


**ATIVIDADE ANTIFÚNGICA DE ÓLEOS ESSENCIAIS CONTRA *FUSARIUM* SPP.:
REVISÃO INTEGRATIVA**

**ANTIFUNGAL ACTIVITY OF ESSENTIAL OILS AGAINST *FUSARIUM* SPP.: AN
INTEGRATIVE REVIEW**

**ACTIVIDAD ANTIFÚNGICA DE ACEITES ESENCIALES CONTRA *FUSARIUM* SPP.:
UNA REVISIÓN INTEGRADORA**

 <https://doi.org/10.56238/arev7n11-357>

Data de submissão: 27/10/2025

Data de publicação: 27/11/2025

Francisco Braga da Paz Júnior

Doutor em Biologia de Fungos

Instituição: Instituto Federal de Pernambuco – campus Recife

E-mail: franciscobraga@recife.ifpe.edu.br

Júlia Alves Quintão

Estudante (PIBIC) do Curso Técnico em Química Industrial

Instituição: Instituto Federal de Pernambuco - campus Recife

E-mail: jaq2@discente.ifpe.edu.br

Clécio Florêncio de Queiroz

Especialista em Biologia de Fungos

Instituição: Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA)

E-mail: queiroz.clecio@ipa.br

Carlos Fernando Rodrigues Guaraná

Doutor em Biologia de Fungos

Instituição: Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)

E-mail: carlos.guarana@ufrpe.br

Eliana Santos Lyra da Paz

Doutora em Ciências Biológicas

Instituição: Faculdade de Odontologia de Pernambuco (FOP/UPE)

E-mail: eliana.lyra@upe.br

Eduardo José Alcécio de Oliveira

Doutor em Ciências Biológicas

Instituição: Instituto Federal de Pernambuco – campus Recife

E-mail: eduardoalecio@recife.ifpe.edu.br

Elinaldo da Silva Alcoforado

Doutor em Tecnologias Energéticas e Nucleares

Instituição: Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)

E-mail: elinaldo.alcoforado@ufrpe.br

Josué Alves

Doutor em Reabilitação Oral

Instituição: Faculdade de Odontologia de Pernambuco (FOP/UPE)

E-mail: josue.alves@upe.br

Sidney Gregório dos Santos

Mestre em Microbiologia Molecular

Instituição: Instituto Federal de Pernambuco – campus Recife

E-mail: sidneygregorio@recife.ifpe.edu.br

RESUMO

Considerando os impactos ambientais e econômicos decorrentes do uso excessivo de fungicidas sintéticos no controle de doenças causadas por *Fusarium* spp., torna-se essencial buscar alternativas sustentáveis e eficazes. Este trabalho teve como objetivo analisar, por meio de uma revisão integrativa, como diferentes concentrações de óleos essenciais influenciam a inibição do crescimento de *Fusarium* spp. Foram selecionados estudos publicados entre 2020 e 2025 nas bases de dados disponíveis no portal CAPES, abordando óleos extraídos de plantas medicinais com potencial antifúngico. Os resultados demonstraram ampla variação na eficácia, com destaque para citronela, palmarosa, melissa, capim-cidreira e cravo-da-índia, que atingiram até 100% de inibição em concentrações entre 500 e 2000 ppm. Observou-se relação dose-resposta positiva e ocorrência de fitotoxicidade em doses elevadas, além de evidências de sinergia entre diferentes óleos. Verificou-se ainda heterogeneidade metodológica e escassez de estudos *in vivo*, o que limita a extrapolação dos resultados laboratoriais para o campo. Conclui-se que os óleos essenciais são alternativas promissoras para o manejo integrado de *Fusarium* spp., mas sua adoção agrícola requer padronização de métodos, definição de faixas seguras de aplicação e validação sob condições reais de cultivo.

Palavras-chave: Biofungicidas Naturais. Atividade Antifúngica. Fungos Fitopatogênicos. Controle Microbiano. Agricultura Sustentável.

ABSTRACT

Considering the environmental and economic impacts caused by the excessive use of synthetic fungicides to control fungal diseases in agriculture, especially those associated with *Fusarium* spp., it is essential to explore sustainable and effective alternatives. This study aimed to analyze, through an integrative review, how different concentrations of essential oils influence the inhibition of *Fusarium* spp. growth. Studies published between 2020 and 2025 were selected from the databases available on the CAPES portal, addressing oils extracted from medicinal plants with antifungal potential. The results showed a wide variation in efficacy, with highlights including citronella, palmarosa, melissa, lemongrass, and clove, which reached up to 100% inhibition at concentrations between 500 and 2000 ppm. A positive dose-response relationship and the occurrence of phytotoxicity at high doses were observed, in addition to evidence of synergy between different oils. Methodological heterogeneity and a scarcity of *in vivo* studies were also noted, which limits the extrapolation of laboratory results to the field. It is concluded that essential oils are promising alternatives for the integrated management of *Fusarium* spp., but their agricultural adoption requires standardization of methods, definition of safe application ranges, and validation under real cultivation conditions.

