

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS – UFAL
CAMPUS DE ENGENHARIAS E CIÊNCIAS AGRÁRIAS – CECA

LUIZ EDUARDO MONTEIRO LOPES

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL ANTIFÚNGICO DE ÓLEOS ESSENCIAIS NO
CONTROLE *in vitro* DE UM ISOLADO DE *Colletotrichum brevisporum*.**

RIO LARGO – AL

2024

LUIZ EDUARDO MONTEIRO LOPES

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL ANTIFÚNGICO DE ÓLEOS ESSENCIAIS NO
CONTROLE *in vitro* DE UM ISOLADO DE *Colletotrichum brevisporum*.**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como parte dos requisitos
para obtenção do título de Engenheiro
Agrônomo pela Universidade Federal
de Alagoas.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Jaqueline
Figueredo de Oliveira Costa (UFAL)

RIO LARGO – AL

2024

Catálogo na Fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Campus de Engenharias e Ciências Agrárias
Bibliotecário Responsável: Erisson Rodrigues de Santana - CRB4 - 1512

L864a Lopes, Luiz Eduardo Monteiro.

Avaliação do potencial antifúngico de óleos essenciais no controle *in vitro* de um isolado de *colletotrichum brevisporum*. / Luiz Eduardo Monteiro Lopes. – 2024.

35 f.: il.

Orientador(a): Jaqueline Figueredo de Oliveira Costa.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Graduação em Agronomia, Campus de Engenharias e Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas. Rio Largo, 2024.

Inclui bibliografia

1. Glomerellaceae. 2. Controle alternativo. 3. Compostos naturais. I. Título.

CDU: 632.95

Folha de Aprovação

AUTOR: LUIZ EDUARDO MONTEIRO LOPES

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL ANTIFÚNGICO DE ÓLEOS ESSENCIAIS NO CONTROLE *in vitro* DE UM ISOLADO DE *Colletotrichum brevisporum*.

Trabalho de conclusão de curso defendido
e aprovado em 26 de março de 2024

Profa. Dra. Jaqueline Figueredo de Oliveira Costa (Orientadora)

Banca Examinadora:

Profa. Dra. Mayra Machado de Medeiros Ferro (Examinador Interno)

Dra. Jackeline Laurentino da Silva (Examinadora Externa)

DEDICATÓRIA

Aos meus pais.

AGRADECIMENTOS

A Deus pela oportunidade de avançar mais um degrau concluindo essa graduação

Aos meus pais, por todo apoio, dedicação e incentivos em todos os momentos dessa graduação.

Minha família, pela contribuição e incentivo para que eu conseguisse alcançar mais esse objetivo.

A professora Dra. Jaqueline Figueredo de Oliveira Costa, pela coorientação em três PIBICs, no relatório de estágio e orientação nesse TCC. Agradeço também por todos os valiosos ensinamentos e conselhos durante esses anos de aprendizado e convivência.

A professora Dra. Iraildes Pereira Assunção, pela oportunidade de participar em três PIBICs como seu orientado e pelos ensinamentos repassados durante esse período.

A Dra. Jackeline Laurentino da Silva, por ter durante dois PIBICs, estágio e TCC sido minha segunda coorientadora e uma das pessoas mais disponíveis durante os experimentos e na elucidação de dúvidas.

Aos colegas Cecília Hernandez, Tiago Lima e Taciana Ferreira da Clínica de Fitopatologia, pelo apoio e companheirismo durante esse período de convivência.

A Lauristela Hermógenes, amiga e técnica do Laboratório de Fitopatologia, pelo apoio, ensinamentos e conselhos.

Aos colegas de graduação e laboratório, pelo aprendizado e ensinamentos compartilhados.

Ao pessoal dos serviços gerais, na pessoa da D. Cícera e D. Lena, pela amizade e empenho em deixar sempre tudo pronto para que fosse possível realizar as atividades acadêmicas.

RESUMO

A antracnose, causada por espécies do gênero *Colletotrichum*, é considerada uma das principais doenças fúngicas do maracujazeiro. Na produção da cultura do maracujazeiro alguns fatores apresentam-se como entrave, dentre eles estão os problemas fitossanitários causados pelos fitopatógenos como vírus, bactérias e fungos. A utilização de óleos, isolados ou em combinação com outros métodos, poderá ter um importante papel no controle de fitopatógenos, contribuindo para a redução do uso de fungicidas e, conseqüentemente, um menor impacto ao ambiente. Sendo assim, o presente trabalho objetivou avaliar os óleos essenciais com atividade antifúngica para o controle de um isolado de *Colletotrichum brevisporum*. Foram testados os óleos essenciais de cravo, canela, citronela, eucalipto e alecrim nas concentrações de 0 % (testemunha), 0,0125%, 0,025%, 0,05%, 0,1% e 0,2%. Discos de meio de cultura de 5 mm, obtidos a partir da margem de culturas com sete dias de crescimento, foram transferidos para o centro das placas contendo os diferentes tratamentos. As testemunhas consistiram na inoculação de discos do patógeno diretamente no meio BDA sem a adição de óleos essenciais. As placas foram incubadas em estufa Biochemical Oxygen Demand (BOD), a 25°C e fotoperíodo de 12 horas. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 1 espécie de *Colletotrichum* x 5 óleos x 6 concentrações, sendo cinco repetições por tratamento. Os resultados obtidos do percentual de inibição micelial (PIC) e do índice de velocidade do crescimento micelial (IVCM) foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo Teste de Tukey, utilizando o programa estatístico Assistat. Os óleos de citronela, canela e cravo tiveram uma alta eficiência contra o crescimento de *C. brevisporum*. As concentrações do óleo de citronela que promoveram 100% do controle do patógeno tiveram efeito fungistático, enquanto as concentrações de canela e cravo promoveram um efeito fungitóxico.

Palavras-Chave: Glomerellaceae, controle alternativo, compostos naturais.

ABSTRACT

Anthrachnose, caused by species of the genus *Colletotrichum*, is considered one of the main fungal diseases of passion fruit. In the production of passion fruit crops, some factors present themselves as obstacles, including phytosanitary problems caused by phytopathogens such as viruses, bacteria and fungi. The use of oils, alone or in combination with other methods, could have an important role in controlling phytopathogens, contributing to a reduction in the use of fungicides and, consequently, a lower impact on the environment. Therefore, the present work aimed to evaluate essential oils with antifungal activity for the control of an isolate of *Colletotrichum brevisporum*. The essential oils of clove, cinnamon, citronella, eucalyptus and rosemary were tested at concentrations of 0% (control), 0.0125%, 0.025%, 0.05%, 0.1% and 0.2%. 5 mm discs of culture medium, obtained from the margin of cultures with seven days of growth, were transferred to the center of the plates containing the different treatments. The controls consisted of inoculating pathogen discs directly into the PDA medium without the addition of essential oils. The plates were incubated in a Biochemical Oxygen Demand (BOD) oven at 25°C and a 12-hour photoperiod. The experimental design was completely randomized with 1 species of *Colletotrichum* x 5 oils x 6 concentrations, with five replications per treatment. The results obtained for the percentage of mycelial inhibition (PIC) and the mycelial growth rate index (IVCM) were subjected to analysis of variance (ANOVA) and the means compared by the Tukey test, using the statistical program Assistat. Citronella, cinnamon and clove oils were highly effective against the growth of *C. brevisporum*. The concentrations of citronella oil that promoted 100% control of the pathogen had a fungistatic effect, while the concentrations of cinnamon and clove promoted a fungitoxic effect.

Keywords: Glomerellaceae, alternative control, natural compounds.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	11
2.1 A cultura do maracujazeiro	11
2.2 Antracnose em maracujazeiro	12
2.3 Gênero <i>Colletotrichum</i>	13
2.4 Controle da antracnose	14
2.5 Óleos essenciais	15
2.5.1 Óleo de Eucalipto	16
2.5.2 Óleo de Canela da China	16
2.5.3 Óleo de Citronela	17
2.5.4 Óleo de Alecrim	17
2.5.5 Óleo de Cravo	18
3 MATERIAL E MÉTODOS	19
3.1 Local do experimento e obtenção do isolado de <i>Colletotrichum brevisporum</i>	19
3.2 Efeito <i>in vitro</i> dos óleos essenciais sobre um isolado de <i>Colletotrichum brevisporum</i>	19
3.3 Efeito fungistático ou fungitóxico dos óleos essenciais	20
4 RESULTADOS	21
4.1 Efeito <i>in vitro</i> dos óleos essenciais sobre um isolado de <i>Colletotrichum brevisporum</i>	21
4.2 Efeito fungistático ou fungitóxico dos óleos essenciais	27
5 DISCUSSÃO	29
6 CONCLUSÃO.....	31
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	32
8 REFERÊNCIAS	33

1 INTRODUÇÃO

A espécie *P. edulis Sims f. flavicarpa* Deg. (maracujá-amarelo) é cultivada por pequenos, médios e grandes produtores do Brasil, onde existem diferentes condições de solo e de clima e variados sistemas de produção. O maracujá possui grande importância socioeconômica, sendo uma valiosa alternativa para geração de emprego e renda, principalmente em pequenas propriedades rurais (FALEIRO, 2022). Na produção da cultura do maracujazeiro alguns fatores apresentam-se como entrave, dentre eles estão os problemas fitossanitários causados pelos fitopatógenos vírus, bactérias e fungos (SÃO JOSÉ, 2015).

Dentre os fungos, destacam-se as espécies do gênero *Colletotrichum*, considerado um importante patógeno de plantas, que causa antracnose em diversas culturas de importância econômica (CANNON et al., 2012; DOYLE et al., 2013; JAYAWARDENA et al., 2021; TALHINHAS; BARONCELLI, 2021; LIU et al., 2022). Os sintomas da antracnose nas folhas apresentam-se na forma de manchas pardo-escuros com aparência oleosa que evoluem, coalescendo formam-se grandes áreas de tecidos necrosados, apresentando rachaduras e intensa queda de folhas. Nos frutos jovens, as manchas passam da aparência oleosa para a pardacenta, com a formação de tecido corticoso, deprimido e murcho. Nos frutos maduros, verificam-se manchas deprimidas de coloração escura que afetam a polpa, muitas vezes apresentando-se na forma de podridão mole e provocando queda dos frutos (SÃO JOSÉ et al., 2000; KIMATI et al., 2011).

