



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL  
CAMPUS LARANJEIRAS DO SUL  
CURSO DE AGRONOMIA**

**SUELEN ZANCO BALBINOTI LOPES**

**INFLUÊNCIA DO ÓLEO ESSENCIAL DE CITRONELA (*Cymbopogon* spp)  
NA REPELÊNCIA E MORTALIDADE DE *Sitophilus zeamais* Mots., 1855  
(Coleoptera: Curculionidae) EM MILHO ARMAZENADO**

**LARANJEIRAS DO SUL**

**2019**

**SUELEN ZANCO BALBINOTI LOPES**

**INFLUÊNCIA DO ÓLEO ESSENCIAL DE CITRONELA (*Cymbopogon* spp)  
NA REPELÊNCIA E MORTALIDADE DE *Sitophilus zeamais* Mots., 1855  
(Coleoptera: Curculionidae) EM MILHO ARMAZENADO**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Curso de Agronomia  
com Enfoque em Agroecologia da  
Universidade Federal da Fronteira Sul,  
como requisito para obtenção do título  
de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Me. Alexandre Monkolski

**LARANJEIRAS DO SUL**

**2019.**

### **Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS**

Lopes, Suelen Zanco Balbinoti

INFLUÊNCIA DO ÓLEO ESSENCIAL DE CITRONELA (*Cymbopogon* spp) NA REPELÊNCIA E MORTALIDADE DE *Sitophilus zeamais* Mots., 1855 (Coleoptera: Curculionidae) EM MILHO ARMAZENADO / Suelen Zanco Balbinoti Lopes. -- 2019.  
24 f.:il.

Orientador: Mestre Alexandre Monkolski.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -  
Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de  
Agronomia, Laranjeiras do Sul, PR , 2019.

1. Agroecologia. 2. Fitoparasitas. 3. Inseticida  
Biológico. 4. Plantas Medicinais. I. Monkolski,  
Alexandre, orient. II. Universidade Federal da Fronteira  
Sul. III. Título.

SUELEN ZANCO BAUBINOTTI LOPES

**INFLUÊNCIA DO ÓLEO ESSENCIAL DE CITRONELA (*Cymbopogon spp*)  
NA REPELÊNCIA E MORTALIDADE DE *Sitophilus zeamais* Mots., 1855  
(Coleoptera: Curculionidae) EM MILHO ARMAZENADO**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado como requisito para obtenção de grau de Bacharel em Agronomia linha de formação em Agroecologia pela Universidade Federal da Fronteira Sul- *Campus* Laranjeiras do Sul (PR)

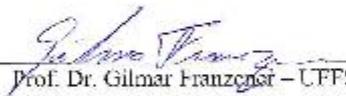
Orientador: Prof. Me. Alexandre Monkolski – UFFS

Este trabalho de conclusão de curso foi defendido e aprovado pela banca em: 23/11/2019.

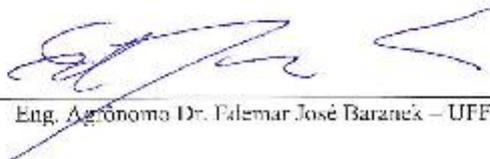
BANCA EXAMINADORA



Prof. Me. Alexandre Monkolski – UFFS



Prof. Dr. Gilmar Franzner – UFFS



Eng. Agrônomo Dr. Edemar José Baranek – UFFS

Dedico aos meus pais que sempre me ajudaram e me apoiaram para que eu concluísse uma graduação e ao meu esposo por sempre acreditar no meu potencial.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, agradeço a Deus pela vida e as oportunidades. À minha família, em especial meus pais Moacir e Lucia pelo apoio, compreensão e incentivo durante esses anos, isso foi essencial para que eu estivesse aqui hoje. Ao meu esposo Felipe, que sempre acreditou em mim e por estar sempre comigo me apoiando. Aos amigos e colegas de graduação que muitas vezes me ajudaram. Aos professores, que contribuíram diretamente com minha formação e principalmente ao Professor Alexandre Monkolski, que foi mais do que um orientador, foi um amigo, que me deu muito apoio e incentivo, contribuindo com seu conhecimento e experiência para a minha formação.

