

EFEITO FUNGICIDA DO ÓLEO ESSENCIAL DE CAPIM SANTO (*CYMBOPOGON CITRATUS*) COLETADO NA REGIÃO TOCANTINA DO MARANHÃO CONTRA *FUSARIUM OXYSPORUM* ISOLADO DO FEIJÃO

Data de aceite: 01/09/2023

Thalia Silva Oliveira

Universidade Estadual da Região
Tocantina do Maranhão, CCENT
Imperatriz - Maranhão
<https://orcid.org/0009-0006-5537-6680>

Gabriel Sousa Brito

Universidade Federal do Maranhão,
PPGST
Imperatriz - Maranhão
<https://orcid.org/0000-0002-8884-8537>

Cláudia Marinho Morais

Universidade Estadual da Região
Tocantina do Maranhão, CCENT
Imperatriz - Maranhão
<http://lattes.cnpq.br/7305969582230902>

Marcos Vinicius Morais Silva

Universidade Estadual da Região
Tocantina do Maranhão, CCENT
Imperatriz - Maranhão
<https://orcid.org/0009-0001-1879-6129>

Ivaneide de Oliveira Nascimento

Universidade Estadual da Região
Tocantina do Maranhão, CCENT
Imperatriz - Maranhão
<https://orcid.org/0000-0001-7095-7092>

Francisco Eduardo Aragão Catunda Júnior

Universidade Estadual da Região
Tocantina do Maranhão, CCENT
Imperatriz - Maranhão
<https://orcid.org/0000-0002-8089-730X>

RESUMO: Com a falta de cuidado no manejo do solo, na escolha de feijões não contaminados e no cultivo do mesmo, a proliferação de fungos aumenta causando uma grande infestação na lavoura, essa proliferação é causada principalmente pelo *Fusarium oxysporum*. O objetivo do trabalho foi realizar a avaliação *in vitro* no controle de *F. oxysporum* extraído do feijão utilizando o óleo essencial de *Cymbopogon citratus*. A inibição do fungo *F. oxysporum* utilizando óleo essencial de *C. citratus*, foi estudada a partir da medição do diâmetro micelial das placas. A extração do óleo essencial foi feita por hidrodestilação. A análise dos óleos foi feita por cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massa (GC-EM), geranial e neral foram os constituintes majoritários. Foram realizados dois experimentos: em primeiro momento para verificar a inibição do crescimento micelial do fungo onde o delineamento experimental foi inteiramente

casualizado com 4 tratamentos e 5 repetições, e o segundo a concentração inibitória mínima onde foram feitos 6 tratamentos e 5 repetições. Os tratamentos foram realizados em meio de cultura previamente preparados em BDA com adição do óleo nas seguintes concentrações, para o primeiro experimento: T1: 1,0 $\mu\text{L/mL}$ (Capim Santo Fresco) T2: 1,0 $\mu\text{L/mL}$ (Capim Santo Seco), T3: 2,0 $\mu\text{L/mL}$ (Capim Santo Seco) e Testemunha (TST): somente BDA e para o segundo experimento (todos com somente folha de capim santo seco), nas seguintes concentrações: 0,1; 0,4; 0,7; 1,0; 1,3 e 1,6 $\mu\text{L/mL}$ do óleo essencial. Ao centro de cada placa foi inoculado um disco com diâmetro de 0,5 cm do material fúngico. Os dados foram analisados pelo programa estatístico SISVAR. Todas as concentrações de óleo de capim santo inibiram o crescimento micelial, e alcançaram 100 % de inibição.

PALAVRAS-CHAVE: *Cymbopogon citratus*; *Fusarium oxysporum*; citral; óleo essencial; feijão.

FUNGICIDAL EFFECT OF LEMONGRASS (*CYMBOPOGON CITRATUS*) COLLECTED IN THE TOCANTINA REGION OF MARANHÃO AGAINST *FUSARIUM OXYSPORUM* ISOLATED FROM BEANS

ABSTRACT: With the lack of care in soil management, in the choice of non-contaminated beans and in its cultivation, the proliferation of fungi increases causing a large infestation in the crop, this proliferation is mainly caused by *Fusarium oxysporum*. The objective of this work was to carry out an in vitro evaluation of the control of *F. oxysporum* extracted from beans using the essential oil of *Cymbopogon citratus*. The inhibition of the fungus *F. oxysporum* using essential oil of *C. citratus* was studied by measuring the mycelial diameter of the plates. The essential oil was extracted by hydrodistillation. The analysis of the oils was performed by gas chromatography coupled to mass spectrometry (GC-MS), geranial and neral were the major constituents. Two experiments were carried out: first, to verify the inhibition of the mycelial growth of the fungus, where the experimental design was completely randomized with 4 treatments and 5 repetitions, and the second, the minimum inhibitory concentration, where 6 treatments and 5 repetitions were performed. The treatments were carried out in a culture medium previously prepared in PDA with the addition of oil at the following concentrations, for the first experiment: T1: 1.0 $\mu\text{L/mL}$ (fresh lemongrass) T2: 1.0 $\mu\text{L/mL}$ (dry lemongrass), T3: 2.0 $\mu\text{L/mL}$ (dry lemongrass) and Control (TST): only PDA and for the second experiment (all with only dried lemongrass leaf), at the following concentrations: 0.1; 0.4; 0.7; 1.0; 1.3 and 1.6 $\mu\text{L/mL}$ of essential oil. A disk with a diameter of 0.5 cm of fungal material was inoculated in the center of each plate. Data were analyzed using the SISVAR statistical program. All concentrations of lemongrass oil inhibited mycelial growth and reached 100% inhibition.

