

Óleos essenciais no controle do *Fusarium* sp. da cana de açúcar *in vitro*

Bárbara Moura Tico ^{1*}, Hilderlande Florêncio da Silva ², Edcarlos Camilo da Silva ³, Guilherme Romão Silva ⁴, Luciana Cordeiro do Nascimento ⁵

¹Graduanda em Agronomia, Universidade Federal de Paraíba, Brasil. (*Autor correspondente: barbaramourat@hotmail.com)

²Doutorando em Agronomia, Universidade Federal de Paraíba, Brasil.

³Doutorando em Agronomia, Universidade Federal de Paraíba, Brasil.

⁴Graduando em Agronomia, Universidade Federal de Paraíba, Brasil.

⁵Professora Associada na Universidade Federal de Paraíba, Brasil.

Histórico do Artigo: Artigo submetido e revisado pelo XV SEAGROCCA, sendo aceito e indicado para publicação

RESUMO

Dentre as principais doenças da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) destacam-se as causadas pelo gênero fúngico *Fusarium* sp. Atualmente o manejo tradicional de doenças de plantas utiliza fungicidas sintéticos, no entanto é importante a utilização de métodos alternativos, visando minimizar impactos ao meio ambiente. Assim, os óleos essenciais, são ferramentas promissoras no controle de fitopatógenos. No presente trabalho objetivou-se avaliar a atividade fungitóxica dos óleos essenciais de capim-limão (*Cymbopogon citratus*), eucalipto (*Eucalyptus citriodora*), erva-doce (*Foeniculum vulgare*) e manjerição (*Ocimum basilicum*) no controle *in vitro* de *Fusarium* sp. Os óleos foram testados na concentração de 1% acrescentado ao meio de cultivo, através da deposição de disco da colônia fúngica do patógeno em placas de Petri contendo meio Batata-Dextrose-Ágar (BDA). O fungicida Tiabendazol (130 mL i.a. 100 L⁻¹ água) e água destilada esterilizada (ADE) foram utilizados como tratamentos controle. As placas de Petri foram mantidas em câmara climatizada tipo B.O.D à 25 ± 2 °C, durante sete dias. As avaliações de crescimento micelial foram realizadas diariamente, através da medição do diâmetro da colônia em dois sentidos perpendicularmente opostos. A esporulação foi quantificada em câmara de Neubauer. Para determinar o efeito dos tratamentos sobre *Fusarium* sp. *in vitro*, avaliou-se o diâmetro médio da colônia (DMC) o índice de velocidade de crescimento micelial (IVCM), esporulação e percentual de inibição da esporulação (PIC), em delineamento experimental inteiramente casualizado. Os óleos essenciais de capim-limão, erva-doce e manjerição apresentaram efeito inibitório *in vitro* sobre *Fusarium* sp., isolado da cana de açúcar, reduzindo o crescimento da colônia e esporulação.

Palavras-Chaves: Atividade antifúngica, Podridão, *Saccharum officinarum*.

Control of sugarcane *Fusarium* sp. with essential oils *in vitro*

ABSTRACT

Among the main diseases of sugarcane (*Saccharum officinarum*) are those caused by the fungal genus *Fusarium* sp. Currently the traditional management of plant diseases uses synthetic fungicides, however it is important to use alternative methods to minimize impacts on the environment. Thus, essential oils are promising tools in the control of plant pathogens. The objective of the present work was to evaluate the fungitoxic activity of lemongrass (*Cymbopogon citratus*), eucalyptus (*Eucalyptus citriodora*), fennel (*Foeniculum vulgare*) and basil (*Ocimum basilicum*) essential oils *in vitro* control of *Fusarium* sp. The oils were tested at a concentration of 1% added to the culture medium by depositing the pathogen's fungal colony disc in Petri dishes containing Potato-Dextrose-Agar (PDA) medium. Tiabendazol fungicide (130 mL i.a. 100 L⁻¹ water) and sterile distilled water (SDW) were used as control treatments. Petri dishes were kept in a type B.O.D climate chamber at 25 ± 2 °C for seven days. Mycelial growth evaluations were performed daily by measuring the colony diameter in two perpendicular opposite directions. Sporulation was quantified in a Neubauer chamber. To determine the effect of treatments on *Fusarium* sp. *In vitro*, the colony mean diameter (CMD), mycelial growth rate index (GRiD), sporulation and percentage of sporulation inhibition (PSI) were evaluated in a completely randomized experimental design. The essential oils of lemongrass, fennel and basil had an *in vitro* inhibitory effect on *Fusarium* sp., Isolated from sugarcane, reducing colony growth and sporulation.

Keywords: Antifungal activity, Rot, *Saccharum officinarum*.

