

Scientific Electronic Archives

Issue ID: Sci. Elec. Arch. Vol. 16 (4)

April 2023

DOI: <http://dx.doi.org/10.36560/16420231692>

Article link: <https://sea.ufr.edu.br/SEA/article/view/1692>



Influência do óleo essencial de citronela na repelência e mortalidade de *Sitophilus zeamais*

Effect of citronella essential oil on repellency and mortality of Sitophilus zeamais

Suelen Zanco Balbinot Lopes

Universidade Federal da Fronteira Sul

Alexandre Monkolski

Universidade Federal da Fronteira Sul

Corresponding author

Jakeline Galvão de França Monkolski

Universidade Federal da Fronteira Sul

jkgfranca@gmail.com

Diogo José Siqueira

Universidade Federal da Fronteira Sul

Resumo: Durante o período de armazenagem, o milho (*Zea mays*) está sujeito ao ataque de pragas como o gorgulho, *Sitophilus zeamais*, (Coleoptera: Curculionidae) que causa injúrias na qualidade do produto. Além disso, o seu controle é realizado convencionalmente de modo químico, o que se torna indesejável devido a sua toxidez. Nesse contexto, a proposta do presente estudo foi investigar o uso do óleo essencial de citronela como método alternativo ao controle do gorgulho do milho. O experimento teve como base a execução de testes de repelência, sobrevivência, germinação e vigor, a fim de determinar a concentração ideal de uso do óleo essencial para repelência e efeito inseticida. O óleo essencial de citronela foi aplicado nas seguintes concentrações: 0,2; 0,4; 0,6 e 0,8%. Os resultados evidenciaram efeito significativo do aumento da repelência do gorgulho nas concentrações de 0,6 e 0,8%. Nos testes de sobrevivência, observou-se baixa mortalidade nas concentrações testadas 0,6 e 0,8%. A aplicação do óleo também apresentou interferência significativa na postura de ovos nos tratamentos 0,4 e 0,6%. Já nos testes de germinação e vigor, o óleo não demonstrou afetar significativamente a capacidade germinativa e a velocidade de germinação das sementes. Tais resultados indicaram que as concentrações de citronela, testadas no presente estudo, possui algum tipo de efeito repelente, baixo efeito inseticida e discreta redução na oviposição dos insetos, além de não interferir na viabilidade dos grãos.

Palavras-chave: Grão armazenado, Inseticida botânico, Controle alternativo

Abstract: During the storage period, maize (*Zea mays*) is susceptible to attack by pests such as the maize weevil, *Sitophilus zeamais*, (Coleoptera: Curculionidae) that causes damage to the product. Moreover, chemical pesticides are often used to control these pests, which is undesirable due to their toxicity. Thus, the present study aimed to investigate the use of citronella essential oil to control maize weevils as an alternative to pesticides. The experiment was based on the execution of repellency, survival, germination and vigor tests, in order to determine the ideal concentration of use of the essential oil for producing repellent and insecticidal effects. Citronella essential oil was applied in the following concentrations: 0.2; 0.4; 0.6 and 0.8%. The results showed that a significant effect in increasing the weevil repellency was obtained with 0.6 and 0.8% concentrations. In survival tests, low mortality was observed in the tested concentrations 0.6 and 0.8%. The use of the oil also showed significant impact on oviposition, at 0.4 and 0.6% concentrations. In the germination and vigor tests, citronella oil did not have a significant effect on germination capacity and seed germination rate. These results indicated that the citronella concentrations tested in this study have some type of repellent effect, low insecticidal effect, caused a slight reduction in the oviposition of insects and did not affect grain viability.

Keywords: Stored grain, Botanical insecticide, Alternative control

Introdução

Dentre os insetos-praga de grãos armazenados da cultura do milho, o *Sitophilus zeamais* Motschulsky 1855 (Coleoptera: Curculionidae) conhecido popularmente como gorgulho-do-milho, destaca-se por causar injúrias aos grãos armazenados. Embora exibam uma plasticidade adaptativa a temperatura se desenvolvendo entre 15 e 34°C, quando a temperatura do silos se encontra próxima dos 28°C, observa-se um respectivo aumento da população, a níveis que podem causar danos aos grãos sadios e intactos, enquanto as larvas se alimentam em seu interior (CANEPPELE et al., 2010). Desse modo, o gorgulho do milho é um agente limitante para o armazenamento de milho, pois pode produzir interferências negativas na qualidade dos grãos e sementes estocados, usados para fins de alimentação de animais ou comercialização (ANTUNES et al., 2011).

No Brasil, os inseticidas fumigantes são amplamente utilizados para o tratamento curativo de grãos armazenados, com uso da técnica de fumigação ou expurgo (FAZOLIN et al., 2010). Porém, por afetar o ecossistema, prejudicar a saúde de consumidores, aumentar o custo da produção, ainda pela possibilidade de seleção de populações de insetos-praga resistentes, o uso destes tem sido limitado (PIMENTEL et al., 2007). Além disso, o uso frequente de inseticidas para a proteção de grãos armazenados contra insetos tem levado à ocorrência de falhas de controle decorrente do desenvolvimento da resistência pelos insetos alvos aos compostos usados (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

Problemas relacionados à utilização de inseticidas convencionais no controle de insetos-praga de grãos armazenados aumentam a necessidade de desenvolvimento de novas alternativas, principalmente, as que possam ser utilizadas em pequenas propriedades rurais (FAZOLIN et al., 2010) e de base ecológica. Uma dessas alternativas é o uso de inseticidas botânicos (óleos essenciais, flavonóides, alcalóides, glicosídeos, ésteres e ácidos graxos), que são derivados de plantas e que têm sido alvo diversas pesquisas, especialmente, por afetar somente os insetos alvos, não destruir os inimigos naturais de pragas agrícolas, fornecer alimentos livres de resíduos tóxicos e tornar a produção mais sustentável e segura ao ambiente (SAID-AL AHL et al., 2017; HIKAL et al., 2017; LENGAI, et al., 2020).