O manejo de doenças, na maioria das vezes, tem adotado os fungicidas sintéticos. Apesar da sua fácil aquisição e uso, problemas como seleção de patógenos resistentes devido ao uso contínuo e à alta toxicidade de determinados produtos, são frequentemente associados à utilização exclusiva do controle químico (FRAGOSO et al., 2002).

A utilização de óleos essenciais de espécies aromáticas e medicinais, isolados ou em combinação com outros métodos, tem um importante papel no controle de fitopatógenos, contribuindo para a redução do uso de fungicidas e, conseqüentemente, um menor impacto ao ambiente (MOTA; PESSOA, 2003).

Como forma de contribuir com o estudo de substâncias naturais com propriedades fungicidas, faz-se necessário buscar óleos essenciais que permitam um controle satisfatório de *Colletotrichum brevisporum*, identificado causando antracnose em plantios comerciais de maracujazeiro no estado de Alagoas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A cultura do maracujazeiro

O maracujá é uma denominação geral dada ao fruto e à planta de *Passiflora* spp. Seu nome tem origem indígena Tupi e Guarani, e significa ‘alimento que se toma de sorvo’ ou ‘alimento em forma de cuia’. Os primeiros registros do gênero *Passiflora* aconteceram no século XVI, incluindo sua citação na obra 'Tratado Descritivo do Brasil', em 1587, na qual o português Gabriel Soares de Sousa fez referência ao maracujá como uma planta exótica com múltiplas potencialidades alimentares, ornamentais e medicinais (FALEIRO et al., 2017).

O maracujazeiro pertence ao reino Plantae, filo Tracheophyta, divisão Magnoliophyta, classe Magnoliopsida, ordem Malpighiales, família Passifloraceae, gênero *Passiflora* (MILWARD-DE-AZEVEDO, 2018). Esse gênero abriga entre 300 e 580 espécies, distribuídas pelas regiões tropicais e subtropicais do mundo. No Brasil, três espécies são consideradas responsáveis por praticamente 100% da área plantada: a *Passiflora alata* Dryand. (maracujá doce), a *Passiflora edulis* Sims. (maracujá roxo) e a *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Degener. (maracujá amarelo ou azedo), responsável por 95% da área cultivada comercialmente no país (RUGGIERO et al., 1998).

As espécies de maracujazeiro são consideradas plantas trepadeiras herbáceas ou lenhosas, variando entre 5 e 10 metros de comprimento, tendo crescimento vigoroso e contínuo, sistema radicular superficial e apresentando florescimento e produção durante vários meses do ano. Suas folhas, flores e frutos apresentam diferentes formatos, cores e tamanhos entre as espécies de maracujazeiros. Suas flores são hermafroditas, grandes e protegidas na base por brácteas foliares. A corona, formada por vários filamentos ou fímbrias, é a marca característica do gênero *Passiflora*. Quanto a abertura floral, algumas espécies têm hábitos noturno, vespertino ou matutino. Seus frutos são classificados como bagas indeiscentes, com suas sementes geralmente envolvidas por um arilo do qual é extraída a polpa, sendo esta ácida ou doce (DE JESUS; FALEIRO, 2016).

A maior parte das espécies de maracujazeiro tem origem na América Tropical, envolvendo o Brasil, Colômbia, Peru, Equador, Bolívia e Paraguai, ainda que existam espécies nativas em países que vão dos Estados Unidos até a Argentina, além da Ásia, Austrália e China. O Brasil e a Colômbia são os países mais tradicionais no cultivo dos maracujás e também os países que têm a maior diversidade de espécies comerciais e silvestres (BERNACCI et al., 2005).

No ano de 2022, o Brasil teve uma produção de 697.859 toneladas para uma área colhida de 45.602 hectares, com rendimento médio de 15.303 Kg ha⁻¹. Os estados que mais produziram maracujá foram Bahia (227.867 t), Ceará (178.013 t), Santa Catarina (49.444 t), Pernambuco (37.160 t) e Rio Grande do Norte (36.521 t). Os melhores rendimentos médios ficaram com o Distrito Federal e Santa Catarina, com 27.675 Kg e 25.659 Kg, respectivamente. Alagoas produziu 13.692 t, tendo um rendimento médio de 9.704 Kg ha⁻¹, e o município de Coruripe com maior produção (IBGE, 2022).

A produção de maracujá é uma atividade de significativa importância socioeconômica para o País, especialmente na agricultura familiar. Encontra-se disseminada por todas as regiões geográficas, por oferecer uma receita distribuída pela maior parte do ano. Possui um forte apelo social, devido ao seu elevado grau de empregabilidade, ou seja, a cada hectare, gera de 3 a 4 empregos diretos e de 8 a 9 indiretos, nos diferentes elos da cadeia produtiva. Portanto, é amplamente utilizada para fixação de mão de obra no campo (CAVICHOLI et al., 2018).

Considerada uma cultura com ciclo de até 3 anos, os produtores tem optado por um plantio de 2 anos, visto os problemas fitossanitários ocorrerem com maior severidade a partir do primeiro ano de produção. Além disso, essa suscetibilidade já provocou redução de produção e posterior diminuição da área plantada em importantes estados produtores, uma vez que o manejo inadequado e as condições favoráveis podem inviabilizar o cultivo por mais tempo (REITER et al., 1998).

2.2 Antracnose em maracujazeiro

As características externas do fruto constituem os parâmetros primordiais avaliados pelos consumidores e devem atender a certos padrões para que atinjam a qualidade desejada e o valor na comercialização. Para o consumo *in natura*, os consumidores preferem frutos maiores, de aparência atraente, mais doces e pouco ácidos (AGUIAR et al., 2015).

Embora o maracujazeiro possua boa adaptabilidade às condições edafoclimáticas adversas, a cultura apresenta drástica redução de produtividade devido a problemas fitossanitários (TOMAZ, 2012). A antracnose, causada por espécies do gênero *Colletotrichum*, é considerada uma das principais doenças fúngicas do maracujazeiro por atacar a parte aérea das plantas em qualquer idade, sendo de difícil controle quando as condições climáticas são favoráveis às epidemias (PIO-RIBEIRO & MARIANO, 1997).

Os sintomas de antracnose nas folhas apresentam-se na forma de manchas pardo-escuros com aparência oleosa que evoluem, coalescendo formam-se grandes áreas de tecidos necrosados, apresentando rachaduras e intensa queda de folhas. Nos frutos jovens, as manchas passam da aparência oleosa para a pardacenta, com a formação de tecido corticoso, deprimido e murcho. Nos frutos maduros, verificam-se manchas deprimidas de coloração escura que afetam a polpa, muitas vezes apresentando-se na forma de podridão mole e provocando queda dos frutos (SÃO JOSÉ et al., 2000; KIMATI et al., 2011).

2.3 Gênero *Colletotrichum*

Considerado como importante patógeno de plantas, *Colletotrichum* spp. são responsáveis por causar uma variedade de doenças, incluindo a antracnose em diversas culturas de relevância econômica e plantas ornamentais (CAI et al., 2009; CANNON et al., 2012; DOYLE et al., 2013; JAYAWARDENA et al., 2021; TALHINHAS; BARONCELLI, 2021; LIU et al., 2022). Dean et al. (2012) relataram que o gênero foi eleito mundialmente, o oitavo grupo mais importante de fungos patogênicos causando doenças em plantas.

O gênero *Colletotrichum* abrange atualmente 280 espécies aceitas com dados moleculares, dentre elas, 15 são espécies isoladas (singleton) e as outras 265 espécies estão agrupadas em um dos 16 complexos reconhecidos (LIU et al., 2022).

A infecção é caracterizada por lesões circulares que rapidamente se expandem sem limite de diâmetro. No centro das lesões, ocorre a formação de pequenos pontos pretos, que corresponde aos acérvulos e quando a umidade relativa está elevada, pode-se observar a formação de uma massa de coloração rósea ou alaranjada, que são os esporos do fungo produzidos juntos a uma mucilagem (LOPES & ÁVILA, 2003; SILVA et al., 2017).

A sobrevivência do patógeno se dá em restos de cultura e em tecidos afetados na própria planta, fazendo com que a doença seja mais frequente e severa em uma determinada área a partir do segundo ano de cultivo. A ocorrência da doença é favorecida por alta umidade,

especialmente com chuvas frequentes, abundantes e temperatura média entre 26° e 28°C. Nestas condições, ocorre intenso desfolhamento, morte dos ponteiros e podridão de frutos. A disseminação do patógeno ocorre através de sementes, respingos de chuva, insetos e implementos agrícolas (KIMATI et al., 2011).

2.4 Controle da antracnose

Para o controle da antracnose é necessário fazer uso de controle integrado de doenças. Medidas como uso de mudas saudáveis, adoção de um sistema de condução das plantas, podas de limpeza, visando eliminar partes afetadas pela doença (DIAS, 2000). A remoção dos restos de cultura, folhas, e frutos com sintomas da doença também são recomendados, ainda que sejam apenas medidas saneadoras, não dispensando o controle com fungicidas, fazendo aplicações em conformidade com o desenvolvimento e severidade da doença (VIANA et al., 2003).

Para o controle biológico existem trabalhos que recomendam aplicações de *Trichoderma* em mudas de maracujazeiro amarelo para o controle de *C. gloeosporioides* (MARTINS et al., 2007). Isolados bacterianos das espécies *Bacillus alcalophilus*, *Photorhabdus luminescens*, *Yersinia bercovieri* são eficientes no biocontrole de *C. gloeosporioides*, tanto nos testes de antagonismo “*in vitro*”, quanto em frutos de maracujá (BULHÕES et al., 2019).