KEYWORDS: *Cymbopogon citratus*; *Fusarium oxysporum*; citral; essential oil; bean.

1 | INTRODUÇÃO

O feijoeiro comum é um dos principais alimentos consumidos pela população brasileira, trazendo consigo uma grande quantidade de benefícios, entre eles o cultivo da planta que se adapta aos diferentes climas do Brasil, quando à interferência de patógenos nos frutos e na planta em si podem causar grandes perdas produtivas, sendo ela uma

doença de difícil controle (Costa *et al.*, 2003).

As sementes e planta ao serem infectadas com o fungo causam uma redução na produção e prejudica o enchimento das vagens (Carvalho *et al.*, 2011), além de escurecimento dos vasos das raízes e do caule tornando as folhas amareladas e secas. O *Fusarium oxysporum* é uma das doenças mais importantes provenientes do solo e com a falta de cuidado no manejo desse solo, na escolha de feijões não contaminados e no cultivo dos mesmos, a proliferação do fungo aumenta causando uma grande infestação na lavoura (Cândida *et al.*, 2009).

Na agricultura a sempre riscos de contaminação do plantio por fungos, causando grandes perdas na produção sendo as micotoxinas produzidas pelo *Fusarium* prejudiciais à saúde humana e de animais. O *Fusarium oxysporum* está sendo estudado com grande importância por transmitir infecções fúngica invasiva em pacientes imunocomprometidos podendo ocasionar a morte, as principais entradas dessas infecções são através da via respiratória e pelas unhas e mesmo com uma grande quantidade de contaminação pelo fungo pouco se sabe sobre ele e sobre as infecções, causando nos pacientes lesões na pele e dores musculares (Atalla *et al.*, 2010).

Atualmente, o controle da maioria das doenças de plantas é realizado com o tratamento convencional utilizando-se agrotóxicos. No entanto, seu uso indiscriminado provoca o acúmulo de substâncias nocivas no solo e na água, levando ao surgimento de populações resistentes aos compostos químicos, além do desequilíbrio ambiental pela falta de seletividade dos produtos utilizados (Souza Júnior *et al.*, 2009 *apud* Oliveira *et al.*, 2020).

Este fato tem direcionado algumas pesquisas em busca de métodos alternativos de controle fitopatogênico, como os princípios ativos naturais de extratos vegetais e óleos essenciais (Nobre *et al.*, 2008).

Os metabolitos secundários produzidos pelas plantas têm trazido bastante benefício a saúde humana, e os óleos essenciais são frequentemente utilizados no controle fúngico e bacteriano (Maia *et al.*, 2015).

As plantas possuem grande fator terapêutico na medicina popular, os pesquisadores passaram a aplicar o óleo essencial extraído dessas plantas em agentes infecciosos que comprovaram a qualidade e a alta importância no combate aos agentes patogênicos (Probst, 2012).

Devido a esses dados é de grande importância novas pesquisas visando avaliar a ação antifúngica dos óleos essenciais sobre fungos fitopatogênicos como nova substância capaz de inibir ou até mesmo controlar o desenvolvimento de fitopatógenos.

Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo geral a avaliação *in vitro* no controle de *Fusarium oxysporum* extraído do feijão utilizando o óleo essencial de *Cymbopogon citratus*.

2 | METODOLOGIA

A presente pesquisa foi desenvolvida no Laboratório de Microbiologia e Saúde da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão (UEMASUL), pertencente ao Centro de Ciências Exatas, Naturais e Tecnológicas, nos anos de 2019 e 2021.

2.1 Levantamento bibliográfico

Um levantamento bibliográfico sobre o gênero e família permitiu verificar usos etnofarmacológicos, principais constituintes encontrados em cada parte da planta e ensaios biológicos já realizados. Para obtenção dessas informações sobre a composição química das espécies em estudo foi realizada uma busca nas principais plataformas científicas como *Pubmed*, *Science Direct*, *Scopus* e periódicos CAPES, que foram úteis na discussão dos resultados.