Os óleos essenciais são substâncias complexas e voláteis compostas por hidrocarbonos (terpenos e sesquiterpenos) e uma variedade de fenóis aromáticos (óxidos, éteres, álcoois, ésteres, aldeídos e cetonas), cujos princípios ativos fornecem importante estratégia de defesa para as plantas (NERIO et al., 2010; SAID-AL AHL et al., 2017), os quais possuem ação repelente, inseticida, ovicida, além de causar inibição do crescimento e de oviposição sobre uma variedade de insetos (HIKAL et al., 2017). Dentre as espécies botânicas

utilizadas como inseticidas, destaca-se a citronela (*Cymbopogon spp.*), pois diversos estudos têm comprovado sua eficácia contra insetos de grãos armazenados, sendo observada ação de repelência e inseticida (NERIO et al., 2009; OOTANI et al., 2011; LIMA-MENDONÇA et al., 2013; LICCIARDELLO et al., 2013).

O uso da citronela pode ser uma alternativa para o controle de *S. zeamais* em grãos armazenados, apresentando menor toxicidade do que produtos convencionais. Porém, para obter resultados positivos é necessário saber qual concentração é eficaz para o controle desse inseto. Por essa razão, o presente trabalho tem como foco avaliar a eficiência do óleo de citronela no controle de *S. zeamais* em grãos armazenados de milho, investigando seu potencial de repelência, inseticida e interferência no processo de germinação e vigor dos grãos de milho.

Material e Métodos

Os experimentos foram conduzidos durante o período de março a outubro de 2019, na Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS) - Campus Laranjeiras do Sul, PR, no laboratório de Entomologia usado para criação dos espécimes ali preexistentes e no laboratório de Fisiologia vegetal e germinação usado para os bioensaios de repelência, sobrevivência e germinação. Os grãos de milho (*Zea mays* L.) foram obtidos de cooperativas e de mercados locais e as sementes crioulas da variedade Catarina foram adquiridas na Cooperativa CoperAnchieta. O óleo essencial de citronela (concentração 100%), foi adquirido através da compra do tipo e-commerce.

Os insetos foram obtidos de criação já existente no Laboratório de Entomologia Agrícola, com identidade confirmada, os quais foram submetidos a criação em sala climatizada com condições controladas (temperatura: 23°C ±2°C; umidade relativa: 40% ±10% e ausência de fotofase). Quarenta insetos, no estágio adulto, foram depositados em recipientes de vidro de 500 mL, contendo 300 gramas de milho para a manutenção da criação, sendo esses recipientes vedados com tela fina de nylon fixados por um elástico. A cada 30 dias, o milho foi peneirado para facilitar a triagem dos insetos vivos e mortos, sendo os vivos contados e posteriormente transferidos para um novo frasco destinado a promover o aumento populacional para compor o número mínimo necessário nas arenas de bioensaio.

A avaliação do teste de repelência foi executada através da montagem de um sistema de arenas compostas por três recipientes plásticos circulares (10 x 2 cm), posicionados alternadamente, com quatro repetições para cada tratamento. O recipiente central foi interligado simetricamente aos outros dois por um tubo de silicone transparente (10 cm de comprimento e 0,5 cm de diâmetro) dispostos na forma longitudinal. Em função da necessidade da testemunha (controle - 0%), dos quatros tratamentos (0,2; 0,4; 0,6; 0,8%)

e das quatro repetições por tratamento foram confeccionados um total de 20 sistemas de arenas. Em dois dos três recipientes (da extremidade) da arena foram colocados 20 gramas de grãos de milho, sendo que em apenas um deles inserido papel poroso absorvente contendo a solução do óleo essencial a uma concentração pré-determinada conforme delineamento do experimento. Para o evitar o contato direto do óleo essencial com os grãos de milho, foi encaixado sobre os recipientes uma tela de nylon e sobre ela papel poroso absorvente com a devida concentração de óleo (0,2; 0,4; 0,6; 0,8%), com as porcentagens definidas por regra de três conforme a quantidade de gramas de milho, ou seja, para o tratamento com 0,2% de óleo essencial de citronela, utilizamos 20gramas de milho x 0,2% de óleo / 100= 0,04 mL para cada repetição e assim sucessivamente por tratamento. No recipiente central foram depositados 30 insetos adultos, para observação do comportamento de migração dentro do sistema de arena, em resposta a volatilização do composto oleoso de citronela. O teste teve 24 horas de duração, e, após este período, foram contados o número de insetos em cada recipiente. Para a análise dos dados, foi determinado o Índice de Repelência (IR), determinado pela fórmula $IR = 2G / (G + P)$, onde G = % de insetos no tratamento e P = % de insetos na testemunha. Onde: IR = 1, planta neutra; IR > 1, planta atraente e IR < 1, planta repelente (LIN et al., 1990).

