



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE BIOCIÊNCIAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM BIOTECNOLOGIA

YASMIN KAWANNY DA SILVA CARNEIRO

**AVALIAÇÃO DO EXTRATO DE *HANDROANTHUS IMPETIGINOSUS* NO
CONTROLE DE FITOPATÓGENOS DO MELOEIRO**

MOSSORÓ-RN

2024

YASMIN KAWANNY DA SILVA CARNEIRO

**AVALIAÇÃO DO EXTRATO DE *HANDROANTHUS IMPETIGINOSUS* NO
CONTROLE DE FITOPATÓGENOS DO MELOEIRO**

Monografia apresentada à UFERSA, como requisito
para obtenção do título de Bacharel em
Biotecnologia.

Orientador: Prof. Dr. Lívio Carvalho de
Figueirêdo.

MOSSORÓ–RN

2024

© Todos os direitos estão reservados à Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade da autora, sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996, e Direitos Autorais: Lei nº9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata, exceto as pesquisas que estejam vinculadas ao processo de patenteamento. Esta investigação será base literária para novas pesquisas, desde que a obra e sua respectiva autora seja devidamente citado e mencionado os seus créditos bibliográficos.

K289a Kawanny da Silva Carneiro, Yasmin .
Avaliação do extrato de *Handroanthus*
impetiginosus no controle de fitopatógenos do
meloeiro / Yasmin Kawanny da Silva Carneiro.
- 2024.
44 f. : il.

Orientador: Lívio Carvalho de Figueiredo.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Biotecnologia,
2024.

1. resistência de fungos. 2. controles
alternativos. 3. potencial de inibição.. I.
Carvalho de Figueiredo, Lívio, orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Biblioteca Campus Mossoró / Setor de Informação e Referência
Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa e Silva
CRB: 15/120

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

YASMIN KAWANNY DA SILVA CARNEIRO

**AVALIAÇÃO DO EXTRATO DE *HANDROANTHUS IMPETIGINOSUS* NO
CONTROLE DE FITOPATÓGENOS DO MELOEIRO**

Monografia apresentada à UFERSA, como requisito
para obtenção do título de Bacharel em
Biotecnologia.

Defendida em: 23 / 10 / 2024.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Lívio Carvalho de Figueiredo
(Presidente da Banca e Orientador)

Msc. Jeorgia Milena Alves Tavares
Membro Examinador

MSc. Breno de Holanda Almeida
Membro Examinador

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais e irmã, Maria Claudenice da Silva Carneiro, Irineu Azevedo Carneiro e Ysadora Kananda da Silva Carneiro, por todo suporte durante a minha graduação. O amor, a renúncia e o esforço de ambos contribuíram para este dia. Gostaria de expressar minha profunda gratidão. Obrigada por todo carinho, pelas conversas e pelo apoio em minhas escolhas. Sem vocês, eu não teria conseguido concluir essa etapa da minha vida. Espero um dia poder retribuir tudo aquilo que me foi dado. Amo vocês.

Ao meu namorado, Gleddyson César Antunes de Menezes por toda paciência e atenção em sempre estar disponível para me ajudar e demonstrar apoio em todas as etapas, nos sufocos e nas realizações, te amo.

Aos meus amigos, Antonia Beatriz Mendonça Pereira, Arthur Mousinho de Andrade Verissimo, Caio César Araújo dos Santos, Emanuela Rafaelly Rocha Alves, Julianny Almeida Jales, Ana Livia Rocha Rodrigues. Obrigada por fazerem dos momentos difíceis, mais leves e por todo apoio e estímulo durante essa jornada.

Ao meu orientador, professor Lívio Carvalho de Figueiredo, por me aceitar como membro do laboratório e por me direcionar com paciência e leveza para o melhor caminho durante todas as etapas.

À equipe do Laboratório de Biotecnologia de Fungos (LABFUNGI/UFERSA), que me auxiliou diretamente na realização deste projeto, vocês tornaram esses resultados possíveis.

Aos membros da Banca Examinadora pelo tempo disponibilizado e pela contribuição buscando o enriquecimento do trabalho.

Ao Laboratório de Microbiologia e Fitopatologia, gerenciado pela professora Márcia

Michele (LAMIF/UFERSA) por disponibilizar os fungos que foram utilizados no projeto.

À Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), por permitir a oportunidade de realizar minha graduação, bem como a todo corpo docente do curso de Biotecnologia que proporcionou um ensino de qualidade.

“Você pode ser o que você quiser ser, ou o
que os outros querem que você seja.”

RESUMO

O controle de fitopatógenos na agricultura é um passo fundamental para a otimização de processos de qualidade na produção de culturas de importância socioeconômica. O Brasil é um dos maiores produtores de melão, que enfrenta problemas associados à resistência de fungos aos antifúngicos comerciais, gerando a necessidade de visar controles alternativos para estes fitopatógenos. Dessa forma, o presente estudo, objetivou avaliar o efeito do extrato aquoso de *Handroanthus impetiginosus* Mart. ex DC. *in vitro* para investigar a atividade antifúngica frente aos fitopatógenos do meloeiro, *Fusarium* sp., *Rhizoctonia solani* e *Macrophomina phaseolina*. O extrato foi obtido por decocção em proporção 40g da casca para 300 ml de água destilada e posteriormente incorporado ao meio de cultivo BDA (batata-dextrose-água), suplementado com cloranfenicol (50 mg/L), nas concentrações de 5%, 10% e 20%. Discos de 6 mm de diâmetro de micélio fúngico de cada fitopatógeno foram inoculados e transferidos para incubação em estufa BOD para 28 ± 2 °C. As avaliações do crescimento micelial foram realizadas em 24, 48 e 72 horas. No último dia, um microcultivo foi realizado para avaliação morfológica com auxílio de um microscópio óptico. Os dados obtidos foram expressos a partir do delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial 3x3x3 contando com três fitopatógenos em triplicata, três concentrações do extrato e em três tempos. O extrato demonstrou potencial de inibição para *Fusarium* sp e *Rhizoctonia solani*, mas em baixas porcentagens.

Palavras-chave: resistência de fungos, controles alternativos, potencial de inibição.

ABSTRACT

The control of phytopathogens in agriculture is a fundamental step towards optimizing quality processes in the production of crops of socioeconomic importance. Brazil is one of the largest melon producers, which faces problems associated with fungal resistance to commercial fungicides, generating the need to look for alternative controls for these phytopathogens. Therefore, the present study aimed to evaluate the effect of the aqueous extract of *Handroanthus impetiginosus* Mart. ex DC. *in vitro* to investigate antifungal activity against melon phytopathogens, *Fusarium sp.*, *Rhizoctonia solani* and *Macrophomina phaseolina*. The extract was obtained by decoction in proportion of 40g of the peel to 300 ml of distilled water and subsequently incorporated into the PDA (potato-dextrose-agar) culture medium, supplemented with chloramphenicol (50 mg/L), at concentrations of 5%, 10 % and 20%. Discs of 6 mm in diameter of fungal mycelium from each phytopathogen were inoculated and transferred to incubation in a BOD oven at 28 ± 2 °C. Mycelial growth assessments were carried out at 24, 48 and 72 hours. On the last day, a microculture was carried out for morphological evaluation with the aid of a specific optical device. The data obtained were expressed based on a randomized experimental design (DIC) in a 3x3x3 factorial scheme with three phytopathogens in triplicate, three concentrations of the extract and at three times. The extract declared inhibition potential for *Fusarium sp* and *Rhizoctonia solani*, but in low percentages.

Keywords: fungal resistance, alternative controls, prevention potential

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Estruturas dos principais compostos químicos do <i>Handroanthus impetiginosus</i> Mart. ex DC.....	21
Figura 2. Desenho experimental para a avaliação da atividade inibitória do extrato de <i>Handroanthus impetiginosus</i> Mart. ex DC. frente a fitopatógenos do meloeiro.....	28
Figura 3: Efeito do extrato de <i>Handroanthus impetiginosus</i> (ipê roxo) nas concentrações de 5%, 10% e 20% no crescimento micelial (mm). Crescimento fúngico por concentração em 24 horas.	30
Figura 4: Efeito do extrato de <i>Handroanthus impetiginosus</i> (ipê roxo) nas concentrações de 5%, 10% e 20% no crescimento micelial (mm). Crescimento fúngico por concentração em 48 horas.	30
Figura 5: Efeito do extrato de <i>Handroanthus impetiginosus</i> (ipê roxo) nas concentrações de 5%, 10% e 20% no crescimento micelial (mm). Crescimento fúngico por concentração em 72 horas.....	31
Figura 6. Efeito do extrato sobre halo de crescimento em <i>Fusarium</i> sp., <i>Rhizoctonia solani</i> . e <i>Macrophomina phaseolina</i> (CF) controle de <i>Fusarium</i> sp, (CR) controle de <i>Rhizoctonia solani</i> e (CM) controle de <i>Macrophomina phaseolina</i> . Sendo a repetição 2 de cada tratamento apresentado nas fotos acima em comparação a testemunha após 72 horas.....	32
Figura 7. Imagens microscópicas dos fitopatógenos avaliados para identificar alterações morfológicas após o tratamento com 5%, 10% e 20% do extrato. As imagens mostram a morfologia dos fitopatógenos antes e após o tratamento, evidenciando as possíveis alterações induzidas.....	33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Efeito do extrato de <i>Handroanthus impetiginosus</i> (ipê roxo) nas concentrações de 5%, 10% e 20% no crescimento micelial (mm) de <i>Fusarium</i> sp., <i>Rhizoctonia solani</i> e <i>Macrophomina phaseolina</i> incubados em BDA suplementado com antibiótico ao longo de 24, 48 e 72h.....	29
Tabela 2: Porcentagem de inibição do crescimento (PIC) dos tratamentos e dos fungos, <i>Fusarium</i> sp, <i>Rhizoctonia solani</i> e <i>Macrophomina phaseolina</i> de acordo com o diâmetro final do halo de crescimento em mm.....	33