2.2 Obtenção do material vegetal e extração de óleos essenciais

As amostras foram coletadas em Senador La Rocque – MA. Localização do GPS no momento da coleta: Latitude (-5,438340, 5° 26' 18,02" S) e Longitude (-47,293305, 47° 17' 35,89" W) às 6:00 h da manhã, sendo elas folhas de *Cymbopogon citratus* (Capim-Santo, C.S), onde as extrações foram realizadas no LABITEC na UEMASUL e no Laboratório de Química da UFMA. A identificação foi realizada no herbário da UEMASUL.

O processo foi realizado por hidrodestilação pelo método de Cleavenger modificado (Shukla *et al.*, 2009), a partir de suas folhas frescas (F.F) e suas folhas secas (F.S) que foram secas a temperatura ambiente durante 1 dia. Depois de pesadas, as amostras foram transferidas para um balão volumétrico de 2 L, em seguida foi adicionado 1 L de água destilada, sendo submetidas a hidrodestilação entre 1:30 h e 2:30 h, após o período de ebulição.

Os óleos essenciais foram armazenados em vidros envoltos de papel alumínio e mantidos em refrigerador até a análise, para a análise biológica os óleos essenciais (OEs) foram esterilizados por filtração em membrana Kasvi de 45 mm de diâmetro.

2.3 Análise dos óleos essenciais

A análise dos óleos e seus componentes foram obtidas através de cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massa (GC-EM), em um espectrômetro da marca Shimadzu, modelo QP-2010 (Quito, Japão), operando com energia de ionização de 70eV realizada pela Universidade Estadual do Ceará.

2.4 Análise da atividade biológica

O fungo *Fusarium oxysporum* foi isolado da Micoteca Professor Gilson Soares da Universidade Estadual do Maranhão – UEMA, sendo cultivado em meio BDA por 7 dias no fotoperíodo a 26°C e sob 12 horas de luz e 12 horas de escuro.

Logo após a verificação das inibições e da diferença entre o tratamento de planta seca e fresca foi feita uma nova avaliação utilizando os seguintes tratamentos: Tratamento 1 (T1): 25 µL de óleo essencial de Capim Santo Fresco/ 125 mL de meio de cultura BDA Tratamento 2 (T2): 50 µL de óleo essencial de Capim Santo Seco/ 125 mL de meio de cultura BDA, Tratamento 3 (T3): 75 µL de óleo essencial de Capim Santo Seco/ 125 mL de meio de cultura BDA, Tratamento 4 (T4): 100 µL de óleo essencial de Capim Santo Seco/ 125 mL de meio de cultura BDA, Tratamento 5 (T5): 200 µL de óleo essencial de Capim Santo Seco/ 125 mL de meio de cultura BDA e Testemunha (TST): somente BDA, as concentrações finais dos tratamentos foram respectivamente: de 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; e 1,6 µL/mL do óleo essencial, para obter a menor concentração capaz de inibir o crescimento micelial do fungo, nesse tratamento foi escolhido o óleo extraído da planta seca, pois ele gerou um melhor rendimento na extração. Para cada tratamento foi empregado cinco repetições. O óleo essencial puro foi adicionado ao meio BDA fundente com temperatura máxima de 45°C, e em seguida vertido em placas de Petri de 9 cm de diâmetro.

Após a aplicação dos tratamentos, inoculou-se no centro da placa um disco de 5 mm de diâmetro de BDA contendo o material fúngico. As placas foram vedadas com papel filme, identificadas e colocadas sobre bancadas devidamente esterilizadas, onde simulou-se o próprio laboratório como BOD a uma temperatura de 26°C controlada por ar-condicionado sobre 12 horas de luz e 12 horas de escuro. As avaliações foram realizadas por medições do diâmetro micelial (média de duas medidas diametralmente opostas), utilizando-se régua escolar, a cada 48 horas para o primeiro experimento e a cada 24 horas para o segundo experimento, a partir da instalação do experimento, perdurando até o decimo dia de avaliação.

A porcentagem de inibição do crescimento (PIC) foi obtida por meio da fórmula: $PIC = (\text{diâmetro da testemunha} - \text{diâmetro do tratamento}) \times 100$, para cada óleo em relação a testemunha (Bastos, 1997). Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), onde as médias foram comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. As análises foram realizadas por meio do sistema computacional SISVAR (Ferreira, 2000).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Características e rendimentos dos óleos essenciais de *Cymbopogon citratus*

Santos *et al.* (2009) verificaram que o óleo extraído da planta *Cymbopogon citratus*

coletada no período da manhã obteve um maior rendimento em relação aos outros períodos (início da tarde e final da tarde). Os melhores rendimentos além de serem observados para período matutino, foi observado também em dia com altas temperaturas e altos índices pluviométricos, devido a isso as folhas de capim santo foram coletadas pelo período da manhã (Tabela 1) além disso para se obter o material seco as folhas após a coleta foram secas durante um dia no sol e sombra antes de ser realizada a extração das mesmas.