Keywords: Natural Biofungicides. Antifungal Activity. Phytopathogenic Fungi. Microbial Control. Sustainable Agriculture.

RESUMEN

Considerando los impactos ambientales y económicos derivados del uso excesivo de fungicidas sintéticos en el control de enfermedades causadas por *Fusarium* spp., se vuelve esencial buscar alternativas sostenibles y eficaces. Este trabajo tuvo como objetivo analizar, mediante una revisión integrativa, cómo diferentes concentraciones de aceites esenciales influyen en la inhibición del crecimiento de *Fusarium* spp. Se seleccionaron estudios publicados entre 2020 y 2025 en las bases de datos disponibles en el portal CAPES, abordando aceites extraídos de plantas medicinales con potencial antifúngico. Los resultados demostraron una amplia variación en la eficacia, destacando la citronela, palmarosa, melisa, hierba limón y clavo de olor, que alcanzaron hasta un 100% de inhibición en concentraciones entre 500 y 2000 ppm. Se observó una relación dosis–respuesta positiva y aparición de fitotoxicidad a dosis elevadas, además de evidencia de sinergia entre diferentes aceites. También se constató heterogeneidad metodológica y escasez de estudios *in vivo*, lo que limita la extrapolación de los resultados de laboratorio al campo. Se concluye que los aceites esenciales son alternativas prometedoras para el manejo integrado de *Fusarium* spp., pero su adopción agrícola requiere la estandarización de métodos, la definición de rangos seguros de aplicación y la validación en condiciones reales de cultivo.

Palabras clave: Biofungicidas Naturales. Actividad Antifúngica. Hongos Fitopatógenos. Control Microbiano. Agricultura Sostenible.

1 INTRODUÇÃO

A agricultura brasileira se destaca como um dos principais produtores agrícolas mundial, porém enfrenta desafios crescentes no controle de doenças fúngicas, especialmente as causadas por *Fusarium* spp., que comprometem a qualidade e a produtividade das culturas agrícolas (Barros *et al.*, 2021). Segundo Qu (2024) o gênero de fungos *Fusarium* e suas micotoxinas são uma das maiores ameaças à sanidade agrícola global, com prejuízos anuais estimados em bilhões de reais. Em culturas estratégicas, como o trigo, por exemplo, surtos de *Fusarium* podem ocasionar perdas de rendimento que chegam a aproximadamente 25% em determinadas regiões, além de comprometer severamente a qualidade do grão (Alisaac; Mahlein, 2023). Esses impactos reforçam a magnitude das perdas econômicas e evidenciam a ameaça crescente à segurança alimentar mundial.

O aumento da incidência de fitopatógenos do gênero *Fusarium* tem provocado impactos expressivos na agricultura, afetando culturas de grande importância econômica como milho, soja, feijão e tomate (Sobrinho *et al.*, 2023). Além das perdas produtivas, diversas espécies do gênero produzem micotoxinas que representam riscos à saúde humana e animal (Rocha *et al.*, 2020). O controle convencional com fungicidas sintéticos, embora ainda amplamente utilizado, vem sendo cada vez mais questionado em razão do surgimento de cepas resistentes, dos riscos ambientais e da toxicidade residual (Silva *et al.*, 2021). Como alternativa, os óleos essenciais têm sido estudados devido ao seu potencial antifúngico, biodegradabilidade e menor toxicidade, despontando como estratégia promissora no manejo integrado de doenças (Costa *et al.*, 2020).

Na última década, o Brasil expandiu em 190% o mercado de agrotóxicos, o que colocou o país em primeiro lugar no ranking mundial de consumo desde 2008. (Lopes, 2018; Hess, 2022). O uso crescente de fungicidas, além de trazer riscos à saúde, acarreta impactos econômicos aos produtores, que enfrentam aumento dos custos de produção e redução da rentabilidade a longo prazo. A perda de eficácia dos produtos, em razão da resistência adquirida pelos patógenos, exige aplicações mais frequentes e onerosas, tornando o modelo de produção menos sustentável e financeiramente instável (Beckerman *et al.*, 2023; Vieira *et al.*, 2024).

