

Óleo essencial de guaçatonga no controle alternativo de fungos causadores do mofo cinzento e alternarioses

Guaçatonga essential oil in alternative control of gray mold and alternarioses fungi

Andréia Mara Rotta de Oliveira^{1*}, Amanda Pezzi², Magnólia Silva da Silva³

¹Secretaria da Agricultura, Pecuária, produção Sustentável e Irrigação (SEAPI-RS), Porto Alegre, RS, Brasil.

²Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, RS, Brasil.

³Departamento de Horticultura e Silvicultura, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Av. Bento Gonçalves, 7712, CEP 91540-000, Porto Alegre, RS, Brasil.

*autor correspondente

✉ andrea-oliveira@agricultura.rs.gov.br

RESUMO: O mofo cinzento e as alternarioses são causados pelo *Botrytis cinerea* e o *Alternaria* spp, respectivamente. São doenças comuns e limitantes para o cultivo de muitas espécies, incluindo para hortaliças, frutíferas e ornamentais. Estudos têm demonstrado as propriedades fungicidas dos óleos essenciais (OE) contra fitopatógenos, podendo ser uma alternativa ao uso de agrotóxicos. O objetivo da presente pesquisa foi avaliar o efeito fungicida in vitro do óleo essencial da guaçatonga (*Casearia sylvestris*), sobre o crescimento de *Botrytis cinerea*, *Alternaria alternata*, *Alternaria radicina* e *Alternaria brassicicola*. O OE de três acessos da guaçatonga foi extraído por hidrodestilação e a composição química determinada por GC-EM. Para o teste in vitro o OE foi adicionado ao meio de cultura BDA (Batata-Dextrose-Ágar) nas concentrações finais de 0, 1,5% e 2,5%. Discos de meio de cultura contendo o micélio de cada um dos fungos foram colocados no centro de cada placa de Petri com meio BDA e incubadas em condições controladas. Os perfis químicos indicaram que o biciclogermacreno, o β -elemeno, o trans-cariofileno e o γ -elemeno, estão presentes de forma majoritária no OE de guaçatonga. O óleo essencial na concentração de 1,5% apresentou efeito fungistático, reduzindo o desenvolvimento micelial e diminuindo em 80% o crescimento das colônias de *A. alternata*, 81% de *A. radicina*, 90% para *A. brassicicola*, e 94% para *B. cinerea*. Na concentração de 2,5% o óleo teve ação fungicida para todos os fungos analisados. Os resultados indicam que o óleo essencial da guaçatonga tem potencial para uso no controle biológico destes fitopatógenos.

PALAVRAS-CHAVE: Controle biológico, *Casearia sylvestris*, *Botrytis cinerea*, *Alternaria alternata*, *Alternaria radicina*, *Alternaria brassicicola*.

ABSTRACT: *Botrytis cinerea* and *Alternaria* spp., which cause gray mold and alternariosis, respectively, are frequent and constricting diseases for the cultivation of many species, particularly vegetables. Studies have demonstrated the fungicidal properties of essential oils (EO) against phytopathogens, which may be an alternative to the use of pesticides. The present work aimed to evaluate the fungicidal effect of the guaçatonga (*Casearia sylvestris*) essential oil on the mycelial growth of *Botrytis cinerea*, *Alternaria alternata*, *A. radicina*, and *A. brassicicola*. The essential oil of three accessions of guaçatonga was extracted by hydrodistillation, and the chemical composition of the oils was determined by GC-MS. For the in vitro test, EO was added to the PDA (Potato-Dextrose-Agar) culture medium at final concentrations of 0, 1.5%, and 2.5%. Culture medium discs containing the mycelium of each of the fungi were placed in the center of each Petri dish with PDA medium and incubated under controlled conditions. The chemical profiles indicated that biciclogermacrene, β -elemene, trans-caryophyllene, and γ -elemene are present mostly in the EO of guaçatonga. The essential oil at a concentration of 1.5% showed a fungistatic effect, reducing mycelial development and decreasing colony growth by 80% for *A. alternata*, 81% for *A. radicina*, 90% for *A. brassicicola*, and 94% for *B. cinerea*. At a concentration of 2.5%, the oil had fungicidal action against all the analyzed fungi. The results indicate the potential use of the essential oil of guaçatonga as a biological control agent against these phytopathogens.

KEYWORDS: Biological control, *Casearia sylvestris*, *Botrytis cinerea*, *Alternaria alternata*, *A. radicina*, *A. brassicicola*.

Introdução

Fungos dos gêneros *Botrytis* e *Alternaria* causam, respectivamente, as doenças conhecidas por mofo cinzento e alternariose. Estas doenças são frequentes e altamente destrutivas para hortaliças, frutíferas, ornamentais, cereais entre outros grupos de plantas (LAWRENCE; ROTONDO; GANNIBAL, 2016; MATIĆ et al., 2020).