Atualmente, é possível encontrar 48 produtos comerciais recomendados para controle da antracnose em maracujazeiro, no AGROFIT. Segundo Peruch et al. (2018), o pequeno número de moléculas registradas para maracujazeiro já foi considerado um dos principais entraves fitossanitários da cultura. Chamando atenção o baixo número de produtos de contato, sendo os fungicidas a base de hidróxido de cobre, óxido cuproso e bicarbonato de potássio os representantes desta classe. Aumentar a diversidade de ingredientes ativos de fungicidas de contato, como o mancozeb, seria uma medida importante para atenuar o problema de resistência dos patógenos aos ingredientes ativos, como orientado pelo Comitê de Ação a Resistência a Fungicidas (FRAC).

O controle de fitopatógenos utilizando como alternativa óleos essenciais com características que inibem o seu desenvolvimento (capacidade fungicida ou fungitóxica) já foi relatado por Dias-Arieira et al. (2010) para *Eucalyptus citriodora* em *Colletotrichum acutatum* em morangueiro e a ação fungicida dos óleos de cravo (*Eugenia caryophyllata*) e canela (*Cinnamomum zeylanicum*) no controle do *Colletotrichum gloeosporioides* causador da antracnose no caju (SOUZA et al., 2019).

2.5 Óleos essenciais

O controle de doenças, na maioria das vezes, tem sido feito com a utilização de fungicidas sintéticos. Apesar da facilidade de aquisição e de uso, problemas como o desenvolvimento de resistência de patógenos devido ao uso contínuo e à alta toxicidade de determinados produtos, estão frequentemente associados à utilização exclusiva do controle químico (FRAGOSO et al., 2002).

Os defensivos naturais, também chamados de “alternativos”, são produtos preparados a partir de substâncias não prejudiciais à saúde humana e ao meio ambiente, que favorecem a produção de alimentos mais saudáveis para o consumidor final. Pertencem a esse grupo as preparações que têm como características principais: baixa ou nenhuma toxicidade ao homem e a natureza, eficiência no combate aos insetos e microrganismos nocivos e boa disponibilidade e custo reduzido (AYRES, 2020).

Óleos essenciais são misturas complexas de substâncias voláteis, lipofílicas, com baixo peso molecular, geralmente odoríferas e líquidas, constituídos, na maioria das vezes, por moléculas de natureza terpênica. Frequentemente apresentam odor agradável e marcante. Tendo diferentes formas de extração (MORAIS, 2009). Em temperatura ambiente apresentam aspecto oleoso, tendo como principal característica a volatilidade. Apresentam-se geralmente incolores ou levemente amarelados, com sabor ácido e picante, pouco estáveis em presença de luz, calor e ar, além de serem pouco solúveis em água (SIMÕES & SPITZER, 1999; SAITO & SCRAMIN, 2000).

Esses produtos podem ter ação fungitóxica direta, pela inibição da germinação de esporos e do crescimento micelial, ou indireta, pela indução de produção de fitoalexinas ou outros compostos de defesa da planta. Entretanto, não se deve deixar de considerar que estes princípios ativos, mesmo sendo naturais, não deixam de ser substâncias químicas e devem ser usados com critério (MORAIS, 2009).

Trabalhos como os conduzidos por Fonseca (2015), tem demonstrado o potencial dos óleos essenciais no controle de diferentes espécies fúngicas, como os óleo de *Baccharis dracunculifolia* para controle de *Fusarium oxysporum* f.sp. *phaseoli*, *Fusarium solani* f.sp. *phaseoli*, *Macrophomina phaseolina*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Rhizoctonia solani*, *Sclerotium rolfsii* e *Sclerotinia minor*.

A ação fungicida dos óleos essenciais sobre espécies do gênero *Colletotrichum* foi demonstrada por Oliveira Júnior et al. (2013), para o óleo essencial de aroeira da praia (*Schinus terebinthifolius* RADDI) contra *Colletotrichum gloeosporioides*, enquanto Souza Junior et al., (2009), observou que os óleos de alecrim-pimenta (*Lippia sidoides* Cham.), alfavaca-cravo (*Ocimum gratissimum* L.), capim-santo (*Cymbopogon citratus* Stapf), cidrão (*Lippia citriodora* Kunth.), e goiaba vermelha (*Psidium guayava* var. *pomifera* L.) apresentaram inibição completa dos conídios de *C. gloeosporioides* isolado de folhas de maracujá amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.).

2.5.1 Óleo de Eucalipto (*Eucalyptus globulus* Labill)

Os óleos de eucalipto são formados por uma complexa mistura de componentes, envolvendo de 50 ou mais compostos orgânicos voláteis, destacando-se hidrocarbonetos, álcoois, aldeídos, cetonas, ácidos e ésteres (DORAN, 1991).

Segundo Bueno (2007), os principais metabólitos encontrados em cromatografia de *E. globulus* são o α -pineno, β -pineno, ρ -cimeno, limoneno, 1,8-cineol, α -terpineol, α -gurjuneno, calareno, aromadendreno, aloarodendreno, epiglobulol, globulol e α -felandreno como um constituinte traço.

Os óleos essenciais caracterizados como medicinais, aqueles com mais de 70% de cineol como componente principal, que são utilizados na elaboração de produtos farmacêuticos como inalantes, estimulante de secreção nasal e produtos de higiene bucal. O óleo de eucalipto sofre bastante influência em sua produção e qualidade, sendo a variabilidade genética entre as espécies, idade das folhas utilizadas, o ambiente de produção do vegetal, o manejo da cultura e os métodos de amostragem, extração e análise fatores importantes para obter um óleo de qualidade (VITTI; BRITO, 2003).

2.5.2 Óleo de Canela da China (*Cinnamomum cassia* Presl)

O gênero *Cinnamomum* contém entre 200 e 350 espécies distribuídas principalmente no sudeste da Ásia, na Índia, Austrália e Ilhas do Pacífico (ROHWER, 1993; QUINET, 2005).

As espécies *C. verum* e *C. zeylanicum*, também denominada canela verdadeira, possui uma casca de composição simples ou dupla, ao passo que *C. cassia* – Canela Chinesa ou canela falsa – possui apenas uma única camada de casca cortiçada, sendo possível diferenciá-las por meio da análise microscópica (LOPES, 2021). Os constituintes encontrados em maiores quantidades em *C. cassia* são E- cinamaldeído (84,21%) e E- cinamaldeído-p-metoxi com

7,98% (NASCIMENTO, 2020). O óleo de *C. cassia* é constituído na sua totalidade de 94,75% de compostos fenólicos característicos da classe dos fenilpropanóides, sendo identificado três fenilpropanóides principais, dos quais 84,52% de *E*-cinamaldeído, 8,79% de (*E*)-*o*-metoxicinamaldeído e 1,44% de acetato de *E*-cinamila (SOUSA et al., 2016).

Segundo Lima (2005), para extração de óleo com origem das folhas foram identificados 23 substâncias e 36 nos galhos, sendo os constituintes principais o eugenol (60%), β -cariofileno (8,3%), cânfora (7%) e linalol (7%), enquanto que nos galhos os principais foram linalol (10,6%), α -pineno (9,9%), acetato de (*E*)-cinamila (9,7%), α -felandreno (9,2%), (*E*)-cinamaldeído (7,8%), limoneno (7,9%) e β -cariofileno (6,7%).

2.5.3 Óleo de Citronela (*Cymbopogon winterianus* Joiwtt ex Bor)

A citronela é uma planta aromática que ficou bem conhecida por fornecer matéria-prima (óleo essencial) para a fabricação de repelentes contra mosquitos e borrachudos. É considerado um ótimo repelente. O óleo da citronela é rico em geraniol e citronelal (SILVA et al., 2010).

O óleo de Citronela possui entre seus componentes Limoneno em 3,37%, β -Citronelal em 45%, β -Citronelol em 14,49%, Geraniol em 20,71%, Geranial em 0,67%, Acetato de citronelila em 1,46%, Acetato de geranila 1,40%, β -Elemeno em 1,50%, γ -Muroleno, em 0,19%, germacreno D em 0,57%, α -Muroleno em 0,38%, γ -Cadineno em 0,46%, Δ -Cadineno em 1,27%, Elemol em 1,24%, Germacreno D-4-ol em 0,25% e outros dois compostos não identificados (em 0,54 % e 2,17%), totalizando 95,67 da composição do óleo (SCHERER,2009).

2.5.4 Óleo de Alecrim (*Rosmarinus officinalis* L.)

A família *Lamiaceae*, também conhecida como *Labiatae*, abrange 240 gêneros e 7200 espécies, que podem ser encontradas tanto em regiões tropicais quanto em regiões temperadas. Desse total, 46 gêneros e 524 espécies ocorrem no Brasil (CARRÉRA et al., 2015).

A composição das substâncias presentes no óleo de Alecrim é afetada pela rapidez do aquecimento do hidrodestilador. Estando composto, em lenta velocidade de aumento da temperatura, pela cânfora (33,48%), o eucaliptol (23,29%), α -pipeno (15,18%), β -mirceno (16,52%) e outros com 11,53%. Já quando a temperatura foi elevada rapidamente, sua composição é alterada para 33,36%, 24,29%, 15,91%, 17,59% e 8,85%, respectivamente (PRINS et al., 2006).

2.5.5 Óleo de Cravo (*Syzygium aromaticum* (L.) Merr. & L.M.Perry)

Segundo Figueiredo et al. (2021), os principais constituintes do óleo de cravo (botão) são Eugenol em 62,42%, Cariofileno em 19,95%, Acetato de eugenol em 14,86%, α -Humeleno em 2,87%, Óxido de cariofileno em 0,54%, d-Cadineno em 0,15%, (E,E)- α -Farneseno em 0,10% e g-Muroleno em 0,11%. Já Costa et al. (2011), observou que a composição de *Syzygium aromaticum* (L.) Merr. & L.M.Perry apresenta 83,6% de eugenol, 11,6% de acetato de eugenila e 4,2% de cariofileno.