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

HCB	Hexaclorobenzeno
UDOP	União nacional de bioenergia
LABFUNGI	Laboratório de Biotecnologia de Fungos
LAMIFI	Laboratório de Microbiologia e Fitopatologia
UFERSA	Universidade Federal Rural do Semi-Árido
BDA	Batata-dextrose-ágar
BOD	Demanda biológica de oxigênio
PIC	Porcentagem de inibição do crescimento
DIC	Delineamento experimental inteiramente casualizado
ANOVA	Análise de variância
h	Horas

LISTA DE SÍMBOLOS

%	Percentual
+	Soma
<	Menor
>	Maior
±	Mais ou menos
®	Marca registrada
°C	Graus Celsius
mL	Mililitro
mg	Miligrama
L	Litro
mm	milímetro
kgf	Quilograma-força

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	15
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	17
2.1. Aspectos gerais sobre a cultura do meloeiro.....	17
2.2. Principais fitopatógenos associados.....	18
2.3. Resistência microbiana aos antifúngicos comerciais.....	18
2.4. Atividade antimicrobiana de extratos vegetais.....	19
2.5. Histórico da <i>Handroanthus impetiginosus</i> Mart. ex DC. e seus compostos bioativos....	20
3. HIPÓTESES.....	23
4. JUSTIFICATIVA.....	24
5. OBJETIVOS DA PESQUISA.....	25
5.1 Objetivo Geral.....	25
5.2 Objetivos Específicos.....	25
6. MATERIAIS E MÉTODOS.....	26
6.1. Local de execução.....	26
6.2. Coleta e preparo do material (5° 4' 14,88" S; 37° 32' 1,51" O).....	26
6.3. Obtenção dos fungos fitopatogênicos.....	26
6.4. Preparo do extrato.....	26
6.5. Avaliação da atividade antifúngica in vitro do extrato.....	27
6.5.1. Avaliação das concentrações do extrato sobre o crescimento micelial associado ao tempo de incubação.....	27
6.5.2 Avaliação morfológica.....	27
6.6. Análise estatística.....	28
7. RESULTADOS.....	29
7.1. Efeitos da concentração e tempo sobre o crescimento micelial.....	29
7.2 Análise do efeito do extrato nas estruturas dos fitopatógenos.....	33
8. DISCUSSÃO.....	35
9. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	38
10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	39

1. INTRODUÇÃO

O avanço do agronegócio no Brasil ao longo de décadas consolidou o país como um dos maiores produtores e exportadores de *commodities* mundiais (Quintam *et al.*, 2023). No entanto, o aumento das práticas agrícolas e o uso persistente de defensivos têm favorecido a propagação de microrganismos resistentes e impactando a saúde humana. Tendo em vista este cenário, a utilização de extratos provenientes de plantas medicinais é uma alternativa promissora para o controle de fitopatógenos em culturas de interesse comercial (Ferreira *et al.*, 2014).

Os compostos naturais derivados dos metabólitos secundários das plantas têm sido amplamente explorados devido ao seu potencial ecológico, contrapondo o manejo agrícola clássico, no qual é baseado no uso de substâncias químicas sintéticas (Venturoso *et al.*, 2010). As formulações naturais podem variar desde o extrato aquoso até a produção de óleos essenciais, por apresentarem propriedades bactericidas e fungicidas, que favorecem a sustentabilidade, reduzem custos e simplificam os processos agrícolas (Stangarlin *et al.*, 1999; Marcondes *et al.*, 2014).

Culturas de grande importância econômica, como o melão, podem sofrer perdas significativas de até 75% da safra. Essas perdas podem ocorrer tanto durante o ciclo da cultura como na pós-colheita dos frutos e são ocasionadas pela atuação de fitopatógenos, que resultam em alterações fisiológicas na planta, perda da qualidade dos frutos, acarretando em prejuízos econômicos (Ventura *et al.*, 2002; Lisbinski *et al.*, 2023).

No Brasil, os estados do Ceará e Rio Grande do Norte destacam-se como os principais exportadores de melão, o que ressalta a necessidade de estratégias eficazes que contribuam para o controle de doenças e constante produtividade. Dessa forma, têm-se verificado na literatura numerosos registros de extratos capazes de inibir a germinação e crescimento micelial fúngico, por exemplo, extrato aquoso de folhas de graviola e erva-cidreira com efeito inibitório no crescimento de *Colletotrichum gloeosporioides in vitro* de três à seis dias, enquanto o lapachol isolado apresentou características promissoras na inibição da espécie *Rhizoctonia solani* também *in vitro* (Souza *et al.*, 2007; Venturoso *et al.*, 2010).

O *Handroanthus impetiginosus* Mart. ex DC. é uma árvore amplamente conhecida por suas aplicações na medicina popular (Mota *et al.*, 2023). Tendo em vista a sua vasta disponibilidade pelo território da América do Sul, estudos científicos buscaram ao longo dos anos

evidenciar as propriedades da árvore, a fim de compreender seus princípios ativos (Warashina *et al.*, 2006). Em estudos, alguns pesquisadores demonstram que a casca e a madeira possuem presença de naftoquinonas, lapachol e beta-lapachona como as substâncias mais abundantes, bem como, fenólicos, flavonóides, triterpenos e esteróides (Baker, 2020). Além disso, pesquisas indicam potencial antimicrobiano da entrecasca da árvore contra as bactérias *Staphylococcus aureus* ATCC 29213 e *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853 (Sousa, 2017).

Pelo exposto, considerando sua rica composição metabólica, o *Handroanthus impetiginosus* Mart. ex DC. tem sido alvo de estudos para aplicações no controle de fitopatógenos. Nesse contexto, o presente estudo tem como objetivo avaliar a atividade antifúngica de *Handroanthus impetiginosus* Mart. ex DC. *in vitro*, sobre diferentes fitopatógenos radiculares do meloeiro. A pesquisa visa contribuir para o desenvolvimento de estratégias mais sustentáveis e eficazes, e no manejo integrado de doenças de plantas ocasionadas por fungos, promovendo a segurança alimentar, a sustentabilidade ambiental, a popularização e simplificação de processos no setor agrícola.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Aspectos gerais sobre a cultura do meloeiro

O Brasil é um dos maiores produtores de melão, com uma produção em 2023 de 862.387 Toneladas em 30.535 hectares, assumindo a décima terceira posição do ranking mundial de produtores com uma porcentagem de 1,98% de participação, destinando a maior parte da produção para a exportação, tendo como principais compradores Inglaterra, Holanda e Espanha (Eschionato *et al.*, 2017; Gazzola *et al.*, 2020; IBGE, 2024). O Nordeste se destaca como a região de maior produção, com ênfase nos estados do Ceará e do Rio Grande do Norte que são conhecidos pela alta produtividade e qualidade do fruto, beneficiados por apresentarem condições edafoclimáticas ideais para o cultivo, como solos férteis, poucas chuvas e baixa umidade do ar (Pereira *et al.*, 2012; SEBRAE, 2016.). Em 2023, o Rio Grande do Norte produziu cerca de 604.566 toneladas de melão, evidenciando a fruticultura como setor de suma importância socioeconômica (Costa *et al.*, 2022; IBGE, 2024).

O meloeiro (*Cucumis melo* L.) pertence à família botânica das Cucurbitáceas e possui sabor adocicado ou amargo, a depender das condições climáticas que foi cultivado. Seu desenvolvimento ocorre principalmente em regiões de clima quente e possui ciclo de desenvolvimento rápido, de 60 a 90 dias com a implementação de sementes melhoradas. Entre os estados do Ceará e Rio Grande do Norte, é predominante o cultivo dos melões do tipo amarelo, amplamente procurados pelos países Europeus e conhecidos como “frutos nobres” (Gazzola *et al.*, 2020)

Entretanto, mediante as necessidades de produção, as práticas de monocultura se tornaram persistentes e as áreas de cultivo expandiram em hectares, contribuindo para uma maior incidência de fungos nas culturas, que são favorecidas pelos cultivos sucessivos (Trento *et al.*, 2002). Os fitopatógenos que estão vinculados ao meloeiro, em sua maioria, estão presentes no solo e são fatores limitantes à produção, podendo afetar a cultura de formas distintas a depender da região que se encontram (Lima *et al.*, 2001; Bernado *et al.*, 2015). Entre as principais patologias, as podridões ocorrem com maior frequência e prejudicam a absorção de nutrientes necessários ao desenvolvimento da planta, em decorrência aos danos causados ao sistema radicular, podendo impactar as culturas desde as fases de semente até a fase pós-colheita, responsável por murchar partes da planta, ocasionando paralisia de crescimento e tombamento (Nogueira *et al.*, 2017). Nesse

contexto, a incidência de patologias segue sendo um fator determinante no cultivo (Amaral *et al.*, 2005).

2.2. Principais fitopatógenos associados

Macrophomina phaseolina e *Rhizoctonia solani* são fungos filamentosos cosmopolitas que habitam naturalmente o solo e estão entre os gêneros mais incidentes no meloeiro, podendo atuar independentemente ou em associação a outros fitopatógenos, causando o colapso total da planta, bem como o gênero *Fusarium*. (Andrade *et al.*, 2005). Comumente, tais gêneros atuam no sistema radicular causando podridão das raízes e demais sistemas responsáveis pela absorção de água e nutrientes do solo como caule e folhas, resultando na murcha e consequente morte da planta (Bernado *et al.*, 2015). A murcha do *Fusarium* é uma das principais doenças que acometem o meloeiro. A infecção inicia no sistema radicular e se estende por toda planta, provocando a murcha e necrose das folhas e manchas escuras no tronco, interferindo de forma significativa no crescimento. A Rizoctoniose é causada pelo fungo *Rhizoctonia solani*, plantas infectadas apresentam sintomas de morte das plântulas, podridão de sementes e cancro nos talos, induzindo a uma morte prematura (Michereff *et al.*, 2008).

A persistência desses microrganismos é atribuída às estratégias de resistência desencadeadas pela aplicação de produtos químicos e pelo cultivo repetido de culturas, favorecendo a adaptação desses microrganismos a condições adversas (Porto *et al.*, 2020). Além disso, encontram-se em camadas superficiais do solo, favorecendo a disseminação por vento, chuva e movimentos. A *Macrophomina phaseolina* e *Rhizoctonia solani* possuem como estratégia de sobrevivência a formação de estruturas conhecidas como escleródios, que para o *Fusarium solani* ocorre em microescala (Alonso *et al.*, 2005; Gusmão *et al.*, 2020). Os escleródios funcionam como um reservatório de nutrientes para os fungos, fixando-se nos tecidos vegetais e podendo permanecer por anos no solo, o que contribui para a persistência nos ambientes e capacidade de causar infecção em qualquer etapa de crescimento (Santos *et al.*, 2021).