1. Introdução

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) pertence família das gramíneas e vem sendo cultivada a mais de três mil anos, tendo como origem a Nova Guiné (Leão, 2002; Salla et al., 2009). É uma cultura de grande relevância para economia brasileira, gerando emprego e renda nas regiões produtoras (Peres et al., 2005). Sua principal matéria-prima é utilizada para produção de etanol e açúcar, e os produtos derivados incluem melaço, rapadura, aguardente (Becker, 2013). Os resíduos gerados podem ser utilizados na alimentação suplementar de animais e biofertilizantes (Bellé et al., 2014).

O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, com uma área colhida na safra 2017/2018 de 8.729,5 milhões de hectares, com uma produção de 633.261,9 milhões de toneladas. Na Paraíba, a produção foi equivalente a 5.829,5 mil toneladas, e a destinação da cana-de-açúcar esmagada foi direcionada em 21% para fabricação de açúcar e 79% para o etanol, com base no cenário econômico favorável para o etanol em relação ao açúcar (Conab, 2019).

Vários fatores afetam a produtividade da cultura, entre eles o surgimento de doenças. Aproximadamente 70% das doenças de plantas são causadas por fungos, reduzindo a produtividade e acarretando grandes prejuízos (Pozza et al., 1999). Dentre essas doenças, destacam-se as causadas pelo gênero *Fusarium*, as quais estão associadas à murcha e ao Pokkah boeng (Tokeshi, 2005; Matsuoka, 2013). A fusariose da cana-de-açúcar é caracterizada por um complexo de sintomas diferentes, que comprometem principalmente o colmo e as folhas da planta, os fungos do gênero *Fusarium* invertem a sacarose em glucose, diminuindo a pureza do caldo e o peso do açúcar (Gallo et al. 1988). Na parte aérea, os sintomas são mais graves, com quebra da dominância apical e murcha ou morte da parte superior da planta, limitando seu desenvolvimento vegetativo (Chapola et al., 2014; Costa et al., 2019).

Para a infecção da planta o patógeno necessita de uma injúria, normalmente causada por broca ou o corte dos toletes para a propagação, quando o fungo infecta na fase de plantio dos toletes causar danos como baixa brotação das gemas, podridão de raiz e enfezamento (redução no tamanho) dos brotos (Matsuoka, 2013; Simon et al., 2016; Ageitec, 2019).

O uso de defensivos agrícolas para o controle de doenças vem crescendo muito nos últimos anos, isso se deve ao desenvolvimento da agricultura e crescimento da produção (Silva et al., 2018). Além de propiciar o surgimento de fitopatógenos resistentes às estas substâncias químicas utilizadas, o ambiente é prejudicado devido aos efeitos residuais e toxicológicos (elevada concentração nos alimentos) (Souza et al., 2007; Santos & Monteiro, 2008; Silva et al., 2018). A conscientização quanto ao uso de agrotóxicos e a preocupação com o meio ambiente tem motivado a busca por alternativas que possam favorecer tanto o controle de pragas e doenças como o aumento na produção das mais variadas culturas (Jardim, Andrade e Queiroz, 2009). Muito estudos estão sendo realizados sobre o uso de produtos alternativos para o controle de doenças, destacando-se os óleos essenciais (Mota et al., 2002; OLIVEIRA et al., 2017).

Óleos essenciais são produtos aromáticos gerados do metabolismo secundário de plantas, normalmente produzidos de folhas e talos, possuem uma variedade de funções nas plantas como protegê-las contra herbívoros e patógenos (Taiz et al., 2017; Scherer et al., 2009; Vizzotto et al., 2010). Vários estudos têm comprovado o efeito dos óleos essenciais que podem ser usados como antifúngicos, inseticidas e antibactericidas, sendo assim, uma alternativa mais simples, econômica e não tóxica, tanto para o ambiente quanto para a saúde das pessoas que manusear com estes produtos no combate de doenças em plantas (Pereira et al., 2018).

Os óleos essenciais são eficientes no uso como fungicidas naturais inibindo a atividade fúngica de forma eficaz, isso dado aos compostos fenólicos e terpenos que os constituem (Chao & Young, 2000; Bozin et al., 2006; Chapola et al., 2014). Análises químicas desses óleos têm mostrado que os principais compostos ativos são principalmente carvacrol, timol, citral, anetol, eugenol, 1,8-cineol, limoneno, pineno, linalol, estragol e seus precursores (Demetzos; Perdetzoglou e Tan, 2001).

O óleo essencial de capim limão (*Cymbopogon citratus*) possui um alto teor de citral e limoneno, essas substâncias apresentam elevada atividade fungicida (Cortez et al., 2015). O óleo de manjeriço (*Ocimum*

basilicum) contém alto teor de linalol, substância que apresenta uma elevada atividade antisséptica (Pravuschi et al., 2010). O 1,8-cineol ou eucaliptol é produzido nas folhas do eucalipto (*Eucalyptus citriodora*) e apresenta a ação biocida (Chagas et al., 2002). A erva-doce (*Foeniculum vulgare*) possui como principais componentes o anetol e o estragol que apresenta ação antifúngica (Araujo et al., 2013a; Silva, 2015).