O teste de sobrevivência teve quatro repetições por tratamento, sendo utilizados recipientes plásticos com tampa. A quantidade de grãos e concentrações do óleo essencial foi a mesma utilizada no teste de repelência, mantendo-se a temperatura ambiente controlada a 25°C, que corresponde ao ótimo de temperatura da espécie. A sobrevivência dos adultos foi avaliada diariamente, até o décimo dia após a instalação do experimento, retirando-se os indivíduos mortos a cada vistoria. Ao término desse período, todos os adultos sobreviventes foram retirados, para estimativa das taxas de sobrevivência. Em sequência, os recipientes foram mantidos nas condições para avaliação do número de insetos emergidos, sendo avaliados de 5 em 5 dias, a partir do 25º ao 60º dia após a montagem do experimento. Passados 60 dias, o milho foi imergido em água destilada por 24 horas para amolecimento do tegumento e em seguida, cortado para contagem de ovos férteis e inférteis. A partir desses dados, foi calculada a porcentagem de ovos férteis em relação ao número total de ovos.

O teste de germinação teve o objetivo de avaliar a porcentagem de ocorrências germinativas das sementes para fins de semeadura, segundo as Regras de Análise de Sementes (BRASIL, 2009). A realização desse procedimento levou em consideração os períodos de 24 e 240 horas, e as sementes foram inicialmente submetidas ao contato com as concentrações de óleo da mesma maneira que nos bioensaios de repelência e sobrevivência.

Nesse teste foram utilizados três papéis mata-borrão por repetição (total de quatro repetições) e mais um por tratamento, sendo dois tratamentos (0,6 e 0,8% de óleo) e uma testemunha (0% de óleo), totalizando 52 papéis. Após a contagem da quantidade necessária de papéis, estes foram pesados e umedecidos com 2,5 vezes seu peso em água destilada. Em cada repetição foram dispostas 50 sementes nos papéis mata borrão, totalizando 200 sementes por tratamento, formando rolos que foram armazenadas em câmaras de germinação na temperatura de 25°C, por um período de sete dias. No último dia foram avaliados os estágios de desenvolvimento das plântulas para avaliação de padrões normais, anormais de germinação e inviabilidade de sementes.

Uma plântula é considerada normal quando possui todas suas estruturas essenciais bem desenvolvidas, completas, proporcionais e saudáveis, ou seja, quando possui sistema radicular (raiz primária e em certos gêneros raízes secundárias) bem desenvolvido, parte aérea (hipocótilo, epicótilo, mesocótilo), gemas terminais, cotilédones (um ou mais) e coleóptilo. São consideradas como anormais plântulas que não mostram potencial para continuar seu desenvolvimento e dar origem a plantas normais, mesmo crescendo em condições favoráveis. Já as sementes consideradas como mortas são aquelas que no final do teste não germinam, não estão duras, nem dormentes, e geralmente, apresentam-se amolecidas, atacadas por microrganismos e não apresentam nenhum sinal de início de germinação.

O efeito do óleo essencial sobre o vigor das sementes, foi avaliado através do teste de primeira contagem e IVG (Índice de Velocidade de Germinação), através da Regra de Análise de Sementes (RAS) que consiste em avaliar o desenvolvimento e a qualidade das plântulas durante o período do teste de germinação. O teste de primeira contagem foi realizado no quarto dia após a montagem do teste de germinação, onde foram retiradas plântulas normais.

Para a análise estatística dos dados foram utilizados os testes de Shapiro-Wilk para a normalidade e de Levene para a homogeneidade entre as variâncias. Devido a inconsistência dos dados para normalidade ou homogeneidade (ou ambas), determinou-se a escolha e realização de testes não paramétricos, incluindo o teste de Kruskal-Wallis, seguido pelo teste *post-hoc* de Mann Whitney a 5% de probabilidade, por meio do software PAleontological STatistics (PAST) versão 2.17 (HAMMER; HARPER, 2001).

Resultados e Discussão

De acordo com os valores de IR (Índice de repelência) encontrados no presente estudo, os tratamentos 0,6% e 0,8%, apresentaram efeito repelente ao *S. zeamais*, com diferença significativa em relação ao tratamento controle (0%) (Tabela 1). O tratamento 0,4% também mostrou ter efeito repelente, embora não tenha apresentado diferença

significativa ($P \geq 0,05$), possivelmente, devido à grande amplitude de variação entre as amostras, como pode ser observado no valor do erro padrão (Tabela 1). Com relação ao controle, o seu índice

de repelência foi considerado neutro ($IR = 1,000 \pm 0,04$), ou seja, sem interferência no comportamento de *S. zeamais*.

Tabela 1. Determinação do índice de repelência (IR) de *Sitophilus zeamais* para diferentes concentrações de óleo essencial de citronela.

Tratamentos	IR (\pm EP)	Classificação
0%	$1,000 \pm 0,04^a$	Neutra
0,2%	$1,340 \pm 0,12^e$	Atraente
0,4%	$0,606 \pm 0,16^{aef}$	Repelente
0,6%	$0,280 \pm 0,12^{cf}$	Repelente
0,8%	$0,152 \pm 0,05^{df}$	Repelente