O *Botrytis cinerea* é um fungo altamente polígrafo, causando mofo cinzento em mais de 1400 hospedeiros conhecidos, em 586 gêneros de plantas e 152 famílias botânicas (MERCIER et al., 2019), incluindo o tomateiro (PETRASCH et al., 2019a), o morangueiro (PETRASCH et al., 2019b), a videira (LATORRE; EL FAR; FERRADA, 2015), entre outros. Afeta principalmente flores e frutos, mas também pode causar manchas foliares, apodrecimento de brotos, tombamento em plântulas, cancos em caules, pecíolos e hastes, bem como podridões em bulbos, colmos, rizomas, tubérculos e raízes. Apesar dos sintomas do mofo cinzento variarem em função do hospedeiro e do órgão afetado, são quase sempre caracterizados pela descoloração dos tecidos, pelo aspecto úmido e necrótico das lesões, e pela presença de um crescimento cotonoso acinzentado (conídios e conidióforos) sobre as áreas afetadas (TÖFOLI et al., 2010). O controle químico através da aplicação de fungicidas de diferentes grupos químicos ainda é a estratégia mais utilizada para o controle, entre os quais os benzimidazóis e dicarboximidas, que apresentam alto risco de selecionar estirpes resistentes (MAIA, et al., 2021), o que reforça a importância da busca de produtos alternativos para o controle do fungo.

Fungos do gênero *Alternaria* são transmitidos principalmente via semente (CORDEIRO et al., 2012; MAGALHÃES BARROSO et al., 2019) e podem infectar todos os órgãos do hospedeiro. Os sintomas se manifestam como manchas e podridões, se caracterizando pela redução da área foliar, não sendo rara a depreciação de frutos e tubérculos, além de morte de plantas com consequente redução da produção e qualidade (MICHEREFF et al., 2012). Entre as medidas de controle, o uso de fungicidas é uma prática recomendada, porém, muitas vezes são necessárias várias aplicações de fungicidas para a proteção das culturas afetadas por esses patógenos (TÖFOLI; DOMINGUES; FERRARI, 2015), já tendo sido constatadas populações resistentes a fungicidas com diferentes modos de ação para espécies de *Alternaria* (WANG et al., 2022).

A. alternata é atualmente considerada uma espécie cosmopolita com uma ampla gama de hospedeiros. Pode viver em simbiose assintomática como endófito, mas também é patogênica para muitas cultivares importantes (DeMERS, 2021). *A. alternata* é responsável pela doença conhecida como mancha marrom, podendo causar danos econômicos para a produção de batata, tomate e berinjela (JINDO et al., 2021). Além disso, foi a espécie de maior incidência registrada em sementes de cereais, hortaliças, frutíferas e ornamentais, segundo o estudo realizado por La Parte, Abreu-Fundora e Cantillo-Pérez (2021).

A. radicina é conhecida principalmente como um patógeno da cenoura, mas também é um patógeno importante para outras espécies da família Apiaceae, como o coentro e a salsa (PEDROSO, 2009; KATE et al., 2017). O fungo é transmitido através das sementes e responsável por doenças da raiz e da

coroa. Sob certas condições também pode causar crestamento foliar (TRIVEDI et al., 2009; PEDROSO et al., 2018).

A. brassicicola está entre as espécies mais comumente associadas à mancha de alternaria em brássicas no Brasil e no mundo, ocasionando grandes perdas econômicas. A doença pode ocorrer em qualquer fase de desenvolvimento da planta, inclusive em mudas ainda na sementeira ou recém-transplantadas (REIS et al., 2021).

As doenças fúngicas são uma grande ameaça à produção agrícola, e a aplicação de fungicidas muitas vezes é necessária para garantir a produção e a qualidade dos alimentos. Contudo, os fungicidas convencionais podem causar riscos e ser perigoso para uma ampla gama de organismos não-alvo, porque impactam processos biológicos básicos que não são exclusivos dos fungos (ZUBROD et al., 2019).

A busca de compostos seguros e eficazes a partir de fontes naturais, especialmente compostos derivados de plantas, tem sido incentivada nos últimos anos para uso na agricultura como alternativa ao emprego de produtos químicos tradicionais (ALONSO-GATO et al., 2021). Nesse sentido, o óleo essencial de diversas plantas tem mostrado resultados promissores no controle de invasoras (MALDANER et al. 2018), insetos (NEGRINI, et al., 2019; SILVA; FARIAS, 2020) e fitopatógenos (PEDROTTI et al., 2021).

A guaçatonga (*Casearia sylvestris*), também conhecida como erva-de-bugre ou cafezinho-do-mato, está entre as espécies vegetais brasileiras de uso medicinal, indicada para várias enfermidades humanas, e tem despertado grande interesse no ramo de fitoquímicos (FERREIRA et al., 2011). Na agricultura, a guaçatonga demonstrou ter efeito inseticida sobre o ácaro rajado *Tetranychus urticae* que ataca várias culturas (BECKER, 2008), além de reduzir o crescimento *in vitro* dos fungos deterioradores de madeira *Trametes villosa*, *Ganoderma australe* e *Pycnoporus sanguineus* (BENTO et al., 2016), apresentando também potencial como indutor de mecanismos de defesa das plantas (STENGER et al., 2021; VISMARA et al., 2022). Embora os resultados de estudos utilizando os extratos e o óleo essencial da planta sejam promissores, pesquisas para uso no controle de fitopatógenos ainda são raras.

Considerando a importância da busca de bioinsumos para a agricultura, esta pesquisa teve por objetivo determinar o efeito do óleo essencial da guaçatonga sobre o crescimento *in vitro* de *Botrytis cinerea*, *Alternaria alternata*, *Alternaria radicina* e *Alternaria brassicicola*, visando identificar o seu potencial de uso no controle das doenças causadas por esses patógenos.