2.3. Resistência microbiana aos antifúngicos comerciais

Os compostos azólicos (fluconazol, itraconazol, voriconazol, etc.) e organoclorados

(incluem o hexaclorobenzeno, HCB) são substâncias químicas que desempenham um papel fundamental seja na base para produtos farmacológicos ou fungicidas na agricultura. Sua atividade consiste na capacidade de inibir a ação de enzimas responsáveis por ativar a biossíntese de componentes essenciais à constituição da membrana plasmática dos fungos (Parreira *et al.*, 2009). Contudo, a exposição frequente aos componentes sintéticos têm favorecido a seleção de microrganismos de modo a torná-los resistentes, resultando em um cenário preocupante, tanto do ponto de vista ambiental, quanto de saúde pública (Almeida *et al.*, 2009).

O estudo conduzido por Drummond *et al.*, (2007) revelou uma relação entre cepas ambientais e clínicas, apontando que o uso indiscriminado de defensivos agrícolas está favorecendo a ocorrência de resistência cruzada. Além disso, um levantamento bibliográfico desenvolvido por Basso *et al.*, (2021) destacou que dos 69 trabalhos científicos estudados, 31 destes evidenciaram riscos associados ao uso indiscriminado dos agrotóxicos, correlacionando-os com desenvolvimento de malformações congênitas, câncer e transtornos mentais. Sobretudo, ainda apontou sobre os impactos ambientais que vão desde modificação da composição do solo, até a contaminação do lençol freático e do ar, que reflete diretamente em alterações morfológicas dos seres vivos e assim, influencia em todo o ecossistema.

Estima-se que o Brasil seja o segundo maior mercado consumidor de agrotóxicos. Os números evidenciam o investimento em cerca de 920 mil toneladas de compostos ativos no ano de 2024 (UDOP, 2024). Dessa forma, levanta-se a discussão para questões como a insegurança alimentar, uma vez que há uma preocupação emergente sobre os potenciais efeitos negativos de contaminação por defensivos químicos no consumo de frutas e hortaliças que são promovidas como alimentos saudáveis (Almeida *et al.*, 2009). Além de que, não existem fungicidas específicos para estes gêneros fúngicos (Pereira, et al., 2012). Portanto, a busca por novas metodologias que sejam capazes de atender às crescentes demandas de produtividade agrícola, de forma que também amenize os impactos ambientais e a problemática da resistência microbiana tornou-se prioridade na pesquisa científica (Stangarlin *et al.*, 1999; Venturoso *et al.*, 2010).

2.4. Atividade antimicrobiana de extratos vegetais

O uso de extratos vegetais no controle de fitopatógenos têm ganhado destaque e são

amplamente investigados como um controle alternativo, visto que a atividade dos metabólitos secundários proveniente de plantas medicinais podem inibir enzimas essenciais, interferir no metabolismo celular, na interação dos ácidos nucleicos e na integridade da membrana dos microrganismos, de modo que torna a administração mais disponível economicamente e mais limpa ecologicamente, auxiliando no processo de redução do uso de defensivos agrícolas e os efeitos adversos decorrentes dessa aplicação (Ferraz *et al.*, 2008; Amaral *et al.*, 2005)

Nesse contexto, o estudo de Bernardo *et al.*, (2015) por exemplo, evidencia essa atividade ao testar extratos aquosos das plantas medicinais *Ocimum basilicum*, *Baccharis trimera* e *Cnicus benedictus* contra os fitopatógenos *Alternaria alternata* e *Rhizoctonia solani* com resultados significativos de inibição de até 98% do crescimento de *A. alternata* com o extrato de *B. trimera* e 99% para *R. solani* com o extrato de *O. basilicum*. Ainda, Silva *et al.*, (2012) demonstrou atividade satisfatória ao testar extratos de cravo-da-índia com capacidade inibitória de *Colletotrichum gloeosporioides* em 100% e extrato de alho com inibição de 86,90%. Bem como, Venturoso *et al.*, (2010) que constatou a atividade inibitória do crescimento micelial do fungo *Fusarium solani* a partir do extrato de cravo-da-índia. Desse modo, busca-se contribuir para a descoberta de novas plantas medicinais que sejam capazes de atuar no controle de fitopatógenos, garantindo novas perspectivas ao setor agrícola.

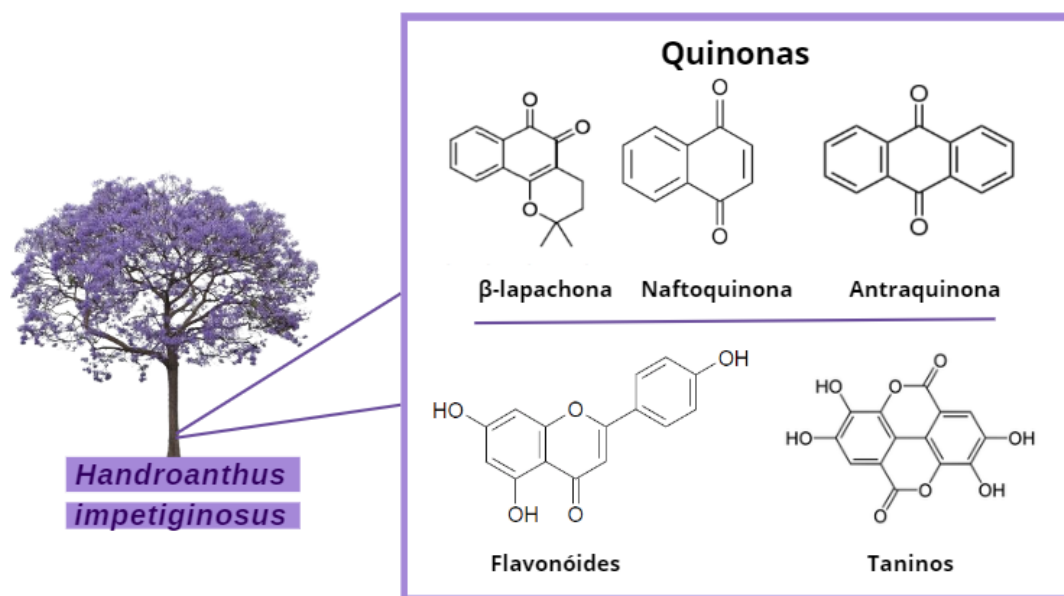
2.5. Histórico da *Handroanthus impetiginosus* Mart. ex DC. e seus compostos bioativos

O Ipê-roxo (*Handroanthus impetiginosus* Mart. ex DC.) é uma árvore de grande porte pertencente à família Bignoniaceae, nativa da América do Sul, comum em regiões tropicais, como o Cerrado (Alves, 2016). Suas flores variam entre a coloração rosa e roxo, com folhas contendo 5 folículos com floração ocorrendo entre maio-agosto e seu desenvolvimento pode chegar a até 12 metros de altura tendo um crescimento rápido (Vieira *et al.*, 2016; Felipe *et al.*, 2023).

O extrato obtido através das cascas, cerne e folhas é tradicionalmente utilizado na medicina popular há séculos para tratar diversas condições, como inflamações e infecções, sendo a planta vista como uma “medicina alternativa” que reflete em pesquisas para a ciência médica atual (Glehn, 2012; Simões *et al.*, 2019). Tendo em vista as suas propriedades terapêuticas, a comunidade científica buscou ao longo dos anos compreender quais os compostos estavam

associados às suas atividade farmacológicas. Os trabalhos comprovaram atividades antibacteriana, antifúngica, antitumoral e anti cancerígenas em decorrência aos componentes ativos envolvidos, que incluem os metabólitos secundários quinonas, naftoquinonas, flavonóides, terpenos, ácidos fenólicos e taninos, sendo a β -lapachona (quinona) o lapachol (naftoquinona) considerados os principais componentes amplamente estudados devido suas propriedades terapêuticas como mostra a **Figura 1** (Warashina *et al.*, 2006; Coelho, 2015). Abaixo, figuras com estruturas químicas de exemplos das principais classes químicas presentes no ipê roxo.

Figura 1: Estruturas dos principais compostos químicos do *Handroanthus impetiginosus* Mart. ex DC.



Fonte: Elaborada pelo autor (2024)

No ramo da farmacologia, o lapachol possui ampla atividade biológica contra diferentes organismos e recentemente têm-se discutido a viabilidade de sua atividade sobre a ótica do combate a fitopatógenos e pragas, em sua ação herbicida e efeitos alelopáticos. Ensaio realizados por Ferreira, *et al.*, (2014) confirmaram a atividade inibitória de componentes do grupo naftoquinonas frente ao crescimento dos fungos *Fusarium oxysporum* e *Rhizoctonia solani* com resultados promissores, com o lapachol responsável por inibir 92,8% com halo de apenas

0,50cm formado e a β -lapachona 95,5% com halo de 0,31cm (Souza *et al.*, 2007).

Além disso, o estudo de Botelho *et al* (2008) demonstrou que as sementes do ipê roxo são menos suscetíveis a possíveis efeitos de fungos nas sementes em comparação com o ipê amarelo e ipê rosa, evidenciando uma possível resistência da árvore a alguns fitopatógenos. Constatou-se ainda, atividades de supressão de nematoides, controle de pragas, estímulo de crescimento e de sistema imunológico para culturas em ensaios com ipê roxo (Montagnini *et al.*, 2023). Dessa forma, os dados apresentados indicam uma possível capacidade de atividade contra fitopatógenos, de forma que ainda, o extrato possa vir a auxiliar o desenvolvimento da planta em testes *in vivo*.

Assim, essas pesquisas levantaram a possibilidade de testar diferentes concentrações do extrato de ipê roxo sob diferentes patógenos, a fim de investigar seus efeitos de inibição e consequentemente aprimorar as pesquisas relacionadas ao controle.

