. DOI: 10.21800/S0009-67252012000300009. Disponível em: [http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0009-67252012000300009](http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252012000300009). Acesso em: 2 jan. 2026. 21 dez. 2025.

PEIXOTO NETO, P. A. S.; AZEVEDO, J. L.; CAETANO, L. C. Microrganismos endofíticos em plantas: status atual e perspectivas. **Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas**, [s. l.], v. 3, n. 4, p. 67-69, 2004. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/850/85030403.pdf>. Acesso em: 2 jan. 2026.

PEREIRA, João Trovão. **Introdução ao estudo dos microfungos**: guia simples para a iniciação à identificação. Coimbra: Universidade de Coimbra, 2018. 1 recurso online. Material didático. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/331299569\\_Introducao\\_ao\\_estudo\\_dos\\_Microfungo\\_s\\_Guia\\_simples\\_para\\_a\\_iniciacao\\_a\\_identificacao](https://www.researchgate.net/publication/331299569_Introducao_ao_estudo_dos_Microfungo_s_Guia_simples_para_a_iniciacao_a_identificacao). Acesso em: 15 nov. 2025.

PERRONE, Giancarlo; SUSCA, Antonia. Espécies de *Penicillium* e suas micotoxinas associadas. In: MORETTI, Antonio; SUSCA, Antonia (org.). **Methods in Molecular Biology**. Clifton, NJ: Springer, 2017. v. 1480, cap. 5, p. 107-119. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27924532/>. Acesso em: 21 dez. 2025.

PRIYASHANTHA, Alviti Kankanamalage Hasith *et al.* Endófitos fúngicos: um agente alternativo de biocontrole contra fungos fitopatogênicos. **Encyclopedia**, [s. l.], v. 3, n. 2, p. 759-780, 2023. DOI: 10.3390/encyclopedia3020055. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2673-8392/3/2/55>. Acesso em: 24 dez. 2025.

PRAMOD, S. *et al.* Endophytic fungal diversity in some tropical medicinal plants — a report. **Journal of Research in Biology**, [s. l.], v. 2, n. 4, p. 308-315, 2012. Disponível em: <http://jresearchbiology.com/documents/RA0219.pdf>. Acesso em: 15 dez. 2026.

QUEVEDO, Alexandra Cezimbra *et al.* Ação antagonista *in vitro* de *Trichoderma* spp. sobre *Fusarium oxysporum*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 32, n. 4, p. 2223-2238, out./dez. 2022. DOI: 10.5902/1980509868437. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cflo/a/N5M6k6TntS8dHrWwkjdXXvR/>. Acesso em: 14 dez. 2025.

RAO, Qian-Ru *et al.* Diversidade química e atividades biológicas de metabólitos especializados do gênero *Chaetomium*: 2013–2022. **Phytochemistry**, [s. l.], v. 210, 113653, 2023. DOI: 10.1016/j.phytochem.2023.113653. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0031942223000699>. Acesso em: 24 dez. 2025.

RIBEIRO, Amanda da Silva *et al.* Micro-organismos endofíticos e seu potencial biotecnológico. **Uningá Review**, Maringá, v. 29, n. 3, p. 88-93, jan./mar. 2017. ISSN: 2178-2571. Disponível em: [https://www.mastereditora.com.br/periodico/20170304\\_121036.pdf](https://www.mastereditora.com.br/periodico/20170304_121036.pdf). Acesso em: 15 out. 2025.

ROCHA, Larissa Lara. **Potencial de *Aspergillus niger* para biocontrole de patógenos fúngicos de solo**. Orientador: Gilberto de Oliveira Mendes. 2021. 66 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de



Uberlândia, Uberlândia, 2021. Disponível em:

<https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/33636>. Acesso em: 13 dez. 2025.

SALAZAR, Clara Lina *et al.* Características morfológicas microscópicas de espécies de *Aspergillus* associadas a infecções em humanos. **Hechos Microbiológicos**, [s. l.], v. 3, n. 2, p. 93-96, 2014. Disponível em:

<https://revistas.udea.edu.co/index.php/hm/article/view/18741/16059>. Acesso em: 15 out. 2025.

SANTOS, Elisandro Ricardo Drechsler dos. **Material complementar ao livro Sistemática Vegetal I: fungos**. Florianópolis: UFSC, 2015. cap. 1, p. 1-47. Disponível em:

<https://antigo.uab.ufsc.br/biologia/files/2020/08/Fungos.pdf>. Acesso em: 11 dez. 2025.

SANTOS, Lucélia Neves dos. **Governança comunitária dos bens naturais de uso comum na Reserva Extrativista do Ciriaco – MA**. 2022. 183 f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Regional) – Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional, Universidade Federal do Tocantins, Palmas, 2022. Disponível em:

<https://repositorio.uft.edu.br/handle/11612/4245>. Acesso em: 10 dez. 2025.