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si. EP = erro padrão

Atividades de repelência promovidas por óleos essenciais de citronela também foram registradas por Ootani et al. (2011), sendo que as concentrações testadas de 0,660; 0,881; 1,101 e $1,321 \mu\text{L cm}^{-2}$ de *Cymbopogon nardus* tiveram efeito repelente sobre o *S. zeamais*, com porcentagem de repelência de 86,6 a 98,8%. Nos estudos realizados por Hernandez-Lambraño et al. (2015), os óleos essenciais das espécies de *Cymbopogon martinii* e *C. nardus*, nas concentrações de 0,03 e $0,04 \mu\text{L cm}^{-2}$, apresentaram grande atividade repelente contra os adultos de *Oryzaephilus surinamensis* e *S. zeamais*, e que os óleos essenciais testados foram mais eficazes em sua atividade repelente quando comparado ao produto comercial IR 3535. Esses autores sugerem que os óleos essenciais isolados das plantas do gênero *Cymbopogon* podem desempenhar um importante papel na proteção de grãos estocados, reduzindo o risco associado com o uso de inseticidas sintéticos. De acordo com Shasany et al. (2000), a presença de substâncias voláteis nas folhas de *Cymbopogon* spp., denominadas monoterpenos, como por exemplo, o citronelal, o eugenol e o geraniol, são responsáveis pelo efeito repelente da planta. Morais e Marinho-Prado (2016) sugerem que os monoterpenos são compostos lipofílicos que apresentam alto potencial para interferências tóxicas em processos bioquímicos básicos, ocasionando alterações fisiológicas e comportamentais em insetos.

Apenas o tratamento 0,2% indicou ter efeito atraente ao *S. zeamais* ($IR = 1,340 \pm 0,12$), com diferença significativa ($P \leq 0,05$) entre os tratamentos 0; 0,2 e 0,8% (Tabela 1). Lima-Mendonça et al. (2013) também constaram efeito atrativo ao invés

de repelente nos tratamentos com pó de *Caesalpinia pyramidalis* e *Momordica charantia*, para os adultos de *S. zeamais*, não havendo diferença significativa entre os tratamentos e testemunha. No presente estudo tal resultado se deve, provavelmente, pela baixa concentração testada de citronela neste tratamento, exibindo uma clara dose-resposta no efeito de repelência. Uma dependência da força de repelência nas concentrações de óleo essencial de citronela foi detectada em pesquisas realizadas por Licciardello et al. (2013), os resultados mostraram que todos os óleos essenciais de *Cymbopogon* spp. nas concentrações entre 0,005-0,02 mL cm^{-2} , tiveram efeito repelente significativos sobre os adultos de *Tribolium castaneum*, enquanto que na menor concentração ($0,001 \text{ mL cm}^{-2}$) não houve efeito repelente significativo. Đukić et al. (2016) registrou que *Cymbopogon proximus* apresentou efeito neutro na concentração de 0,0001%, sendo que as concentrações mais altas (0,001 e 0,01%) tiveram efeito repelente para *T. castaneum*.

Em relação ao efeito inseticida, não houve diferença significativa entre os diferentes tratamentos. Os tratamentos 0,2% e 0,4% não causaram mortalidade aos insetos expostos, além disso, os tratamentos 0,6% e 0,8% causaram mortalidade de apenas 6,25 e 27,5% (Tabela 2). Nos dados de oviposição foi constatado que apenas os tratamentos 0,4% e 0,6% apresentaram diferença significativa com relação ao tratamento controle (0%). Já no tratamento 0,8%, apesar da igualdade estatística com as demais concentrações testadas, ainda houve um número maior de postura comparado aos tratamentos 0,4% e 0,6% (Tabela 2).

Tabela 2. Taxas de mortalidade e oviposição de *Sitophilus zeamais* no teste de sobrevivência.

Tratamentos	Mortalidade de insetos (%)	Oviposição
0%	0 ^a	3,25 ^a
0,2%	0 ^a	2,5 ^{ac}
0,4%	0 ^a	0,5 ^{bc}
0,6%	6,25 ^a	0,25 ^b
0,8%	27,5 ^a	1 ^{ab}

Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si.

Nas análises de regressão linear, os coeficientes de determinação (R^2) obtidos tanto para mortalidade x tratamento e oviposição x tratamento foram de 0,66. As regressões não foram significativas ($P \geq 0,05$), indicando que a mortalidade

de insetos e a oviposição não estão relacionadas com as concentrações testadas, ou seja, as concentrações não influenciaram nos parâmetros biológicos testados (Figura 1).

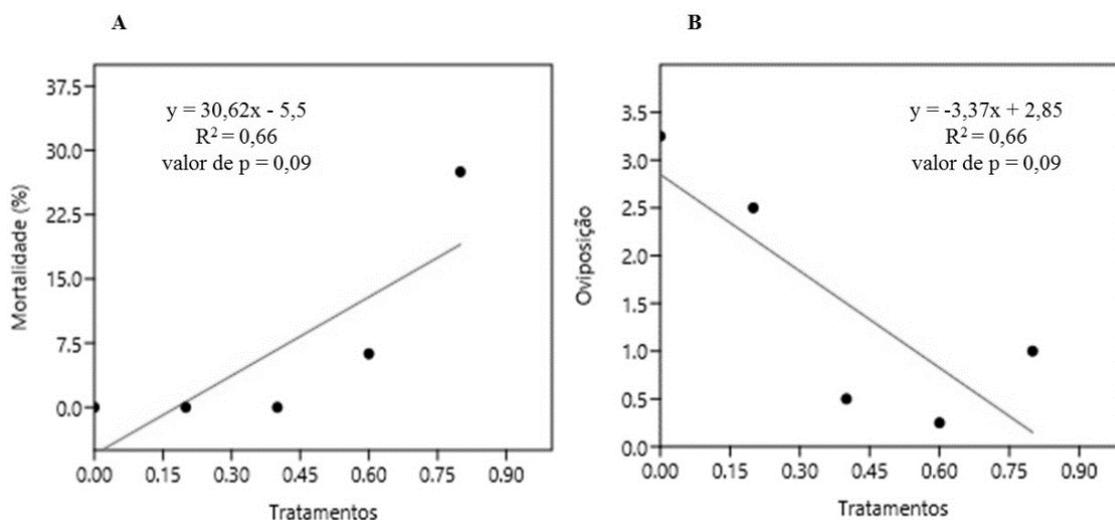


Figura 1. Regressão entre a mortalidade (A) e oviposição (B) de adultos de *Sitophilus zeamais* em função das concentrações do óleo essencial de citronela.

