

Potencial de óleos essenciais de espécies nativas no controle de *Fusarium verticillioides* em sementes de milho

Otávio Pereira Araújo, Poliana Lemes Azevedo, Gustavo Rodrigues de Souza, Jean Herllington Araújo Monteiro, Francielle Santana de Oliveira, Luciano Menini, Maurício Novaes Souza

<https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-14-5.c6>

Resumo

O fungo *Fusarium verticillioides* é o principal patógeno do milho, sendo responsável por doenças do colmo e podridão da espiga, afetando diretamente na produtividade e no retorno econômico ao produtor. Além disso, o uso excessivo de fungicidas sintéticos no controle de *F. verticillioides* se mostra como um potencial ameaçador ao meio ambiente e à saúde humana. Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo principal apresentar potenciais óleos essenciais de cinco espécies nativas do Brasil sobre o crescimento do fungo *Fusarium verticillioides*, bem como seu efeito na germinação e na sanidade das sementes da cultura do milho. O trabalho foi desenvolvido no laboratório de Agricultura do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí (IFPI) campus Cocal. A extração dos óleos essenciais (OE) foi realizada por meio da hidrodestilação. Foi verificada a ação dos OE de folhas de Marmeleiro (*Croton blanchetianus* Baill), cascas de Açoita Cavalos (*Luehea divaricata*), Imburana (*Commiphora leptophloeos*), Aroeira (*Myracrodruon urundeuva*), e raiz de Carnaúba (*Copernicia prunifera*), nas concentrações de 0,5, 0,65, e 0,75 μ L. A contagem de conídios foi realizada com auxílio de câmara de Neubauer. Com os dados do crescimento, calculou-se a Área Abaixo da Curva do Crescimento Micelial (AACCM). Foram quantificadas três espécies de fungos: *F. verticillioides*, *Penicillium spp.* e *Aspergillus spp.* Os resultados mostraram que a carnaúba (CA) e o marmeleiro (MA) apresentaram melhores desempenhos em comparação à redução do crescimento micelial de *F. verticillioides*, apresentando valor de 45,5% de redução de crescimento do fungo; seguido pela imburana (IM), com 27,7% de redução do crescimento de *F. verticillioides*. Os OE de açoita-cavalos (AC), aroeira (AR) e imburana (IM) não afetaram a porcentagem de germinação das sementes no decorrer do experimento. No entanto, o CA e o MA, apresentaram atividade antifúngica significativa no desenvolvimento dos micélios de *Fusarium*. Conclui-se, portanto, que as espécies de carnaúba e marmeleiro têm grande potencial para ser empregado na cultura do milho como agente de proteção vegetal ao fungo *F. verticillioides*, favorecendo a redução na proliferação de fungos no campo e manutenção da produtividade das plantas de estresses bióticos e abióticos.

Palavras-chave: Tratamento de sementes. *Zea mays*. Controle alternativo. Fungos fitopatogênicos.

1. Introdução

A planta do milho (*Zea mays*) é uma gramínea que pertence à família das Poaceae, sendo uma cultura amplamente utilizada na alimentação humana e animal (SANTOS et al., 2016). Tal espécie ocupa grande parte dos cultivos agrícolas rurais, visto que a agricultura familiar é líder em produção, além de conduzirem as lavouras com baixa utilização de insumos (AGRICULTURA, 2020).

De fato, a cultura do milho ocupa uma posição significativa nos cultivos agrícolas rurais em várias regiões do mundo. Isso se deve, em parte, à sua versatilidade como alimento e insumo para diversas indústrias, como a alimentícia, a de biocombustíveis e a de ração animal. Além disso, o milho é uma planta que se adapta bem às diferentes condições climáticas e solos, o que facilita o seu cultivo em diferentes áreas rurais.

A agricultura familiar tem um papel importante na produção de milho e de outros alimentos da cesta básica. Esses agricultores são caracterizados por administrarem propriedades menores, utilizando predominantemente mão de obra familiar. Também, suas práticas costumam ser menos intensivas em termos de uso de agroquímicos e maquinário, o que geralmente resulta em uma menor utilização de insumos: no entanto, ficam susceptíveis ao ataque de pragas e doenças (SOUZA, 2022).

Grande parte dos problemas fitossanitários da cultura do milho está associada aos fungos fitopatogênicos. A incidência de patógenos em sementes de milho implica diretamente na redução da germinação e vigor das sementes, ocasionando baixa produtividade, além de aumentar os gastos no processo de produção (COSTA; GONÇALVES; MACHADO, 2020). Ademais, o potencial dos fungos em permanecerem no solo se dá, principalmente, aos plantios de sistema direto, sem adoção de rotações de cultura, fator que viabiliza o acúmulo de inóculos na área de cultivo (CONTINI et al., 2019).