Nesse contexto, tem-se observado uma crescente busca por alternativas naturais e sustentáveis para o manejo de fitopatógenos (Soylu, 2010; Medeiros, 2013). Dentre elas, destacam-se os óleos essenciais e extratos vegetais, que apresentam propriedades antifúngicas devido à presença de compostos bioativos, além de maior compatibilidade com o meio ambiente (Jesus *et al.*, 2025; Venturoso *et al.*, 2011; Parikh *et al.*, 2021). Essas substâncias são formadas por monoterpenos, sesquiterpenos, fenóis, álcoois, aldeídos e cetonas (Tabassum; Vidyasagar, 2013).

Estudos recentes têm demonstrado eficácia promissora dos óleos essenciais, como citronela,

palmarosa, cravo-da-índia e capim-cidreira, no controle de *Fusarium* spp. (Silva et al., 2021; Xavier et al., 2020; Stanck et al., 2023). No entanto, a ação antifúngica varia de acordo com a concentração utilizada, o método de aplicação e a composição química do óleo, o que torna necessária uma análise crítica da literatura.

Diante desse cenário, o objetivo desta pesquisa foi analisar, por meio de uma revisão integrativa, como diferentes concentrações de óleos essenciais influenciam a inibição do crescimento de *Fusarium* spp. Com isso, espera-se oferecer subsídios para o desenvolvimento de práticas agrícolas mais sustentáveis, com doses eficazes e seguras, contribuindo para reduzir o uso de fungicidas sintéticos na cultura

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Os óleos essenciais constituem misturas complexas de metabólitos secundários voláteis, geralmente pertencentes às classes dos monoterpenos, sesquiterpenos e compostos fenólicos. Essas substâncias apresentam ampla atividade biológica, incluindo propriedades antimicrobianas e antifúngicas, devido à sua capacidade de desestabilizar a membrana celular, alterar o transporte iônico e inibir enzimas essenciais ao metabolismo dos microrganismos (Bakkali et al., 2008; Parikh et al., 2021).

Diversos estudos têm investigado a eficácia de óleos essenciais contra espécies de *Fusarium*, patógenos de grande relevância agrícola por sua capacidade de infectar diferentes culturas e produzir micotoxinas (QU, 2024). Xavier et al. (2020) observaram que o óleo essencial de citronela (*Cymbopogon winterianus*), na concentração de 1000 ppm, apresentou inibição acima de 80% do crescimento micelial de *Fusarium oxysporum* em ensaio de difusão em disco. Resultados semelhantes foram relatados por Silva et al. (2021), que verificaram que concentrações entre 750 e 1000 ppm de óleo de melissa (*Melissa officinalis*) também foram efetivas no controle de *Fusarium solani*, indicando que a atividade antifúngica é dependente da concentração e do método utilizado.

Outros óleos essenciais, como o de cravo-da-índia (*Syzygium aromaticum*), rico em eugenol, também demonstraram forte atividade antifúngica, com inibição completa de *F. verticillioides* em concentrações acima de 500 ppm em ensaios *in vitro* (STANCK et al., 2023). De forma semelhante, estudos com óleo de palmarosa (*Cymbopogon martinii*) mostraram inibição significativa contra *F. proliferatum*, reforçando o potencial desses compostos como alternativas aos fungicidas sintéticos (Jesus et al., 2025).

Entretanto, é importante ressaltar que as comparações entre os resultados disponíveis na literatura devem considerar as diferenças metodológicas. Variações no tipo de ensaio (difusão em

disco, difusão em poços ou microdiluição), na concentração testada e até mesmo na espécie de *Fusarium* avaliada podem gerar discrepâncias significativas nos percentuais de inibição (BECKERMAN et al., 2023). Assim, neste estudo, as comparações foram priorizadas em contextos que envolvem o mesmo óleo, concentrações próximas e métodos semelhantes, de forma a reduzir vieses interpretativos.