Quando levamos em conta o material fresco e seco da planta na tabela 1 podemos observar que as folhas secas tiveram um rendimento melhor na extração quando comparado com a folha fresca.

| Identificação | Data de extração | Horário de coleta | Biomassa das folhas(g) | Peso do óleo(g) | Estado | Rendimento do óleo (%) |
|---------------|------------------|-------------------|------------------------|-----------------|--------|------------------------|
| OECS 1 | 05/12/19 | 06:00 | 137,99 | 1,26 | Seca | 0,91 |
| OECS 2 | 09/09/20 | 06:00 | 556,343 | 2,15 | Fresca | 0,38 |
| OECS 3 | 25/08/21 | 06:00 | 136,66 | 1,72 | Seca | 1,26 |
| OECS 4 | 25/08/21 | 06:00 | 127,11 | 1,78 | Seca | 1,40 |

*OECS – Óleo Essencial de Capim Santo

Tabela 1. Biomassa do óleo essencial do *Cymbopogon citratus*.

Fonte: Autores (2021).

Segundo Costa *et al.* (2005) a secagem das plantas aromáticas e medicinais visa minimizar a perda de princípios ativos e retardar a sua deterioração em decorrência da redução da atividade enzimática, permitindo a conservação das plantas por um período maior para a sua posterior comercialização e uso. Além disso, os processos de secagem afetam o rendimento e a composição química das espécies, especialmente as aromáticas por possuírem substâncias muito voláteis.

Assim quando se estudado sobre o rendimento de óleo essencial sob diferentes métodos de secagem, foi observado que a secagem à sombra mista (sol e sombra) e secador solar proporcionaram maior rendimento de óleo em comparação à secagem em estufa a 35 °C (Von Hertwig, 1998 *apud* Corrêa *et al.* 2004). Martins *et al.* (2002) observou que em seus resultados de extração de capim santo foram localizados níveis muito baixos de citral no produto fresco (61,5%), pois apesar das médias serem estatisticamente iguais, é possível que o menor conteúdo de água nas folhas, após a secagem, permita que a corrente de vapor gerada no extrator possa arrastar mais eficientemente as substâncias voláteis armazenadas nas células, quando comparado com o material verde.

3.2 Composição química do óleo essencial de *Cymbopogon citratus*

Com a análises da composição do óleo essencial de *Cymbopogon citratus* e seus percentuais, pode-se observar o geranial e o neral como constituinte químico majoritários. Na figura 1 e 2, respectivamente, podemos observar a representação em formato gráfico do espectro de massa dos componentes majoritários (neral e geranial).

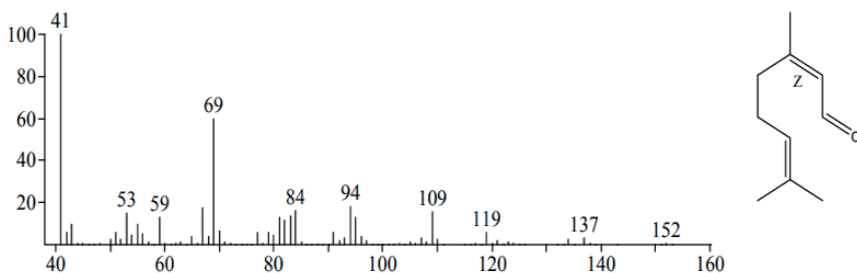


Figura 1. Espectro de massa do componente neral.

Fonte: ADAMS (2017).

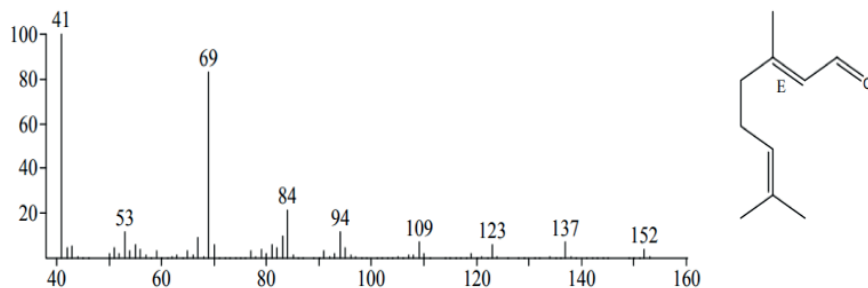


Figura 2. Espectro de massa do componente geranial.

Fonte: ADAMS (2017).