A ação do composto eugenol proporcionou bons resultados em sua ação inibitória em *Alternaria* sp., *A. solani*, *M. fructicola*, *C. gloeosporioides*, *A. niger*, *S. sclerotiorum*, *F. roseum*, tendo, inclusive, resultados semelhantes ou superiores ao Captan®, utilizado como controle positivo (FERREIRA et al., 2020).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local do experimento e obtenção do isolado de *Colletotrichum brevisporum*

O trabalho foi conduzido na Clínica Fitossanitária do *Campus* de Engenharias e Ciências Agrárias (CECA), da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), localizado no km 85 da BR 101 Norte (9°27'54.71" S – 35°49'39.27" O), Rio Largo, Alagoas, Brasil.

Um isolado representativo da espécie *Colletotrichum brevisporum* associado à antracnose na cultura do maracujazeiro, foi selecionado a partir da Coleção de Fitopatógenos da Universidade Federal de Alagoas (COUFAL). O isolado foi caracterizado por Inferência Bayesiana, utilizando-se análise multi-locus dos genes gliceraldeído-3-fosfato-desidrogenase (GAPDH), quitina sintetase (CHS-1), β -tubulina (TUB2) e região de espaço interno transcrito (ITS) (SILVA et al., 2022). As sequências parciais foram depositadas no GenBank com os códigos descritos na Tabela 1.

Tabela 1: Isolado de *Colletotrichum* proveniente de maracujazeiro.

ESPÉCIES	CÓDIGOS	Número de acesso do GenBank			
		GAPDH	ITS	TUB2	CHS-1
<i>C. brevisporum</i>	*COUFAL0271	MT299329	MT334686	MT310545	MT314425

* **COUFAL:** Coleção de fitopatógenos da Universidade Federal de Alagoas.

Fonte: elaborada pelo autor.

3.2 Efeito *in vitro* dos óleos essenciais sobre um isolado de *Colletotrichum brevisporum*.

A sensibilidade do isolado de *Colletotrichum brevisporum*, foi avaliada observando o crescimento micelial em meio de cultura batata-dextrose-água (BDA) sintético enriquecido com óleos essenciais de eucalipto, alecrim, citronela, cravo e canela "ViaAroma".

Os óleos essenciais foram adicionados em 100 ml de meio BDA sintético fundente nas concentrações 0%, 0,0125%, 0,025%, 0,05%, 0,1% e 0,2%. Os meios de cultura com as diferentes concentrações dos óleos essenciais foram, então, agitados e, posteriormente, vertidos em placas de Petri.

Discos de meio de cultura de 5 mm ($\varnothing$), obtidos a partir da margem de culturas com sete dias de crescimento, foram para o centro de placas contendo os diferentes tratamentos. As testemunhas consistiram na inoculação de discos do patógeno diretamente no meio BDA sem

adição de óleos essenciais. As placas foram incubadas em estufa Biochemical Oxygen Demand (BOD), a 25°C e fotoperíodo de 12 horas. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 1 espécie de *Colletotrichum* x 5 óleos x 6 concentrações, sendo cinco repetições por tratamento.

As medições diárias do crescimento micelial foram realizadas por meio do diâmetro das colônias, obtidas pela média de duas medições perpendiculares, utilizando paquímetro digital, durante sete dias. O índice de velocidade do crescimento micelial (IVCM) e a percentagem de inibição micelial – PIC – (LIMA et al., 2021) foram calculados de acordo com as fórmulas:

$$IVCM = \frac{C_1}{N_1} + \frac{C_2}{N_2} + \frac{C_n}{N_n}$$

Onde: C₁, C₂ e C_n correspondem ao crescimento micelial na primeira, segunda e última avaliação; e N₁, N₂ e N_n correspondem ao número de dias após a inoculação.

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

Os resultados dos experimentos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo Teste de Tukey, utilizando o programa estatístico Assistat (SILVA; AZEVEDO, 2016).

3.3 Efeito fungistático ou fungitóxico dos óleos essenciais

A avaliação da ação fungistática ou fungitóxica foi realizada para as concentrações que promoveram inibição completa do isolado. Após avaliar o efeito dos óleos essenciais sobre a espécie *C. brevisporum*, por sete dias, discos contendo as estruturas do patógeno, a partir das placas avaliadas, foram transferidos para o centro de placas de Petri contendo meio Água-Ágar (AA). Foi observada, diariamente até o sétimo dia, a retomada ou não do crescimento micelial dos discos provenientes dos tratamentos com 100% de inibição durante o teste do efeito *in vitro* dos óleos.

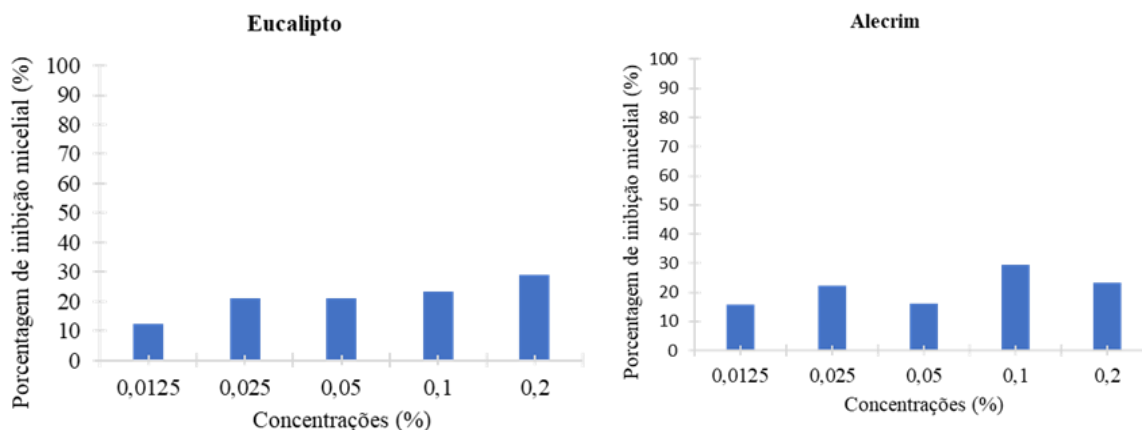
4 RESULTADOS

4.1 Efeito *in vitro* dos óleos essenciais sobre um isolado de *Colletotrichum brevisporum*

A espécie *Colletotrichum brevisporum* apresentou diferentes porcentagens de crescimento micelial (PIC), quando submetida às concentrações dos óleos essenciais de cravo da índia, canela, citronela, eucalipto e alecrim.

O óleo de eucalipto apresentou diferentes níveis de controle nas concentrações testadas, sendo a maior porcentagem de inibição do crescimento micelial na concentração de 0,2%, como 28,87% (Figura 1). Em comparação aos demais óleos, teve desempenho estatisticamente semelhante ao de alecrim, mas com uma eficiência inferior dos demais, com PIC variando entre 15,92 a 29,48%. Entre as concentrações de alecrim testadas, a de 0,1% apresentou uma maior capacidade de inibição (Figura 1), embora não tenha apresentado uma diferença estatística na concentração de 0,2% (Tabela 2).

Figura 1. Percentual de inibição do crescimento micelial de *Colletotrichum brevisporum* sobre diferentes concentrações de óleo de eucalipto e alecrim.

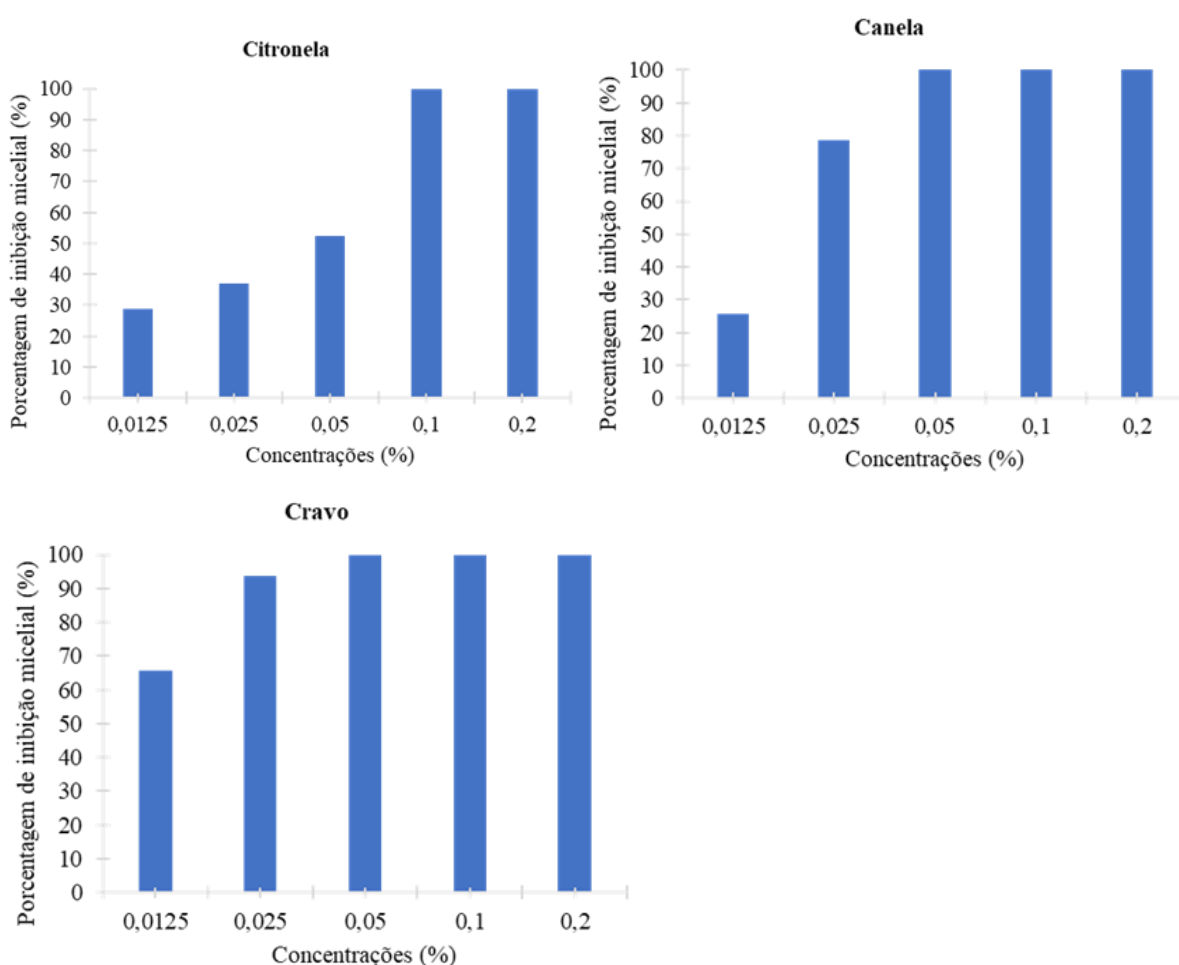


Fonte: elaborada pelo autor.