3 METODOLOGIA

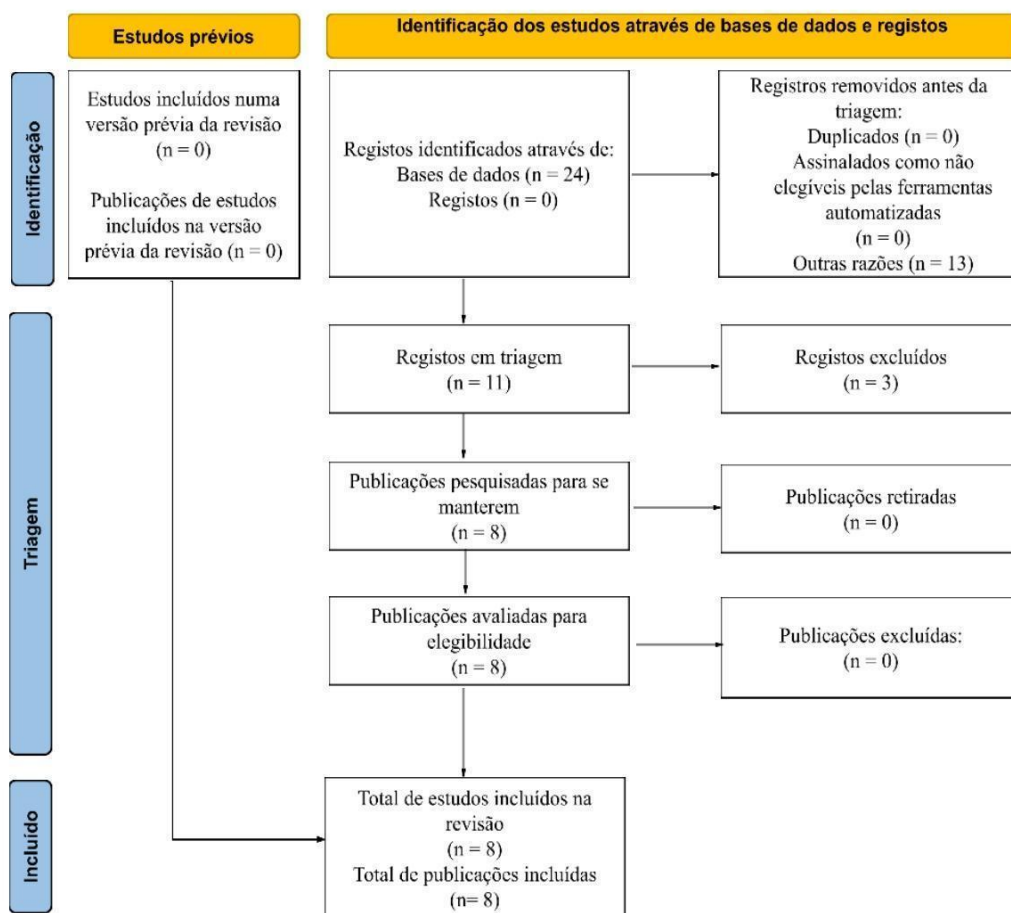
Essa pesquisa consistiu em uma revisão integrativa da literatura, método que reúne, sintetiza e analisa o conhecimento produzido por estudos primários (Silva *et al.*, 2020). Para realização da revisão foram executadas as seguintes etapas: seleção da pergunta norteadora, seguida de busca nas bases de dados, categorização dos estudos, avaliação, análise dos resultados e síntese do conhecimento obtido (Fracarolli *et al.*, 2017). A questão norteadora estabelecida foi: “Como diferentes concentrações de óleos essenciais influenciam a inibição do crescimento de *Fusarium* spp. em estudos experimentais disponíveis na literatura?”

Para a busca dos artigos científicos, foi consultado o Portal de Periódicos da CAPES. Foram utilizados os descritores “*Fusarium*”, “óleo essencial” e “controle de fungos”, de forma combinada, assegurando a ênfase na literatura que apresentasse relação com o tema abordado neste estudo.

Os critérios de inclusão foram: artigos de produção nacional, em acesso aberto, em português e inglês, publicados entre 2020 e 2025, que abordem o uso de óleos essenciais extraídos de plantas medicinais no controle antifúngico de *Fusarium*. Os artigos que não responderam à questão norteadora ou que tiveram dissociação do tema proposto foram excluídos, assim como os artigos em duplicidade.

A busca inicial identificou 24 artigos. Após leitura de títulos e resumos, 11 foram selecionados para leitura completa. Destes, 8 foram avaliados integralmente, resultando em 8 artigos incluídos na síntese final. O processo de seleção encontra-se detalhado no fluxograma PRISMA 2020 (Figura 1).

Figura 1. Fluxograma PRISMA 2020 (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) de seleção dos estudos que compõem a amostra da Revisão Integrativa.