Dentre os patógenos associados às sementes, destaca-se o *Fusarium verticillioides* (Sacc.), um patógeno fúngico do milho que é economicamente importante na agricultura global por ser o principal agente causador da podridão do talo e da espiga de milho (ACHIMÓN, 2021), ocasionando o enfraquecimento

das plântulas e redução do número de plantas no estágio de desenvolvimento vegetativo (RAMOS et al., 2014).

As principais práticas empregadas para o controle de fungos associados às sementes de milho são os produtos químicos sintéticos (BETTIOL, 2015). Entretanto, de acordo com Miranda (2021), o uso inadequado, atrelado ao baixo número de produtos registrados, dificulta a rotação de grupos químicos, além de contribuir para a resistência de microrganismos patogênicos, contaminação do meio ambiente e causar intoxicação aos agricultores. O emprego de técnicas alternativas é uma opção ao manejo da fusariose, permitindo a diminuição no uso de químicos sintéticos e seus resíduos no solo.

Nesse contexto, as estratégias de manejo alternativo, utilizando óleos essenciais de origem natural, agem no intuito de controlar as doenças e pragas, sem ter o efeito impactante dos agrotóxicos sintéticos: têm-se mostrado promissoras para o controle de doenças e pragas na agricultura (BETTIOL, 2015). Esses óleos são extraídos de plantas e contêm compostos químicos que podem ter propriedades inseticidas, fungicidas e repelentes, entre outras.

Ao contrário dos agrotóxicos sintéticos, que são produtos químicos desenvolvidos em laboratório e muitas vezes têm um impacto significativo no meio ambiente e na saúde humana, os óleos essenciais de origem natural têm sido considerados uma alternativa “mais amigável” ao meio ambiente e potencialmente menos tóxica para os seres humanos e outros organismos não alvos.

Por essas questões, nos dias atuais, tem-se verificado a necessidade de estudos sobre o uso do método de manejo por meio de plantas nativas e medicinais sobre *Fusarium verticillioides*. Este fungo pode ocasionar grandes perdas em áreas produtoras de milho, além de problemas relacionados à intoxicação alimentar de animais e de seres humanos, por meio das micotoxinas sintetizadas pelo patógeno, podendo ser citado a fumonisinas, em específico a fumonisina B1, metabólico tóxico, que pode ocasionar vários problemas de saúde (BLACUTT et al., 2018).

Estudos demonstram que óleos essenciais podem ser utilizados no controle de fungos nas plantas devido a sua ação fungitóxica, ampliando resistência às

doenças da cultura em foco (ALVES et al., 2019; COSTA; GONÇALVES; MACHADO, 2020). Os óleos essenciais são produtos naturais que apresentam características satisfatórias no manejo de doenças de plantas: estes produtos são compostos gerados a partir de metabólitos secundários de plantas.

Sendo assim, pode-se levar em consideração que o uso de estratégias mais ecológicas e que causam menos danos aos fatores socioambientais podem diminuir a demanda da aplicação de agrotóxicos nos sistemas de produção agrícola. Além disso, resultará em várias vantagens ambientais e saudáveis aos produtores e consumidores de alimentos que buscam a soberania alimentar.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o potencial de cinco (5) óleos essenciais de plantas nativas para o manejo de *Fusarium verticillioides* em sementes de milho, extraídos das seguintes espécies: Açoita-cavalo (*Luehea divaricata*), Aroeira (*Myracrodruon urundeuva*), Carnaúba (*Copernicia prunifera*), Imburana (*Commiphora leptophloeos*) e Marmeleiro (*Croton blanchetianus* Baill).

2. Metodologia

2.1. Obtenção das sementes de milho

As sementes de milho foram obtidas no município de Cocal, no estado do Piauí, em três comunidades: Boiba, Pedra Preta e Angico Branco, na safra 2019/2020, sendo selecionadas cerca de cem (100) sementes por comunidade. O material foi transferido para o Laboratório de Agricultura do Instituto Federal do Piauí - Campus Cocal. Em seguida, foram desinfetadas por meio de imersão em solução de hipoclorito de sódio a 1% v/v, durante 3 minutos. Posteriormente, as sementes foram lavadas com água, esterilizadas e secas à temperatura ambiente.

2.2. Avaliação da sanidade de sementes de milho e obtenção do fungo *Fusarium verticillioides*

A análise de sanidade seguiu o procedimento descrito no Manual de Análise Sanitária de Sementes (BRASIL, 2009), onde foi avaliada a presença de fungos associados à cultura do milho.

O teste da sanidade de sementes foi realizado em placas de Petri, onde foi adicionado meio de cultura batata-dextrose-ágar (BDA). Foram depositadas sobre o BDA, sendo utilizadas cinco (5) sementes por placa. Em seguida as amostras foram incubadas a temperatura de 25°C sob fotoperíodo de 12 horas, sendo avaliadas após sete dias.