De alguma maneira, a todos os envolvidos fica aqui meu agradecimento e um grande abraço.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** – Etapas para criação de *Sitophilus zeamais* em laboratório: **(a)** Pesagem dos grãos de milho para os recipientes de criação; **(b)** Identificação dos frascos de criação; **(c)** Triagem dos insetos vivos e mortos –elaborado pela autora, 2019. .... 7
- Figura 2** – Sistema de arena para o teste experimental da ação de repelência de citronela sobre *Sitophilus zeamais* em laboratório: **(a)** Detalhe das conexões do sistema de arena; **(b)** Isolamento com tela de nylon e deposição do papel poroso sobre os recipientes – elaborado pela autora, 2019..... 9
- Figura 3** – Teste experimental da ação inseticida de citronela sobre *Sitophilus zeamais* em laboratório: **(a)** Isolamento com tela de nylon e deposição do papel poroso sobre os recipientes; **(b)** Detalhe do grão infestado com ovos – elaborado pela autora, 2019. .... 10
- Figura 4** – Teste de germinação para avaliar a influência do óleo essencial de Citronela: **(a)** Preparação dos tratamentos do teste de germinação, com embebição das sementes em óleo de Citronela; **(b)** - Pesagem do papel mata borrão; **(c)** Disposição das sementes para monitoramento do desenvolvimento da plântula – elaborado pela autora, 2019; ..... 11
- Figura 5** – Teste de vigor de sementes para avaliar a influência do óleo essencial de Citronela: **(a)** Semente morta; **(b)** Plântula normal; **(c)** Plântula anormal – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - RAS, 2009..... 12
- Figura 6** – Determinação do índice de repelência de *Sitophilus zeamais* para diferentes concentrações de óleo essencial de Citronela (T0=testemunha; T1=0,2%; T2=0,4%; T3=0,6%; T4=0,8%)..... 13
- Figura 7** – 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* (T0=testemunha; T3=0,6%; T4=0,8%) – elaborado pela autora, 2019..... 17
- Figura 8** – Porcentagem de germinação de sementes de milho em 240 horas frente ao uso das concentrações mais significativas do óleo essencial de Citronela para repelência de *Sitophilus zeamais* (T0=testemunha; T3=0,6%; T4=0,8%) – elaborado pela autora, 2019. .... 17
- Figura 9** – Velocidade de germinação de sementes de milho frente ao uso das concentrações mais significativas do óleo essencial de Citronela para repelência de *Sitophilus zeamais* (T0=testemunha; T3=0,6%; T4=0,8%) – elaborado pela autora, 2019. .... 18

## LISTA DE TABELAS

**Tabela 1** – Efeito da citronela no comportamento de *Sitophilus zeamais* frente ao uso de diferentes concentrações de óleo essencial - Lopes, 2019. .... 14

**Tabela 2** – Taxas de mortalidade e oviposição de insetos do teste de sobrevivência – Lopes, 2019..... 15

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>REFERÊNCIAL TEÓRICO</b> .....	3
Aspectos biológicos do <i>Sitophilus zeamais</i> (gorgulho-do-milho).....	3
Controle químico de insetos-praga .....	4
Controle alternativo do <i>Sitophilus zeamais</i> (gorgulho-do-milho) .....	5
Utilização de citronela no controle de insetos .....	6
<b>METODOLOGIA</b> .....	7
Manutenção da criação de <i>Sitophilus zeamais</i> .....	7
Teste de Repelência .....	8
Teste de sobrevivência .....	9
Teste de germinação .....	10
Teste de vigor .....	11
Análises Estatísticas .....	12
<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	13
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	18
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	19

# INFLUÊNCIA DO ÓLEO ESSENCIAL DE CITRONELA (*Cymbopogon* spp) NA REPELÊNCIA E MORTALIDADE DE *Sitophilus zeamais* Mots., 1855 (Coleoptera: Curculionidae) EM MILHO ARMAZENADO

Suelen Zanco Balbinoti Lopes<sup>1</sup>

Alexandre Monkolski<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Academica do curso de Agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul. BR-158, s/n - Zona Rural, 85301-970. Laranjeiras do Sul - PR.