Fonte: Autores, 2025

Em seguida, realizou-se a análise e interpretação dos resultados dos estudos selecionados. Nessa fase, os artigos foram sistematicamente catalogados através do título, autoria, objetivos, métodos utilizados e principais resultados encontrados, havendo uma leitura aprofundada, sendo todos considerados aptos ao processo de inclusão da Revisão Integrativa. O objetivo dessa etapa foi organizar de forma estruturada o conteúdo, permitindo a obtenção de respostas ao questionamento central da pesquisa, ou seja, como diferentes concentrações de óleos essenciais influenciam a inibição do crescimento de *Fusarium* spp.

Para a discussão dos resultados, os dados extraídos dos estudos foram analisados e interpretados à luz do referencial teórico previamente levantado. Essa análise visou compreender as contribuições de cada estudo, identificar padrões, divergências e lacunas na literatura, além de contextualizar os achados no âmbito da temática investigada.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A eficácia dos óleos essenciais no controle de *Fusarium* spp. tem sido amplamente investigada em diferentes espécies vegetais e concentrações, evidenciando variações significativas conforme os compostos ativos, o método experimental e a espécie do fungo testada. Os estudos selecionados foram sistematizados na Tabela 1, que apresenta a relação entre espécie de *Fusarium*, óleo essencial, concentração testada, método de avaliação, faixa percentual de inibição e principais conclusões. Essa organização permite compreender padrões de resposta, limitações metodológicas e possíveis fatores explicativos das discrepâncias entre os resultados observados.

Tabela 1. Atividade antifúngica de óleos essenciais frente a diferentes espécies de *Fusarium* spp.

Referências	<i>Fusarium</i> spp.	Óleo essencial (planta)	Concentração*	inibição (%)
Costa et al. (2020)	<i>F. verticillioides</i>	<i>Zingiber officinale</i>	1–5% (10 –50 mil ppm)	60 – 90
Rocha et al. (2020)	<i>F. oxysporum</i>	<i>Psidium cattleianum</i>	7CH – 12CH (homeopático)	60 –70
Xavier et al. (2020)	<i>F. oxysporum</i> , <i>F. proliferatum</i>	<i>C. winterianus</i> , <i>C. martinii</i>)	500 –1500 ppm	75 –100
Silva et al. (2021)	<i>F. solani</i> , <i>Fusarium</i> spp.	<i>Melissa officinalis</i> , <i>C. winterianus</i> ;	750 –5000 ppm	70 –100
Reis; Rodrigues (2022)	<i>F. verticillioides</i> , <i>F. oxysporum</i>	<i>Lavandula dentata</i> , <i>C. citratus</i>	10 – 2000 ppm	0 – 98
Sobrinho et al. (2023)	<i>Fusarium</i> spp., <i>F. verticillioides</i>	<i>Lippia lasiocalycina</i> , <i>Syzygium aromaticum</i> , <i>Corymbia citriodora</i>	0,5 – 1000 ppm	0 –100
Cleavelares et al. (2024)	<i>F. oxysporum</i> f. sp. <i>lycopersici</i>	<i>C. winterianus</i>	0,14 – 1,21 ppm	60 – 66
Jesus et al. (2025)	<i>F. proliferatum</i>	<i>C. martinii</i>	500 – 1500 ppm	75 – 95

* Unidades em µg/mL foram convertidas para ppm.

Fonte: Autores.

Os resultados compilados na Tabela 1 demonstram que óleos essenciais ricos em compostos fenólicos ou aldeídicos, como *Cymbopogon winterianus* (citronela), *Cymbopogon martinii* (palmarosa), *Melissa officinalis*, *Cymbopogon citratus* e *Syzygium aromaticum* (cravo-da-índia), apresentaram elevados índices de inibição, alcançando até 100% em ensaios in vitro. Esse padrão está alinhado com o papel conhecido de moléculas como citral, geraniol e eugenol, reconhecidas por sua capacidade de desestruturar membranas, aumentar a permeabilidade celular e interferir na síntese de ergosterol (Hyldgaard et al., 2012; Leiva-Mora et al., 2025). A elevada eficácia desses óleos sugere que a composição química, mais do que a origem botânica, é determinante na atividade antifúngica.

Em contraste, óleos como *Azadirachta indica* (neem), *Lavandula dentata* e *Corymbia citriodora* exibiram baixa ou nenhuma atividade antifúngica, mesmo em doses elevadas. Tal comportamento pode ser associado à predominância de compostos de menor impacto sobre fungos filamentosos, como linalol no caso da lavanda, ou moléculas voltadas majoritariamente ao controle de

insetos, como a azadiractina no neem (Akinsanya et al., 2022). Esses resultados reforçam que nem todos os óleos essenciais apresentam perfil adequado para manejo de fitopatógenos, sendo necessário considerar a quimiotipagem e os compostos majoritários na seleção de biofungicidas.