Os percentuais dos componentes majoritários do óleo essencial geranial e neral, assim como os outros componentes químicos encontrados no óleo da planta, poderão ser observados na tabela 2.

| Constituintes | IK _C | IK _{Lit} | Teor (%) | | | |
|----------------------------|-----------------|-------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | | | OECS 1 | OECS 2 | OECS 3 | OECS 4 |
| 6-metil-5-Hepten-2-ona | 989 | 985 | 0,70 | 0,24 | - | - |
| Mirceno | 992 | 990 | 7,70 | - | - | - |
| 6,7-Epoximirceno | 1094 | 1092 | 0,34 | - | - | - |
| Linalol | 1003 | 1096 | 1,04 | 0,51 | - | - |
| Z-Isocitral | 1167 | 1164 | 1,04 | - | - | - |
| E-Isocitral | 1185 | 1180 | 1,51 | - | - | - |
| Neral | 1249 | 1238 | 35,04 | 30,32 | 38,37 | 33,00 |
| Geraniol | 1258 | 1252 | 1,97 | 0,95 | 1,58 | - |
| Geranial | 1279 | 1267 | 44,04 | 46,57 | 55,03 | 51,78 |
| Hidroxi citronelal | 1291 | 1288 | 1,55 | 7,39 | - | - |
| 2-Undecanona | 1296 | 1294 | 0,34 | 0,43 | - | - |
| Z-Jasmone | | | - | - | - | - |
| Acetato de Geranila | 1381 | 1381 | 0,41 | - | - | - |
| 2-Tridecanona | 1497 | 1496 | 0,20 | - | - | - |
| 1,8-Cineol | | | - | 0,71 | - | - |
| Metil chavicol | | | - | - | - | - |
| Nerol | | | - | - | - | - |
| Shisofuran | | | - | 0,31 | - | - |
| Piperitone | | | - | 0,37 | - | - |
| β-Mirceno | | | - | - | 2,13 | - |
| 2,7-dimetil-octan-2,7-diol | | | - | - | 1,13 | 3,95 |
| Mentoglicol | | | - | - | 1,76 | 6,18 |
| Epóxi-linalolóxido | | | - | - | - | 5,09 |
| Outros | | | 4,12 | 12,20 | - | - |
| Total | | | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

*OECS – Óleo Essencial de Capim Santo –

Tabela 2. Composição química, índice de Kovats obtido da literatura (KILit.), índice de Kovats calculado (KIC), porcentagens de componentes identificados e classes dos mesmos (%) nos óleos essenciais de folhas de *Cymbopogon citratus*.

Fonte: Autores (2022).

Na análise qualitativa do óleo essencial de *C. citratus*, Costa et al., (2005) observou que os componentes majoritários presentes no óleo foram o neral e o geranial. A mistura destes dois isômeros forma o citral, principal constituinte do óleo essencial de *C. citratus* (Sousa et al., 1991 *apud* Costa et al., 2005).

Aquino et al., (2014) e Martins et al., (2002) também observaram que os principais constituintes do óleo de *C. citratus* foram os isômeros E-citral e Z-citral ou uma mistura dos isômeros. As variações de porcentagem observadas nos diversos resultados de trabalhos podem ser em função da sazonalidade, fatores edafoclimáticos, e aspectos genéticos da planta (Van Vuuren, 2008 *apud* Aquino et al., 2014).

3.3 Atividade antifúngica do óleo essencial de *Cymbopogon citratus*

Os resultados da primeira avaliação da atividade antifúngica do óleo essencial de *Cymbopogon citratus* (Capim-Santo), no crescimento micelial *in vitro* de *Fusarium oxysporum*, mostraram-se satisfatórios apresentando atividade inibitória significativa a nível de 5 % de probabilidade pelo teste Tukey, onde podemos observar que todas as concentrações promoveram inibição micelial sendo todas elas 100%, independentemente de o óleo ter sido de folha fresca ou seca, não houve interferência (Tabela 3).

| TRAT. (μL) | CM (cm) | PIC (%) |
|----------------------------------------------------------------|---------|---------|
| TST=0 $\mu\text{L/mL}$ de óleo de <i>Cymbopogon sp.</i> | 1,84 a | 0 |
| T1= 1,0 $\mu\text{L/mL}$ de óleo de <i>Cymbopogon sp.</i> F.F | 0,00 b | 100 |
| T2= 1,0 $\mu\text{L/mL}$ de óleo de <i>Cymbopogon sp.</i> F.S | 0,00 b | 100 |
| T3= 2,0 $\mu\text{L/mL}$ de óleo de <i>Cymbopogon sp.</i> F.S. | 0,00 b | 100 |
| CV (%) | 0,43 | |

*TST – Testemunha; T1 – Tratamento 1; T2 - Tratamento 2; T3 - Tratamento 3

*F.F - Folha Fresca; F.S - Folha Seca

Tabela 3. Análise do crescimento micelial e porcentagem de inibição do crescimento de *Fusarium oxysporum* em meio de cultura com óleo essencial de *Cymbopogon citratus*, com a média dos dez dias, após implantação do experimento.