<sup>2</sup> Docente da Universidade Federal da Fronteira Sul. BR-158, s/n - Zona Rural, 85301-970. Laranjeiras do Sul - PR.

## RESUMO

No período de armazenagem o milho (*Zea mays*) está sujeito ao ataque de pragas como o gorgulho, *Sitophilus zeamais*, um coleóptero que causa profundas injúrias na qualidade do produto. O controle do gorgulho é realizado convencionalmente de modo químico. Em métodos agroecológicos essa substância se torna indesejável devido a sua toxidez. Estudos apontam que o óleo essencial de citronela (*Cymbopogon* spp.) possui substâncias repelentes, e seu uso pode ter um efeito significativo para o controle de *S. zeamais* em grãos armazenados de milho. Nesse contexto a proposta de investigar o potencial do uso do óleo essencial de citronela como método alternativo ao controle do gorgulho do milho, torna-se relevante no âmbito do controle de insetos indesejáveis em sistemas de grãos armazenados. 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 foi aplicado nas concentrações 0,2; 0,4; 0,6 e 0,8%, em papel absorvente poroso e depois depositado em sistema de arenas, contendo grão de milhos e o gorgulho. Os resultados evidenciariam um efeito significativo do aumento da repelência do gorgulho nas concentrações de 0,6 e 0,8%. Nos testes de sobrevivência a citronela não teve efeito inseticida como esperado, pois nos tratamentos de 0,2 e 0,4% não causaram mortalidade, e observou-se uma baixa mortalidade a concentração de 0,6 e 0,8%, não atingindo a concentração letal (CL<sub>50</sub>). A aplicação do óleo teve interferência significativa na postura de ovos, nos tratamentos 0,4 e 0,6%. As concentrações mais eficientes para repelência (0,6 e 0,8%), foram usadas para o teste de germinação e vigor, e o óleo não demonstrou afetar significativamente a capacidade germinativa das sementes, interferindo apenas na velocidade de germinação. Os grãos submetidos ao efeito do óleo essencial, causaram repelência do gorgulho pelo milho, evidenciando que essa substância possui algum tipo de efeito repelente, mas não inseticida. Desse modo podemos inferir que o óleo essencial em concentrações adequadas tem potencial para utilização e maiores pesquisas são necessárias para aplicação em condições de armazenamento.

**Palavras-chave:** Agroecologia, Fitoparasitas, Inseticida biológico, Plantas medicinais

## ABSTRACT

During storage, maize (*Zea mays*) is subject to attack by pests such as weevil, *Sitophilus zeamais*, a beetle that causes profound injury to product quality. Weevil control is conventionally carried out chemically. In agroecological methods this substance becomes undesirable due to its toxicity. Studies indicate that citronella essential oil (*Cymbopogon* spp.) Has repellent substances, and its use may have a significant effect on the control of *S. zeamais* in stored corn grains. In this context, the proposal to investigate the potential use of citronella essential oil as an alternative method to corn weevil control becomes relevant in the context of undesirable insect control in stored grain systems. The experiment was based on the performance of repellency, survival, germination and vigor tests, in order to determine the ideal concentration of use of the essential oil for repellency and insecticide effect. The essential oil was applied at concentrations 0.2; 0.4; 0.6 and 0.8% on porous absorbent paper and then deposited in a system of arenas containing corn grain and weevil. The results would show a significant effect of increased weevil repellency at concentrations of 0.6 and 0.8%. In survival tests citronella had no insecticidal effect as expected, because in treatments of 0.2 and 0.4% did not cause mortality, and a low mortality was observed at concentration of 0.6 and 0.8%, not reaching lethal concentration (LD<sub>50</sub>). The application of oil had significant interference in egg laying in the treatments 0.4 and 0.6%. The most efficient concentrations for repellency (0.6 and 0.8%) were used for the germination and vigor test, and the oil was not significantly affected the germination capacity of the seeds, interfering only in the germination speed. The grains subjected to the effect of the essential oil caused repellency of the weevil by the corn, showing that this substance has some kind of repellent effect, but not insecticide. Thus we can infer that the essential oil in suitable concentrations has potential for use and further research is required for application under storage conditions.