3. HIPÓTESES

- I** - O extrato aquoso de *Handroanthus impetiginosus* Mart. ex DC. possui metabólitos secundários que são capazes de inibir o crescimento de fungos fitopatógenos;
- II** - Concentrações diferentes do extrato terão respostas distintas de inibição para cada isolado fúngico analisado;
- III** - Tempos de exposição diferentes ao extrato irão contribuir para o efeito de inibição;

4. JUSTIFICATIVA

O controle de fitopatógenos na agricultura é um passo fundamental para a otimização de processos de qualidade na produção de culturas. Contudo, há problemáticas associadas aos controles sintéticos convencionalmente aplicados, sendo um deles, a indução da resistência de fitopatógenos, uma vez que dificultam as práticas e instigam a produção de defensivos químicos ainda mais fortes. Dessa forma, torna-se imprescindível a busca por controles alternativos capazes de inibir os microrganismos de forma que não induza resistência, contaminação do ecossistema e a exposição de trabalhadores a produtos tóxicos. Diante dos bioativos constituintes, ações e propriedades apresentadas, o *Handroanthus impetiginosus* Mart. ex DC apresenta-se como um agente biológico pouco explorado como potencial para atuar como biofungicida no controle de fitopatógenos agrícolas.

Portanto, considerando o potencial biológico dos compostos químicos presentes na planta, juntamente com a necessidade de novas abordagens e compostos bioativos para o controle de doenças que afetam a produtividade agrícola, esse estudo propôs avaliar os efeitos de diferentes concentrações do extrato aquoso de *H. impetiginosus* no controle de fitopatógenos associados ao meloeiro, cultura de grande importância socioeconômica na região do semiárido, na busca de gerar novas perspectivas para o manejo de doenças.

5. OBJETIVOS DA PESQUISA

5.1 Objetivo Geral

Avaliar o efeito do extrato aquoso de *Handroanthus impetiginosus* Mart. ex DC. *in vitro* para investigar quanto a atividade fungicida frente aos patógenos do meloeiro, *Fusarium sp.*, *Rhizoctonia solani* e *Macrophomina phaseolina*.

5.2 Objetivos Específicos

- Avaliar o potencial de inibição do extrato nas concentrações de 5%, 10% e 20% frente ao crescimento micelial dos fungos;
- Avaliar a relação do potencial de inibição *versus* tempo de tratamento;

6. MATERIAIS E MÉTODOS

6.1. Local de execução

O experimento foi realizado no Laboratório de Biotecnologia de Fungos da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (LABFUNGI/UFERSA).

6.2. Coleta e preparo do material (5° 4' 14,88" S; 37° 32' 1,51" O)

As cascas do caule foram coletadas pela manhã na região de Lucrécia/RN (6° 5' 39" Sul, 37° 48' 38" Oeste) em período seco, sem floração e acondicionadas em sacos de papel kraft 180g e transportadas para o Laboratório de Biotecnologia de Fungos (UFERSA). As cascas passaram por um processo de limpeza, no qual foram retirados materiais provenientes do solo e insetos. Posteriormente, as cascas foram lavadas em água corrente e submetidas à estufa por 48 horas a 60 °C para secagem. Por fim, foram fragmentadas de forma manual em tamanhos aleatórios e trituradas em liquidificador, até obter o material em pó, seguindo a metodologia de Felipe et al., (2023)

6.3. Obtenção dos fungos fitopatogênicos

Os isolados fúngicos de *Fusarium* sp., *Macrophomina phaseolina* e *Rhizoctonia solani*, foram obtidos da coleção de fungos do Laboratório de Microbiologia e Fitopatologia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (LAMIFI/UFERSA). Os mesmos foram repicados e cultivados em batata-dextrose-água (BDA) e mantidos na incubação em estufa BOD para 28 ± 2 °C.

6.4. Preparo do extrato

O extrato vegetal foi produzido de acordo com Felipe *et al.*, (2023) utilizando água destilada como solvente, através do método de decocção com 40g de casca para 300 ml, proporção m/v de (1:7,5). O processo durou 50 minutos a 100 °C em bquer sobre chapa de aquecimento, coberto parcialmente por vidros de relógio para evitar a perda completa de água. Em seguida, o material ficou por 30 minutos em temperatura ambiente para redução de

temperatura. A solução obtida foi filtrada em papel de filtro nº, obtendo-se o extrato aquoso bruto, que posteriormente foi fracionado nas concentrações de 5%(15ml), 10%(30ml) e 20%(60ml), quantidade referente a 300ml de meio para cada grupo dos tratamentos. suplementado com antibiótico (cloranfenicol - 50 mg/L). Posteriormente, os tratamento diluídos no meio, foram submetidos ao processo de esterilização em autoclave por 15 min, a uma temperatura de 121°C sob pressão de 1,1 kgf cm⁻² e vertidos em placas de petri 90 mm x 15 mm (Ferreira *et al.*, 2014). Após a solidificação e passadas 24 horas, a repicagem foi realizada a partir de discos de 6 mm de diâmetro utilizando um furador, contendo micélio fúngico dos respectivos isolados conforme a metodologia de Marcondes *et al.*, (2014) e as placas foram submetidas a incubação em estufa BOD para 28 ± 2 °C.

6.5. Avaliação da atividade antifúngica *in vitro* do extrato

6.5.1. Avaliação das concentrações do extrato sobre o crescimento micelial associado ao tempo de incubação.

O diâmetro das colônias dos tratamentos (5%, 10% e 20%) foi mensurado com auxílio de um paquímetro manual medindo o diâmetro de crescimento das colônias (média de duas medidas diametralmente opostas da colônia) e comparado ao crescimento micelial obtido com a colonização dos fungos na placa testemunha após 24, 48 e 72 horas a partir da média das triplicatas. Em seguida, ao fim das 72 horas de incubação, a porcentagem de inibição do crescimento (PIC) foi obtida por meio da fórmula: $PIC = [(diâmetro da testemunha - diâmetro do tratamento) / diâmetro da testemunha] \times 100$, para cada concentração em relação à testemunha.

6.5.2 Avaliação morfológica

Para avaliar as possíveis alterações na morfologia dos fitopatógenos, foi realizado um microcultivo após 72 horas de incubação para avaliar possíveis mudanças na morfologia dos fitopatógenos nas três concentrações. Logo após, lâminas foram preparadas para observação com adição de uma gota do corante azul de lactofenol e em seguida, a lamínula contendo a amostra foi disposta sobre o corante. Para visualização, foi utilizado um microscópio óptico na objetiva de

40x, visando avaliar características como hifas e estruturas reprodutivas, em forma e tamanho de acordo com o desenho experimental para avaliar a atividade inibitória do extrato de *Handroanthus Impetiginosus* Mart. ex DC. contra fitopatógenos do meloeiro.

Figura 2: Desenho experimental para a avaliação da atividade inibitória do extrato de *Handroanthus Impetiginosus* Mart. ex DC. frente a fitopatógenos do meloeiro.



6.6. Análise estatística

Os dados obtidos foram expressos a partir do delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial 3x3x3 contando com três fitopatógenos em triplicata, três concentrações do extrato e em três tempos. Os pressupostos para a ANOVA foram verificados da seguinte forma: normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk ($p > 0,05$), homocedasticidade pelo teste de Bartlett ($p > 0,05$) e independência das unidades experimentais. Com os pressupostos atendidos, realizou-se a ANOVA e, ao encontrar diferenças significativas, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). As análises e gráficos foram feitos no R (versão 4.3.0) usando RStudio.

7. RESULTADOS

7.1. Efeitos da concentração e tempo sobre o crescimento micelial

Os resultados do efeito das diferentes concentrações do extrato (5%, 10% e 20%) para os três tempos (T24, T48 e T72) sobre o crescimento dos fungos *Fusarium* sp., *Macrophomina phaseolina* e *Rhizoctonia solani* *in vitro* estão representados na **Tabela 1**, onde se tem os três fatores expressos, sendo um destes, um qualitativo e dois quantitativos com dados significativos.

Tabela 1: Efeito do extrato de *Handroanthus impetiginosus* (ipê roxo) nas concentrações de 5%, 10% e 20% no crescimento micelial (mm) de *Fusarium* sp., *Rhizoctonia solani* e *Macrophomina phaseolina* incubados em ágar BDA suplementado com cloranfenicol (50 mg/L) ao longo de 24, 48 e 72h.

24h				
Fungo	Controle	5%	10%	20%
<i>Fusarium</i> sp.	0,66 cA ^c	3,84 bA ^c	5,56 bA ^c	7,21 bA ^c
<i>Rhizoctonia solani</i> .	20,39 bA ^c	15,48 aA ^c	13,81 aA ^c	12,22 bA ^c
<i>Macrophormina p.</i>	20,39 bA ^c	20,52 aB ^c	20,56 aB ^c	20,43 aB ^c
48h				
	Controle	5%	10%	20%
<i>Fusarium</i> sp.	20,39 bA ^b	22,11 bA ^b	22,40 cA ^b	23,84 bA ^b
<i>Rhizoctonia solani</i> .	60,96 aA ^b	63,69 aA ^b	66,88 bA ^b	68,24 aA ^b
<i>Macrophomina p.</i>	60,54 aA ^b	60,86 aA ^b	63,98 aA ^b	68,71 aA ^b
72h				
	Controle	5%	10%	20%
<i>Fusarium</i> sp.	40,05 bB ^a	37,67 bB ^a	33,69 bB ^a	49,04 bA ^a
<i>Rhizoctonia sp.</i>	90,00 aA ^a	90,00 aA ^a	90,00 aA ^a	90,00 aA ^a
<i>Macrophomina p.</i>	90,00 aA ^a	90,00 aA ^a	90,00 aA ^a	90,00 aA ^a

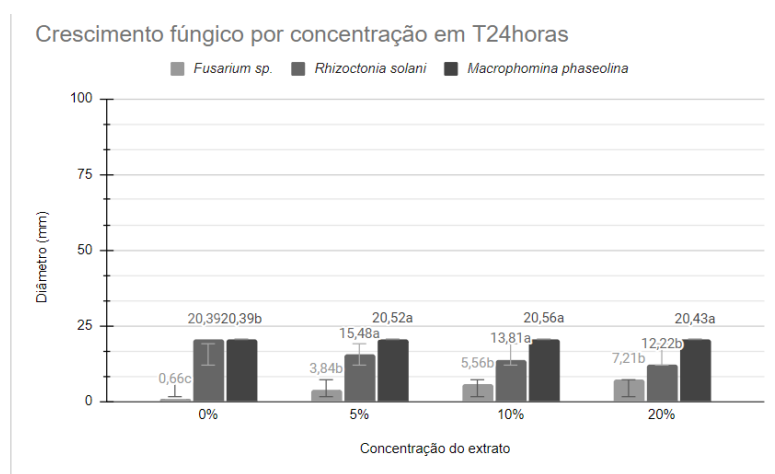
*A análise estatística foi realizada utilizando ANOVA, que revelou diferenças significativas entre os grupos ($p < 0,05$). Médias seguidas pela mesma letra minúscula, maiúscula e sobrescrita não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

*Sendo a letra minúscula a relação estatística entre os três fungos para cada tempo e tratamento, a letra maiúscula a relação entre cada hora e suas devidas concentrações para cada fungo e a letra sobrescrita a relação entre os tratamentos nos três tempos para cada fungo.