Logo após, o material foi examinado individualmente com auxílio de lupa estereoscópica e microscópio ótico de luz, e realizada uma avaliação quantitativa dos patógenos presentes nas mesmas. As sementes de milho que apresentaram sinais de *F. verticillioides* foram submetidas ao isolamento do patógeno. Após a obtenção do isolado, o mesmo foi cultivado em meio de cultura BDA e mantido em câmara tipo BOD à temperatura de 25°C sob fotoperíodo de 12 horas.

2.3. Extração dos óleos essenciais

A extração dos óleos essenciais foi realizada pelo método de hidrodestilação, que consistiu em submeter o material vegetal, tais como: folhas de Marmeleiro - MA- (*Croton blanchetianus* Baill), cascas de Açoita-Cavalo – AC - (*Luehea divaricata*); Imburana – IM - (*Commiphora leptophloeos*); Aroeira – AR - (*Myracrodruon urundeuva*); e raiz de Carnaúba – CA - (*Copernicia prunifera*), resultando na extração dos óleos essenciais.

No processo de hidrodestilação, o material vegetal está imerso na água em um balão de fundo redondo, onde por intermédio do aquecimento da manta, ocorrerá a evaporação água/óleo, que passará por um condensador. Assim, sendo resfriado e separado a água do óleo, por serem imiscíveis e depositando-se sobre a água por causa da densidade, em um aparelho que é chamado de *clevenger*, o qual pode se avaliar o rendimento em escala laboratorial (SARTOR, 2009; SILVEIRA et al, 2012; FERRAZ, 2020).

Inicialmente, colocou-se a matéria-prima em um balão de fundo redondo misturado com água destilada. O balão foi aquecido em uma manta térmica até o processo de ebulição. O vapor d'água arrastou as substâncias aromáticas voláteis e chegou ao condensador, passando pela etapa de resfriamento, cuja mistura voltou para o estado líquido, gerando assim, os óleos essenciais. Por fim, os óleos essenciais foram armazenados em recipientes de 10 ml e

acondicionados em geladeira no laboratório de agricultura do IFPI- Campus Cocal.

2.4. Avaliação do crescimento micelial e contagem dos conídios

Os óleos essenciais obtidos foram incorporados ao meio de cultura e distribuídos em placa de Petri. Após a sua solidificação, um disco de micélio com 5mm de diâmetro de *F. verticillioides*, com 7 dias de idade, foi repicado para o centro de cada placa que foram vedadas e incubadas em câmara de crescimento.

As avaliações foram realizadas diariamente, com a medição do diâmetro das colônias previamente marcadas na parte externa do fundo das placas (a média de duas medidas diametralmente opostas). Cada placa correspondeu a uma repetição, totalizando cinco repetições. As medidas foram efetuadas até que o tratamento controle atingisse 100% da placa. Para o cálculo da Área Abaixo da Curva de Crescimento Micelial (AACCM) foi utilizada a fórmula descrita por Medeiros, Viana e Albuquerque (2012).

$$AACCM = \frac{\mu \text{ Testemunha} - \mu \text{ Tratamento}}{\mu \text{ Testemunha}} * 100$$

Onde:

- AACCM = Área abaixo da Curva de Crescimento Micelial (adimensional);
- μ Testemunha = crescimento micelial médio do tratamento água destilada (cm);
- μ Tratamento = crescimento micelial médio do tratamento de interesse (cm).

Para a avaliação de esporulação dos conídios de *F. verticillioides*, foi realizada utilizando a câmara de *Neubauer*. A contagem foi feita via uma suspensão de conídios obtidos das placas de Petri do experimento da avaliação do crescimento micelial. Foram adicionadas 10 ml de água destilada nas colônias. Em seguida, foi raspada com auxílio da alça de Drigalski e a suspensão

foi filtrada em gaze. A contagem dos conídios foi realizada em câmara de Neubauer com auxílio de um microscópio óptico.

2.5. Avaliação da germinação das sementes inoculadas com *Fusarium verticillioides* e tratadas com óleos essenciais

As sementes foram desinfestadas em uma solução de hipoclorito de sódio a 1% v/v por 3 minutos. Após o tratamento das sementes com as concentrações de cada óleo em um período de 10 minutos, foram imersas em suspensão de conídios de *F. verticillioides* (106 conídios /ml) por 10 minutos.

Após os tratamentos das sementes foi realizado o teste padrão de germinação em placas de Petri: cinco amostras contendo cinco (5) sementes, por tratamento, foram semeadas igualmente espaçadas sobre três folhas de papel tipo *germitest*, as quais foram embebidas em água destilada. Em seguida, as placas foram colocadas na câmara de crescimento, com temperatura de 25°C e fotoperíodo de 12 horas. A contagem de sementes germinadas e mortas foi realizada no 7º dia.