Material e Métodos

As folhas da guaçatonga foram coletadas na Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) (S 30°04.245'; W 051°88.314'), no Jardim Botânico (S 30°05.0652'; W 051°17.6913') de Porto Alegre, RS, e na Estação Experimental Agronômica da UFRGS (S 30°06.470'; W 051°39.967') em Eldorado Sul, RS. O óleo essencial (OE) foi extraído por hidrodestilação em aparelho de *Clevenger* (GUENTHER, 1982). A determinação da composição química do óleo essencial foi realizada a partir de uma amostra composta

da mistura dos acessos coletados nos diferentes locais, conduzida em cromatógrafo gasoso acoplado a espectrômetro de massas (CG-EM, Shimadzu, QP- 5000) dotado de coluna capilar de sílica fundida OV-5 (30m x 0,25mm x 0,25 µm Ohio Valley Specialty Chemical, Inc.), operando por impacto de elétrons (70 eV.) com gás de arraste Hélio (1,0 mL/ min-1), injetor a 240°C, detector a 230°C, modo split 1/20 e gradiente de temperatura 60°C-240°C (3°C/ min-1). A identificação das substâncias foi efetuada através da comparação dos espectros de massas com o banco de dados do sistema CG-EM (Nist. 62:librar), com a literatura (Mc LAFFERTY; STAUFFER, 1989) e com o índice de retenção (ADAMS, 1995). Os índices de retenção (IR) das substâncias foram obtidos aplicando a equação de Van den Dool e Kratz (1963).

A metodologia para avaliação do efeito do OE sobre os fungos foi adaptada de Garcia et al. (2012). A solução do OE de *C. silvestris* para a realização dos ensaios foi preparada pela adição de 0,4 mL de uma mistura do óleo essencial de todos os acessos, 0,04 mL de Tween 20 e água, filtrado em membrana de 0,2 µm. O OE foi incorporado ao meio de cultura BDA (Batata-Dextrose e Ágar) esterilizado, em quantidade suficiente para a obtenção das concentrações finais de 1,5% e 2,5%. Um disco de micélio de 0,5 cm de diâmetro, retirado de colônias crescidas de cada uma das espécies dos fitopatógenos, foi repicado para o centro de cada placa, individualmente. O tratamento testemunha consistiu em placas contendo o meio BDA, sem a adição do OE, inoculadas com os fungos. A seguir as placas foram mantidas a 25°C ± 2, em câmara com fotoperíodo de 12 h luz. As avaliações foram realizadas sete dias após a instalação do experimento. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com três repetições por tratamento. A análise estatística dos resultados e o teste de comparação de médias pelo teste de Duncan foram realizados utilizando o *ASSISTAT* versão 7.7 beta (SILVA; AZEVEDO, 2016).

Resultados e Discussões

Os resultados obtidos neste estudo demonstraram que o óleo essencial da guaçatonga tem propriedades antifúngicas, reduzindo o crescimento do micélio dos quatro patógenos avaliados. Na concentração de 1,5% foi observada a redução do crescimento do diâmetro médio das colônias em 80% para *A. alternata*, 81% para *A. radicina*, 90% para *A. brassicicola* e 94% para *B. cinerea*, indicando a ação fungicida do

OE. A concentração de 2,5% teve ação fungicida, inibindo completamente o crescimento micelial de todos os fungos analisados (Figura 1). A análise estatística dos dados indicou diferenças significativas entre a testemunha e as concentrações de óleo testadas (Tabela 1).

Diferentes mecanismos de ação dos OEs podem estar envolvidos na inibição da atividade microbiana. Porém, o efeito citotóxico dos seus constituintes e a sua capacidade de romper a parede e a membrana celular parecem ser os principais modos de ação, e têm sido relatado por diversos autores (BURT, 2004; HYLDGAARD et al., 2012; NAZZARO et al., 2013). Terpenóis, álcoois e terpenos fenólicos na forma oxigenada aumentam consideravelmente a atividade antifúngica dos OEs (BASSOLÉ; JULIANI, 2012). Além disso, a natureza hidrofóbica dos OEs afeta a síntese de ergosterol presente na membrana plasmática do fungo. O ergosterol é responsável pela manutenção fluidez, viabilidade e integridade da membrana, auxiliando na síntese de diferentes enzimas de ligação da membrana (PEREIRA et al., 2015).

Garcia et al. (2019) avaliaram o potencial de compostos voláteis presentes no óleo essencial de pitanga, guaçatonga e melaleuca no controle de *B. cinerea*, tanto *in vitro* quanto inoculados nas bagas de uvas ‘Rubi’, verificando também a indução de resistência nos frutos. Os autores observaram que os compostos voláteis liberados pelos óleos essenciais reduziram os índices de velocidade de crescimento micelial de *B. cinerea* e da doença do mofo cinzento. Além disso, os tratamentos com voláteis do OE de pitanga e OE de guaçatonga ativaram mecanismos de indução de resistência desses frutos. Os autores sugerem que a presença de muroleno, cariofileno e germacreno B no OE da pitanga e da guaçatonga foram os responsáveis pela redução do mofo cinzento nas bagas de uva ‘Rubi’, uma vez que outros estudos demonstraram que videiras resistentes ao *Plasmopara viticola* liberam esses mesmos OE como forma de proteção (LAZAZZARA et al., 2018).