Fonte: Autores (2019) (com o uso do Sisvar).

Observou-se que no primeiro dia houve crescimento micelial da testemunha, mas não dos tratamentos, durante o decorrer dos 10 dias todas as concentrações do óleo continuaram inibindo o crescimento micelial do fungo (Gráfico 1).

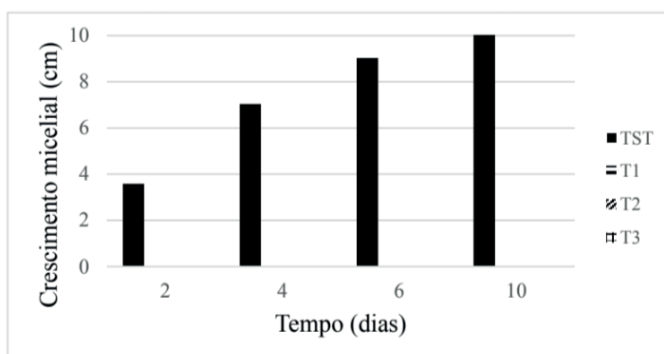


Gráfico 1. Avaliação do crescimento micelial a cada 48 horas do fungo *Fusarium oxysporum* meio de cultura com óleo essencial de *Cymbopogon citratus*.

Fonte: Autores (2019).

Carnelossi et al. (2009) mostrou que o óleo de *C. citratus* foi eficiente na inibição do crescimento micelial de *C. gloeosporioides in vitro* pois causou inibição de 100% a partir da alíquota de 10 mL. Alves et al. (2003) Observou a eficiência do óleo de *Cymbopogon citratus*, no controle *in vitro* dos fungos *Colletotrichum gloeosporioides*, *C. musae* e *Fusarium subglutinans f. sp. ananas*.

Devido ao fato de na primeira avaliação as folhas secas terem mostrado um rendimento melhor em relação as folhas frescas para a extração e a segunda avaliação de atividade antifúngica do óleo essencial de *Cymbopogon citratus* foram utilizados somente folhas secas. Para a mesma foram utilizadas concentrações menores que as anteriores, para obter a menor concentração capaz de inibir o crescimento micelial do fungo. Os resultados da análise da atividade antifúngica do óleo essencial de *Cymbopogon citratus* (capim-santo), no crescimento micelial *in vitro* de *Fusarium oxysporum*, mostraram-se novamente satisfatórios apresentando atividade inibitória significativa a nível de 5 % de probabilidade pelo teste Tukey, onde podemos observar que todas as concentrações da mais baixa a mais alta promoveram inibição micelial sendo todas elas 100%, dessa maneira foi observado que a menor concentração capaz de inibir o crescimento micelial do fungo foi de 0,2 $\mu\text{L/mL}$ (Tabela 4).

| TRAT. (μL) | CM (cm) | PIC (%) |
|--------------------------------------------------------|---------|---------|
| TST=0 $\mu\text{L/mL}$ de óleo de <i>C. citratus</i> | 2,48 a | 0 |
| T1= 0,2 $\mu\text{L/mL}$ de óleo de <i>C. citratus</i> | 0,00 b | 100 |
| T2= 0,4 $\mu\text{L/mL}$ de óleo de <i>C. citratus</i> | 0,00 b | 100 |
| T3= 0,6 $\mu\text{L/mL}$ de óleo de <i>C. citratus</i> | 0,00 b | 100 |
| T4= 0,8 $\mu\text{L/mL}$ de óleo de <i>C. citratus</i> | 0,00 b | 100 |
| T5= 1,6 $\mu\text{L/mL}$ de óleo de <i>C. citratus</i> | 0,00 b | 100 |
| CV (%) | 3,06 | |

*TST – Testemunha; T1 – Tratamento 1; T2 - Tratamento 2; T3 - Tratamento 3; T4 - Tratamento 4; T5 – Tratamento 5; *F.S - Folha Seca –

Tabela 4. Análise do crescimento micelial e porcentagem de inibição do crescimento de *Fusarium oxysporum* em meio de cultura com óleo essencial de *Cymbopogon citratus*, com a média dos dez dias, após implantação do experimento.

Fonte: Autores (2021).

Observou-se novamente que no primeiro dia houve crescimento micelial da testemunha, mas não dos tratamentos, durante o decorrer dos 10 dias todas as concentrações do óleo continuaram inibindo o crescimento micelial do fungo (Gráfico 2 e Figura 3).