2.6. Análise estatística dos dados

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC), utilizando o controle negativo com água destilada, e o óleo essencial de plantas medicinais em arranjo fatorial de 5 x 3, sendo cinco plantas nativas e três volumes aplicados (0,5; 0,65 e 0,75 µl) e cinco repetições. Cada parcela foi constituída por uma placa de Petri. Os dados foram sujeitos à análise de variância e, em seguida, análise de regressão para as concentrações dos óleos essenciais com valor de limiar estatístico de 5% de probabilidade do teste de Tukey. A análise estatística dos dados foi realizada por meio do software STATISTIX 9.0.

3. Resultados e discussões

Foram quantificadas três espécies de fungos nas sementes do milho, onde foi verificado que houve incidência de 60% de *Aspergillus spp*, 30% de *Fusarium verticillioides* e 10% do *Penicillium spp*. (Figura 1). Dentre os fungos associados

às sementes de milho, o *F. verticillioides* merece destaque por ser classificado como fungo causador de podridão de sementes, provocar danos nas mudas, ocasionar podridão do colmo e apodrecer os grãos armazenados (LANZA et al., 2016).

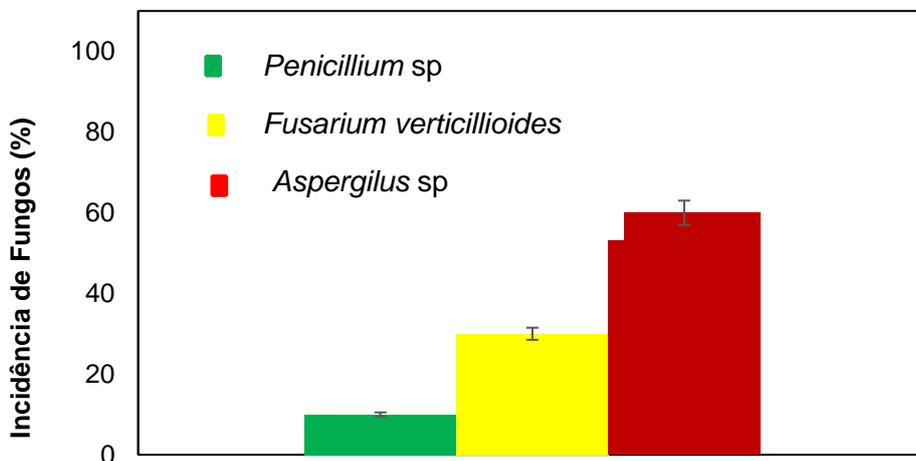


Figura 1. Incidência de fungos na cultura do milho. Fonte: Os autores, 2020.

Segundo Mendes et al. (2012), o fungo *F. verticillioides* é de extrema importância na agricultura. Dependendo das condições ambientais, pode favorecer a produção de micotoxinas que podem causar danos à saúde humana e animal. O plantio de milho com sementes infestadas por *F. verticillioides*, é capaz de interferir na germinação das sementes e no desenvolvimento da cultura do milho, causando danos nas plântulas e podridões radiculares e no colmo, reduzindo a produtividade.

Ademais, a incidência desses fungos está principalmente relacionada com a temperatura de armazenamento e o momento em que foi realizada a colheita das sementes, podendo ter afetado diretamente a sua umidade, favorecendo o crescimento desses patógenos na matéria-prima analisada.

3.1. Avaliação do crescimento micelial

Os óleos essenciais de carnaúba e marmeleiro apresentaram os melhores desempenhos em relação à redução do crescimento micelial de *F. verticillioides*, com valor de 45,5% de redução; seguido pela imburana, com 27,7% de redução

do crescimento micelial de *F. verticillioides* (Figura 2). Além da redução do crescimento micelial do *F. verticillioides*, foi observado que cerca de 95% das sementes germinaram.