Analisando a variável tempo, temos que no T24, para o gênero *Fusarium* sp. todos os

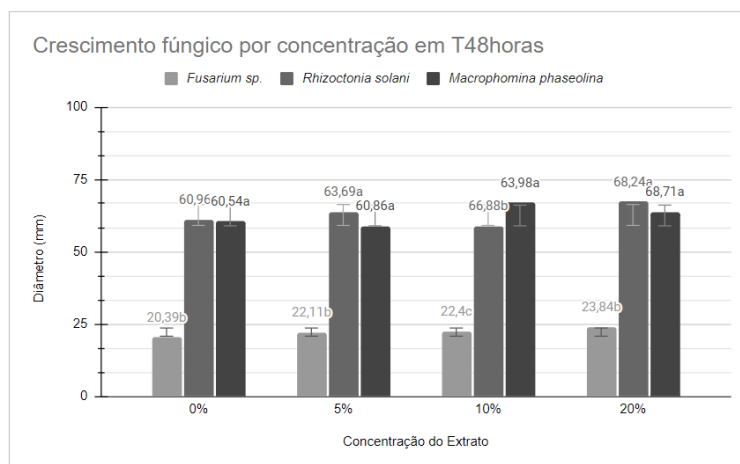
tratamentos 5%(3,84 mm), 10%(5,56 mm) e 20%(7,21 mm) tiveram seus diâmetros crescentes mediante aumento da concentração. O mesmo ocorreu para *Macrophomina phaseolina* com crescimento de 5%(20,52 mm) e 10%(20,56 mm), com uma pequena redução em 20%(20,43 mm). No entanto, para *Rhizoctonia solani*, o aumento das concentrações gerou a redução dos halos de crescimento, 5%(15,48 mm), 10%(13,81 mm) e 20%(12,22 mm) conforme ilustrado na figura 3.

Figura 3: Efeito do extrato de *Handroanthus impetiginosus* (ipê roxo) nas concentrações de 5%, 10% e 20% no crescimento micelial (mm) após 24 horas.



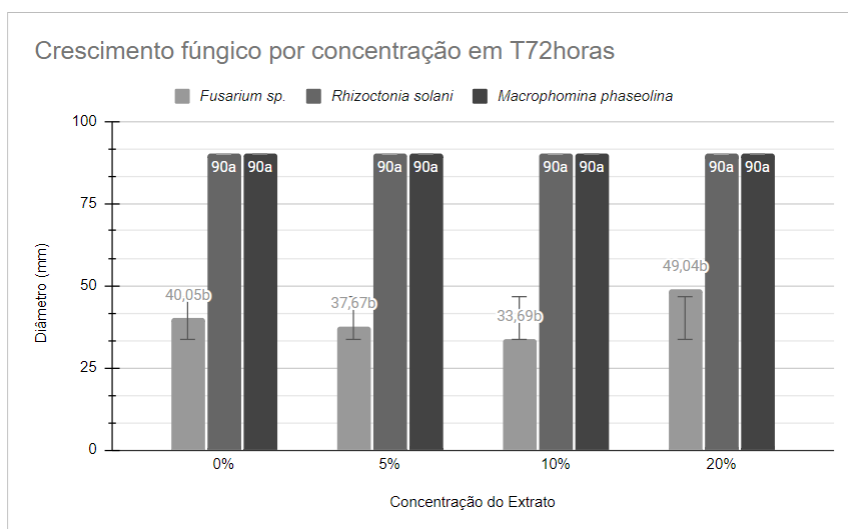
Quando avaliado o T48 para *Fusarium sp.*, a interação extrato/fungo continuou crescente, 5%(22,11 mm), 10%(22,40 mm) e 20%(23,84 mm). Para *Rhizoctonia solani*, os diâmetros também foram crescentes mediante aumento da concentração 5%(63,69 mm), 10%(66,88 mm) e 20%(68,24), bem como *Macrophomina phaseolina*, 5%(60,86 mm), 10%(63,98 mm) e 20%(68,71 mm) (**Figura 4**).

Figura 4: Efeito do extrato de *Handroanthus impetiginosus* (ipê roxo) nas concentrações de 5%, 10% e 20% no crescimento micelial (mm) após 48 horas.



Em contrapartida, em T72 para *Fusarium sp.*, as concentrações de 5%(37,67 mm) e 10%(33,69 mm) obtiveram halo de crescimento menor que o tratamento e com 20%(49,03 mm) o fungo retomou seu crescimento de modo a ultrapassar o diâmetro da testemunha 0%(40,05 mm). Para *Macrophomina phaseolina* e *Rhizoctonia solani* o crescimento micelial se equiparou às testemunhas, tendo atingido todo diâmetro da placa de petri (90 mm) (**Figura 5**).

Figura 5: Efeito do extrato de *Handroanthus impetiginosus* (ipê roxo) nas concentrações de 5%, 10% e 20% no crescimento micelial (mm) após 72 horas



Ainda, ao avaliar a porcentagem de inibição do crescimento (PIC) ao fim do tempo de incubação (T72), de acordo com a **Tabela 2** nota-se, que apenas o gênero *Fusarium* sp. teve percentuais acima de 0%, sendo estes, 5% (PIC: 5,94%), 10% (PIC: 15,88%) e 20%(-22,42%) (**Figura 6**).

Figura 6: Efeito do extrato sobre halo de crescimento em *Fusarium* sp., *Rhizoctonia solani* e *Macrophomina phaseolina*. (CF) controle de *Fusarium* sp., (CR) controle de *Rhizoctonia solani* e (CM) controle de *Macrophomina phaseolina*. Sendo a repetição (2) de cada tratamento apresentado nos registros em comparação a testemunha após 72 horas.

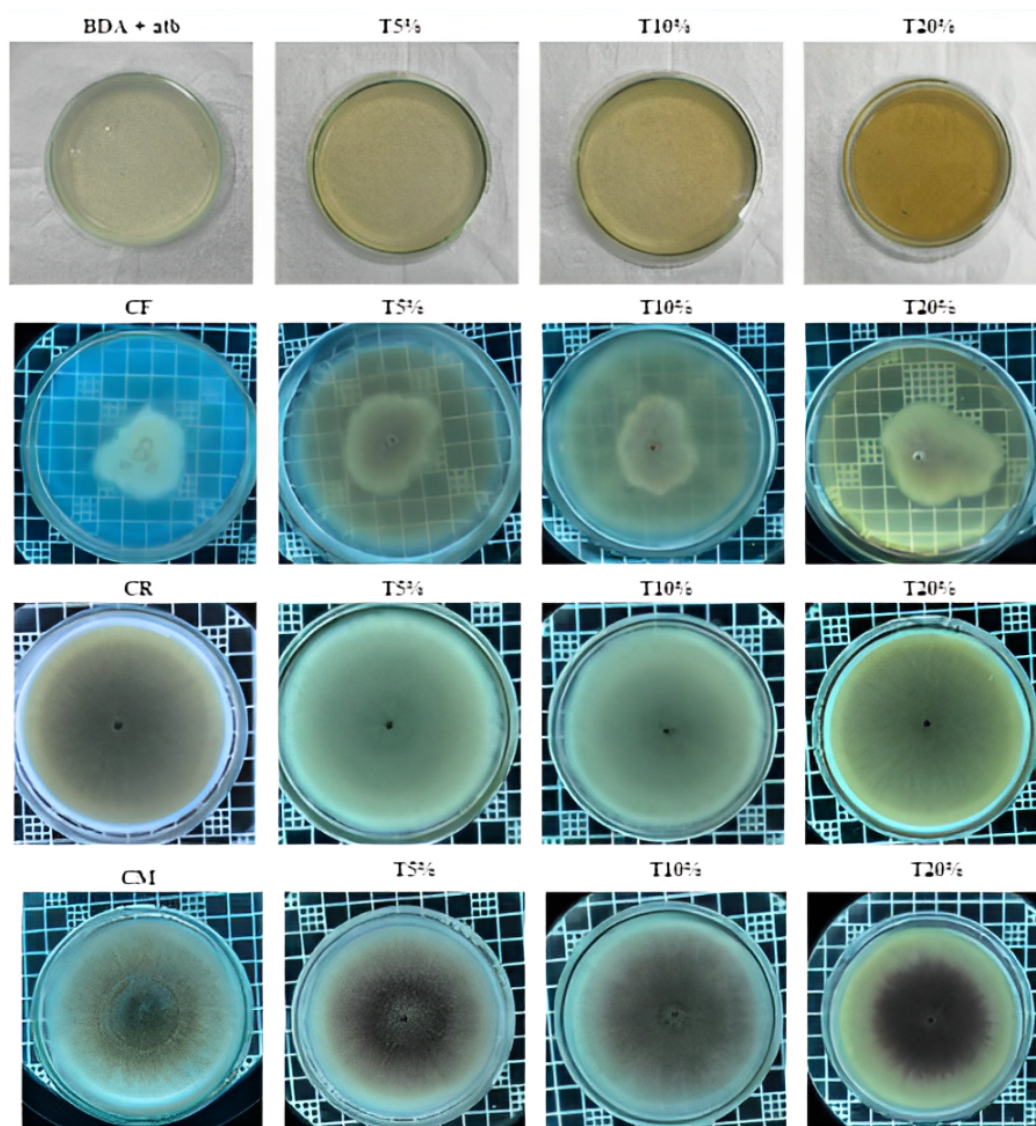


Tabela 2: Porcentagem de inibição do crescimento (PIC) dos tratamentos e dos fungos, *Fusarium* sp., *Rhizoctonia solani*, e *Macrophomina phaseolina* de acordo com o diâmetro final do halo de crescimento em mm.