Em estudos realizados por Naruzawa e Papa (2011), utilizando o extrato aquoso e hidroetanólico da guaçatonga, foi constatada a inibição de 100% da germinação de esporos de *Corynespora cassiicola* e *Colletotrichum gloeosporioides*. Porém, nesse estudo, a utilização de extratos aquosos da planta em diferentes concentrações não inibiram o crescimento dos fungos testados (dados não apresentados).

Lima et al. (2016), avaliaram o efeito do OE de neem (*Azadirachta indica*) e de laranja (*Citrus sinensis*), nas

Tabela 1. Inibição do crescimento micelial (cm) de *A. alternata*, *A. radicina*, *A. brassicicola* e *B. cinerea*, nas concentrações de 1,5% e 2,5% de óleo essencial (OE) da guaçatonga.

% OE	Fitopatógenos			
	<i>C. Sylvestris</i>	<i>A. alternata</i>	<i>A. radicina</i>	<i>B. cinerea</i>
0		6,9 a	3,41 a	3,58 a
1,5		1,35 b	0,65 b	0,35 b
2,5		0 c	0 b	0 b
CV%		4,03	13,26	7,54
P>0,01		0,0001	0,0012	0,0001

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Duncan a 1%.

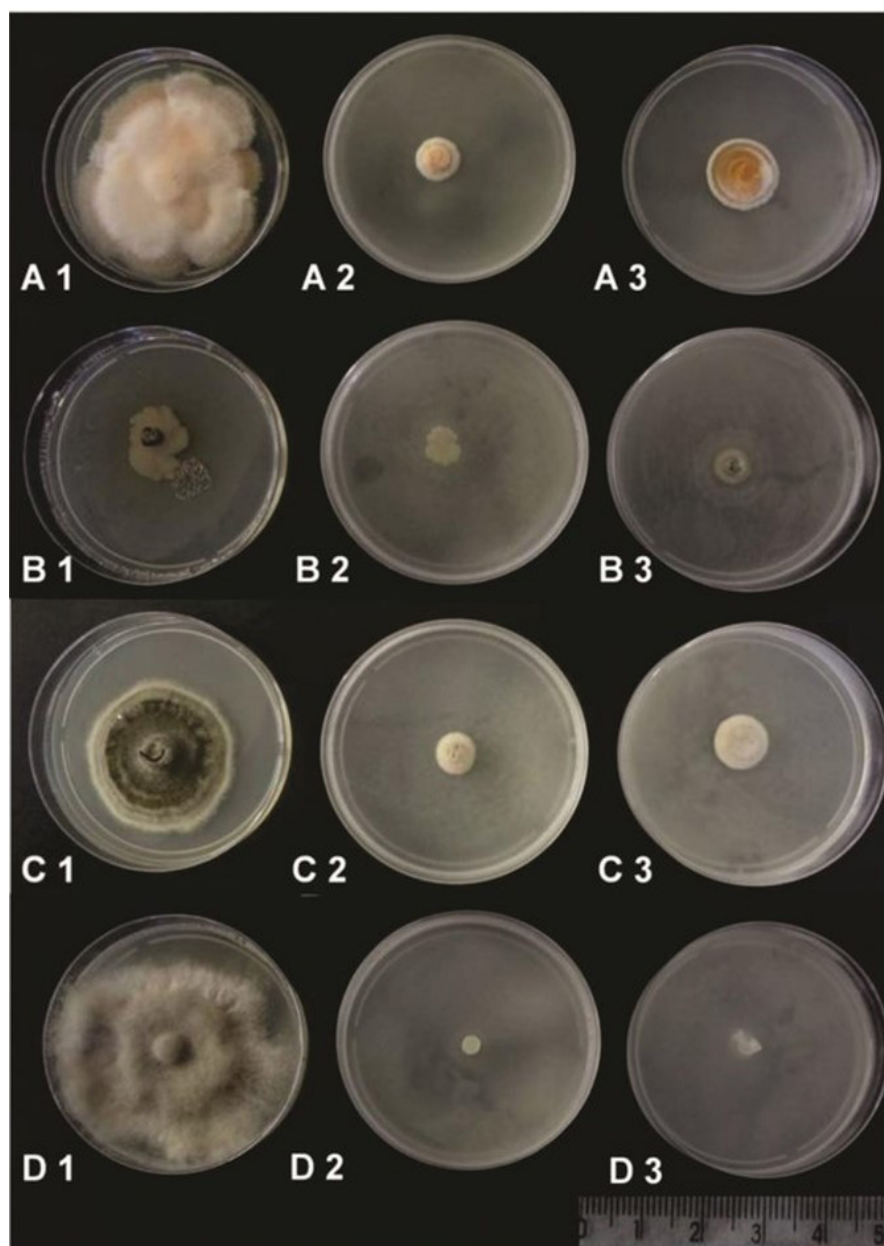


Figura 1. Efeito de diferentes concentrações do OE da guaçatonga sobre o crescimento micelial de *Alternaria* spp e *B. cinerea*, em meio BDA. (A) *A. alternata*, (B) *A. radicina*, (C) *A. brassicicola* e (D) *B. cinerea*. Placas controle contendo o meio BDA, sem adição do óleo essencial (A1, B1, C1 e D1); meio BDA e OE da guaçatonga nas concentrações de 1,5% (A2, B2, C2 e D2) e 2,5% (A3, B3, C3 e D3).