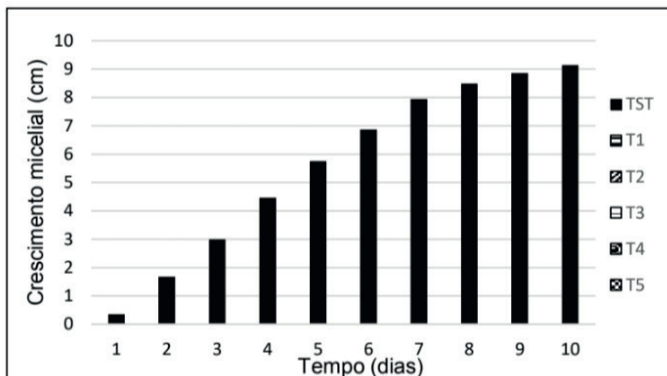


Gráfico 2. Avaliação do crescimento micelial a cada 24 horas do fungo *Fusarium oxysporum* meio de cultura com óleo essencial de *Cymbopogon citratus*.

Fonte: Autores (2021).

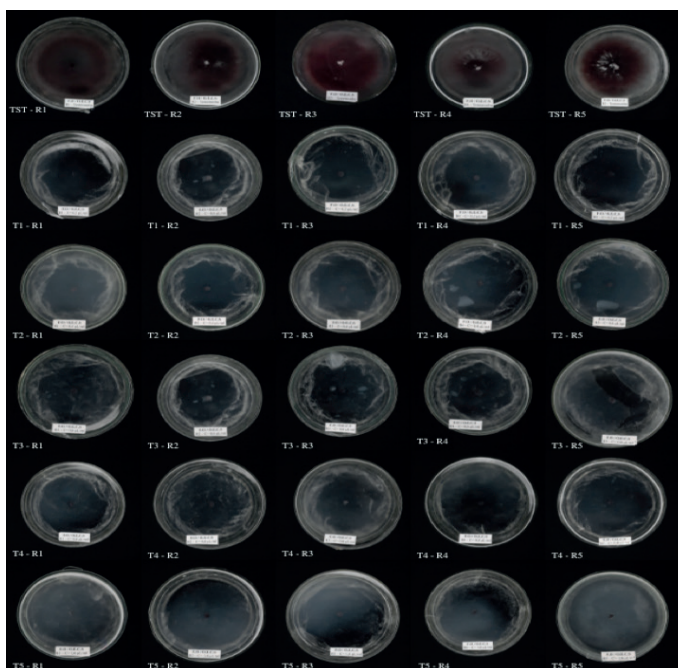


Figura 3. Crescimento micelial do fungo *Fusarium oxysporum* no último dia de avaliação. TST R1 a R5: Testemunha. T1 R1 a R5: 0,2 $\mu\text{L/mL}$. T2 R1 a R5: 0,4 $\mu\text{L/mL}$. T3 R1 a R5: 0,6 $\mu\text{L/mL}$. T4 R1 a R5: 0,8 $\mu\text{L/mL}$. T5 R1 a R5: 1,6 $\mu\text{L/mL}$

Fonte: Autores (2021).

Com esses dados foi possível observar que o óleo essencial de capim – santo inibiu 100% o crescimento micelial do fungo em todas as concentrações utilizadas mostrando assim sua eficiência e sua ação antifúngica sobre fungos fitopatogênicos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O óleo essencial de *Cymbopogon citratus* apresentou a inibição do crescimento micelial do fungo nas diferentes concentrações de tratamento independentemente de o óleo ser de folha fresca ou seca, onde pode-se observar que esse fato não interfere na inibição sendo os dois da mesma forma eficientes. Além disso também foi possível encontrar a concentração inibidora mínima para o crescimento micelial do fungo sendo ela de 0,2 $\mu\text{L/mL}$, observando que os componentes majoritários dos óleos foram o geranial e o neral onde os mesmos podem ser os responsáveis pela propriedade antifúngica do óleo, porém não se pode descartar o sinergismo entre os outros componentes presentes no óleo essencial da planta.

Dessa maneira faz-se necessário futuros testes para que haja uma comparação entre os componentes majoritários isolados e o óleo essencial da planta com todos os seus componentes, assim também como uma avaliação *in vivo* do óleo essencial na planta do feijão para que seja observado se a mesma terá algum sintoma em relação a esse tratamento, para que o controle biológico com óleo essencial seja uma alternativa eficaz além de fungicidas comerciais.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão – FAPEMA pela concessão da Bolsa de Iniciação Científica e a Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão UEMASUL.

REFERÊNCIAS

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. **Avaliação de óleos essenciais na inibição do crescimento de fungos de fruteiras tropicais**. In: Fitopatologia Brasileira, 36., 2003, Uberlândia. Resumos [...] Lavras: Sociedade Brasileira de Fitopatologia, Uberlândia, 2003. p.343.

AQUINO, C.F.; SALES, N.L.P.; SOARES, E.P.S.; MARTINS, E.R.; COSTA, C.A. Composição química e atividade *in vitro* de três óleos essenciais sobre *Colletotrichum gloeosporioides* do maracujazeiro. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Campinas, v. 16, n. 2, p. 329–336, 2014. Supl. 3.