A partir do óleo de canela da china, foi obtida uma inibição completa do crescimento de *C. brevisporum* nas concentrações 0,05%, 0,1% e 0,2%, com a menor porcentagem de inibição do crescimento micelial (25,82%) na menor concentração. O óleo de citronela apresentou resultado semelhante ao de canela, com as concentrações 0,1 e 0,2% inibindo o crescimento micelial em 100%, enquanto as menores concentrações reduziram 28,78% e 36,83%, não diferindo estatisticamente entre si (Tabela 2). Na concentração de 0,05% o óleo de citronela apresentou uma inibição de 52,40% do crescimento micelial (Figura 2).

O cultivo do patógeno *C. brevisporum* em meio de cultura contendo o óleo essencial de cravo folhas, demonstrou sua promissora capacidade de controlar o crescimento micelial do fungo desde sua menor concentração utilizada (0,0125%), com uma inibição de 65,58 %, elevando para 93,73% quando cultivado na concentração de 0,025%. As concentrações de 0,05%, 0,1% e 0,2% apresentaram 100% de controle sobre o desenvolvimento do micélio fúngico (Figura 2), não diferindo estatisticamente do tratamento com 0,025% de cravo folhas (Tabela 2).

Figura 2. Percentual de inibição do crescimento micelial de *Colletotrichum brevisporum* sobre diferentes concentrações de óleo de citronela, canela e cravo.



Fonte: elaborada pelo autor.

A avaliação do teste também possibilitou visualizar os óleos que apresentaram melhores taxas de inibição em cada uma das cinco concentrações trabalhadas. O óleo de cravo, com 65,58% de controle, o melhor agente de controle para a concentração de 0,0125%. Já o tratamento com 0,025% apresentou duas potenciais substâncias para atuarem no controle de *C.*

brevisporum, o óleo de canela da china controlando 78,78% do crescimento e o de cravo folhas com uma capacidade de controle de 93,73%, diferindo estatisticamente (Tabela 2).

Para o comparativo em 0,05%, a melhor capacidade de controle foi visualizada no teste com os óleos de canela e cravo, com uma redução total do crescimento micelial. As concentrações de 0,1% e 0,2% apresentaram 100% de controle para os óleos essenciais de canela, citronela e cravo (Tabela 2).

Tabela 2. Percentual de controle in vitro das concentrações dos diferentes óleos essenciais sobre *Colletotrichum brevisporum*.

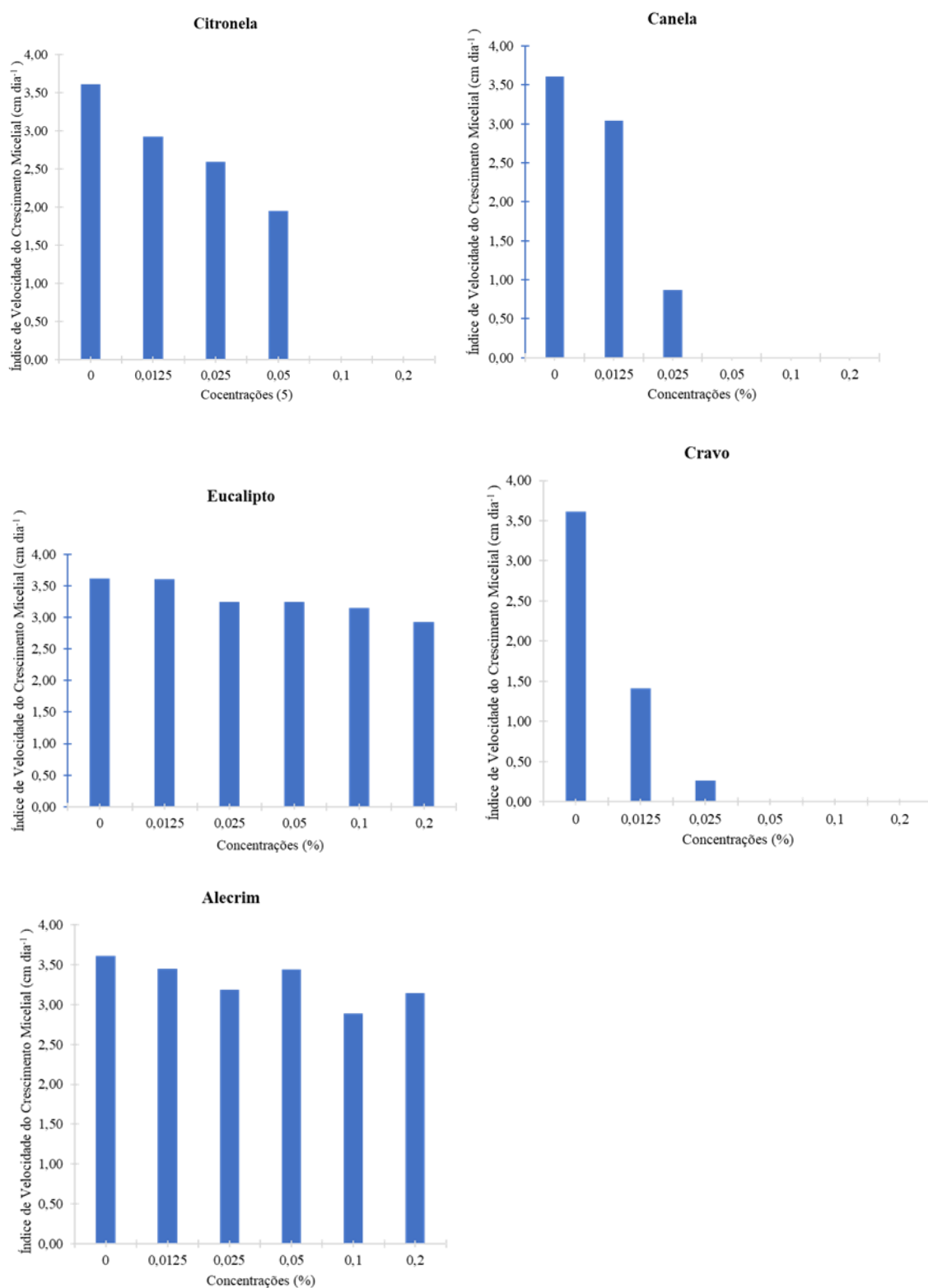
ÓLEOS	CONCENTRAÇÕES (%)				
	0,0125	0,025	0,05	0,1	0,2
Eucalipto	12,20 dB	21,01 dAB	20,91 cAB	23,21 bAB	28,87 bA
Canela	25,82 bcC	78,78 bB	100,00 aA	100,00 aA	100,00 aA
Citronela	28,78 bC	36,83 cC	52,40 bB	100,00 aA	100,00 aA
Cravo	65,58 aB	93,73 aA	100,00 aA	100,00 aA	100,00 aA
Alecrim	15,92 cdB	22,16 dAB	16,10 cB	29,48 bA	23,33 bAB
CV%					11,88

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey.

Fonte: elaborada pelo autor.

Os resultados obtidos com o índice de velocidade do crescimento expuseram que os óleos essenciais testados promoveram uma mudança no comportamento do crescimento fúngico, tendo como referência o desenvolvimento da testemunha e sua diferença estatística com os tratamentos (Figura 3).

Figura 3. Índice de Velocidade de Crescimento Micelial (IVCM) de *Colletotrichum brevisporum* para o óleo de Citronela, Canela, Eucalipto, Cravo e Alecrim.