concentrações de 10, 20 e 30%, para controlar *A. alternata* e *A. dauci* em sementes de cenoura. Os autores constataram que o óleo essencial de laranja demonstrou potencial para o controle de ambas as espécies de *Alternaria*, visto que, quando usado na menor concentração, reduziu satisfatoriamente a incidência desses fungos, não apresentando efeito sobre a germinação e emergência de sementes de cenoura. Aslam et al. (2022) avaliaram o efeito do OE de oito espécies vegetais sobre o crescimento micelial de *A. alternata* e constataram que, em diferentes níveis, todos inibiram o crescimento das colônias do fungo. Entre as espécies de plantas analisadas, o tomilho (*Thymus vulgaris*) mostrou ser o mais eficiente. Os autores constataram que, em concentrações mais baixas (0,2 mg/mL e 0,4 mg/mL) do OE de

tomilho, *A. alternata* apresentou crescimento micelial fraco e hialino, sem esporulação, indicando o efeito fungistático do óleo em concentrações mais baixas. No entanto, em uma concentração maior (0,6 mg/mL), não houve crescimento adequado do fungo em comparação com o controle, demonstrando o potencial do uso de fungicidas à base de compostos metabólicos de plantas, como uma abordagem ecológica efetiva para o controle do fitopatógeno.

Diferentes mecanismos de ação de OEs envolvidos no controle de fungos têm sido descritos, como a inibição ou inativação da germinação do esporo ou do desenvolvimento do micélio, podendo variar de acordo com o grupo ou a espécie do fungo (MAURYA et al., 2021). A observação do efeito do

OE de guaçatonga sobre hifas e esporos dos fitopatógenos analisados não foi o objetivo desse estudo, e deverá ser realizada em pesquisas futuras. Registros na literatura sobre o efeito do OE de guaçatonga sobre as estruturas de *Alternaria* spp., não foram encontrados até a presente data. Considerando a demanda de biopesticidas para o controle de fitopatógenos e os resultados obtidos neste estudo, verificamos que o uso do OE da guaçatonga pode ser uma alternativa para o controle de *B. cinerea* e *Alternaria* spp.

As análises de caracterização dos componentes químicos do óleo essencial das folhas da guaçatonga utilizadas nos experimentos indicaram que o biciclogermacreno, o β -elemeno, o trans-cariofileno e o γ -elemeno estão predominantemente presentes no óleo (Tabela 2). Resultados semelhantes foram encontrados por Pereira et al. (2020), que verificaram que o germacreno B, γ -elemeno e β -elemeno estão presentes de forma predominante no OE da planta, e que estes componentes não apresentaram alterações em sua composição no período de um ano.

Pereira et al. (2017), constataram propriedades antifúngicas dos componentes essenciais do óleo de guaçatonga contra quatro leveduras (*Saccharomyces cerevisiae*, *Candida albicans*, *C. glabrata* e *C. krusei*). A análise química do óleo essencial revelou frações compostas principalmente por sesquiterpenos oxigenados, sendo a fração mais ativa rica em sesquiterpeno 14-hidroxi -9-epi- β -cariofileno. Esta fração foi a mais eficaz na inibição do crescimento de três cepas de leveduras aqui estudadas pelos autores.

Os compostos trans-cariofileno, germacreno-D e α -humuleno também foram identificados com atividade antimicrobiana para fungos e bactérias Gram positivas e Gram negativas, em outras espécies de plantas medicinais como o rubim (*Leonurus sibiricus*) (ALMEIDA; DELACHIAVE; MARQUES, 2005), a goiabeira (*Psidium guajava*) (SILVA et al., 2018), a sálvia (*Salvia hydrangea*) (GHAVAM et al., 2020), entre outros.

O efeito dos terpenóis presentes no extrato e no óleo essencial de plantas para o controle de fitopatógenos, tem sido demonstrado em vários estudos (HUANG et al., 2012; PEIXOTO et al., 2018; HABASH et al., 2020). Hilgers et al. (2021) analisaram a bioatividade do β -cariofileno e do óxido de cariofileno no controle de fungos fitopatogênicos e constataram que ambos os compostos inibiram significativamente o crescimento de *Sclerotinia sclerotiorum* e *Fusarium oxysporum* em até 40%, enquanto o crescimento de *A. brassicicola* foi pouco afetado. Conforme observado em outros estudos, os terpenos identificados no óleo essencial da guaçatonga, nesta pesquisa, podem ter contribuído para a inibição do crescimento de *A. alternata*, *A. radicina*, *A. brassicicola* e *B. cinerea*.