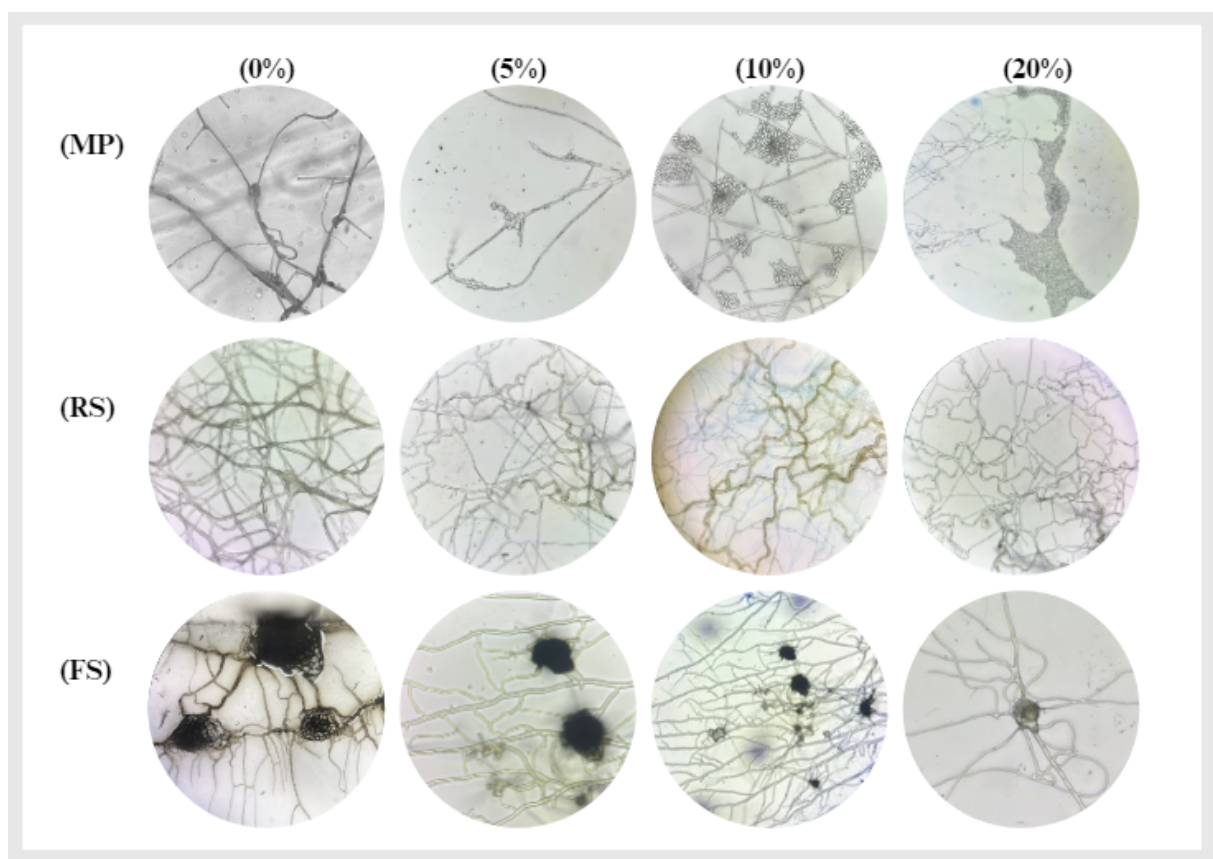
<i>Fusarium</i> sp.			<i>Rhizoctonia solani</i>			<i>Macrophomina phaseolina</i>		
Concentração	T72 (mm)	PIC T72 (%)	Concentração	T72 (mm)	PIC T72 (%)	Concentração	T72 (mm)	PIC T72 (%)
0%	40,05	0	0%	90	0%	0%	90	0%
5%	37,67	5,94	5%	90	0%	5%	90	0%
10%	33,69	15,88	10%	90	0%	10%	90	0%
20%	49,03	-22,42	20%	90	0%	20%	90	0%

7.2 Análise do efeito do extrato nas estruturas dos fitopatógenos

Ao avaliar as estruturas fúngicas, foi possível obter resultados que evidenciam alterações

na disposição e tamanho das hifas de *Rhizoctonia solani* quando submetido a crescimento micelial em meio BDA suplementado com o extrato como agente antifúngico. Ainda, notou-se o aumento da concentração de conídios para *Fusarium* sp. em resposta ao aumento da concentração. Contudo, para *Macrophomina phaseolina* não foram observadas alterações morfológicas (**Figura 7**).

Figura 7. Imagens microscópicas dos fitopatógenos avaliados para identificar alterações morfológicas após o tratamento com 5%, 10% e 20% do extrato. As imagens mostram a morfologia dos fitopatógenos antes e após o tratamento, evidenciando as possíveis alterações induzidas.



8. DISCUSSÃO

O controle eficaz de fitopatógenos em campo é essencial para garantir uma boa safra. No entanto, um antifúngico com alta capacidade de inibição, sendo este majoritariamente composto por bioativos naturais com redução de impactos ambientais, ainda é uma demanda a ser alcançada nas safras do meloeiro. Neste estudo, o extrato aquoso de *Handroanthus impetiginosus* obtido através da extração por decocção mostrou ser capaz de inibir o crescimento micelial de *Fusarium* sp e *Rhizoctonia solani*, enquanto não se observou efeito significativo para *Macrophomina* sob as condições utilizadas.

Analizando a variável tempo, temos que no T24 para o gênero *Fusarium* sp. todos os tratamentos apresentaram halo de crescimento maior do que a testemunha. Logo, isso sugere que em 24 horas o extrato não inibiu o crescimento e pode ter fornecido um meio ainda mais favorável para o crescimento inicial dos fungos. O mesmo acontece para *Macrophomina phaseolina* que teve todos os tratamentos com diâmetros maiores que a testemunha, com exceção da concentração de 20%(20,43 mm) que teve diâmetro reduzido quando comparado às demais concentrações, mas ainda sim, maior que o diâmetro da testemunha 0%(20,39%). No entanto, para *Rhizoctonia solani*, o aumento das concentrações resultou no aumento do potencial inibitório, sendo todos os diâmetros dos tratamentos menores que o da testemunha, evidenciando o extrato como possível agente antifúngico para esta espécie em 24 horas de tratamento.

Quando avaliado o T48 para *Fusarium* sp. a interação com o extrato continuou promovendo o crescimento micelial, mas com uma menor discrepância de diâmetros em contraste ao T24. Bem como, para *Macrophomina phaseolina*, mas com discrepância de diâmetro maior que o T24, ambos os fitopatógenos sem alterações evidentes de um tempo para o outro. Em contrapartida, *Rhizoctonia solani* no T48, curiosamente teve uma expansão de diâmetro crescente à medida que as concentrações aumentaram, sugerindo que o extrato agiu como um agente facilitador após 48 horas de incubação, 0%(60,96 mm), 5%(63,69 mm), 10%(66,88 mm) e 20%(68,24 mm).

Ainda, para o T72 as concentrações de 5%(37,67 mm) e 10%(33,69 mm) obtiveram halo de crescimento menor que a testemunha 0% (40,05 mm), o que sugere um início de atividade antifúngica nessas concentrações após 72 horas de exposição, para *Fusarium* sp. Por outro lado, a concentração de 20%(49,03 mm) notavelmente favoreceu o crescimento fúngico em relação à testemunha, evidenciando que em concentrações mais altas em um maior tempo, o extrato perde

sua eficiência de modo a contribuir para o crescimento micelial, invalidando o seu potencial de atuar como agente biológico antifúngico nessa concentração e tempo, mediante o método escolhido para a produção do extrato e para o gênero estudado.

Todavia, para *Rhizoctonia solani* e *Macrophomina phaseolina* nenhuma concentração exerceu atividade inibitória, demonstrando diâmetro de crescimento (mm) em padrões que se igualaram às testemunhas 0%(90,00 mm). A ausência de efeitos sobre *Macrophomina phaseolina* em todos os tratamentos é relevante, uma vez que essa espécie é marcada por sua ação incisiva não apenas no meloeiro, mas também em outras culturas de importância socioeconômica, colocando em pauta a necessidade de busca por novas estratégias.

Ainda, ao analisar a porcentagem de inibição do crescimento (PIC) após 72 horas de incubação, nota-se que para *Macrophomina phaseolina* e *Rhizoctonia solani* o extrato não demonstrou nenhuma atividade de potencial inibitório levando em consideração os parâmetros analisados. Contudo, os valores para *Fusarium* sp. em 5% (PIC: 5,94%) e 10% (PIC: 15,88%) foram consideráveis quanto ao potencial de inibição, indicando uma capacidade antifúngica, valores de PIC semelhantes ao discutidos na pesquisa de Marcondes et al., (2014) para o extrato aquoso de alecrim.

Entretanto, na concentração de 20%, curiosamente o diâmetro do fungo aumentou para 49,03 mm, resultando em uma PIC negativa, bem como ocorreu para Costa *et al.*, (2015) ao avaliar atividade de fungicidas para o controle do crescimento de *Trichoderma* sp. Desse modo, os resultados da PIC permitem sugerir que em um cenário onde o extrato seria utilizado como controle alternativo, para *Rhizoctonia* por exemplo, seria necessário que a cada 24 horas uma nova dosagem fosse administrada e para o *Fusarium* sp., as concentrações mais baixas seriam as mais eficazes para inibição, mas somente após 72 horas.

Os dados acima discutidos sugerem que o extrato pode ter a sua atividade interrompida ao longo do tempo. Essa perda pode estar associada a fatores como a degradação dos compostos bioativos ocasionada por fatores abióticos, como umidade, temperatura ou fatores bióticos, ocasionados pelo fitopatógenos devido aos seus mecanismos de resistência, de modo a se adequar ao meio (Porto *et al.*, 2020).