Embora diversos estudos evidenciam o potencial inseticida e ovicida da citronela, não só na forma de pó, mas também de óleo essencial sobre insetos de grãos (FRANÇA et al., 2012; ALVES et al., 2015; MARCON; SIMONETTI, 2017; SANTOS et al., 2018), esse fator pode estar relacionado não só com a dose, mas também com a biologia do inseto. Dados similares ao presente estudo foram encontrados por Lima-Mendonça et al. (2013), sobre os efeitos inseticida de diferentes pós vegetais em *S. zeamais*. Os autores constataram que a mortalidade dos insetos com algumas espécies de plantas testadas apresentaram valores intermediários, tais como, Nim (17,1%), Melão-de-São Caetano (18,2%) e a Graviola (17,2%), já o *Cymbopogon winterianus* (citronela) atingiu uma mortalidade de 7% não diferindo da testemunha (24%). Nos estudos de Girão Filho et al. (2014), no uso do pó de *C. nardus* (0,3 g), não foi observado diferença significativa, tanto na postura de ovos, quanto na emergência de *Zabrotes subfasciatus*. Os autores sugerem que esta planta é altamente repelente, porém, não causaram alteração nos parâmetros biológicos testados.

Os dados encontrados no presente estudo mostraram que as concentrações testadas tiveram alta atividade repelente da citronela contra *S. zeamais*, apresentando baixo efeito inseticida e discreta redução na oviposição dos insetos. Possivelmente, os valores das concentrações aqui testadas não foram suficientes para causar o efeito inseticida aos adultos, pupas e ovos de *S. zeamais* como observado em estudos anteriores. Este resultado é relevante, pois indica que a citronela tem papel importante para o controle natural de

pragas de grãos sem causar prejuízos ao ambiente. Segundo Ribeiro et al. (2017), concentrações que não causam mortalidade também devem ser consideradas, pois a dinâmica dos inseticidas botânicos no ambiente em que são utilizados, principalmente, no que diz respeito a sua rápida degradação, também causam efeitos subletais na fisiologia e no comportamento das pragas. Essa é a razão pela qual uma concentração mais baixa, mesmo que não cause mortalidade, ainda sim pode atingir uma população alvo, causando efeitos, tais como, a redução na ingestão de alimentos, a produção de resíduos, retardo do desenvolvimento larval, pupal e de emergência de adultos.

Outro fator estudado neste trabalho foi a atividade do óleo essencial de citronela na germinação e vigor das sementes de milho, para isso foram utilizados dois (0,6 e 0,8%) dos quatro tratamentos testados, pois apenas estes evidenciaram ação repelente contra os insetos de modo significativo (Tabela 1). Apesar da porcentagem de germinação de todos os tratamentos testados, incluindo o controle (0%), estarem abaixo de 85% de acordo com o padrão estabelecido pela Instrução Normativa nº 45 (BRASIL, 2013), as concentrações de citronela não afetaram a capacidade germinativa dos grãos, tanto no período de 24 horas, quanto no tempo de 240 horas. Em todos os tratamentos testados, os números de grãos normais foram significativamente maiores que os anormais e mortos ($P \leq 0,05$). Além disso, não houve diferenças significativas entre as concentrações testadas para os diferentes tipos de grãos (Tabela 3).

Tabela 3. Resultados médios (%) e erro padrão da viabilidade de germinação de sementes de milho em 24 horas frente ao uso das concentrações mais significativas do óleo essencial de citronela para repelência de *Sitophilus zeamais*.

Tratamentos	24 Horas		
	Normais	Anormais	Mortas
0%	77,0 ± 3,41 ^{AA}	21,5 ± 2,98 ^{AB}	1,5 ± 0,50 ^{AC}
0,6%	79,5 ± 3,30 ^{AA}	19,5 ± 2,87 ^{AB}	1,0 ± 0,57 ^{AC}
0,8%	83,5 ± 3,09 ^{AA}	12,0 ± 2,44 ^{AB}	4,5 ± 1,25 ^{AB}
Tratamentos	240 Horas		
	Normais	Anormais	Mortas
0%	81,5 ± 2,87 ^{AA}	17,0 ± 2,38 ^{AB}	1,5 ± 0,95 ^{AC}
0,6%	84,5 ± 1,25 ^{AA}	13,0 ± 1,00 ^{AB}	2,5 ± 1,50 ^{AC}
0,8%	80,0 ± 1,63 ^{AA}	17,5 ± 1,50 ^{AB}	2,5 ± 0,95 ^{AC}

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, minúscula na coluna e maiúscula na linha.

Nos resultados de índice de velocidade de germinação, verificou-se diferença significativa ($P \leq 0,05$) apenas entre os tratamentos 0,6% e 0,8%, não havendo diferença entre o tratamento controle (Figura 2). Tais resultados sugerem que o óleo de citronela, nas concentrações testadas, não causou fitotoxicidade sobre o crescimento inicial do embrião ou intoxicação dos tecidos das sementes, não interferindo na viabilidade dos grãos.