Os resultados obtidos na presente pesquisa do efeito do OE da guaçatonga sobre *Botrytis* spp. e *Alternaria* spp. são promissores e incentivam a continuidade das pesquisas. A elucidação dos mecanismos de ação do OE sobre os fungos causadores dessas doenças, a realização de ensaios com plantas a fim de avaliar o efeito preventivo e curativo do OE no controle desses fitopatógenos, a padronização das dosagens, e a avaliação de possíveis efeitos fitotóxicos nas culturas devem ser investigadas. Por apresentarem

Tabela 2. Composição química do OE da guaçatonga, determinada na amostra composta pelos dois acessos coletados em Porto Alegre e pelo acesso coletado na cidade de Eldorado do Sul, RS.

Substância	Composição (proporção relativa, área%)
δ -elemeno	6,85
β -elemeno*	11,35
α -gurjuneno	0,08
Trans-cariofileno*	12,6
β -gurjuneno	0,74
γ -elemeno*	18,02
Aromadendreno	0,67
α -humuleno	0,98
Allo-aromadendreno	0,28
γ -muuroloeno	0,24
Germacreno D	5,91
β -selineno	1,13
Biciclogermacreno*	17,27
Germacreno A	0,39
<i>E,E</i> - α -farneseno	0,046
γ -cadineno	0,162
Cis-calameneno	0,052
δ -cadineno	0,57
Selina-3,7(11)-diene	0,29
Germacreno B	4,43
<i>E</i> -nerolidol	0,3
Palustrol	0,61
Espatuleno	0,35
Óxido de cariofileno	1,52
Viridiflorol	1,69
Cubeban-11-ol	1,004
Rosifoliol	0,38
Epi- α -muurolol	0,088
β -eudesmol	0,96
α -cadinol	0,87
Bulnesol	0,94
(<i>E,E</i>)-farnesol	0,45
Total	93,96

*Componentes predominantes identificados no óleo essencial de *C. Sylvestris*.

característica volátil e seus componentes serem termolábeis, os OEs são de fácil degradação, menos poluentes ao ambiente e menos tóxicos aos animais e ao ser humano. Assim, o OE da guaçatonga pode ser uma alternativa aos fungicidas sintéticos para o controle do mofo cinzento e alternarioses.

Conclusões

Esta pesquisa mostrou que o OE de guaçatonga tem atividade antifúngica sobre isolados de *B. cinerea*, *A. alternata*,

A. radicina e *A. brassicicola*. Na concentração de 1,5%, o OE tem efeito fungistático e na concentração de 2,5% tem efeito fungicida, inibindo completamente o crescimento micelial dos fitopatógenos analisados. Os resultados indicam que o OE tem potencial de uso para o controle alternativo dos fitopatógenos causadores do mofo cinzento e alternarioses, contribuindo para a diminuição do uso de agrotóxicos.