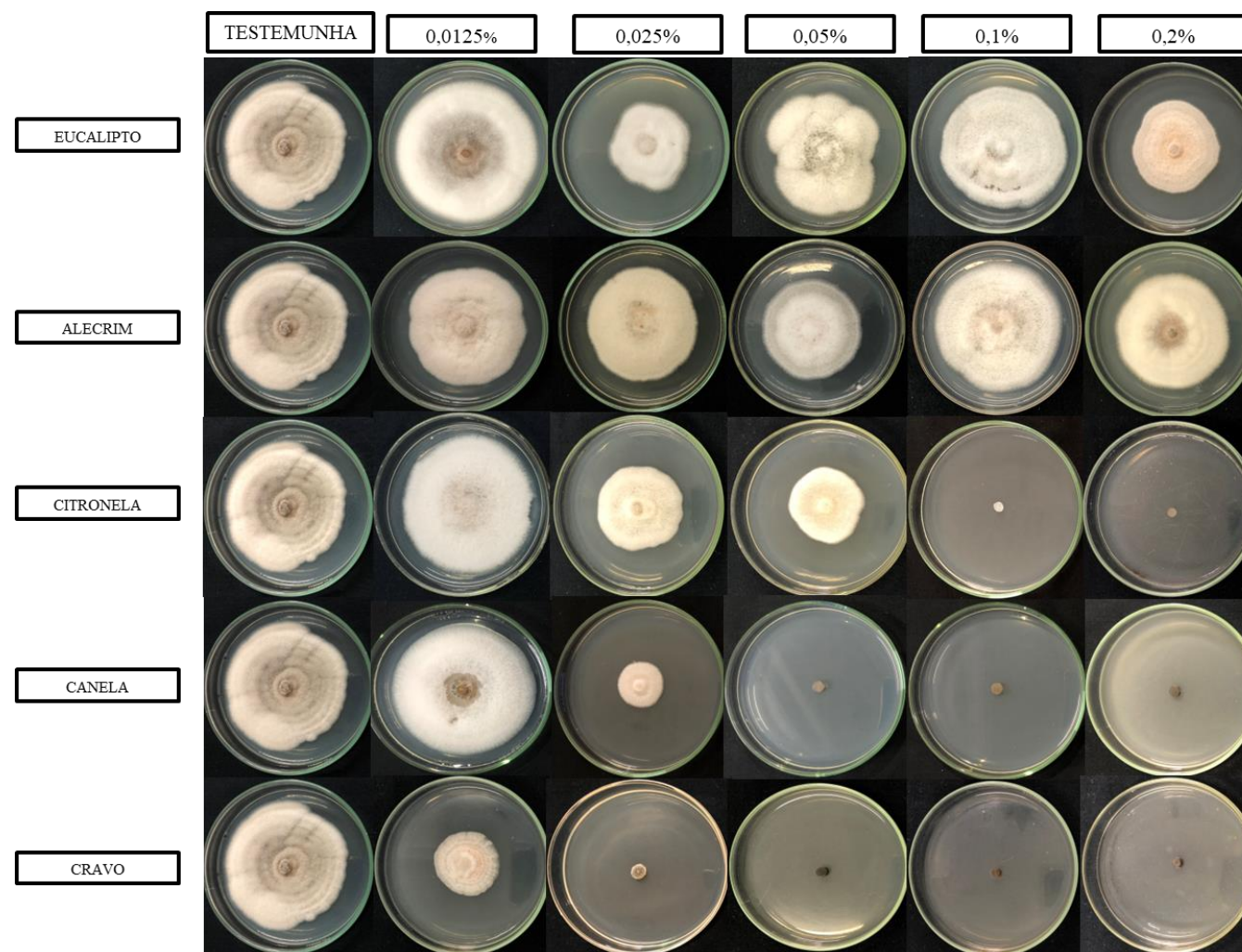
Fonte: elaborada pelo autor.

Três concentrações de canela da china (0,05%, 0,1% e 0,2%) promoveram uma redução total no IVCm de *C. brevisporum* diferindo estatisticamente das concentrações 0,125% e 0,025%, embora a de 0,025% tenha apresentado uma redução considerável quando comparada a testemunha. A menor concentração testada também diferiu estatisticamente da testemunha, ainda que também tenha diferido das outras concentrações pesquisadas para esse óleo. Com isso, é possível observar uma alta sensibilidade de *Colletotrichum brevisporum* aos compostos presentes nesse óleo essencial, com uma resposta diretamente proporcional ao aumento das concentrações. dia⁻¹

Os óleos de alecrim e eucalipto apresentaram as menores reduções do IVCm do patógeno. As concentrações de 0,2% e 0,1% diferiram estatisticamente da testemunha para os óleos de eucalipto e alecrim, respectivamente. No entanto não diferiram da testemunha quando houve elevação da concentração. Ambos não diferiram entre si nas concentrações testadas.

O óleo de citronela, na concentração de 0,0125%, apresentou redução do IVCm de *C. brevisporum* e diferença estatística da testemunha. Nas concentrações de 0,025% e 0,05% essa redução foi melhor evidenciada, ocorrendo uma inibição completa em 0,1% e 0,2% (Figura 4).

Figura 4. Desenvolvimento micelial de *C. brevisporum* nas 5 concentrações dos óleos essenciais testados e da testemunha.



Fonte: elaborada pelo autor.

O óleo de cravo, melhor no controle do patógeno, apresentou diferença estatística da testemunha na concentração de 0,0125%, obtendo uma maior redução do índice de velocidade do crescimento micelial com 0,025%, tendo uma completa redução do IVCm em 0,05%, 0,1% e 0,2% (Tabela 3).

Tabela 3. Índice de Velocidade de Crescimento Micelial (IVCM) sob efeito das diferentes concentrações dos óleos essenciais sobre *Colletotrichum brevisporum*.

ÓLEOS	CONCENTRAÇÕES (%)					
	0	0,0125	0,025	0,05	0,1	0,2
Eucalipto	3,61 aA	3,60 aA	3,24 aAB	3,24 aAB	3,15 aAB	2,92 aB
Canela	3,61 aA	3,04 bcB	0,87 cC	0,00 cD	0,00 bD	0,00 bD
Citronela	3,61 aA	2,92 cB	2,59 bB	1,95 bC	0,00 bD	0,00 bD
Cravo	3,61 aA	1,41 dB	0,26 dC	0,00 cC	0,00 bC	0,00 bC
Alecrim	3,61 aA	3,45 abA	3,19 aAB	3,44 aA	2,89 aB	3,14 aAB
CV%	14,04					

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey.

Fonte: elaborada pelo autor.

4.2 Efeito fungistático ou fungitóxico dos óleos essenciais

Quando as concentrações que apresentaram 100% de inibição do crescimento de *C. brevisporum* foram submetidas ao teste de verificação da atividade fungistática ou fungitóxica, onde constatou-se que os óleos de canela da china e cravo folhas apresentaram efeitos fungitóxicos em todas as concentrações inibindo completamente o desenvolvimento micelial do patógeno (Tabela 4). Já os discos repicados do tratamento nas concentrações de 0,1% e 0,2% do óleo de citronela retomaram seu crescimento, revelando que possuem apenas efeito fungistático sobre o patógeno (Figura 5).

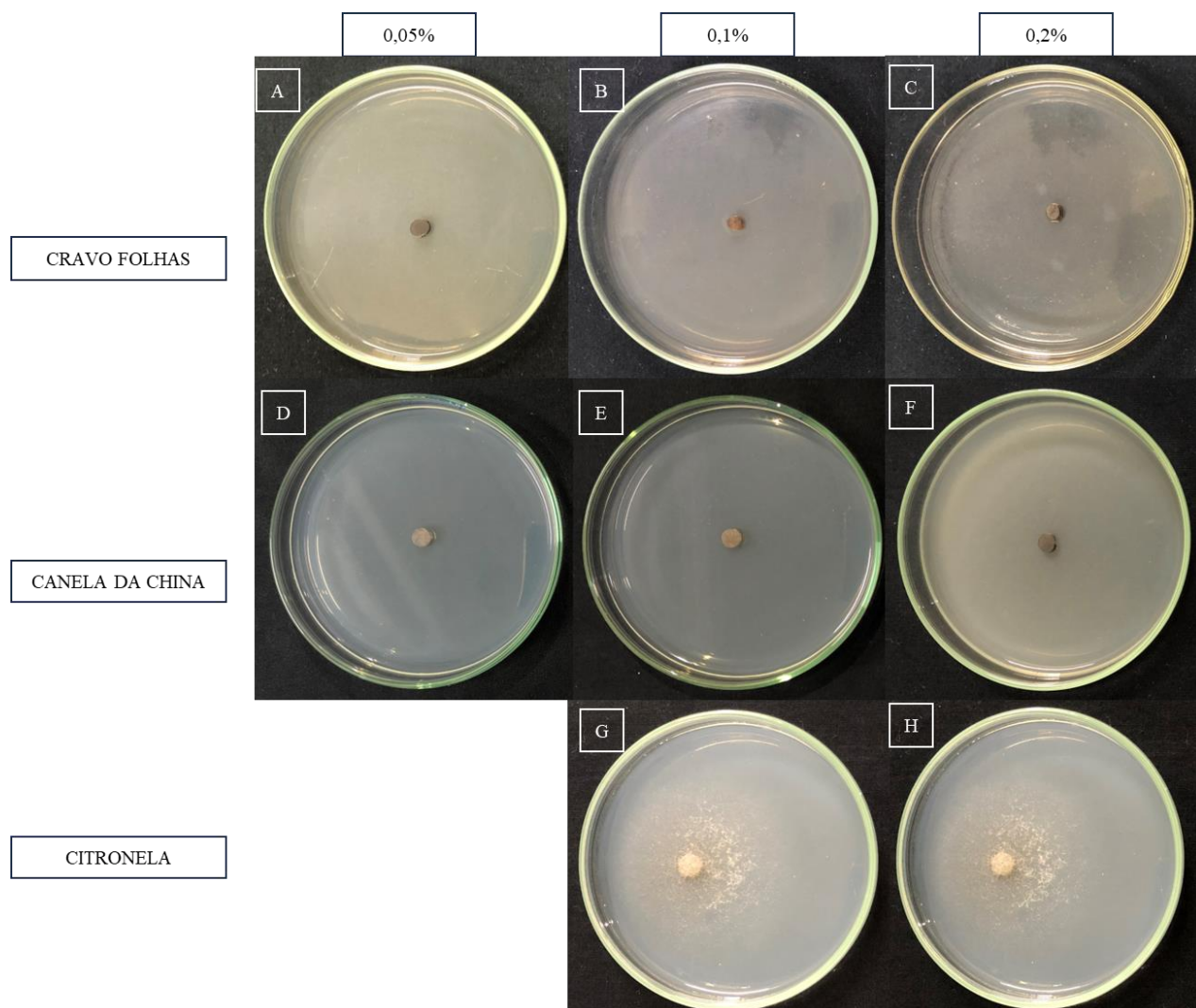
Tabela 4. Efeito fungistático e fungitóxico das concentrações que apresentaram 100% de inibição do crescimento de *Colletotrichum brevisporum*.

ÓLEOS	CONCENTRAÇÕES (%)				
	0,0125	0,025	0,05	0,1	0,2
Eucalipto	*	*	*	*	*
Canela	*	*	Fungitóxico	Fungitóxico	Fungitóxico
Citronela	*	*	*	Fungistático	Fungistático
Cravo	*	*	Fungitóxico	Fungitóxico	Fungitóxico
Alecrim	*	*	*	*	*

(*) Concentrações que não inibiram 100% do crescimento micelial.

Fonte: elaborada pelo autor.

Figura 5. Efeito fungistático ou fungitóxico dos óleos de cravo folha, canela da china e citronela sobre *Colletotrichum brevisporum*.



Fonte: elaborada pelo autor.