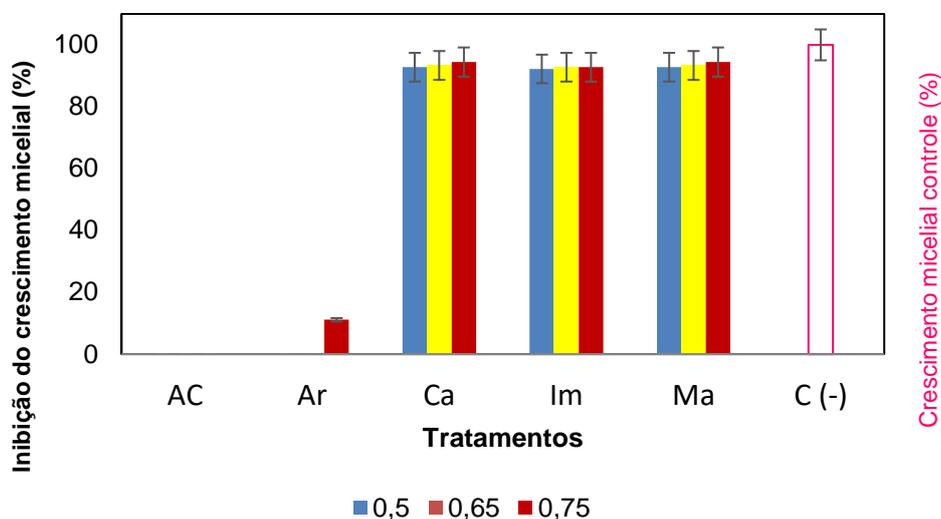


Figura 2. Efeito dos óleos essenciais sobre o crescimento micelial de *F. verticillioides*, IFPI, 2020. Fonte: Os autores, 2020.

*AC = óleo essencial obtido da planta açoita-cavalo; AR = óleo essencial obtido da aroeira; CA = óleo essencial obtido da carnaúba; IM = óleo essencial obtido da imburana; e MA = óleo essencial obtido do marmeleiro.

No trabalho realizado por Rossi et al. (2012), sementes de milho tratadas com óleo essencial de planta nativa local, apresentaram aumento na germinação das sementes de milho. Em contrapartida, a pesquisa realizada por Gomes et al. (2016), obteve efeito contrário em relação à germinação de sementes e na redução do vigor das plântulas, visto que tal resultado pode ter ocorrido devido à alta concentração de 1; 1,5 e 2 ml. l⁻¹ utilizada pelos pesquisadores.

O uso de óleo essencial contribui na redução do uso de produtos sintéticos que contaminam o agricultor, deixam resíduos nos produtos agrícolas, prejudicam o solo, diminuem a microbiota, contaminam a água e o meio ambiente (BETTIOL, 2015; MARIANI; HENKES, 2015).

Todos os tratamentos tiveram resultados semelhantes em relação à Área Abaixo da Curva de Crescimento Micelial (AACCM) de *F. verticillioides*; ou seja, houve em todos os tratamentos aumento do crescimento em reação ao dia

anterior (Figura 3). Estes resultados corroboram com os experimentos realizados por Rissato et al. (2016), onde AACCM de *Fusarium solani* não possuiu diferença em relação aos tratamentos utilizados.

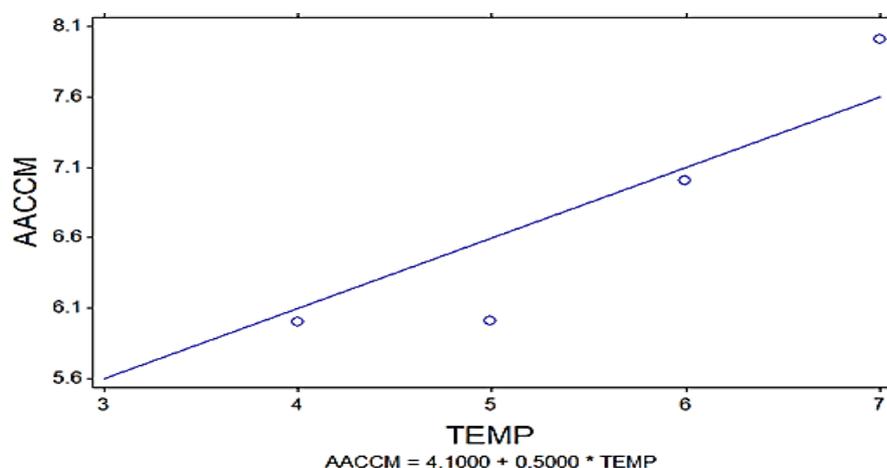


Figura 3. Área abaixo da curva de crescimento micelial - AACCM nos testes com os óleos essenciais. Fonte: Os autores, 2020.

No que se refere aos resultados observados separadamente, estes já apresentam diferenciações em relação à redução do crescimento micelial do *F. Verticillioides* (Tabela 1). No volume de 0,5 µl de óleos essenciais de carnaúba e marmeleiro, o crescimento micelial de *F. verticillioides* foi de 5,7 mm, o que mostra boa redução de AACCM.

Tabela 1. Concentração dos óleos essenciais a 0,5% em relação à Área Abaixo da Curva de Crescimento Micelial - AACCM de *Fusarium verticillioides*

Treatamento	Crescimento de AACCM em (mm)
Açoita-Cavalo	7,3
Aroeira	7,0
Carnaúba	5,7
Imburana	6,6
Marmeleiro	5,7
Testemunha	7,6

Fonte: Os autores, 2020.

Quando submetido ao óleo essencial da imburana, o *F. verticillioides* não conseguiu ocupar todo o espaço da placa de Petri, tendo o seu crescimento retardado. Já os óleos essenciais de açoita-cavalo e aroeira apresentaram AACCM próximo da Testemunha, o que mostra que esses tratamentos não foram eficazes para controlar o fungo *F. verticillioides*.