Referências

- Adams, R. P. **Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectroscopy**. 4th ed. Illinois: Allured Publishing Corporation, 1995. 659 p.
- Almeida, L. F. R.; Delachiave, M. E. A.; MARQUES, M. O. M. Composição do óleo essencial de rubim (*Leonurussibiricus* L. – Lamiaceae). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 8, n. 1, p. 35-38, 2005.
- Alonso-Gato, M. et al. Essential oils as antimicrobials in crop protection. **Antibiotics**, Basel, v.10, n.1, p.1-12.2021.
- Aslam, M. F. et al. Evaluation of the antifungal activity of essential oils against *Alternaria alternata* causing fruit rot of *Eriobotrya japonica*. **Turkish Journal Biochemistry**, Turkey, p. 1-11. 2022.
- Bassolé, I. H. N.; Juliani, H. R. Essential oils in combination and their antimicrobial properties. **Molecules**, Basel, v. 17, n. 4, p. 3989-4006, 2012.
- Becker, C. **Avaliação da atividade acaricida de óleos essenciais de *Acanthospermum australe* (Loefl.) O. Kuntze, *Casearia sylvestris* Sw e *Pothomorphe umbellata* (L.) Miq., em *Tetranychus urticae* Koch, 1836 (Acari: Tetranychidae)**. 2008. 49 f. Dissertação (Mestrado em Ambiente e Desenvolvimento)-Universidade do Vale do Taquari, Lajeado, 2008.
- Bento, T. S. et al. Leaf extracts of *Casearia sylvestris* and *Casearia decandra* affect growth and production of ligninolytic enzymes in wood decay basidiomycetes. **Hoeheia**, São Paulo, v. 43, n. 4, p. 575-581, 2016.
- Burt, S. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods—a review. **International Journal of Food Microbiology**, Amsterdam, v. 94, n. 3, p. 223-253, 2004.
- Cordeiro et al. Fungos em sementes importadas de plantas olerícolas e ornamentais. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v. 30, n. 2, p. S2068-S2075, 2012. Suplemento - CD Rom.
- DeMers, M. *Alternaria alternata* as endophyte and pathogen. **Microbiology**, London, v. 168, n. 3, p. 1-15. 2021.
- Ferreira, P. M. P. et al. Folk uses and pharmacological properties of *Casearia sylvestris*: a medicinal review. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 83, n. 4, p. 1373-1384, dez. 2011.
- Garcia, et al. Óleos essenciais no controle de *Botrytis cinerea*: influência na qualidade pós-colheita de uvas ‘Rubi’. **Brazilian Journal Food Technology**, Campinas, v. 22, p. e2018177, 2019.
- Garcia, R. et al. Atividade antifúngica de óleo e extratos vegetais sobre *Sclerotinia sclerotiorum*. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 1, p. 48-57, 2012.
- Ghavam, M. et al. Chemical composition and antimicrobial activity of essential oils obtained from leaves and flowers of *Salvia hydrangea* DC. ex Benth. **Scientific Reports**, London, n. 10, p. 15647, 2020.
- Guenther, E. The production of essential oils: methods of distillation, effleurage, maceration and extraction with volatile solvent. In: GUENTHER, E. (Ed.). **The essential oils. History-origin in plants production analysis**. Malabar: Krieger Publ. Co., 1982. vol. 1.
- Habash, S. S. et al. The plant sesquiterpene nootkatone efficiently reduces *Heterodera schachtii* parasitism by activating plant defense. **International Journal Molecular Science**, Basel, v. 21, n. 24, p. 9627, 2020.
- Hilgers, F. et al. Heterologous production of β -caryophyllene and evaluation of its activity against plant pathogenic fungi. **Microorganisms**, Basel, v. 9, n. 1, p. 1-19, 2021.
- Huang, M. et al. The major volatile organic compound emitted from *Arabidopsis thaliana* flowers, the sesquiterpene (E)-caryophyllene, is a defense against a bacterial pathogen. **New Phytologist**, London, v. 193, n. 4, p. 997-1008, 2012.
- Hyldgaard, M. et al. Essential oils in food preservation: mode of action, synergies, and interactions with food matrix components. **Frontiers in Microbiology**, Basel, vol. 3, n. 12, p. 1-24, 2012.
- Jindo, K. A. et al. Holistic pest management against early blight disease towards sustainable agriculture. **Pest Management Science**, West Sussex, v. 77, n. 9, p. 1-10, 2021.
- Kate, L. et al. Characterisation of *Alternaria radicina* isolates and assessment of resistance in carrot (*Daucus carota* L.). **Journal Für Kulturpflanzen**, Quedlinburg, v. 69, n. 9, p. 277-290, 2017.
- La Parte, M. E.; Abreu-Fundora, J.; Cantillo-Pérez, T. Incidência de *Alternaria* spp. en semillas de cereales, vegetales, frutales y ornamentales. **Revista de Protección Vegetal**, La Habana, v. 36, n. 1, p. 1-9, 2021.
- Latorre, B.; Elfar, K.; Ferrada, E. Gray mold caused by *Botrytis cinerea* limits grape production in Chile. **Ciencia e Investigación Agraria**, Santiago, v. 42, n. 3, p. 305-330, 2015.
- Lawrence, D. P.; Rotondo, F.; Gannibal, P. B. Biodiversity and taxonomy of the pleomorphic genus *Alternaria*. **Mycological Progress**, Heidelberg, v. 15, n. 1, p.1-22, 2016.
- Lazazzara, V. et al. Downy mildew symptoms on grapevines can be reduced by volatile organic compounds of resistant genotypes. **Scientific Reports**, London, v. 8, n. 1, p. 1618, 2018.
- Lima, C. B. et al. Plant extracts and essential oils on the control of *Alternaria alternata*, *Alternaria dauci* and on the germination and emergence of carrot seeds (*Daucus carota*, L.). **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 46, n. 5, p. 764-770, 2016.
- Magalhães Barroso, F. et al. Incidência e caracterização morfológica de *Alternaria alternata* em sementes de salsa. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia, v. 6, n. 1, p. 36-40, 2019.
- Maia, J. N. et al. Gray mold in strawberries in the Paraná state of Brazil is caused by *Botrytis cinerea* and its isolates exhibit multiple-fungicide resistance. **Crop Protection**, Guildford, v. 140, p. 105415, 2021.
- Maldaner, J. et al. Óleos essenciais de espécies vegetais reduzem a germinação de capimannoni. **Cadernos de Pesquisa**, Santa Cruz do Sul, v. 30, n. 2, p. 9-18, mai./ago. 2018.
- Matić, et al. **Alternaria leaf spot by *Alternaria* species: an emerging problem on ornamental plants in Italy**. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 104, n. 8, p. 2275-2287, 2020.
- Maurya, A. et al. Essential oils and their application in food safety. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, Basel, v. 5, p. 653420, 2021.
- Mc Lafferty, F. W.; Stauffer, D. **Registry of spectral data**. 3rd ed. New York: John Wiley & Sons, 1989. 354 p.
- Mercier, A. et al. The polyphagous plant pathogenic fungus *Botrytis cinerea* encompasses host-specialized and generalist populations. **Environmental Microbiology**, Oxford, v. 21, n. 12, p. 4808-4821, 2019.