5 DISCUSSÃO

O desempenho do óleo de citronela apresentando 100% de inibição nas contrações de 0,1% e 0,2% no presente trabalho, mantem concordância com os resultados obtidos por Peixinho et al. (2017), em trabalho com óleos essenciais para controle de *Lasiodiplodia theobromae* em cachos de videira cv. Itália (*Vitis vinifera* L.), mas encontrando PIC de apenas 35,6% para o óleo de cravo, resultado que contrasta com os dados obtidos neste trabalho, visto que no presente estudo o óleo de cravo em concentrações de 0,1% e 0,2% obteve 100% de controle do crescimento micelial do patógeno.

O tratamento com óleo de cravo provocou várias alterações morfológicas em *R. solani*, *F. oxysporum*, *F. solani* e *M. phaseolina* como presença de vacúolos e desorganização nos conteúdos celulares, redução na nitidez da parede celular, intensa fragmentação das hifas e uma menor turgência, indicando uma possível degeneração celular (COSTA et al., 2011). Dessa forma, é possível entender o modo de ação do óleo essencial de cravo sobre *C. brevisporum*, demonstrando que compostos presentes apresentaram característica fungicida, visto que o patógeno não retomou seu crescimento durante o tempo de observação do teste de efeito fungistático ou fungitóxico.

O baixo desempenho do óleo de eucalipto no controle de *Colletotrichum brevisporum*, nas concentrações testadas neste trabalho, já foram relatados por Souza (2012), em estudos para controle *in vitro* de *Colletotrichum gloeosporioides* isolado de pimeta. A capacidade de inibição do crescimento do patógeno foi visualizada a partir da concentração de 0,8%, tendo inibição completa para 1%, sendo um indicativo de que a elevação da quantidade de óleo pode contribuir para encontrar uma maior eficiência na redução do crescimento micelial de *C. brevisporum*.

O presente estudo demonstrou que o isolado de *C. brevisporum* possui baixa sensibilidade aos compostos presentes no óleo de eucalipto. Estes dados contrastam com os obtidos por Vilela (2007), que descreveu que o óleo essencial de *Eucalyptus globulus* tem eficiência na inibição de *Aspergillus flavus* e *Aspergillus parasiticus*, mas que o composto encontrado em maior quantidade no óleo, 1,8 – cineol, não obteve os mesmos níveis de eficiência de controle obtidos com o óleo essencial. Esse resultado sugere que a propriedade fungicida buscada nesse controle alternativo não fica restrita ao elemento que predomina no óleo, mas sim, na atuação simultânea dessas substâncias.

Embora o óleo de alecrim tenha apresentado uma baixa taxa de inibição para essa espécie do gênero *Colletotrichum*, sendo seu melhor percentual de controle 29,48%, Hillen et al. (2012),

demonstraram que *Rosmarinus officinalis* teve um grande potencial de inibição para *Alternaria carthami*, *Alternaria* sp. e *Rhizoctonia solani*, a partir de alíquotas 200 µL adicionadas em placas de Petri com 20 ml do meio de cultura. Estes resultados que a espécie *C. brevisporum* tem uma baixa sensibilidade aos compostos presentes nesse óleo essencial ou que um ajuste nas concentrações trabalhadas possa fornecer dados mais promissores para essa substância natural.

O desempenho do óleo de *Cinnamomum zeylanicum*, encontrado em outros trabalhos para controle de espécies do gênero *Colletotrichum*, confirma o potencial da canela no controle desse patógeno. Souza et al. (2019) observaram que, o óleo de canela teve alta eficiência na inibição completa de *Colletotrichum gloeosporioides*, tendo reduzido completamente o crescimento micelial em concentração de 800 µL.L⁻¹ nos teste *in vitro*.

A obtenção de resultados promissores, no presente estudo, ao utilizar o óleo de canela da china (*C. cassia*) como forma de controle para *C. brevisporum*, evidencia que o gênero *Cinnamomum* tem uma grande capacidade de fornecer compostos para desempenharem atividade sobre importantes fitopatógenos. A presença de (E) – cinamaldeído, composto majoritário de *Cinnamomum cassia* (NASCIMENTO, 2020) e *Cinnamomum zeylanicum* (ANDRADE et al., 2012), sugere que *C. brevisporum* tem sensibilidade elevada para esse composto, ainda que os dados do IVCM possam ter contribuição também das outras substâncias presentes nesse óleo essencial.

Importante destacar que o presente estudo demonstrou que o óleo de cravo apresentou alta capacidade de alterar o desenvolvimento normal do patógeno. Araújo et al. (2018), em trabalho com *Colletotrichum* spp. isolados de banana e manga, observou que os óleos de eucalipto, alecrim e cravo apresentaram capacidade de controlar *C. musae*, mas relatando que para *C. gloeosporioides* os extratos de canela, citronela e cravo não demonstraram capacidade fungicida, dados que contrastam com os resultados obtidos para *C. brevisporum*.

6 CONCLUSÃO

- Os óleos de citronela, canela e cravo tiveram uma alta eficiência contra o crescimento de *Colletotrichum brevisporum*.
- Os óleos essenciais de canela e cravo apresentaram ação fungitóxica, e o óleo de citronela ação fungistática.
- As concentrações 0,1% e 0,2% demonstraram maior controle para *C. brevisporum*.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os óleos essenciais de Cravo, Canela e Citronela conseguiram controlar 100% do crescimento micelial de *Colletotrichum brevisporum*, indicando uma necessidade de conduzir estudos em ambientes de cultivo controlado (casa de vegetação) para verificar se essas substâncias conseguem manter sua capacidade antifúngica na prevenção e/ou controle da antracnose no maracujazeiro.

O índice de velocidade de crescimento micelial foi significativamente afetado pela ação dos diferentes óleos essenciais nas cinco concentrações testadas, sendo mais evidente para o óleo de citronela, canela da china e cravo.

As substâncias que compõem o óleo essencial de citronela demonstraram que sua ação sobre *Colletotrichum brevisporum* é proporcionada durante seu contato com as estruturas do patógeno. Já as ações dos óleos de canela e cravo são definitivas ao interagirem com as estruturas do agente causal da antracnose em maracujazeiro.

8 REFERÊNCIAS

- AGUIAR, R.S. et al. Produção e qualidade de frutos híbridos de maracujazeiro-amarelo no norte do Paraná. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, n. 1, p. 130-137, 2015.
- AGROFIT. Sistemas de agrotóxicos fitossanitários. Disponível em: <https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 13 de mar. 2024.
- ANDRADE, M.A. et al. Óleos essenciais de *Cymbopogon nardus*, *Cinnamomum zeylanicum* e *Zingiber officinale*: composição, atividades antioxidante e antibacteriana. *Revista Ciência Agronômica*, v. 43, p. 399-408, 2012.
- ARAÚJO, A.C. de; TOLEDO, E.D.; OLIVEIRA, W.R.S. de. Produtos alternativos no controle de *Colletotrichum* spp. isolados de manga e banana. **Científic@ Multidisciplinary Journal**, v. 5, n. 3, p. 104-112, 2018.
- AYRES, M.I. da C. et al. Defensivos naturais: manejo alternativo para pragas e doenças. Manaus: **Editora INPA**, 2020.
- BERNACCI, L.C. et al. 2005. Espécies de maracujá: caracterização e conservação da biodiversidade. Pp. 559-586. In: FALEIRO, F.G.; JUNQUEIRA, N.T.V.; BRAGA, M.F. (Eds.) **Maracujá: germoplasma e melhoramento genético**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados.
- BULHÕES, C.C.; MELO, I.S.; SHIOMI, H.F. Biocontrole da antracnose em frutos de maracujá amarelo por bactérias antagonistas a fitopatógenos. **Sci. Elec. Arch.** Vol. 12 (4), ago. 2019.
- BUENO, P.C.P. Desenvolvimento e validação de metodologia analítica em cromatografia gasosa para o controle de qualidade de *Eucalyptus globulus* e seus produtos: planta desidratada, extratos, óleo essencial e xarope de eucalipto. 2007. 102 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) - Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, SP, 2007.
- CAI, L. et al. A polyphasic approach for studying *Colletotrichum*. **Fungal Divers**, v. 39, p. 183–204, 2009.
- CANNON, P.F. et al. *Colletotrichum*-current status and future directions. **Studies Mycology** v. 73, p. 181–213, 2012.
- CARRÉRA, J.C. et al. Espécies de *Lamiaceae* (*Labiatae*) mais utilizadas na medicina popular do estado do Pará. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 66., 2015, Santos. Botânica em transformação: livro de resumos. Brasília, DF: **Sociedade Botânica do Brasil**, 2015.
- CAVICHIOLO, J.C.; MELETTI, L.M.M.; NARITA, N. Aspectos da cultura do maracujazeiro no Brasil. **TodaFruta**, Jaboticabal-SP, 11p, 2018.
- COSTA, A.R.T. et al. Ação do óleo essencial de *Syzygium aromaticum* (L.) Merr. & LM Perry sobre as hifas de alguns fungos fitopatogênicos. **Revista brasileira de plantas medicinais**, v. 13, p. 240-245, 2011.
- DEAN, R. et al. The Top 10 fungal pathogens in molecular plant pathology. **Molecular Plant Pathology**, v. 13 (4), p. 414-430, 2012.

DORAN, J.C. Commercial sources, uses, formation, and biology. In: BOLAND, D.J.; BROPHY, J.J.; HOUSE, A.P.N. **Eucalyptus leaf oils: use, chemistry, distillation and marketing**. Melbourne: Inkata, p.11-28, 1991.

DIAS, M.S.C. Principais doenças fúngicas e bacterianas do maracujazeiro. **Informe Agropecuário**, v. 21, n. 206, p. 34-38, 2000.

DIAS-ARIEIRA, C.R. et al. Atividade do óleo de *Eucalyptus citriodora* e *Azadirachta indica* no controle de *Colletotrichum acutatum* em morangueiro. **Summa phytopathologica**, v. 36, p. 228-232, 2010.