Aspecto evidenciado através da análise morfológica de *Rhizoctonia solani*, que revelou alterações estruturais nos três tratamentos, com hifas em formatos ondulares, destoando da testemunha, o que sugere um mecanismo de defesa associado a ação do extrato, com indícios de

formação das estruturas de resistências (escleródios) representadas na **Figura 4**.

Um outro fator a ser considerado, seria de que as concentrações do extrato para *Macrophomina* mostram-se ineficazes, sugerindo uma possível investigação com concentrações mais altas. Nesse contexto, considerando os dados obtidos é possível constatar que o extrato aquoso de *Handroanthus impetiginosus* pode ter um possível potencial mais acentuado para os fungos *Rhizoctonia solani* e *Fusarium* sp., mesmo com variações causadas pelo tempo, que pode estar relacionada ao tipo de extrato utilizado e a metodologia aplicada no tratamento. Isto porque, a literatura sugere que existem variações que são determinantes de acordo com as propriedades de cada droga vegetal e também, com as formas de processamento.

Felipe *et al.*, (2023) demonstra que métodos extrativos distintos correspondem à extração de diferentes grupos químicos devido a fatores como presença de substâncias voláteis e termossensíveis. Bem como, os fatores edafoclimáticos devem ser considerados como uma influência na produção de metabólitos secundários pela planta.

Ademais, é importante considerar a variável fitopatógeno, uma vez que cada gênero, com suas respectivas espécies são detentores de características distintas associadas a mecanismos de adaptação ao meio (Alonso *et al.*, 2005; Amaral *et al.*, 2005).

9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Assim, considerando a importância dos estudos sobre métodos alternativos de controle de fitopatógenos, utilizando as propriedades das plantas medicinais, é crucial garantir que essa abordagem seja realmente eficaz para alcançar bons resultados em relação ao potencial inibidor desses componentes. Neste estudo, três variáveis foram observadas e a partir destas, de acordo com a técnica de produção escolhida (decocção) associada a metodologia aplicada, o extrato nas diferentes concentrações demonstrou baixa atividade inibitória ao longo das concentrações e tempo.

Desse modo, este estudo demonstrou que a continuidade da pesquisa nesta área é necessária. Assim, estudos *in vitro* devem considerar a adoção de novos solventes e metodologias dispostas em literatura, que possam contribuir para a verificação maior dessa atividade de modo a garantir resultados mais promissores e assim, permitir a realização de experimentos em condições de campo.

Todavia, visto que existem implicações importantes para a agricultura associadas a redução da dependência de produtos químicos, além de que, existem dados que comprovam que o extrato de *Handroanthus impetiginosus* tem atividade considerável contra outros fungos dispostos na literatura, é imprescindível que o mecanismo de ação do extrato seja investigado, na busca de uma melhor compreensão sob a ótica de interações dos bioativos com os fitopatógenos, para que outras técnicas sejam capazes de evidenciar se os compostos bioativos da casca da *Handroanthus impetiginosus* poderiam ser capazes de inibir o crescimento micelial de *Rhizoctonia solani* e *Fusarium* sp. de forma mais incisiva.

10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABOU BAKER, Doha. Plants against *Helicobacter pylori* to combat resistance: An ethnopharmacological review. **Biotechnology Reports**, v. 26, p. e00470, 2020.
- ALVES, F. J. B.; FREIRE, A. L. O. Crescimento inicial e qualidade de mudas de ipê-roxo (*Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC) Mattos) produzidas em diferentes substratos. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 13, n. 3, p. 195-202, 2017.
- AMARAL, M. F. Z. J. AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIFÚNGICA DE EXTRATOS DE PLANTAS SOBRE O CRESCIMENTO DE FITOPATÓGENOS. **Revista Eletrônica de Farmácia**, Goiânia, v. 2, n. 2, 2007.
- AMBRÓSIO, M. M. Q., Cruz, B. L. S., de Macêdo Dantas, A. M., Porto, M. A. F., de Carvalho Nascimento, S. R., & de Souza Nunes, G. H. (2016). Efeito de adubos verdes sobre a podridão radicular de Fusarium em meloeiro (*Cucumis melo* L.). Revista de Ciências Agrárias **Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, 59(1), 39-46.
- ANDRADE, D.E.G.T. MICHEREFF, S.J. BIONDI C.M. NASCIMENTO C.W.A.; SALES Júnior, R. Frequência de fungos associados ao colapso do meloeiro e relação com características físicas, químicas e microbiológicas dos solos. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 31, n. 4, p. 327-333, 2005.
- BASSO, C. .; SIQUEIRA, A. C. F. .; RICHARDS, N. S. P. dos S. . Impacts on human health and environment related to the use of pesticides: An integrative review. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 10, n. 8, p. e43110817529, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i8.17529.
- BERNARDO, R.; SCHWAN-ESTRADA, K. R. F.; STANGARLIN, J. R.; OLIVEIRA, J. S. B.; CRUZ, M. E. S.; MESQUINI, R. M. Atividade fungitóxica *in vitro* de extratos vegetais sobre o crescimento micelial de fungos fitopatogênicos. **Scientia Agraria Paranaensis**, [S. l.], v. 14, n. 2, p. 89–93, 2015.
- BOTELHO, L. D. S., MORAES, M. H. D., & MENTEN, J. O. M. (2008). Fungos associados às sementes de ipê-amarelo (*Tabebuia serratifolia*) e ipê-roxo (*Tabebuia impetiginosa*): incidência, efeito na germinação e transmissão para as plântulas. **Summa phytopathologica**, 34, 343-348.
- BRITO, Anna Luisa de Carvalho. Estudo genômico e proteômico do fitopatógeno *Alternaria alternata* na cultura do mamão. 2019.
- COELHO, M. I. D. S. C. (2015). Compostos fenólicos e atividade antioxidante de extratos da casca do umbu (*spondias tuberosa arruda*) obtidos por diferentes técnicas.
- COSTA, B. P., de CARVALHO, A. O., JÚNIOR, E. K. M., TSUTSUMI, C. Y., de MORAES, C.

A. R., & da COSTA, N. V. (2022). Fruit culture growth in Northeast Brazil and its relationship with work. *Scientia Agraria Paranaensis*, 57-65.

DANTAS, Andréa Mirne de Macêdo et al. Controle alternativo de doenças pós-colheita em mamão Tainung 1. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 48, p. 29-35, 2018.

DA SILVA, J. L.; et al. Atividade antifúngica de extratos vegetais sobre o crescimento *in vitro* de fitopatógenos. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 7, n. 1, p. 19, 2012.

DE ALMEIDA, V. E. S.; CARNEIRO, F. F.; VILELA, N. J. Agrotóxicos em hortaliças: segurança alimentar, riscos socioambientais e políticas públicas para promoção da saúde. 2009.

DE LUCENA, C. C. et al. Aspectos socioeconômicos. 2021.

DE MACÊDO DANTAS, A. M. NASCIMENTO, S. R. C.; CRUZ, B. L. S.; SILVA, F. H. A. AMBRÓSIO, M. M. Q. SENHOR, R. F. Controle alternativo de doenças pós-colheita em mamão Tainung 1. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 48, n. 1, p. 29-35, 2018.

DOMINGOS, M. M.; MELLONI, R.; FERREIRA, G. M. R. Extratos vegetais no controle do fungo *Fusarium oxysporum* e seu efeito sobre fungos micorrízicos arbusculares em plantas de milho. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 16, n. 2, p. 11-11, 2021.

DRUMMOND, E. D.; et al. Comportamento de amostras ambientais e clínicas de *Cryptococcus neoformans* frente a fungicidas de uso agrônômico e ao fluconazol. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, v. 40, p. 209-211, 2007.

ESCHIONATO, R. A.; et al. Ação da temperatura no controle de fungos causadores de doenças pós-colheita em mamão. Instituto Agrônômico, n. 17412, 2017.

FELIPE, M. E. O.; GRIS, E. F.; MARTINS, P. M. Caracterização química e físico-química de extratos aquosos e hidroetanólicos de entrecascas e cerne de ipê-roxo (*Handroanthus impetiginosus* Mart. Ex DC. Mattos – Bignoniaceae). *Revista Fitos*, v. 17, n. 3, p. 346-356, 2023

FERREIRA, E. E.; et al. Uso de extratos vegetais no controle *in vitro* do *Colletotrichum gloeosporioides* Penz. coletado em frutos de mamoeiro (*Carica papaya* L.). *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 36, p. 346-352, 2014.

FERRAZ, S.; LOPES, E. A.; AMORA, D. X. Controle de fitonematoides com o uso de extratos e óleos essenciais de plantas. In: POLTRONIERI, L. S.; ISHIDA, A. K. N. (Ed.). Métodos alternativos de controle de insetos-praga, doenças e plantas daninhas. Panorama atual e perspectivas na agricultura. Belém: EMBRAPA Amazônia Oriental, 2008. 308 p.

FONSECA, M. C. M.; et al. Potencial de óleos essenciais de plantas medicinais no controle de

fitopatógenos. *Revista Brasileira de Plantas Medicinais*, v. 17, p. 45-50, 2015.

GAZZOLA, R.; GRUNDLING, R. D. B.; ARAGÃO, A. A. Melão: taxas de crescimento da produção, exportação e importação. *Revista Brasileira de Agrotecnologia*, v. 10, n. 3, p. 75-80, out./dez. 2020.

GLEHN, E. A. V.; RODRIGUES, G. P. S. Antifungigrama para comprovar o potencial de ação dos extratos vegetais hidroglicólicos sobre *Candida* sp. (Berkhout). *Revista Brasileira de Plantas Medicinais*, v. 14, p. 435-438, 2012.

GUSMÃO, D. E.; et al. Avaliação do efeito do extrato etanólico de *Piper umbellatum* L. no controle alternativo de *Rhizoctonia solani* e *Macrophomina phaseolina*. *Ensaios e Ciência: Biológicas, Agrárias e da Saúde*, v. 24, n. 5-esp., p. 516-522, 2020.