Deste modo, o trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de óleos essenciais de capim limão, eucalipto, erva-doce e manjerição no controle de *Fusarium* sp., oriundo da cana de açúcar, *in vitro*.

2. Material e Métodos

O experimento foi realizado no Laboratório de Fitopatologia (LAFIT) pertencente ao Departamento de Fitotecnia e Ciências Ambientais do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, Campus II, Areia, PB.

O fungo foi obtido a partir do isolamento de plantas de cana-de-açúcar, coletadas em áreas comerciais no município de Areia, PB (06° 57' 46" S 35° 41' 31" O), com sintomas de mau desenvolvimento do sistema radicular e podridão das raízes. Inicialmente foi realizada uma prévia sanitização do material com água corrente e sabão neutro e procedeu-se o isolamento, no qual foram cortados fragmentos de 0,5 mm do material em áreas de interseção entre o tecido lesionado e o sadio. Os fragmentos imersos em álcool a 70% durante 30 segundos e em seguida numa solução de hipoclorito de sódio (1:3) por 3 minutos e por fim lavados duas vezes em água destilada estilizada (ADE) (Alfenas; Mafia, 2016).

Os fragmentos de tecido vegetal infectado foram transferidos para placas de Petri (9 cm), contendo meio de cultura Batata-Dextrose-Ágar (BDA), permanecendo por oito dias em câmara incubadora tipo B.O.D (*Biochemical Oxygen Demand*), regulada à temperatura de 25 °C, sob fotoperíodo de 12 horas. A confirmação da etiologia do patógeno foi realizada sob microscópio óptico, através da observação das estruturas vegetativas e reprodutivas, confrontando-as com as descrições realizadas por Seifert et al. (2011).

Para o teste *in vitro* foram adicionados 20 mL de meio de cultura BDA em placas de Petri (90 x 15 mm), acrescido com os óleos essenciais de capim limão, eucalipto, erva-doce e manjerição na concentração de 1%, mais a adição de 0,5% de Tween 80, para facilitar a emulsificação, fungicida Tiabendazol (130 ml i.a. 100 L⁻¹ água) e a testemunha contendo apenas o meio BDA. Após a solidificação do meio, foi colocado um disco de colônia do patógeno (5 mm), no centro de cada placa.

As placas foram incubadas em B.O.D sob fotoperíodo de 12 horas, à 25±2 °C durante sete dias. A mensuração das colônias foi realizada diariamente, com o auxílio de uma régua milimetrada, em dois sentidos perpendiculares até atingir toda a placa. Foi calculada a média entre essas medidas, obtendo-se o Diâmetro Médio da Colônia (DMC). Para determinação do Índice de Velocidade de Crescimento Micelial (IVCM) expresso em mm dia⁻¹, utilizou-se a fórmula proposta por Gomes (2008): $IVCM = \frac{\Sigma (D - D_a)}{N}$, em que: IVCM= índice de velocidade de crescimento micelial; D= diâmetro médio atual da colônia; D_a= diâmetro médio da colônia do dia anterior; N= número de dias após a inoculação.

A quantificação da esporulação foi realizada em suspensão aquosa com adição de 10 mL de ADE nas placas. Para facilitar a remoção dos esporos fez-se uso de pincel de cerdas macias. A suspensão foi filtrada em dupla camada de gaze esterilizada e a quantificação dos esporos realizada em câmara de Neubauer, com auxílio do microscópio óptico e os resultados expressos em esporos x 10⁵ mL⁻¹. Os esporos presentes sobre as linhas inferior e esquerda de cada quadrante não foram aferidos na contagem (Viccini, 2004).

O cálculo do percentual de inibição da esporulação (PIE) foi conforme a fórmula utilizada por Fernandes et al., (2015), onde:

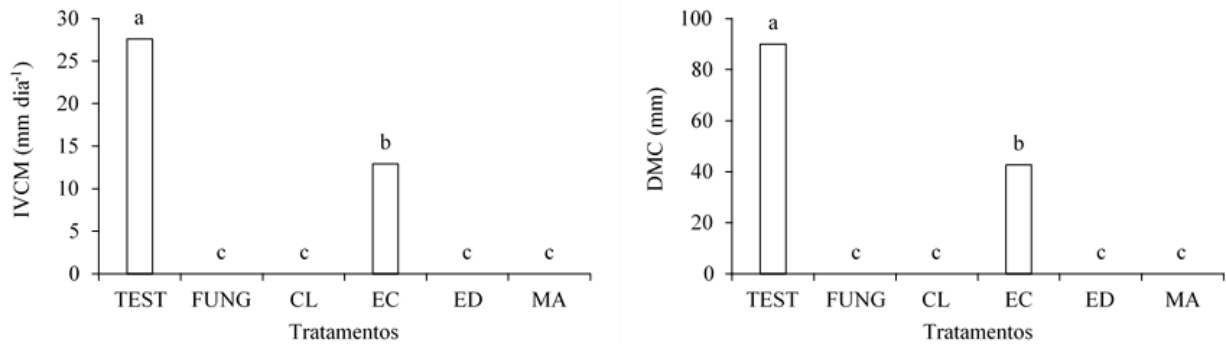
$$PIE = \frac{(\text{Esporulação da testemunha} - \text{Esporulação do tratamento})}{(\text{Esporulação da testemunha})} \times 100$$

O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado, composto por seis tratamentos e cinco repetições, sendo a unidade experimental constituída por duas placas de Petri. Os dados foram submetidos à análise de variância, e as médias comparadas pelo teste de Tukey até o nível de 5% de significância, por meio do software estatístico R® (R Core Team, 2019).

3. Resultados e Discussão

Em relação aos óleos essenciais utilizados (Figura 1), observou-se efeito significativo ($p < 0,01$) quando avaliado o índice de velocidade de crescimento micelial (IVCM) e o diâmetro médio da colônia (DMC) de *Fusarium* sp. Os óleos essenciais de capim limão, erva-doce e manjerição inibiram completamente o crescimento micelial do patógeno. O mesmo efeito pode ser observado pelo fungicida Tiabendazol, ambos diferindo estatisticamente do óleo essencial de eucalipto e da testemunha.

Figura 1. Índice de velocidade de crescimento micelial (IVCM) e diâmetro médio da colônia (DMC) de *Fusarium* sp., *in vitro* sob aplicação de óleos essenciais de capim limão (CL), eucalipto (EC), erva-doce (ED) e manjerição (MA). Testemunha = TEST; Fungicida = FUNG.



Amini et al. (2016) ao utilizarem óleos essenciais no controle de três espécies de *Phytophthora*, observaram que o óleo de capim-limão proporcionou inibição em 100% no teste *in vitro*, quando utilizado na concentração de 90 ppm. Os óleos essenciais de *Mentha arvensis* e *Eucalyptus citriodora* têm demonstrado eficientes no controle *in vitro* de *Fusarium solani* (Barbieri et al., 2018), podendo ser uma alternativa na substituição dos produtos sintéticos.

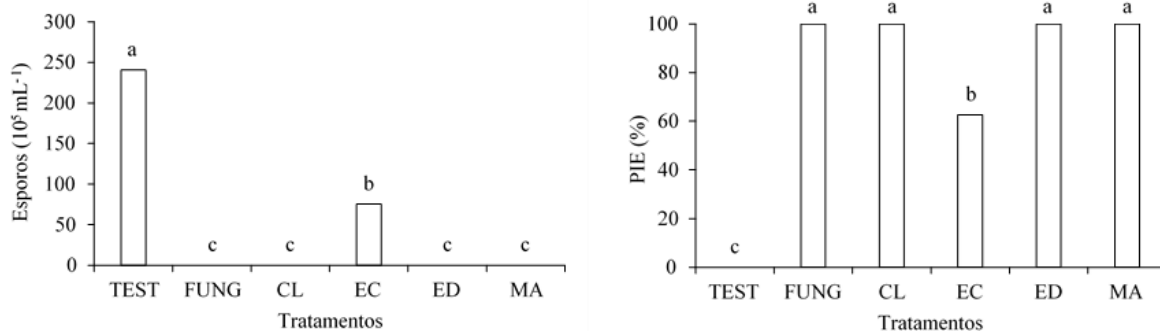
Nóbrega et al. (2019) analisando a atividade antifúngica de óleos essenciais no controle de *Alternaria alternata* e *Colletotrichum musae* *in vitro*, verificaram que o óleo de eucalipto (*Eucalyptus* sp.) foi eficiente, nas concentrações de 0,8 e 1,0% reduzindo o crescimento micelial dos patógenos.

Khaledi, Taheri e Tarighi, (2015) verificaram que ao utilizar os óleos essenciais de manjerição e erva doce na concentração de 2000 ppm inibiram 100% o crescimento micelial de *Rhizoctonia solani*, patógeno radicular do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). Gomes et al., (2016) avaliando a eficiência de óleos essenciais no controle de fungos em sementes de *P. lunatus*, verificaram que o óleo de manjerição nas concentrações de 1,0, 1,5 e 2 mL. L⁻¹ foram eficientes no controle de *Fusarium* sp. Araújo et al. (2013b), relataram que o óleo

essencial de laranja nas concentrações de 10, 20 e 30%, foi eficiente na inibição da esporulação e germinação de esporos da fusariose (*Fusarium Gutiforme*) do abacaxizeiro (*Ananas comosus*), após 48 horas da aplicação do tratamento.