No volume de 0,65µl, os óleos essenciais de açoita-cavalo, aroeira e imburana foram equivalentes à testemunha: mostra a não eficiência no controle do fungo. Verificou-se uma redução de AACCM de *F. verticillioides* quando submetido ao óleo essencial de imburana. Observou-se que os tratamentos com os óleos de carnaúba e marmeleiro apresentaram resultados condizentes ao esperado. Mesmo não controlando totalmente o *Fusarium verticillioides*, estes óleos reduziram o crescimento do fungo (Tabela 2).

Tabela 2. Concentração dos óleos essenciais a 0,65% em relação a Área Abaixo da Curva de Crescimento Micelial - AACCM de *Fusarium verticillioides*

Tratamento	Crescimento de AACCM em (mm)
Açoita-Cavalo	7,3
Aroeira	7,3
Carnaúba	5,4
Imburana	6,6
Marmeleiro	5,4
Testemunha	7,6

Fonte: Os autores, 2020.

Os resultados obtidos no presente trabalho mostram total eficácia dos óleos essenciais de carnaúba e marmeleiro no controle de *F. verticillioiedes*. Estes óleos ao serem utilizados no volume de 0,75µl conseguiram inibir totalmente o crescimento micelial do fungo. Os óleos essenciais de imburana e aroeira, quando comparados aos tratamentos açoita-cavalo e a testemunha A.D.E, também mostraram bons resultados de redução do crescimento micelial de *Fusarium spp.* - mas não o suficiente para a redução total de crescimento micelial. Foi possível perceber que, quanto maiores forem os volumes dos óleos

essenciais utilizados no experimento, maior será a probabilidade de controle de *F. verticillioides* (Tabela 3).

Tabela 3. Concentração dos óleos essenciais a 0,75% em relação à área abaixo da curva de crescimento micelial - AACCM de *F. verticillioides*

Tratamento	Crescimento de AACCM (mm)
Açoita-Cavalo	7,0
Aroeira	5,9
Carnaúba	5,0
Imburana	6,4
Marmeleiro	5,0
Testemunha	7,6

Fonte: Os autores, 2020.

3.2. Avaliação do efeito dos óleos essenciais na germinação de sementes de milho

Com base na análise do efeito da germinação das sementes de milho, é possível observar que houve comportamento semelhante entre os óleos essenciais de carnaúba (CA) e marmeleiro (MA). Nos testes com volume de 0,65µl destes óleos essenciais, proporciona 60% e 40% de germinação, respectivamente. Porém, quando aplicado volumes de 0,75µl de CA e MA, percebe-se que 100% das sementes germinaram, mesmo com a presença de *F. verticillioides* representa resultados satisfatórios e primordiais para a pesquisa.

Nos outros tratamentos ocorreu redução na germinação das sementes e presença de fungos associados, já que os testes com óleos essenciais de aroeira (AR) e imburana (IM), apresentaram 60% e 40% de germinação das sementes de milho; enquanto o tratamento com óleo essencial de açoita-cavalo (AC) não apresentou germinação das sementes. Isso sugere que houve efeito fitotóxico do óleo essencial sobre a germinação das sementes de milho. Os experimentos realizados com os óleos essenciais testados diferiram da testemunha (TEST), com exceção do tratamento com o óleo açoita-cavalo (AC) devido ao efeito

fitotóxico sobre a germinação.

Mesmo que ainda sejam preliminares os resultados deste estudo, demonstram um grande potencial para utilização no preparo das sementes de milho para o plantio. Entretanto, mais análises são necessárias para observação em outros volumes e identificações dos princípios ativos presentes em cada óleo testado, bem como os métodos e a frequência de aplicação dos óleos no controle do agente causal das doenças das sementes do milho e no desenvolvimento da planta em condições de campo.

4. Conclusão

Os tratamentos com óleos essenciais de aroeira e imburana não afetaram a porcentagem de germinação das sementes no decorrer do experimento. No entanto, os óleos essenciais de carnaúba e marmeleiro apresentaram resultados satisfatórios, pois afetaram significativamente o crescimento micelial de *F. verticillioides* nas sementes de milho.

Com isso, abre-se precedente para novos trabalhos para investigar qual concentração ideal do óleo essencial para se reduzir a ação do *F. verticillioides* no desenvolvimento da planta no campo. Portanto, acredita-se que essas estratégias de manejo podem reduzir os custos de produção, além de ser economicamente viável e ecologicamente correta.

No entanto, há de se analisar: apesar de serem consideradas opções mais seguras e ambientalmente amigáveis, as estratégias com óleos essenciais não são isentas de desafios, como verificado no presente trabalho. A eficácia desses produtos pode variar dependendo da espécie de praga ou patógeno, do ambiente de cultivo, da dosagem e da forma de aplicação. Além disso, a adoção generalizada dessas alternativas requer pesquisas contínuas para melhorar sua eficiência e práticas de manejo.