- Michereff, S. J. et al. Survey and prevalence of species causing alternaria leaf spots on brassica species in Pernambuco. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 2, p. 345-348, 2012.
- Naruzawa, E. S.; Papa, M. F. S. Antifungal activity of extracts from Brazilian Cerrado plants on *Colletotrichum gloeosporioides* and *Corynespora cassiicola*. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Paulínea, v. 13, p. 408-412, 2011.
- Nazzaro F. et al. Effect of essential oils on pathogenic bacteria. **Pharmaceuticals**, Basel, v. 6, n. 12, p. 1451-1474, 2013.
- Negrini, M. et al. Insecticidal activity of essential oils in controlling fall army worm, *Spodoptera frugiperda*. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 86, n. 1-9, e1112018, 2019.
- Pedroso, D. C. **Associação de Alternaria spp. com sementes de Apiáceas: métodos de inoculação e influência na qualidade fisiológica**. 2009. 121 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Programa de Pós-graduação em Agronomia, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.
- Pedroso, D. C. et al. Tratamento químico e biológico: qualidade fisiológica e sanitária de sementes de cenoura durante o armazenamento. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, Recife, v. 29, n. 1, p. 9, 2018.
- Pedrotti, C. et al. Óleo essencial de *Eucalyptus staigeriana* pode controlar o míldio em videiras. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 28, n. 1, p. 1-14, dez. 2021.
- Peixoto, M. G. et al. Activity of essential oils of *Lippia alba* chemotypes and their major monoterpenes against phytopathogenic fungi. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 34, n. 5, p. 1136-1146, 2018.
- Pereira, F. G. et al. Estudo sazonal do óleo essencial das folhas de *Casearia sylvestris* Sw. (guaçatonga) do PARNATIjuca. **Revista Cubana de Plantas Medicinales**, La Habana, v. 25, n. 1, e784, 2020.
- Pereira, F. G. et al. Antifungal activities of the essential oil and its fractions rich in sesquiterpenes from leaves of *Casearia sylvestris* Sw. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 89, n. 4, p. 2817-2824, 2017.
- Pereira, F. O. et al. Antifungal activity of geraniol and citronellol, two monoterpenes alcohols, against *Trichophyton rubrum* involves inhibition of ergosterol biosynthesis. **Pharmaceutical Biology**, Würzburg, v. 53, n. 2, p. 228-234, 2015.
- Petrash, S. et al. Grey mould of strawberry, a devastating disease caused by the ubiquitous necrotrophic fungal pathogen *Botrytis cinerea*. **Molecular Plant Pathology**, United Kingdom, v. 20, n. 6, p. 877-892, 2019b.
- Petrash, S. et al. Infection strategies deployed by *Botrytis cinerea*, *Fusarium acuminatum*, and *Rhizopus stolonifer* as a function of tomato fruit ripening stage. **Frontiers in Plant Science**, Basel, v. 10, p. 223, 2019a.
- Reis, A. et al. **Principais doenças das brássicas causadas por fungos, oomicetos e protozoário: identificação e manejo**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2021. 44 p. (Embrapa Hortaliças. Circular Técnica, 176).
- Silva, E. et al. Chemical composition of the essential oil of *Psidium guajava* leaves and its toxicity against *Sclerotinia sclerotiorum*. **Semina, Ciências Agrárias**, Londrina, v. 39, n. 2, p. 865-874, 2018.
- Silva, F. A. S.; Azevedo, C. A. V. The Assisat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal of Agricultural Research**, Nairobi, Kenya, v. 11, n. 39, p. 3733-3740, 2016.
- Silva, M. R.; Farias, P. M. O óleo essencial de *Pimenta racemosa* é eficiente inseticida para controle de *Sitophilus* spp. (Coleoptera: Curculionidae) em grãos armazenados. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 26, n. 1, p. 7-17, 2020.
- Stenger, L. D. et al. Essential oils in pathogen resistance induction of *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 51, n. 9, p. e20190915, 2021.
- Tófoli, J. G.; Domingues R. J.; Ferrari, J.T., *Alternaria* spp. em oleráceas: sintomas, etiologia, manejo e fungicidas. **Biológico**, São Paulo, v. 77, n. 1, p. 21-34, jan./jun. 2015.
- Tófoli, Jesus G. et al. **Mofo cinzento em plantas oleráceas, frutíferas e ornamentais**. São Paulo: Instituto Biológico, 13 out. 2010. (Comunicados técnicos, n. 142). Disponível em: <<http://www.biologico.sp.gov.br/publicacoes/comunicados-documentos-tecnicos/comunicados-tecnicos/mofo-cinzento-em-plantas-oleraceas-frutiferas-e-ornamentais#:~:text=O%20mofo%20cinzento%20%C3%A9%20uma,aberto%20e%20c%3A2maras%20de%20armazenamento>>. Acesso em: 14 mar. 2023.
- Trivedi, R. S. et al. Thermal control of disease in carrot seed crops. **Agronomy New Zealand**, New Zealand, n. 39, p. 123-129, 2009.
- Van Den Dool, H.; Kratz, P. D. A generalization of the retention index system including linear temperature programmed gas-liquid partition chromatography. **Journal Chromatography A**, Amsterdam, v. 11, p. 463-471, 1963.
- Vismara, L.S. et al. Physiological and biochemical performance of lettuce (*Lactuca sativa* L.) seeds treated with essential oils used to control phytopathogens. **Australian Journal of Crop Science**, Australia, v. 16, n. 3, p. 329-337, 2022.
- Wang, F. et al. Fungicide resistance in *Alternaria alternata* from blueberry in California and its impact on control of Alternaria rot. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 106, n. 5, p. 1446-1453, 2022.
- Zubrod, J. P. et al. Fungicides: an overlooked pesticide class? **Environmental Science Technology**, Washington, n. 53, p. 3347-3365, 2019.

Recebido: 05 ago. 2022
Aprovado: 17 jan. 2023