**Key Words:** Agroecology, Phytoparasites, Biological Insecticide, Medicinal plants

## **INTRODUÇÃO**

O Brasil é um país com grande potencial de produção de grãos, estando entre eles o milho que é a cultura mais amplamente difundida e cultivada (SANTOS, 2006), é insumo para a produção de uma centena de produtos. Nas cadeias produtivas de suínos e aves, são consumidos aproximadamente 70% do milho produzido no mundo e entre 70 e 80% do milho produzido no Brasil (GARCIA, 2006).

Junto com o esforço para o aumento da produtividade, há que se aprimorar o processo de colheita e as condições de armazenagem de grãos e um dos fatores que mais contribuem na redução de custos é a minimização das perdas decorrentes desse processo (BRAGATTO; BARRELA, 2001). Também reside no fato de que com o armazenamento adequado dos produtos agrícolas evitam-se perdas e preservam-se suas qualidades, além de suprir as demandas durante a entressafra (FARONI; SOUZA, 2006). O armazenamento prolongado demanda que se adotem corretamente as práticas de colheita, limpeza, secagem, combate a insetos e prevenção de pragas e fungos (GOTTARDO; CESTARI Jr., 2008).

Estima-se que as perdas anuais causadas por pragas durante o armazenamento de grãos equivalem a 10% da produção no Brasil (PAIXÃO et al., 2009). Uma vez que um lote de grãos armazenados é um material sujeito às transformações, deteriorações e perdas devido a interações entre os fenômenos físicos, químicos e biológicos (ALENCAR et al., 2009).

Dentre os insetos-praga de grãos armazenados da cultura do milho, o *Sitophilus zeamais* Motschulsky 1855 (Coleoptera: Curculionidae) conhecido popularmente como gorgulho-do-milho, se destaca por causar injúrias aos grãos armazenados. O gorgulho é um besouro que mede cerca de 2,5 à 4 mm de comprimento e de coloração castanho escuro, com os élitros manchados em vermelho, e peças bucais mastigadora com um prolongamento em forma de tromba (LOECK, 2002). Embora exibam uma plasticidade adaptativa a temperatura se desenvolvendo entre 15 e 34°C, quando a temperatura do silos se encontra próximos dos 28°C observa-se um respectivo aumento da população, a níveis que podem causar dano aos grãos sadios e intactos, enquanto as larvas se alimentam em seu interior (CANEPPELE; ANDRADE; SANTAELLA, 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 usado 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 (MACIEL, 2016), ainda pela possibilidade de seleção de populações de insetos-praga resistentes, o uso destes tem sido limitado (PIMENTEL et al., 2007). Pois, 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 (MOREIRA DE CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

Problemas relacionados a 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 inseticidas botânicos, que são derivados de plantas e que têm sido alvo de pesquisas, como as de Tavares e Vendramim (2005), apresentando resultados satisfatórios. Estes podem ser utilizadas como pós, extratos ou óleos essenciais e apresentam vantagens como a ausência de resíduos. Os óleos essenciais são substâncias complexas e voláteis cujos princípios ativos, que participam da defesa das plantas, são capazes de repelir animais ou atrair inimigos naturais desses. Seus constituintes podem agir sobre o sistema nervoso dos insetos, causar efeitos toxicológico e repelente, alterar o desenvolvimento do inseto e reduzir sua alimentação (FERREIRA, 2017). Nesta prerrogativa, Ootani et al. (2011) sugere que vários óleos essenciais têm demonstrado efeito sobre fungos e insetos-praga.