Portanto, o uso de óleos essenciais de origem natural como parte de estratégias de manejo integrado de pragas e doenças é uma abordagem promissora para reduzir o impacto ambiental e a exposição a agrotóxicos sintéticos; contudo, é necessário um cuidadoso monitoramento e adaptação das práticas agrícolas para obter resultados eficazes e sustentáveis.

5. Referências

ACHIMÓN, F. et al. Chemical composition and antifungal properties of commercial essential oils against the maize phytopathogenic fungus *Fusarium verticillioides*. **Revista Argentina de Microbiología**, 2021.

AGRICULTURA familiar: **linha de pesquisa**. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/ao-completar-160-anos-ministerio-da-agricultura-preve-crescimento-de-27-na-producao-de-graos-do-pais-na-proxima-decada/> ProjecoedoAgronegocio2019_20202029_2030.pdf. Acesso em: 12 out. 2020.

FRANÇA, K. R. da S. et al. Control of *Fusarium verticillioides* using Palmarosa essential oil (*Cymbopogon martinii*). **Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci**, v. 8, n. 5, p. 484-494, 2019.

ATTIA, SABINE. et al. Chemical composition and acaricidal properties of *Deverra scoparia* essential oil (Araliales: Apiaceae) and blends of its major constituents against *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae), **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 104, n. 4, p. 1220-1228, 2011.

BARDIN, M. et al. Is the efficacy of biological control against plant diseases likely to be more durable than that of chemical pesticides?. **Frontiers in Plant Science**, v. 6, p. 566, 2015.

BETTIOL, W. **Controle alternativo**. Agência Embrapa de Informação Tecnológica, Curitiba-SC, 2015.

BETTIOL, W. **Controle alternativo**. Embrapa Meio Ambiente, Belém-PA, p. 43-158, out.2015.

BIZZO, H. R.; HOVELL, A. M. C.; REZENDE, C. M. Óleos essenciais no Brasil: aspectos gerais, desenvolvimento e perspectivas. **Química Nova**, v. 32, n. 3, p. 588- 594, 2009.

BLACUTT, A.A. et al. *Fusarium verticillioides*: advancements in understanding the toxicity, virulence, and niche adaptations of a model mycotoxigenic pathogen of maize. **Phytopathology**, v. 108, n. 3, p. 312-326, 2018.

BRASIL. Estabelece o Regulamento Técnico do Milho. **Instrução Normativa Mapa nº 60 de 22/12/2011**. Brasília: MAPA/SDA/CGAL, 2011.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análises de sementes**. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 2009.

CONTINI, E.; MOTA, M. M.; MARRA, R.; BORGHI, E.; MIRANDA, R. A. de; SILVA, A. F. DA; SILVA, D. D. da; MACHADO; J. R. de A.; COTA, L. V.; COSTA, R. V. da; MENDES, S. V. **Série Desafios do Agronegócio Brasileiro (NT2) Milho-Characterização e Desafios Tecnológicos**. p. 1-45, 2019.

COSTA, M. L. N.; GONÇALVES, D. S. F.; MACHADO, J. C. Controle de *Fusarium verticillioides* em sementes de milho com o óleo essencial de gengibre. **Summa Phytopathologica**, v. 46, p. 250-254, 2020.

CRUZ, J. C. et al. (Ed.). **Milho: O produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília: Embrapa, 2011. 338 p.

CRUZ, J. C. MAGALHÃES, P. C., ISRAEL FILHO, I. A., MOREIRA, J. A. A.(Ed.). **Milho: O produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília: Embrapa, 2011.

FERRAZ, A. Guia completo da aromaterapia para iniciantes: como usar a 34 aromaterapia para transformar sua saúde e equilibrar suas emoções. Viver Aromas – Aromaterapia como estilo de vida. Disponível em: < https://viverdearomas.com.br/wpcontent/uploads/2020/05/Guia_completo_da_Aromaterapia_para_iniciantes_2020.pdf >. Acesso em: 23 nov. 2021.

GOMES, R. S. S.; NUNES, M. C.; NASCIMENTO, L. C.; SOUZA, J. O.; PORCINO, M. M. Eficiência de óleos essenciais na qualidade sanitária e fisiológica em sementes de feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.18, n.1, p.279-287, 2016.

HILLEN, T. SCHWAN-ESTRADA, K. R. F.; MESQUINI, R. M.; CRUZ, M. E. S.; STANGARLIN, J. R.; NOZAKI, M. Atividade antimicrobiana de óleos essenciais no controle de alguns fitopatógenos fúngicos *in vitro* e no tratamento de sementes. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v.14, n.3, p.439-445, 2012.