SENANAYAKE, I. C. *et al.* Morphological approaches in studying fungi: collection, examination, isolation, sporulation and preservation. **Mycosphere**, [s. l.], v. 11, n. 1, p. 2678-2754, 2020. DOI: 10.5943/mycosphere/11/1/20. Disponível em:

[https://www.mycosphere.org/pdf/MYCOSPHERE\\_11\\_1\\_20.pdf](https://www.mycosphere.org/pdf/MYCOSPHERE_11_1_20.pdf). Acesso em: 2 dez. 2025.

SILVA, João Batista Tavares da *et al.* **Utilização de Trichoderma no Controle de Fungos Fitopatogênicos**, Brasília, DF, 2007, p. 1-17. (Documentos, 241). Disponível em:

<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/189682/4/doc241.pdf>. Acesso em: 14 dez. 2025.

SILVA, Camila Joyce Alves da *et al.* A importância dos fungos na biotecnologia. **Caderno de Biotecnologia**, Recife, v. 2, n. 3, p. 49-66, 2016. Disponível em:

<file:///C:/Users/maria/Downloads/amchagas,+04.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2025.

SILVA, Dianny Carolyne Vasconcelos da *et al.* Isolamento e seleção de fungos filamentosos do solo de sistemas agroflorestais do Município de Bom Jardim (PE) com base na capacidade de produção de enzimas hidrolíticas. **Revista Brasileira de Botânica**, [s. l.], v. 34, n. 4, p. 1-4, 2011. DOI 10.1590/S0100-84042011000400014. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/rbb/a/tSY3kXhXZnCVzsVVcMjPyMP/?format=html&lang=pt>.

Acesso em: 2 jan. 2026.

SILVA, Igor Pereira da. **Fungos endofíticos: fonte alternativa a metabólitos secundários de plantas**. [s. l.], v. 10, n. 18, p. 3888, jul. 2014. Disponível em:

<https://www.conhecer.org.br/enciclop/2014a/MULTIDISCIPLINAR/Fungos.pdf>. Acesso em: 21 maio 2024.

SILVA, Rewysson Alves Ribeiro da *et al.* Controle alternativo de *Fusarium oxysporum* com a utilização de extratos vegetais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA, 23., 2022, Gramado. **Anais [...]**. São Paulo: Blucher, 2022. p. 1-6. DOI

<https://doi.org/10.12661/pap.2021.007>. Disponível em:

<https://pap.emnuvens.com.br/pap/article/view/257> Acesso em: 27 out. 2025.

SINGH, Vivek Kumar *et al.* Papel do ácido fusárico no desenvolvimento dos sintomas da

‘murcha de Fusarium’ em tomate: perspectivas fisiológicas, bioquímicas e proteômicas. **Plant Physiology and Biochemistry**, [s. l.], v. 118, p. 320-332, 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S098194281730219X>. Acesso em: 15 dez. 2025.

SOUSA SOBRINHO, [Nome]. **Reserva Extrativista Ciriaco**. [S. l.], 2023. 1 fotografia. Disponível em: <https://maps.app.goo.gl/o9adpCj6ad6U4atZ7>. Acesso em: 18 out. 2025.

VARGA, J. et al. New and revisited species in *Aspergillus* section *Nigri*. **Studies in Mycology**, [s. l.], v. 69, n. 1, p. 1-17, 2011. DOI 10.3114/sim.2011.69.01. Disponível em: [https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3161757/pdf/simycol\\_69\\_1\\_001.pdf](https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3161757/pdf/simycol_69_1_001.pdf). Acesso em: 23 dez. 2025.

SHORESH, M.; HARMAN, G. E.; MASTOURI, F. Induced systemic resistance and plant responses to fungal biocontrol agents. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 48, p. 21–43, 2010. DOI: 10.1146/annurev-phyto-073009-114450.

WANG, X. W. et al. Diversidade e taxonomia de *Chaetomium* e fungos semelhantes a *Chaetomium* em ambientes internos. **Studies in Mycology**, [s. l.], v. 84, p. 145-224, 2016. DOI 10.1016/j.simyco.2016.11.005. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0166061616300197>. Acesso em: 24 dez. 2025.

YAO, Xin et al. *Trichoderma* e seu papel no controle biológico de doenças fúngicas e nematoides em plantas. **Frontiers in Microbiology**, [s. l.], p. 1-15, 3 maio 2023. DOI 10.3389/fmicb.2023.1160551. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10189891/pdf/fmicb-14-1160551.pdf>. Acesso em: 10 out. 2025.

ZHANG, Y.; GUI, L. D.; LIU, R. J. Survey of arbuscular mycorrhizal fungi in common plants of western China. **Mycosystema**, [s. l.], v. 23, n. 1, p. 31-37, 2004.