Para a variável esporulação, pode-se observar que houve efeito inibitório sobre a concentração de conídios de *Fusarium* sp., em que os óleos essenciais de capim limão, erva-doce e manjerição inibiram totalmente a esporulação do patógeno, quando comparado com os demais tratamentos. Verificou-se que o fungicida apresentou mesmo efeito, apenas diferindo do óleo essencial de eucalipto e da testemunha (Figura 2).

Figura 2. Esporulação e Percentual de Inibição de *Fusarium* sp., sob aplicação de óleos essenciais de capim limão (CL), eucalipto (EC), erva-doce (ED) e manjerição (MA). Testemunha = TEST; Fungicida = FUNG.



Freddo et al. (2016), ao utilizarem o óleo essencial de erva-luísia (*Aloysia citriodora*) no controle *in vitro* de *Fusarium* sp., verificaram um comportamento linear decrescente, em que a concentração de 0.25 % apresentou maior redução na germinação de esporos do patógeno. A atividade antifúngica dos óleos essenciais utilizados pode estar relacionada à capacidade de penetração e alteração da parede celular fúngica e membranas citoplasmáticas via processo de permeabilização, o que ocasiona a desintegração mitocondrial das membranas, devido a alterações no fluxo de elétrons dentro da via do sistema de transporte de elétrons (Swamy et al., 2016).

Os óleos essenciais de capim limão, erva doce e manjerição proporcionaram um percentual de inibição da esporulação do *Fusarium* sp. de 100%, deferindo da testemunha que não apresentou efeito inibitório do patógeno e do tratamento com óleo essencial de eucalipto que inibiu 60% da esporulação.

Andrade e Vieira (2016) constataram que o óleo essencial de capim limão nas concentrações de 10, 30, 50 e 100 µL, proporcionou os maiores percentuais de inibição da germinação de conídios de *Colletotrium gloeosporioides* do mamoeiro (*Carica papaya* L.).

Os óleos essenciais de capim-limão, erva-doce e manjerição apresenta atividade antifúngica, devido estar associada a seus compostos majoritários citral, estragol e eugenol de ação fungitóxica confirmada em alguns trabalhos (GUIMARÃES et al., 2011; KHALID et al., 2015; MORELLI et., 2017).

Silva (2019), ao avaliar óleos essenciais no controle do *Fusarium* sp do coentro (*Coriandrum sativum*), verificou que o óleo de erva doce na concentração de 1%, apresentou o maior percentual de inibição da esporulação de 86,48%.

Vários estudos têm comprovado o efeito dos óleos essenciais que atuam como fungicidas naturais inibindo a atividade fúngica e, um número significativo destes constituintes tem se mostrado eficaz (Pereira et

al., 2006), podendo ser uma alternativa na substituição dos produtos sintéticos.

Para a ocorrência de doença na planta é necessário que o patógeno se multiplique, sendo a intensidade de uma doença em função da densidade de inóculo presente no hospedeiro (Reis, Casa e Bianchin, 2011), os esporos são estruturas de reprodução e sobrevivência dos fungos (Massola Júnior, 2018), uma menor produção destes significa uma redução na disseminação da doença.

4. Conclusão

Os óleos essenciais de capim-limão, erva-doce e manjeriço apresentaram efeito inibitório *in vitro* sobre *Fusarium* sp., isolado da cana de açúcar, reduzindo o crescimento da colônia e esporulação.

5. Referências

AGEITEC - Agência Embrapa De Informação Tecnológica (2019), **Cana-de-açúcar: Doenças causadas por fungos**, Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_79_22122006154841.html#>. Acesso em: 21 out. 2019.

Alfenas, A., Ferreira, F., Mafia, R. G., Gonçalves, R. (2016). **Métodos em fitopatologia** (2. ed.). Viçosa: Editora UFV.

Alves, E.S.S.B., Pupo, M.S., Marques, S.S., Vilches, T.T.B., Santos, R.B., Ventura, J. A., Fernando, P.M.A. 2003. Avaliação de óleos essenciais na inibição do crescimento de fungos de fruteiras tropicais. **Fitopatologia Brasileira** 28 (Supl.):343.

Amini, J., Farhang, V., Javadi, T., Nazemi, J. (2016). Antifungal effect of plant essential oils on controlling *Phytophthora* species. **The Plant Pathology Journal**, 32 (1), 16-24.