A relação concentração–resposta também se destacou como fator crucial. *Syzygium aromaticum*, rico em eugenol, apresentou inibição total a partir de cerca de 1000 ppm, enquanto *Cymbopogon martinii* demonstrou alta eficácia mesmo em concentrações reduzidas, possivelmente devido ao elevado teor de geraniol, cuja ação fungitóxica é bem documentada (Stanck et al., 2023). Esses achados confirmam que a quantidade e o perfil químico dos constituintes voláteis exercem influência decisiva no desempenho antifúngico.

Entretanto, limites de segurança precisam ser considerados. Estudos de Clevelares et al. (2024) mostram que concentrações mais altas de citronela, apesar da forte ação antifúngica, podem induzir fitotoxicidade, comprometendo germinação e vigor de plântulas. Essa constatação reforça que o desenvolvimento de biofungicidas à base de óleos essenciais depende da definição de faixas seguras de aplicação, capazes de conservar a eficácia sem prejudicar o metabolismo da planta hospedeira.

Outro aspecto relevante é a variação da sensibilidade entre espécies de *Fusarium*. *F. oxysporum* tende a ser mais sensível a aldeídos e monoterpenos oxigenados, enquanto *F. solani* apresenta maior resistência e frequentemente exige doses superiores. Já *F. verticillioides* responde de forma particularmente favorável a compostos fenólicos como eugenol (Akinsanya et al., 2022). É importante, portanto, que recomendações técnicas futuras considerem não apenas o óleo essencial, mas também a espécie e forma especial do patógeno-alvo.

A comparação entre ensaios também evidenciou ampla heterogeneidade metodológica. Diferenças nas unidades de concentração (ppm, µg/mL, % m/v), nos métodos de extração, na quimiotipagem e nas técnicas laboratoriais (difusão, microdiluição, poço) dificultam a comparação direta entre estudos, como observado por Morais (2009). Essa falta de padronização compromete a formulação de diretrizes robustas e corrobora a necessidade de protocolos unificados para avaliação da atividade antifúngica de óleos essenciais.

Além disso, a predominância de ensaios in vitro limita a extrapolação dos resultados para o ambiente agrícola. Estudos in vivo permanecem escassos, como observado em Costa (2020) e Xavier (2020), e não contemplam integralmente fatores ambientais como radiação solar, microbiota do solo, umidade e interação planta-patógeno. A ausência de investigações em campo reforça a necessidade de validação realista antes da adoção ampla desses compostos (Miranda et al., 2016; Bakkali et al., 2008).

Por fim, destaca-se a relevância dos efeitos sinérgicos entre diferentes óleos. Misturas contendo citronela, melissa e erva-cidreira resultaram em inibição completa em vários estudos, evidenciando

que a interação entre monoterpenos e fenólicos pode potencializar a ação antifúngica (Silva et al., 2021). Essa abordagem abre caminhos para formulações multicomponentes capazes de superar limitações individuais e reduzir a pressão seletiva sobre o patógeno.

Em síntese, os dados analisados demonstram que óleos essenciais constituem alternativas promissoras ao controle de *Fusarium* spp., sobretudo pela ação antifúngica, biodegradabilidade e menor impacto ambiental. No entanto, sua aplicação segura e viável em escala agrícola exige avanços que contemplem (i) definição de concentrações seguras e eficazes, (ii) padronização de protocolos de avaliação, (iii) compreensão dos mecanismos de ação, (iv) testes de estabilidade em condições ambientais reais e (v) ensaios in vivo e de campo. O fortalecimento dessas etapas poderá viabilizar o uso sustentável de óleos essenciais como parte integrante do manejo fitossanitário moderno e ecológico.

5 CONCLUSÃO

A presente revisão integrativa demonstra que os óleos essenciais possuem elevado potencial antifúngico frente a espécies de *Fusarium* spp., com destaque para aqueles ricos em fenóis e aldeídos, como os óleos de cravo-da-índia, palmarosa, melissa, citronela e capim-cidreira. Esses compostos mostraram percentuais de inibição superiores a 75% em concentrações que variam, em geral, entre 500 e 2000 ppm, evidenciando uma clara relação dose-resposta.

Os resultados indicam que a concentração e a composição química são fatores determinantes para a eficácia antifúngica, enquanto doses muito elevadas podem gerar efeitos fitotóxicos, comprometendo a germinação e o desenvolvimento das plantas. Essa observação reforça a importância de identificar faixas seguras de aplicação, que conciliem eficiência e viabilidade agronômica.