KONDA, E. T.; et al. Controle de podridão peduncular do mamão utilizando irradiação UVC. *Instituto Agrônomo*, n. 18414, 2018.

KUNIEDA-ALONSO, S.; ALFENAS, A. C.; MAFFIA, L. A. Sobrevivência de micélio e escleródios de *Rhizoctonia solani* tratados com *Trichoderma* spp., em restos de cultura de *Eucalyptus* sp. *Fitopatologia Brasileira*, v. 30, p. 164-168, 2005.

LEME, M. I. S.; CAMARGO, M.; FURLANI, A. C. F. A.; PANIZZI, R. C.; LEITE, R. F.; ROSA, J. Efeito in vitro de capim-limão no desenvolvimento micelial de *Colletotrichum acutatum*. *Summa Phytopathologica*, v. 33, p. 92, 2007.

LIMA, R. C. A.; et al. Etiologia e estratégias de controle de viroses do mamoeiro no Brasil. *Fitopatologia Brasileira*, v. 26, p. 689-702, 2001.

MACHADO, L. P.; et al. Triagem de macroalgas com potencial antifúngico no controle in vitro da antracnose do mamoeiro (*Carica papaya* L.). *Current Agricultural Science and Technology*, v. 17, n. 4, 2011.

MAIA, L. K. R.; LIMA, R. E. M.; LIMA, J. S. Importância do meloeiro e aspectos relacionados à resistência a *Rhizoctonia solani*. *Enciclopédia Biosfera: Centro Científico Conhecer*, v. 9, n. 17, p. 1609-1622, 2013.

MARCONDES, M. M.; et al. Influência de diferentes extratos aquosos de plantas medicinais no desenvolvimento de *Colletotrichum gloeosporioides* e de *Fusarium moniliforme*. *Revista Brasileira de Plantas Medicinais*, v. 16, p. 896-904, 2014.

MARIN, S. L. D.; et al. Dialelo parcial para avaliar a capacidade combinatória de características de importância econômica do mamoeiro. *Scientia Agricola*, v. 63, n. 6, p. 540-546, 2006.

MARTINS, L. A.; et al. Levantamento de plantas medicinais utilizadas para infecções no

município de Rondonópolis–MT. Biodiversidade, v. 21, n. 3, 2022.

MICHEREFF, S. J.; ANDRADE, D. E. G. T.; SALES JÚNIOR, R. Reaction of melon genotypes to *Rhizoctonia solani*. Horticultura Brasileira, v. 26, n. 3, p. 401-404, 2008.

MONTAGNINI, D. L.; et al. The schistosomicidal activity of ethanolic extracts from branches, leaves, flowers and fruits of *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos (Bignoniaceae) plant and metabolic profile characterization by UPLC-ESI-QTOF analysis. Brazilian Journal of Biology, v. 83, e275824, 2023.

MOTA, A. S.; FARIAS, L. A. C. Levantamento do potencial fitoterápico do ipê-roxo (*Tabebuia impetiginosa*): uma análise cienciométrica. 2023.

NOGUEIRA, S. R.; ANDRADE NETO, R. C. NASCIMENTO, G. C.; GONZAGA, D. S. de O. M. (Ed.). Sistema de produção de banana para o estado do Acre. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2017. (Sistema de Produção, 7).

OLIVEIRA, L. A. D.BENTES, J. L. S. JESUS, M. A.; ROCHA, L. C.; FERNANDES, O. C.; ANDRADE, S. L.; SOUZA, A. Q. L. Diversidade microbiana da Amazônia: Volume 1, 2016.

PARREIRA, D. F.; NEVES, W. S.; ZAMBOLIM, L. Resistência de fungos a fungicidas inibidores de quinona. Revista Trópica, v. 3, n. 2, p. 24, 2009.

PEREIRA, R. B.; PINHEIRO, J. B.; CARVALHO, A. D. F. Identificação e manejo das principais doenças fúngicas do meloeiro. Cap. 11 - Circular Técnica.

PORTO, M. A. F.; et al. Interaction of *Fusarium solani*, *Macrophomina phaseolina* and *Rhizoctonia solani* as root rot pathogens of *Cucumis melo*. Summa Phytopathologica, v. 45, n. 4, p. 355-360, 2020.

Produção de melão. IBGE, 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producaoagropecuaria/melao/br>. Acesso em: 02 out. 2023.

QUINTAM, C. P. R.; DE ASSUNÇÃO, G. M. Perspectivas e desafios do agronegócio brasileiro frente ao mercado internacional. RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar, v. 4, n. 7, p. e473641-e473641, 2023.

REIS, R. C.; et al. Compostos bioativos e atividade antioxidante de variedades melhoradas de mamão. Ciência Rural, v. 45, p. 2076-2081, 2015.

RIBEIRO, J. G.; SERRA, I. M. R. S.; ARAÚJO, M. U. P. Uso de produtos naturais no controle de antracnose causado por *Colletotrichum gloeosporioides* em mamão. Summa Phytopathologica, v. 42, p. 160-164, 2016.

ROZWALKA, L. C.; LIMA, M. L. R. Z. C.; MIO, L. L. M.; NAKASHIMA, T. Extratos, decoctos e óleos essenciais de plantas medicinais e aromáticas na inibição de *Glomerella cingulata* e *Colletotrichum gloeosporioides* de frutos de goiaba. *Ciência Rural*, v. 38, n. 2, p. 301-307, 2008.

ROZWALKA, L. C.; et al. Extratos, decoctos e óleos essenciais de plantas medicinais e aromáticas na inibição de *Glomerella cingulata* e *Colletotrichum gloeosporioides* de frutos de goiaba. *Ciência Rural*, v. 38, p. 301-307, 2008.

SALES-JÚNIOR, R.; et al. Caracterização morfológica de fontes de resistência de meloeiro a *Rhizoctonia solani*. *Horticultura Brasileira*, v. 33, n. 2, 2015.

SALOMÃO, C. S.; et al. Caracterização das exportações brasileiras de mamão no período de 2011 a 2020, 2021.

SANTOS, A. A.; FREIRE, F. C. O.; CARDOSO, J. E. Ocorrência da podridão interna do mamão no Estado do Ceará. *Fitopatologia Brasileira*, v. 26, p. 673-673, 2001.

SANTOS, L. A. L.; et al. Biocontrole da antracnose em frutos de mamoeiro por bactérias epifíticas formadoras de biofilme. *Summa Phytopathologica*, v. 47, p. 45-53, 2021.

SEBRAE. O cultivo e o mercado do melão. 2016. Disponível em: <https://sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/o-cultivo-e-o-mercado-domelao>. Acesso em: 08 ago. 2024.

SILVA, M. N.; FERREIRA, V. F.; SOUZA, M. C. B. V. Um panorama atual da química e da farmacologia de naftoquinonas, com ênfase na β -lapachona e derivados. *Química Nova*, v. 26, n. 3, p. 407-416, 2003.

SILVA, G. S. Substâncias naturais: uma alternativa para o controle de doenças. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, v. 31, p. 9, 2006.

SIMÕES, R. S.; DE MATTOS, L. S. Plantas (Frutos) com Propriedades Medicinais mais utilizadas no dia a dia. 2019.

SOBRINHO, R.; GUIMARÃES, J. A.; FREITAS, J.; DE ASSIS, J. S.; MESQUITA, A. L. M.; DE AZEVEDO, F. R. A produção integrada de melão no Brasil. 2008.

SOUZA, A. E. F.; ARAÚJO, E.; NASCIMENTO, L. C. Atividade antifúngica de extratos de alho e capim-santo sobre o desenvolvimento de *Fusarium proliferatum* isolado de grãos de milho. *Fitopatologia Brasileira*, v. 32, p. 465-471, 2007.

SOUSA, J. A. Avaliação da atividade antimicrobiana do extrato de ipê-roxo (*Handroanthus impetiginosus*) em *Staphylococcus aureus* e *Pseudomonas aeruginosa*. 2017.

STADLER, F. Antifúngicos naturais e tiabendazol no controle de *Colletotrichum gloeosporioides*, *Alternaria alternata* e *Fusarium solani*. 2018.

STANGARLIN, J. R.; SCHWAN-ESTRADA, K. R. F.; SILVA-CRUZ, M. E.; NOZAKI, M. H. Plantas medicinais e controle alternativo de fitopatógenos. *Biotecnologia: Ciência e Desenvolvimento*, n. 11, p. 16-21, 1999.

TAVARES, G. M.; SOUZA, P. E. Efeito de fungicidas no controle in vitro de *Colletotrichum gloeosporioides*, agente etiológico da antracnose do mamoeiro (*Carica papaya* L.). *Ciência e Agrotecnologia*, v. 29, p. 52-59, 2005.

TRENTO, S. M.; IRGANG, H. H.; REIS, E. M. Efeito da rotação de culturas, da monocultura e da densidade de plantas na incidência de grãos ardidos em milho. *Fitopatologia Brasileira*, v. 27, p. 609-613, 2002.

UNIÃO NACIONAL DE BIOENERGIA (UDOP). Importação de fertilizantes movimentou os portos do Paraná, mas falta espaço. Araçatuba, 20 ago. 2024. Disponível em: <https://udop.com.br/noticia/2024/08/20/importacao-pelos-portos-paranaenses-cresce-49-em-julho.html>. Acesso em: 9 set. 2024.

VENTURA, JA; COSTA, H. Controle de doenças pós-colheita no mamão: estágio atual e perspectivas. *Summa Phytopathologica*, Botucatu, v. 2, pág. 61-62, 2002.

VENTUROSOSO, LR; SILVA, ACS; SANTOS, EF Atividade antifúngica de extratos vegetais sobre o desenvolvimento de fitopatógenos. *Summa Phytopathologica*, v. 37, p. 18-23, 2011.

VIEIRA, RF; CAMILO, J.; CORADIN, L. Espécies Nativas da Flora Brasileira de Valor Econômico Atual ou Potencial - Plantas para o Futuro - Região Centro-Oeste. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade, Departamento de Conservação e Manejo de Espécies, 2016. 934 p.

WARASHINA, T.; NAGATANI, Y.; NORO, T. Constituintes da casca de *Tabebuia impetiginosa*. *Fitoquímica*, v. 65, n. 13, pág. 2003-2011, 2004.