Andrade, W.P. & Vieira, G. H. C. (2016). Efeito dos óleos essenciais sobre a antracnose *in vitro* e em frutos de mamoeiro. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, 18 (1), 367-372.

Araujo, R. Souza, I. A. Sena, K. X. F. R. Brondani, D. J. Solidônio, E. G. (2013). Avaliação biológica de *Foeniculum vulgare* (Mill) (Umbelliferae / Apiaceae). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, 15 (2), 257-263.

Araújo, A. K. O., Nascimento, L. C., Silva, H. F., Pinto, K. M. S., Araújo, A. C. (2013). Efeitos de extratos vegetais sobre a germinação e esporulação de *Fusarium gutiforme*. **Cadernos de Agroecologia**, 8 (2).

Barbieri, T. O., Paiva, G. F.; Silva, B. V., Souza, G. H. S., Gonçalves, F. T. (2018). Efeito de óleos essenciais sobre o crescimento micelial *in vitro*, de *Fusarium solani*. **Cadernos de Agroecologia**, 13 (2), 1-8.

Becker, R. T. (2013). **O cultivo e o beneficiamento da cana-de-açúcar no município de Presidente Lucena-RS**. TCC, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Presidente Lucena, RS, Brasil.

Bellé, C., Kulczynski, S. M., Gomes, C. B., Kuhn, P. R. 2014. Fitonematoides associados à cultura da cana-de-açúcar no Rio Grande do Sul, Brasil. **Nematropica**, 44, (2), 207-217.

Bozin, B., Mimica-Dukic, N., Simin, N., Anackov, G. 2006. Characterization of the volatile composition of essential oil of some lamiaceae species and the antimicrobial and antioxidant activities of the entire oils. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, 54(5), 1822-1828.

Chagas, A. C.S., Passos, M. W .M., Prates, H. T., Leite, R. C., Furlong, J., Fortes, I. C. P. (2002). Efeito acaricida de óleos essenciais e concentrados emulsionáveis de *Eucalyptus* spp em *Boophilus microplus*. **Journal of Veterinary Research and Animal Science**, 39(1), 247-253.

Chao, S. C.; Young, D. C. (2000). Screening for inhibitory activity of essential oils ou selected bacteria, fungi and viruses. **Journal Essential Oil Research**, 12 (4), 856-862.

Chapola, R. G., Ogasawara, G. A., Jans, B., Junior, N. S. M. Controle da podridão abacaxi da cana-de-açúcar por meio da pulverização de fungicidas em rebolos no sulco de plantio. **Ciência Rural**, 44(2), 197-202.

CONAB - Companhia Nacional De Abastecimento. (2018). **Safra 2017/2018. Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar.** Disponível em:<file:///D:/Nova%20pasta%20(3)/BoletimZCanaZ4ZLevantamentoZ17-18.pdf>. Acesso em: 22/09/2019.

Cortez, L. E. R., Yamaguchi, M. U., Cortez, D. A. G., Pesco, D. C. S. 2015. Avaliação da atividade antifúngica dos óleos essenciais de *Lippia alba* (Mill.) NE Brown (Verbenaceae) e *Cymbopogon citratus* (DC) Stapf (Poaceae). **Mundo saúde (Impr.)**, 39 (4), 433-440.

Costa, M. M., Melo, M. P., Guimarães, E. A., Veiga, C. M. O., Carmo Sandin, F., Moreira, G. M., Costa, S. S., Pfenning, L. H. 2019. Identification and pathogenicity of *Fusarium* species associated with Pokkah boeng of sugarcane in Brazil. **Plant Pathology**, 68 (7), 1350-1360.

Oliveira, W. F., Miranda, B. A., Caetano, F. V., Machado, L. A., & Ramalho, V. (1999). Efeito de produtos fitossanitários no tratamento de sementes de milho (*Zea mays* L.), visando ao controle de *Fusarium moniliforme* (Sheld). **Pesquisa Agropecuária Tropical (Agricultural Research in the Tropics)**, 65-69.

Demetzos, C., Perdetzoglou, D. K.; Tan, K. (2001). Composition and antimicrobial studies of the oils of *Origanum calcaratum* Juss and *O. scabrum* Boiss. et Heldr. from Greece. **Journal of Essential Oil Research**, 13 (6), 460-462.

Fernandes, L. C. B., Albuquerque, C. C., Júnior, R. S., Oliveira, F. F. M., Gurgel, E. P., Mesquita, M. V., SILVA, M. D. S. 2015. Fungitoxicity of plant extracts and essential oil of *Lippia gracilis* Schauer on the fungus *Monosporascus cannonballus* Pollack and Uecker. **Summa Phytopathologica**, 41 (2), 153-155.

Fonseca, M. C. M., Lehner, M. D. S., Gonçalves, M. G., Paula Júnior, T. J., Silva, A. F., Bonfim, F. P. G., Prado, A. L. 2015. Potencial de óleos essenciais de plantas medicinais no controle de fitopatógenos. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, 17 (1), 45-50.