O efeito dos óleos essenciais sobre a germinação das sementes parece ser dependente do tipo de óleo utilizado e da dose empregada e que o óleo essencial de citronela pode causar diminuição na capacidade germinativa de sementes

à medida em que aumentam as concentrações (DOMENE et al., 2016; HIRATA et al., 2018; ALMEIDA et al., 2019). No estudo de Dias et al. (2021), baseado nos resultados sobre a qualidade fisiológica de sementes de milho crioulo, observaram que nos tratamentos com óleo de alecrim, cravo, eucalipto e girassol não apresentaram influência significativa na germinação das sementes nas concentrações avaliadas. Por outro lado, os tratamentos com óleo essencial de citronela, limão, olíbano e lavanda mostraram efeito negativo sobre a germinação, permanecendo em torno de 40%.

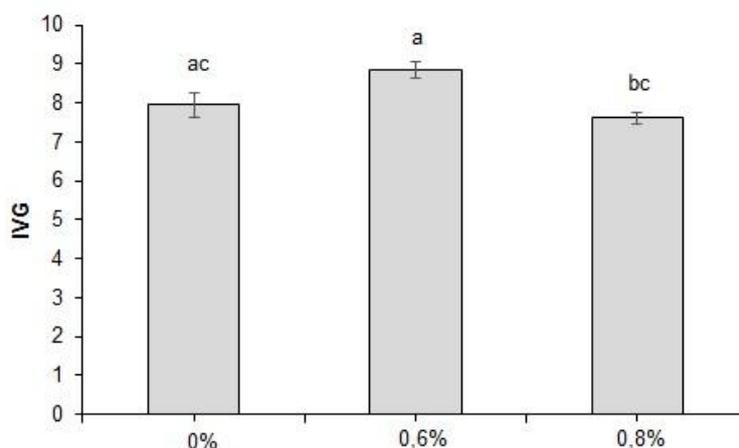


Figura 2. Índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de milho frente ao uso das concentrações mais significativas do óleo essencial de citronela para repelência de *Sitophilus zeamais*. Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si.

Nos resultados encontrados por Xavier et al. (2012), em sementes de feijão caupi (*Vigna unguiculata*) tratadas com óleo essencial de *C. winterianus*, não foram observadas diferenças significativas na porcentagem de germinação entre as diferentes dosagens (20, 15, 10 e 5 μL) e nem ao tipo de aplicação do óleo (fumigação ou impregnação). No entanto, na ausência do óleo essencial de citronela, a porcentagem de germinação foi significativamente maior, sendo um indicativo de ação inibitória. Ainda segundo os autores, o óleo essencial de citronela foi prejudicial ao vigor das sementes de feijão caupi, além de causar efeitos deletérios em seu potencial

fisiológico. Brito et al. (2012) registraram que em testes de germinação nas doses de 5, 10 e 15% dos óleos de *C. nardus*, eucalipto e citronelal apresentaram atividade de alelopatia sobre a germinação das sementes de milhos expostas, apresentando percentuais até abaixo de 20%, sendo a concentração de 15% mais expressiva para todos os óleos.

Conclusão

O óleo essencial de citronela, nas doses testadas, teve efeito repelente contra *S. zeamais*, porém, apresentou baixo efeito inseticida e discreta redução na oviposição dos insetos. Diversos

estudos encontrados na literatura apontam que o óleo de citronela pode apresentar capacidade inseticida e ovicida e prejudicar o potencial germinativo de sementes. No entanto, isso depende das concentrações utilizadas, o que pôde ser constatado no presente trabalho, já que tais efeitos não foram significativos. Desta forma, estudos futuros ainda são necessários para encontrar doses que sejam realmente eficazes para o controle de pragas de grãos armazenados, e que possam ser usados como alternativa e substitutos de inseticidas sintéticos, altamente tóxicos e persistentes no ambiente.

Agradecimentos

Aos professores da Universidade Federal da Fronteira Sul, *campus* Laranjeiras do Sul (PR): Dr. Henrique von Hertwig Bittencourt e Dr. Lisandro Tomas da Silva Bonome pela disponibilização dos laboratórios para realização do experimento e análises das sementes e ao Agrônomo Wellyngton Alves pelo auxílio prestado durante a realização deste estudo.

Referências

ALMEIDA, L.; TEIXEIRA, M. C. S. A.; LEMOS, J. R.; LACERDA, M. N.; SILVA, T. C. Bioatividade de óleos essenciais na germinação e no vigor em sementes de tomate. *Revista Biotemas*, v. 32, n. 2, p. 13-21, 2019. DOI:10.5007/2175-7925.2019V32N2P13

ALVES, M. S.; SANTOS, D. P.; SILVA, L. C. P.; PONTES, E. G.; SOUZA, M. A. A. Essential oils composition and toxicity tested by fumigation against *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) pest of stored cowpea. *Revista Virtual de Química*, v. 7, n. 6, p. 2387-2399, 2015. DOI: 10.5935/1984-6835.20150142

ANTUNES, L. E. G.; VIEBRANTZ, P. C.; GOTTARDI, R.; DIONELLO, R. G. Características físico-químicas de grãos de milhos atacados por *Sitophilus zeamais* durante o armazenamento. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 15, n. 6, p. 615-620, 2011. DOI: 10.1590/S1415-43662011000600012

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Padrões para a produção e a comercialização de sementes de milho (*Zea mays* L.). Instrução normativa n.º 45, de 17 de setembro de 2013. Diário Oficial da União, 2013. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/sementes-e-mudas/publicacoes-sementes-e-mudas/copy_of_INN45de17desetembrode2013.pdf> Acessado em: 12 Mar 2019.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Regras para Análise de Sementes. Mapa/ACS, Brasília, 2009, 395p. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/arquivos-publicacoes-insumos/2946_regras_analise__sementes.pdf> Acessado em: 12 Mar 2019.