HIRPA, K.; BULTO, T. **Effects of Different Termite Management Practices on Maize Production in Assosa District, Benishangul Gumuz Region, Western Ethiopia**. Journal of Biology, Agriculture and Healthcare, v. 6, p. 23, 2016.

LANZA, F. E.; ZAMBOLIM, L.; COSTA, R. V. da; SILVA, D. D. da; QUEIROZ, V. A. V.; PARREIRA, D. F.; MENDES, S. M.; SOUZA, A. G. C.; COTA, L. V. Aplicação foliar de fungicidas e incidência de grãos ardidos e fumonisinas totais em milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 5, p. 638-646, 2016.

MARIANI, C.M; HENKES, J. A. Agricultura orgânica x agricultura orgânica agricultura x agricultura convencional formas de minimizar o uso de pesticida industrial / / convencional soluções para minimizar o uso de insumos industrializados. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**. P. 315 – 338, 2015.

MEDEIROS, E. V.; VIANA, M. G.; ALBUQUERQUE, C. C. Extrato etanólico de *Senna alata* no controle de *Fusarium oxysporum*, causador da murcha-de-fusarium do meloeiro. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, Botucatu, v. 16, n. 11, p. 1166-1170, 2012.

MENDES, M. C.; PINHO, R. G. V.; PINHO, E. V. R. V.; FARIA, M. V. Comportamento de híbridos de milho inoculados com os fungos causadores do complexo grãos ardidos e associação com parâmetros químicos e bioquímicos. **Ambiência**, v. 8, n. 2, p. 275-292, 2012.

MIRANDA, T. F. **Uso de óleos essenciais no controle da fusariose do abacaxi**. F. 39, 2021. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Ceará (UFC), 2021.

NASCIMENTO, W. M. **Sementes orgânicas de hortaliças: um grande desafio**. (2014). Disponível em: Acesso em: 30 mai. 2018. <http://www.cnph.embrapa.br/paginas/imprensa/releases/sementes_organicas_hortalicas_desafio.html> Acesso em: 10 mai. 2021.

OLIVEIRA, I. C. M. **Produção de Sementes: um desafio para a agricultura orgânica**. 2016. 96 p. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) de Agronomia – Universidade Federal de São João del Rei, Minas Gerais, 2016.

PINTO-ZEVALLOS, D.M.; ZARBIN, PAULO H.G. A química na agricultura: perspectivas para o desenvolvimento de tecnologias sustentáveis. **Química Nova**, v. 36, n. 10, p. 1509-1513, 2013.

PIROVANI, V. D.; PRATISSOLI, D.; CARVALHO, J. L. de; PIN, L. **Manejo de Pragas para a Cultura do Morangueiro: Sem Resíduo de Agrotóxicos**. Núcleo de Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Manejo Fitossanitário de Pragas e Doenças, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, ES. 67p. 2015.

RAMOS, D. P.; BARBOSA, R. M.; VIEIRA, B. G. T. L.; PANIZZI, R. de C.; VIEIRA, R. D. Infecção por *Fusarium graminearum* e *Fusarium verticillioides* em sementes de milho. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 44, n. 1, p. 24-31, 2014.

REIS, E. M.; CASA, R. T. **Doenças dos cereais de inverno: diagnose, epidemiologia e controle**. 2. ed. Lages: Graphel, 2007. 176 p.

RISSATO, B. B.; STANGARLIN, J. R.; COLTRO-RONCATO, S.; DILDEY, O. D. F.; GONÇALVES, E. D. V.; LORENZETTI, E. Atividade *in vitro* de medicamentos homeopáticos contra *Sclerotinia sclerotiorum*. **Revista Scientia Agraria Paranaensis**. Pernambuco, v.15, 2016.

ROSSI, E.; COSIMI, S.; LONI, A. Bioactivity of essential oils from Mediterranean plants: Insecticidal properties on *Sitophilus zeamais* and effects on seed germination. **Journal of Entomology**, v.9, n.6, p.403-412, 2012.

SARTOR, R. B. Modelagem, Simulação e Otimização de uma Unidade Industrial de Extração de Óleos Essenciais por Arraste a Vapor. Dissertação de Mestrado em Engenharia Química, UFRGS, Porto Alegre, p. 99, 2009.

SILVEIRA, J. C. et al. Levantamento e análise de métodos de extração de óleos essenciais. Enciclopédia Biosfera, Goiânia, v. 8, n. 15, p.2038-2052, 2012.

SOUZA, M. Ação da poluição nos sistemas ambientais. In: SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. Vol. IV. – Canoas, RS: Mérida Publishers. p. 26-68. 2022. DOI: <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-10-7.c1>.

VIGAN, M. Essential oils: renewal of interest and toxicity. **European Journal of Dermatology**, v. 20, n. 6, p. 685-92, 2010.