ATALLA, A.; NETO, A.E.H.; DOS SANTOS RIBEIRO, C.C.O.; DE OLIVEIRA, L.R.P.; RIANI, L.R.; SOARES, G.M.T. Fusariose em transplante autólogo de medula óssea: relato de caso e considerações associadas. **HU Revista**, Juiz de Fora, v. 36, n. 3, jul./set. 2010.

BASTOS, C.N. Efeito do óleo de Piper aduncum sobre Crinipelis e outros fungos fitopatogênicos. **Fitopatologia Brasileira**, v.22, n.3, p.441-443, 1997.

CÂNDIDA, D.V.; COSTA, J.G.C.; RAVA, C.A.; CARNEIRO, M.S. Controle genético da murcha do Fusário (*Fusarium oxysporum*) em feijoeiro comum. **Tropical Plant Pathology**, v. 34, n. 6, p. 379–384, nov./dez. 2009.

- CARNELOSSI, P.R.; SCHWAN-ESTRADA, K.R.F.; CRUZ, M.E.S.; ITAKO, A.T.; MESQUINI, R.M. Óleos essenciais no controle pós-colheita de *Colletotrichum gloeosporioides* em mamão. **Rev. bras. plantas med**, Botucatu, v.11, n.4, p. 399-406, 2009.
- CARVALHO, D.D.C.; MELLO, S.C.M.; LOBO JÚNIOR, M. & SILVA, M.C. Controle de *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli* in vitro e em sementes, e promoção do crescimento inicial do feijoeiro comum por *Trichoderma harzianum*. **Tropical Plant Pathology**, v. 36, n. 1, p. 28-34, jan./fev. 2011.
- CORRÊA, R.M.; BERTOLUCCI, S.K.V.; PINTO, J.E.B.P.; REIS, E.S.; ALVESAL, T.L. Rendimento de óleo essencial e caracterização organoléptica de folhas de assa-peixe submetidas a diferentes métodos de secagem. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 28, n. 2, p. 339-344, mar./abr. 2004.
- COSTA, L. C. do B.; CORRÊA, R.M.; CARDOSO, J.C.W.; PINTO, J.E.B.P.; BERTOLUCCI, S.K.V.; FERRIAL, P.H. Secagem e fragmentação da matéria seca no rendimento e composição do óleo essencial de capim-limão. *Horticultura Brasileira*, v. 23, n. 4, p. 956–959, out./dez. 2005.
- COSTA, M.L.N.; MACHADO, J.C.; GUIMARÃES, R.M.; POZZA, E.A.; ORIDE, D. Inoculação de *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli* em sementes de feijoeiro através de restrição hídrica. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 27, n. 5, p. 1023–1030, set./out. 2003.
- FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In. REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais [...]** São Carlos, SP, 2000, p. 255-258.
- MAIA, T.F.; DONATO, A.; FRAGA, M.E. Atividade antifúngica de óleos essenciais de plantas. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 17, n. 1, p. 105-116, 2015.
- MARTINS, P.M.; MELO, E.C.; BARBOSA, L.C.A.; SANTOS, R.H.S. & MACHADO, M.C. Influence of the temperature and speed of drying air in the content and chemical composition of the essential oil of lemongrass. **Acta Horticulturae**, v. 569, p. 155–161, 2002.
- NOBRE, P.B.; AZEVEDO, D.M.Q.; BATISTA, G.N.; NOBRE, S.A.M. Efeito de extrato vegetal sobre a germinação de esporos de *Fusarium solani* isolados de sementes de Pinhão manso. In: **Anais... V Encontro Norte- mineiro de Biólogos**, p. 1-3, 2008.
- OLIVEIRA, C. A. et al. Eixo temático: Manejo de Agroecossistemas de base ecológica. **Cadernos de Agroecologia**, v. 15, n. 2, p. 1–4, 2020.
- PROBST, Isabella da Silva. **Atividade antibacteriana de óleos essenciais e avaliação de potencial sinérgico**. 2012. Dissertação (mestrado em Biologia Geral e Aplicada) - Instituto de Biociências, UNESP, Botucatu, p. 112, 2012.
- SANTOS, A. et al. Determinação do rendimento e atividade antimicrobiana do óleo essencial de *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf em função de sazonalidade e consorciamento. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 19, n. 2a, p. 436–441, abr./jun. 2009.
- SHUKLA, R.; Kumar, A.; Singh, P.; Dubeyal, N.K. **Efficacy of *Lippia alba* (Mill.) N.E. Brown essential oil and its monoterpene aldehyde constituents against fungi isolated from some edible legume seeds and aflatoxin B1 production**. *International Journal of Food Microbiology*, v. 135, n. 2, p. 165-170, 2009.