Gallo, D., Nakano, O., Silveira Neto, S., Carvalho, R. P. L., Batista, G. C., Berti Filho, E., Parra, J. R. P., Zucchi, R. A., Alves, S. B., Vendramim, J. D. (1988). **Manual de entomologia agrícola**. (2 ed.). São Paulo: Agronômica Ceres.

Gomes, R. S. S., Nunes, M. C., Nascimento, L. C., Souza, J. O., Porcino, M. M. (2016). Eficiência de óleos essenciais de qualidade sanitária e fisiológica em sementes de feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, 18 (1), 279-287.

Gomes, L. I. S. (2008). **Métodos de inoculação de *Colletotrichum gloeosporioides* e efeitos de óleos essenciais no controle da antracnose em frutos de mamoeiro**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais, MG, Brasil.

Guimarães, L. G. L., Cardoso, M. G., Sousa, P. E., Andrade, J., Vieira, S. S. (2011). Atividades antioxidantes e fungicidas do óleo essencial de capim-limão e citral. **Revista Ciência Agronômica**, 42 (2), 464-472.

Jardim, I. C. S. F., Andrade, J. A., Queiroz, S. C. D. N. 2009. Resíduos de agrotóxicos em alimentos: uma preocupação ambiental global – um enfoque às maçãs. **Química Nova**, 32 (4), 996-1012.

Khaledi, N., Taheri, P., Tarighi, S. 2015. Antifungal activity of various essential oils against *Rhizoctonia solani* and *Macrophomina phaseolina* a major bean pathogens. **Journal of applied microbiology**, 118 (3), 704-717.

Khalid, S., Mohamed, B., Mhamed, R., Tariq, B. E. D., Laila, N., Lhoussaine, E. R. (2015). Antifungal potential of the Seed and Leaf *Foeniculum vulgare* Mill essential Oil in liquid and vapor phase against phytopathogenic fungi. **Journal Of Applied Pharmaceutical Science**, 5 (11), 50-54.

Leão, R. M. (2002) **Álcool, energia verde**. São Paulo: IQUAL

Massola Júnior, N. S. (2018). **Manual de Fitopatologia**. (1 ed.). Ouro Fino: Agronômica Ceres.

Matsuoka, S. (2013). Identificação de Doenças da Cana-de-Açúcar e Medidas de Controle. **Cana-de-açúcar: do plantio à colheita**, 89-115.

Morelli, F., Ferarrese, L., Munhoz, C. L., Alberton, O. 2017. Antimicrobial activity of essential oil and growth of *Ocimum basilicum* (L.) inoculated with mycorrhiza and humic substances applied to soil. **Genetics and Molecular Research**, 16 (3), 1-11.

Mota, J. C., Pessoa, M. N. G., Viana, F. M., Andrade Neto, M. (2002). Efeito de extratos e óleos essenciais de plantas medicinais no controle *in vitro* de *Lasiodiplodia theobromae*. **Fitopatologia Venezuelana**, 15 (1) 2-6.

Nóbrega, L. P., França, K. R. S., Lima, T. S., Alves, F. M. F., Ugulino, A. L. N., Silva, A. M., Cardoso, T. A. L., Rodrigues, A. P. M., Júnior, A. F. M. (2019). *In vitro* Fungitoxic Potential of Copaiba and *Eucalyptus* Essential Oils on Phytopathogens. **Journal Of Experimental Agriculture International**, 29(3), 1-10.

Oliveira, J. S. B., Schwan-Estrada, K. R. F., Bonato, C. M., Gomes, S. M. D. T. P. (2017). Homeopatas de óleos essenciais sobre a germinação de esporos e indução de fitoalexinas. **Revista Ciência Agronômica**, 48 (1), 208-215.

Pereira, M. C., Vilela, G. R., Costa, L. M. A. S., Silva, R. D., Fernandes, A. F., Fonseca, E. D., Piccoli, R. H. (2006). Inibição do desenvolvimento fúngico através da utilização de óleos essenciais de condimentos. **Ciência e Agrotecnologia**, 30 (4), 731-738.

Pereira, M. N., Conceição, R. B., Cruz, J. C. S., De Andrade, M. C. N. (2018) Efeito de óleos essenciais sobre o fungo *Thielaviopsis paradoxa*. **Ambiência**, 14 (3) 513-521.

Peres, J. R. R., Freitas Junior, E., Gazzoni, D. L. (2005). Biocombustíveis uma oportunidade para o agronegócio brasileiro. **Revista de Política Agrícola**, 14(1), 31-41.