Verificou-se também que a heterogeneidade metodológica entre os estudos — tanto nas unidades de concentração quanto nos métodos de ensaio — limita a comparação direta dos resultados e dificulta o estabelecimento de recomendações técnicas universais.

Em termos práticos, os dados reunidos confirmam o potencial dos óleos essenciais como alternativas sustentáveis ao uso de fungicidas sintéticos, com benefícios ambientais e toxicológicos evidentes. Contudo, o avanço dessa aplicação em escala agrícola dependerá da validação dos resultados em condições reais de cultivo, de forma a garantir estabilidade, eficácia e segurança no manejo de doenças fúngicas.

Em síntese, esta revisão reforça que os óleos essenciais não devem ser vistos apenas como substitutos pontuais dos fungicidas tradicionais, mas como componentes estratégicos de um modelo

de manejo fitossanitário mais ecológico e integrado, alinhado aos princípios da sustentabilidade agrícola contemporânea.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE) pelo apoio concedido por meio de bolsa PIBIC-Jr.

REFERÊNCIAS

- AKINSANYA, O. et al. Sensitivity variation among *Fusarium* species to natural antifungal compounds. *Fungal Biology*, v. 126, n. 4, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.funbio.2021.12.004>.
- ALISAAC, E.; MAHLEIN, A.K. *Fusarium* head blight on wheat: Biology, modern detection and diagnosis and integrated disease management. *Toxins*, v. 15, n. 192, p. 1–23, 2023. DOI: [10.3390/toxins15030192](https://doi.org/10.3390/toxins15030192).
- BAKKALI, F. et al. Biological effects of essential oils – A review. *Food and Chemical Toxicology*, v. 46, n. 2, p. 446–475, 2008. DOI: [10.1016/j.fct.2007.09.106](https://doi.org/10.1016/j.fct.2007.09.106).
- BARROS, S. C. S. et al. Qualidade de sementes de feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) produzidas em Paragominas, Pará. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 16, e114101623161, 2021. DOI: [10.33448/rsd-v10i16.23161](https://doi.org/10.33448/rsd-v10i16.23161).
- BECKERMAN, J. et al. Fifty years of fungicide development, deployment, and future use. *Phytopathology*, v. 113, n. 4, p. 694–706, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1094/PHYTO-10-22-0399-IA>.
- CLEVELARES, V. T. et al. Ação de óleo essencial de citronela (*Cymbopogon winterianus*) no controle in vitro e in vivo de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*. *Revista Foco*, v. 17, n. 6, p. 108–113, jun. 2024. DOI: [10.54751/revistafoco.v17n6-062](https://doi.org/10.54751/revistafoco.v17n6-062).
- COSTA, M. L. N. et al. Controle de *Fusarium verticillioides* em sementes de milho com o óleo essencial de gengibre. *Summa Phytopathologica*, v. 46, n. 3, p. 250–254, 2020. DOI: [10.1590/0100-5405/233888](https://doi.org/10.1590/0100-5405/233888).
- FRACAROLLI, I. F. L.; OLIVEIRA, S. A. de; MARZIALE, M. H. P. Colonização bacteriana e resistência antimicrobiana em trabalhadores de saúde: revisão integrativa. *Acta Paulista de Enfermagem*, v. 30, n. 6, p. 651–657, 2017. DOI: [10.1590/1982-0194201700086](https://doi.org/10.1590/1982-0194201700086).
- HESS, S. C. et al. Agrotóxicos no Brasil: panorama dos produtos entre 2019 e 2022. *Revista Ambientes em Movimento*, v. 2, n. 2, p. 39–52, dez. 2022.
- HYLDGAARD, M.; MYGIND, T.; MEYER, R. L. Essential oils in food preservation: mode of action and interactions with food matrix components. *Applied Microbiology and Biotechnology*, v. 95, 2012. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2012.00012>.
- JESUS, S. F. et al. Controle de fungos fitopatogênicos por meio da validação de óleos essenciais. *Acta Biologica Brasiliensia*, v. 8, n. 1, 2025. DOI: [10.18554/9mjrmv16](https://doi.org/10.18554/9mjrmv16).
- LEIVA-MORA, Michel et al. Antifungal mechanisms of plant essential oils: a comprehensive literature review for biofungicide development. *Agriculture*, v. 15, n. 21, p. 2303, 2025. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture15212303>.
- LOPES, C. V. A. et al. Agrotóxicos e seus impactos na saúde humana e ambiental: uma revisão sistemática. *Saúde em Debate*, v. 42, n. 117, p. 518–534, abr.–jun. 2018. DOI: [10.1590/0103-1104201811714](https://doi.org/10.1590/0103-1104201811714).