BRITO, D. R.; OOTANI, M. A.; RAMOS, A. C. C.; SERTÃO, W. C.; AGUIAR, R. W. S. Efeito dos óleos de

citronela, eucalipto e composto citronelal sobre micoflora e desenvolvimento de plantas de milho. *Journal of Biotechnology and Biodiversity*, v. 3, n. 4, p. 184-192, 2012. DOI: 10.20873/jbb.uft.cemaf.v3n4.brito

CANEPPELE, M. A. B.; ANDRADE, P. J.; SANTAELLA, A. G. Diferentes dosagens de pó inerte e temperaturas em milho armazenado para controle de gorgulho-dormilho. *Scientia Agraria*, v. 11, n. 4, p. 343-347, 2010. DOI: 10.5380/rsa.v11i4.18270

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. Sementes: Ciência, Tecnologia e Produção. 5.ed. São Paulo: Funep, 2012, 590p.

DIAS, F. H. C.; NUNES, M. S.; SILVA, E. C.; SILVA, E. G. F.; SILVA, H. F.; NASCIMENTO, L. C. Efeito dos óleos essenciais na qualidade sanitária e fisiológica de sementes de milho crioulo. *Scientific Electronic Archives*, v. 14, n. 9, p. 10-18, 2021. DOI: 10.36560/14920211349

DOMENE, M. P.; GLÓRIA, E. M.; BIAGI, J. D.; BENEDETTI, B. C.; MARTINS, L. Efeito do tratamento com óleos essenciais sobre a qualidade fisiológica e sanitária das sementes de milho (*Zea mays*). *Arquivos do Instituto Biológico*, v. 83, p. 1-6, 2016. DOI: 10.1590/1808-1657000072014

ĐUKIĆ, N.; RADONJIĆ, A.; ANDRIĆ, G.; KLJAJIĆ, P.; DROBAC, M.; OMAR, E.; KOVAČEVIĆ, N. Attractiveness of essential oils of three *Cymbopogon* species to *Tribolium castaneum* (Herbst) adults. *Pesticides and Phytomedicine*, v. 31, n. 3-4, p. 129-137, 2016. DOI: 10.2298/PIF1604129D

FAZOLIN, M.; COSTA, C. R.; DAMASCENO, J. E. O.; ALBUQUERQUE, E. S.; CAVALCANTE, A. S. S.; ESTRELA, J. L. V. Fumigação de milho para o controle do gorgulho utilizando caule de *Tanaecicun nocturnum* (Bignoniidae). *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 45, n. 1, p. 1-6, 2010. DOI: 10.1590/S0100-204X2010000100001

FRANÇA, S. M.; OLIVEIRA, J. V.; ESTEVES FILHO, A. B.; OLIVEIRA, C. A. Toxicity and repellency of essential oils to *Zabrotes subfasciatus* (Boheman) (Coleoptera, Chrysomelidae, Bruchinae) in *Phaseolus vulgaris* L. *Acta Amazonica*, v. 42, n. 3, p. 381-386, 2012. DOI: 10.1590/S0044-59672012000300010

GIRÃO FILHO, J. E.; ALCÂNTARA NETO, F.; PÁDUA, L. E. M.; PESSOA, E. F. Repelência e atividade inseticida de pós vegetais sobre *Zabrotes subfasciatus* Boheman em feijão-fava armazenado. *Revista Brasileira de Plantas Medicinais*, v. 16, n. 3, p. 499-504, 2014. DOI: 10.1590/1983-084X/13_087

HAMMER, Ø.; HARPER, D.A.T.; RYAN, P.D. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*, v. 4, 2001. Disponível em: <http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm> Acessado em: 20 Out 2019.

HERNADEZ-LAMBRAÑO, R.; PAJARO-CASTRO, N.; CABALLERO-GALLARDO, K.; STASHENKO, E.; OLIVERO-VERBEL, J. Essential oils from plants of the genus *Cymbopogon* natural insecticides to control stored product pests. *Journal of Stored Products Research*, v. 62, p. 81-83, 2015. DOI: 10.1016/j.jspr.2015.04.004