Pozza, E. A., Souza, P. E., Castro, H. A., Pozza, A. A. A. (1999). Frequência da ocorrência de doenças da parte aérea de plantas na região de Lavras-MG. **Ciência e Agrotecnologia**, 23(4), 1001-1005.

Pravuschi, P. R., Marques, P. A. A., Rigolin, B. H. M., Santos, A. C. P. 2010. Efeito de diferentes lâminas de irrigação na produção de óleo essencial do manjeriço (*Ocimum basilicum* L.). **Acta Scientiarum. Agronomy**, 32 (4), 687-693.

R Core Team (2019). **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

Reis, E. M., Casa, R. T., Bianchin, V. Controle de doenças de plantas pela rotação de culturas. 2011. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, 37 (3), 85- 91.

Salla, D. A., Furlaneto F. D. P.B., Cabello C., Kanthack R. A. D. 2009. Avaliação energética da produção de etanol utilizando como matéria-prima a cana-de-açúcar. **Ciência Rural**, 39 (8), 2516–2520.

Santos, G. C., Monteiro, M. Sistema orgânico de produção de alimentos (2008). **Alimentos e Nutrição Araraquara**, 15 (1), 73-86.

Scherer, R., Wagner, R., Duarte, M. C. T., Godoy, H. T. Composição e atividade antioxidante e antimicrobiana dos óleos essenciais de cravo-da-índia, citronela e palmarosa. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, 11 (4), 442-449.

Seifert, K. A., & Gams, W. (2011). The genera of Hyphomycetes–2011 update. **Persoonia: Molecular Phylogeny and Evolution of Fungi**, 27, 119.

Silva, D. M. H., Bastos, C. N. 2007. Atividade antifúngica de óleos essenciais de espécies de Piper sobre *Crinipellis pernicioso*, *Phytophthora palmivora* e *Phytophthora capsici*. **Fitopatologia Brasileira**, 32 (2) 143-145.

Silva, L. S., Medeiros, T. R., Silva, A. P. R., David, G. Q., Moya, W. P., Sorato, A. M. C. (2018). Controle alternativo do fungo *Colletotrichum gloeosporioides* com óleos essenciais. **Cadernos de Agroecologia**, 13 (1), 1-6.

Silva, R. S. D. (2015). **Qualidade de sementes e óleos essenciais de erva doce de plantas não atacadas e atacadas pelo pulgão e a influência dos seus óleos essenciais no controle da antracnose em manga ‘palmer’**. Dissertação de mestrado, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, PB, Brasil.

Silva, S. M. (2019). **Óleos essenciais no controle de *Fusarium* sp. na cultura do coentro**. TCC, Universidade Federal da Paraíba, Areia, PB, Brasil.

Simon, E. D. T., Veríssimo, M., Härter, A., Ueno, B. (2016). Doenças da Cana-de-açúcar. **Embrapa Clima Temperado-Capítulo em livro técnico (INFOTECA-E)**. Acesso em: 01/09/2019.

Souza, A. E. F, Araújo, E., Nascimento, L. C. 2007. Atividade antifúngica de extratos de alho e capim-santo sobre o desenvolvimento de *Fusarium proliferatum* isolado de grãos de milho. **Fitopatologia Brasileira**, 32 (6),465-471.

Swamy, M. K., Akhtar, M. S., & Sinniah, U. R. (2016). Antimicrobial properties of plant essential oils against human pathogens and their mode of action: an updated review. **Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine**, 2016.

Taiz, L., Zeiger, E., Moller, I. M., Murphy, A. (2017). **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. (6 ed.). Porto Alegre: Artmed.

Tokeshi, H. (2005). **Doenças da cana-de-açúcar**. Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas. (4.ed.) São Paulo: Agronômica Ceres.

Viccini, G. (2004). **Otimização da produção de esporos do fungo *Clonostachys rosea* – um biopesticida para a cultura do morangueiro**. 2004. 132f. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, Brasil.

Vizzotto, M., Krolow, A. C. R., & Weber, G. E. B. (2010). Metabólitos secundários encontrados em plantas e sua importância. **Embrapa Clima Temperado-Documents (INFOTECA-E)**.

Informações adicionais

Como referenciar este artigo: Tico, B.M., Silva, H.F., Silva, E.C., Silva, G.R., Nascimento. (2019). Óleos essenciais no controle do *Fusarium* sp. da cana de açúcar *in vitro*. *Revista Brasileira de Meio Ambiente*, v.7, n.3 (Edição Especial – XV SEAGROCCA). p. 70-79, 2019.



Direitos do Autor. A Revista Brasileira de Meio Ambiente utiliza a licença Creative Commons - CC Atribuição Não Comercial 4.0 CC-BY-NC (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>), no qual, os artigos podem ser compartilhados desde que o crédito seja aplicado aos autor (es) e não seja usado para fins comerciais.