DE JESUS, O.N.; FALEIRO, F.G. Classificação botânica e biodiversidade. 2016. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1063217/1/Classificacaobotanicaebiodiversidade.pdf>. Acesso em: 10 de mar. 2024.

DOYLE, V.P. et al. Habitat and host indicate lineage identity in *Colletotrichum gloeosporioides*. I. from wild and agricultural landscape in North America. **PLoS ONE**, v. 8(5), p.1–21, 2013.

FALEIRO, F.G. Maracujá: fruta nativa do Brasil para o mundo. Campos & Negócios: Anuário HF, p. 79-81, 2022.

FALEIRO, F.G. et al. Maracujá. 2017

FERREIRA, C.F. et al. Óleos essenciais e eugenol no controle *in vitro* de fungos fitopatogênicos de pós-colheita. **Revista Biociências**, v.26, n.2, p. 1-12, 2020.

FIGUEIREDO, A.R. de; SILVA, L.R. da.; MORAIS, L.A.S. de. Bioatividade do óleo essencial de *Eugenia caryophyllus* sobre *Cladosporium herbarum*, agente etiológico da verrugose em maracujá. **Scientia Plena**, v.17, n. 2. p. 8, 2021.

FONSECA, M.C.M. et al. Potencial de óleos essenciais de plantas medicinais no controle de fitopatógenos. **Rev. Bras. Pl. Med.**, Campinas, v.17, n.1, p.45-50, 2015.

FRAGOSO, D.B. et al. Inseticide use and organophosphate resistance in the coffee leaf miner *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae). **Bulletin of Entomological Research**, v. 92, p. 203-212, 2002.

HILLEN, T. et al. Atividade antimicrobiana de óleos essenciais no controle de alguns fitopatógenos fúngicos *in vitro* e no tratamento de sementes. **Rev. Bras. Pl. Med.**, Botucatu, v.14, n.3, p.439-445, 2012.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Produção de maracujá. 2022. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/maracuja/br>>. Acesso em: 10 de mar. 2024.

JAYAWARDENA, R.S. et al. *Colletotrichum*: lifestyles, biology, morpho-species, species complexes and accepted species. **Mycosphere**, v. 12, p. 519–669, 2021.

KIMATI, H. Controle químico. In: AMORIM, L.; REZENDE, J.A.M.; BERGAMIN FILHO, A. **Manual de fitopatologia: Princípios e conceitos**. (ed.). São Paulo: Agronômica ceres, 2011.

LIMA, M. da Paz. Et al. Constituintes voláteis das folhas e dos galhos de *Cinnamomum zeylanicum* Blume (*Lauraceae*). **Acta amazônica**, v. 35, p. 363-366, 2005.

LIU, F. et al. Updating species diversity of *Colletotrichum*, with a phylogenomic overview. **Studies in Mycology**, v. 101, p. 1–56, 2022.

LOPES, J. dos S. Aplicação de técnicas espectroscópicas e métodos quimiométricos na diferenciação de canela verdadeira e canela falsa. 2021. 50f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos). Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, BA, 2021.

LOPES, C.A.; ÁVILA, A.C. **Doenças do pimentão**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2003, 96pp.

MARTINS, I. et al. Potencial de *Trichoderma* Spp. como agente de controle biológico da Antracnose em Maracujazeiro-Amarelo. 2007.

MILWARD-DE-AZEVEDO, M.A. Histórico de *passiflora* L. com enfoque no subgênero decaloba (dc.) Rchb. (*passifloraceae sensu stricto*). **Diversidade e Gestão**, v.2, n.1, p.36-45, 2018.

MORAIS, L.A.S. de. Óleos Essenciais no Controle de Fitossanitário. Embrapa Meio Ambiente. 2009.

MOTA, J.C.O.; PESSOA, M.N.G. Utilização de óleo essencial e extrato foliar de *Lippia sidoides* Cham. no controle de fungos de sementes de graviola. In: Resumos Expandidos, 36. Congresso Brasileiro de Fitopatologia, Manejo Integrado de Doenças de Plantas, Uberlândia, MG. 2003. CD-ROM.

NASCIMENTO, C.B. Bioatividade de óleos essenciais de *Citrus* spp. e *Cinnamomum* spp. e nanoemulsões de *Cinnamomum cassia* contra *Alphitobius diaperinus*. 2020. 50f. Dissertação (Mestrado em Conservação e Manejo de Recursos Naturais). Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, PR, 2020.

OLIVEIRA JUNIOR, L.F.G. et al. Efeito fungitóxico do óleo essencial de aroeira da praia (*Schinus terebinthifolius* RADDI) sobre *Colletotrichum gloeosporioides*. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 15, p. 150-157, 2013.

PEIXINHO, G.S.; RIBEIRO, V.G.; AMORIM, E.P.R. Controle da Podridão seca (*Lasiodiplodia theobromae*) em cachos de videira cv. Itália por óleos essenciais e quitosana. **Summa Phytopathologica**, v.43, n.1, p.26-31, 2017.

PERUCH, L.A.M.; COLARICCIO, A.; BATISTA, D. da C. Controle de doenças do maracujazeiro: situação atual e perspectivas. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v.31, n.1, p.37-40, jan./abr. 2018.

PIO-RIBEIRO, G.; MARIANO, R.L.R. Doenças do maracujazeiro. In: KIMATI, H. et al. Manual de Fitopatologia. (3 ed). São Paulo: **Agronômica Ceres**, 1997.

PRINS, C.L.; LEMOS, C.S.L.; FREITAS, S.P. Efeito do tempo de extração sobre a composição e o rendimento do óleo essencial de alecrim (*Rosmarinus officinalis*). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 8, n. 4, p. 92-95, 2006.

QUINET, Alexandre. Sinopse taxonômica da família *Lauraceae* no Estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Acta botanica brasílica**, v. 19, p. 563-572, 2005.

REITER, J. M.W. Instituto de planejamento e economia agrícola de Santa Catarina. Maracujá. Florianópolis, 69p, 1998.

- ROHWER, J.G. *Lauraceae*. Pp. 366-391. In: K. Kubitzki; J.G. Rohwer & V. Bittrich (eds.). **The Families and Genera of Vascular Plants**. v.2. Berlin, Springer-Verlag. 1993.
- RUGGIERO, C.; DURII, J.F.; GOES, A.de; et al. In: RUGGIERO, C. (Ed). **Maracujá: do plantio a colheita**. Jaboticabal: FCAV: SBF. 1998. 388 p.
- SÃO JOSÉ, A.R. Controle fitossanitário do maracujá. 2015. Disponível em: <<https://revistacampoenegocios.com.br/controle-fitossanitario-do-maracuja/>>. Acesso em: 11 de mar. 2024.
- SÃO JOSÉ, A.R. et al. Maracujá – Práticas de cultivo e comercialização. Vitória da Conquista, Ba, DFZ/UESB. 79p. 2000.
- SAITO, M.L.; SCRAMIN, S. Plantas aromáticas e seu uso na agricultura. Jaguariúna. Embrapa Meio Ambiente. 2000.
- SIMÕES, C.M.O.; SPITZER, V. Óleos voláteis. In: Simões, C.M.O. et al. Farmacognosia: da planta ao medicamento. Porto Alegre. **Ed. da UFRGS**; Florianópolis. Ed. da UFSC. 1999. pp. 387-415.
- SILVA, J.R.A.; et al. Molecular and Morpho-cultural Characterization of *Colletotrichum* spp. associated With Anthracnose on *Capsicum* spp. in Northeastern Brazil. **Tropical Plant Pathology** (2017).
- SILVA, A.F.; SANTOS, A.P. dos.; RABELO, M.F.R. Identificação botânica das plantas medicinais. **Plantas medicinais e aromáticas**, 2010.
- SILVA, F. de.A.S.e; AZEVEDO, C.A.V. de. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. *African Journal of Agricultural Research*, v. 11, n. 39, p. 3733-3740, 2016.
- SILVA, J.L. et al. *Colletotrichum* species associated with anthracnose in passion fruit in Brazil. **Diversitas Journal**, v. 7, n. 3, p. 1205-1224, 2022.
- LIMA, T.S. et al. Essential oil of clove (*Syzygium aromaticum*) to control *Sclerotium rolfsii* in vitro. **Revista Agro@ mbiente On-line**, v. 16, 2022.
- SOUSA, R.M.S.; SERRA, I.M.R.S; MELO, T.A. Efeito de óleos essenciais como alternativa no controle de *Colletotrichum gloeosporioides*, em pimenta. **Summa Phytopathologica**, v.38, n.1, p.42-47, 2012.
- SOUZA, A.C.de.; VIEIRA, G.H.C.; NEVES, L.M. Uso de óleos essenciais no controle de *Colletotrichum gloeosporioides* causador da antracnose no caju. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer – Goiânia, v.16 n.29; p.1709. 2019.
- SOUZA, A.A. et al. Composição química e concentração mínima bactericida de dezesseis óleos essenciais sobre *Escherichia coli* enterotoxigênica. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 18, p. 105-112, 2016.
- SOUZA JÚNIOR, I.T.; SALES, N.L.P.; MARTINS, E.R. Efeito fungitóxico de óleos essenciais sobre *Colletotrichum gloeosporioides*, isolado do maracujazeiro amarelo. **Biotemas**, v. 22, n. 3, p. 77-83, 2009.
- SCHERER, R. et al. Composição e atividades antioxidante e antimicrobiana dos óleos essenciais de cravo-da-índia, citronela e palmarosa. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 11, p. 442-449, 2009.

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

TOMAZ, A. Planejamento é fundamental para o sucesso no cultivo do maracujá. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.33, n.269. p.4-5, 2012.

VITTI, A.M.S.; BRITO, J.O. Óleo essencial de eucalipto. **Documentos florestais**, v. 17, n. 3, p. 1-26, 2003.

VIANA, F.M.P. et al. Principais doenças do maracujazeiro na Região Nordeste e seu controle. 2003.

VILELA, Georgia Rocha. Efeito do óleo essencial de *Eucalyptus globulus* sobre espécies produtoras de aflatoxinas. 2007. 64f. Dissertação (Mestrado em Ciências). Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 2007.