- HIKAL, W. M.; BAESHEN, R. S.; SAID-AL AHL, H. A. H. Botanical insecticide as simple extractives for pest control. *Cogent Biology*, v. 3, n. 1, p. 1-16, 2017. DOI: 10.1080/23312025.2017.1404274
- HIRATA, D. B.; LUZ, A. C. C.; ZANETTI, L. V.; WERNER, E. T.; MILANEZ, C. R. D.; LEITE, I. T. A. Efeito alelopático do óleo essencial de *Cymbopogon nardus* e extrato de *Annona muricata* na germinação de *Bidens pilosa* e *Megathyrsus maximus*. *Revista de Ciências Agrárias*, v. 41, n. 3, p. 712-728, 2018. DOI: 10.19084/RCA17317
- LENGAI, G. M. W.; MUTHOMI, J. W.; MBEGA, E. R. Phytochemical activity and role of botanical pesticides in pest management for sustainable agricultural crop production. *Scientific African*, v. 7, p. 1-13, 2020. DOI: 10.1016/j.sciaf.2019.e00239
- LICCIARDELLO F.; MURATORE G.; SUMA P.; RUSSO A.; NERIN C. Effectiveness of a novel insect-repellent food packaging incorporating essential oils against the red flour beetle (*Tribolium castaneum*). *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, v. 19, p. 173-180, 2013. DOI: 10.1016/j.ifset.2013.05.002
- LIMA-MENDONÇA, A.; BROGLIO, S. M. F.; DE ARAÚJO, A. M. N.; LOPES, D. O. P.; DIAS-PINI, N. S. Efeito de pós vegetais sobre *Sitophilus zeamais* (Mots., 1855) (Coleoptera: Curculionidae). *Arquivos Instituto Biológico de São Paulo*, v. 80, n. 1, p. 91-97, 2013. DOI: 10.1590/S1808-16572013000100013
- LIN, H; KOGAN, M; FISHER, D. Induced resistance in soybean to the Mexican bean beetle (Coleoptera: Coccinellidae): Comparisons of inducing factors. *Environmental Entomology*, v. 19, n. 6, p. 1852-1857, 1990. DOI: 10.1093/ee/19.6.1852
- MARCON, S.; SIMONETTI, A. P. M. M. Efeito da citronela sobre a preferência alimentar e/ou efeito inseticida sobre o *Sitophilus* sp em milho armazenado. *Revista cultivando o saber*, 10(2): 269-277, 2017. Disponível em: Efeito da citronela sobre a preferência alimentar e/ou efeito inseticida sobre o *Sitophilus* sp em milho armazenado | Revista Cultivando o Saber (fag.edu.br). Acessado em: 20 Out 2019.
- MORAIS, L. A. S.; MARINHO-PRADO, J. S. Plantas com Atividade Inseticida. In: HALFELD-VIEIRA, B. A.; MARINHO-PRADO, J. S.; NECHET, K. L.; MORANDI, M. A. B.; BETTIOL, W. (eds.). *Defensivos agrícolas naturais: uso e perspectivas*. Brasília: Embrapa, 2016, p. 542-593.
- NERIO, L. S.; OLIVERO-VERBEL, J.; STASHENKO, E. E. Repellent activity of essential oils from seven aromatic plants grown in Colombia against *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera). *Journal of Stored Products Research*, v. 45, n. 3, p. 212-214, 2009. DOI: 10.1016/j.jspr.2009.01.002
- NERIO, L. S.; OLIVERO-VERBEL, J.; STASHENKO, E. E. Repellent activity of essential oils: A Review. *Bioresource Technology*, v. 101, p. 1, p. 372-378, 2010. DOI: 10.1016/j.biortech.2009.07.048
- OOTANI, M. A.; AGUIAR, R. W. S.; MELLO, A. V.; DIDONET, J.; PORTELLA, A. C. F.; NASCIMENTO, I. R. Toxicidade de óleos essenciais de Eucalipto e Citronela sobre *Sitophilus zeamais* Motschulsky, 1855 (Coleoptera: Curculionidae). *Bioscience Journal*, 27(4): 609-618, 2011. Disponível em: Microsoft Word - 12Agra_11264.doc (bvsaalud.org). Acessado em: 20 Out 2019.
- PIMENTEL, M. A. G.; FARONI, L. R. D. A.; TÓTOLA, M. R.; GUEDES, R. N. C. Phosphine resistance, respiration rate and fitness consequences in stored-product insects. *Pest Management Science*, v. 63, n. 9, p. 876-881, 2007. DOI: 10.1002/ps.1416
- RIBEIRO, A. V.; LUZ, C. E. A.; BASTOS, C. S.; KRIEGER, Y. S. T.; SILVA, N. H.; SILVA, W. B. Toxicity of botanical and synthetic formulations to the maize weevil, *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). *Revista Colombiana de Entomología*, v. 43, p. 2, p. 167-172, 2017. DOI: 10.25100/socolen.v43i2.5938
- SAID-AL AHL, H. A. H., HIKAL, W. M.; TKACHENKO, K. G. Essential Oils with Potential as Insecticidal Agents: A Review. *International Journal of Environmental Planning and Management*, v. 3, p. 4, p. 23-33, 2017. Disponível em: (PDF) Essential Oils with Potential as Insecticidal Agents: A Review (researchgate.net). Acessado em: 23 Out 2019.
- SANTOS, V. S. V.; CUNHA, J. R.; SILVA, P. H. S. Atividade ovicida e repelente de pó de citronela sobre o caruncho do feijão-caupi. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v. 13, n. 2, p. 146-149, 2018. DOI: 10.18378/rvads.v13i2.5157
- SHASANY, A. K.; LAL, R. K.; PATRA, N. K.; DAROKAR, M. P.; GARG, A.; KUMAR, S.; KHANUJA, S. P. S. Phenotypic and RAPD diversity among *Cymbopogon winterianus* Jowitt accessions in relation to *Cymbopogon nardus* Rendle. *Genetic Resources and Crop Evolution*, v. 47, p. 553-559, 2000. DOI: 10.1023/A:1008712604390
- XAVIER, M. V. A.; OLIVEIRA, C. R. F.; BRITO, S. S. S.; MATOS, C. H. C.; PINTO, M. A. D. S. C. Viabilidade de sementes de feijão caupi após o tratamento com óleo essencial de citronela (*Cymbopogon winterianus* Jowitt). *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, v. 14, n. spe, p. 250-254, 2012. DOI: 10.1590/S1516-05722012000500021