- MEDEIROS, J. G. F. et al. Sanidade e germinação de sementes de *Clitoria fairchildiana* Howard tratadas com extratos de plantas. *Pesquisa Florestal Brasileira*, v. 33, n. 76, p. 403–408, 2013. DOI: 10.4336/2013.pfb.33.76.541.
- MIRANDA, C. A. S. F. et al. Óleos essenciais de folhas de diversas espécies: propriedades antioxidantes e antibacterianas no crescimento de espécies patogênicas. *Revista Ciência Agronômica*, v. 47, n. 1, p. 213–220, jan./mar. 2016. DOI: 10.5935/1806-6690.20160025.
- MORAIS, L. A. S. Influência dos fatores abióticos na composição química dos óleos essenciais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 50., 2009, São Pedro. Anais... Brasília: ABH, 2009. *Horticultura Brasileira*, v. 27, supl., p. S4050–S4063.
- PARIKH, L. et al. Antifungal activity of plant-derived essential oils on pathogens of pulse crops. *Plant Disease*, v. 105, p. 1692-1701, 2021. DOI: 10.1094/PDIS-12-20-2690-RE.
- QU, Z. et al. *Fusarium* mycotoxins: The major food contaminants. *mLife*, v. 3, n. 2, p. 176–206, 2024. DOI: 10.1002/mlf2.12112.
- REIS, T. C. et al. Avaliação do potencial antibacteriano e antifúngico do hidrolato e óleo essencial orgânicos de *Lavandula dentata* L. (Lamiaceae). *Research, Society and Development*, v. 11, n. 14, e95111436076, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i14.36076.
- ROCHA, C. H. et al. Óleo essencial de *Psidium cattleianum* no controle de fitopatógenos em sementes de feijão. *Revista Verde*, v. 15, n. 1, p. 14-19, jan./mar. 2020. DOI: 10.18378/rvads.v15i1.7365.
- SILVA, A. C. P. et al. Propriedade antifúngica de óleos essenciais e extratos vegetais sobre *Fusarium* sp. e *Aspergillus* sp. isolados de feijão. *Holos*, v. 37, n. 7, e6889, 2021. DOI: 10.15628/holos.2021.6889.
- SILVA, R. A. da et al. Resistência a antimicrobianos: a formulação da resposta no âmbito da saúde global. *Saúde em Debate*, v. 44, n. 126, p. 607–623, 2020. DOI: 10.1590/0103-1104202012602.
- SOBRINHO, C. A. et al. Perfil sanitário e tratamento de sementes de feijão-caupi com óleo essencial de *Lippia lasiocalycina* Cham. *Research, Society and Development*, v. 12, n. 2, e19212240182, 2023. DOI: 10.33448/rsd-v12i2.240182.
- SOYLU, E. M. et al. In vitro and in vivo antifungal activities of the essential oils of various plants against tomato grey mould disease agent *Botrytis cinerea*. *International Journal of Food Microbiology*, v. 143, n. 3, p. 183–189, 2010. DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2010.08.015.
- STANCK, J. A.T. et al. Sanidade e germinação de sementes de *Mimosa scabrella* submetidas a tratamento com óleos essenciais. *Pesquisa Florestal Brasileira*, v. 43, e202002147, p. 1-7, 2023. DOI: 10.4336/2023.pfb.43e202002147.
- TABASSUM, N.; VIDYASAGAR, G. M. Antifungal investigations on plant essential oils: a review. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, v. 5, supl. 2, p. 19-28, 2013.

VENTUROSOS, L. R. et al. Atividade antifúngica de extratos vegetais sobre o desenvolvimento de fitopatógenos. *Summa Phytopathologica*, v. 37, n. 1, p. 18–23, 2011. DOI: 10.1590/S0100-54052011000100003.

VIEIRA, R. A.; MORAES, W. B. C.; TÖFOLI, J. G. Impact of fungicide resistance in phytopathogenic fungi on agriculture in Brazil. *Phytopathology Research*, v. 6, n. 1, p. 1-13, 2024. DOI: <https://doi.org/10.48130/pstr-0024-0010>.

XAVIER, A. L. dos S.; FRANÇA, K. R. da S.; CARDOSO, T. A. L. Efeito do óleo essencial de palmarosa (*Cymbopogon martinii*) sobre fungos fitopatogênicos em sementes de soja. *Research, Society and Development*, v. 9, n. 10, e4529108660, 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i10.8660.