Dentre as espécies botânicas utilizadas como inseticidas, destaca-se a citronela (*Cymbopogon spp.*). Estudos comprovam sua eficácia para insetos em grãos armazenados (OOTANI et al., 2011). A citronela é originária do Ceilão e da Índia (CASTRO et al., 2007), é uma planta perene, formadora de rizoma, pertencente à família Poaceae, sendo largamente cultivada nas regiões tropicais do planeta em função de suas propriedades aromáticas (MARCO et al., 2007). O óleo essencial extraído de suas folhas possui mais de 80 componentes, sendo que os mais representativos são: o citronelal 28%, o nerol 31% e a pulegona 20%, e quantidades menores de geraniol e citronelol (COSTA et al., 2008). Esta espécie é de grande uso

popular como repelente de insetos, sendo seu óleo largamente utilizado nas regiões litorâneas do Brasil e por populações ribeirinhas no interior do país (ROCHA; MING; MARQUES, 2000).

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.

## **REFERENCIAL TEÓRICO**

### **Aspectos biológicos do *Sitophilus zeamais* (gorgulho-do-milho)**

O gorgulho-do-milho (*S. zeamais*), é um besouro de 2,5 a 4 mm de comprimento, de coloração castanho escuro, com quatro manchas vermelho claro nos élitros, bocais alongados, aparelho bucal mastigador e não possuem asas, o que os impede de voar, sendo considerado como uma praga do tipo primária interna (GALLO, 2002).

A proliferação desse inseto ocorre nos em todas as estruturas de armazenamento das propriedades rurais, principalmente naqueles que possuem grandes estoques de milho, e que na maioria das vezes não recebem tratamento apropriado para controle de pragas (FREITAS, 2018). Em condições quentes de verão o ciclo de vida do gorgulho pode ser concluído dentro de quatro a seis semanas, mas em situações de temperaturas mais baixas no inverno seu ciclo é estendido, podendo levar até 17 a 21 semanas para estar completo (GOERGEN, 2016), são cosmopolitas de regiões tropicais que atacam diferentes tipos de grãos, como arroz, trigo, milho, aveia, cevada e sorgo (GALLO et al., 2002; LOECK, 2002; LORINI et al., 2008; FAZOLIN et al., 2010).

As fêmeas depositam os ovos individualmente nos grãos, em pequenos orifícios que cavam com as mandíbulas, e posteriormente secretam uma substância gelatinosa que é utilizada para fechar a cavidade, dificultando assim a visualização dos orifícios de postura (LONGSTAFF, 1981). *S. zeamais* se alimenta e se desenvolve no interior do grão, ocasionando perda de massa e redução do poder germinativo

(LAZZARI, 1997), além de facilitar a entrada de pragas secundárias (TOSCANO et al., 1999).

Todas as fases de larva e pupa ocorrem dentro do grão. As larvas são curculioniformes, ou seja, não possuem pernas, são corcundas, brancas, de cabeça bronzeada e se alimentam do interior do grão até a pupação, e o adulto, logo que emerge, cava a saída para o exterior, deixando um orifício de emergência característico (FARONI; SOUZA, 2016).

O gorgulho apresenta uma série de características responsáveis por seu poder destrutivo, como elevado potencial biótico, infestação cruzada, capacidade de atacar grãos tanto no campo quanto em depósitos e de sobreviver a grandes profundidades na massa de grãos (FARONI, 1992).

### **Controle químico de insetos-praga**

No Brasil, os inseticidas fumigantes são amplamente utilizados com uso da técnica de fumigação ou expurgo (FAZOLIN et al., 2010), ou seja, método curativo, que consiste no uso de inseticidas voláteis, com intuito de eliminar as populações de pragas nos seus variáveis estágios do ciclo biológico, buscando atingir 100% de eficiência (FARINHA et al., 2005).

Por apresentar amplo espectro de ação, rapidez de controle, fácil manejo e baixo custo, os inseticidas sintéticos são os insumos mais utilizados no sistema de controle de pragas em grãos armazenados (FARONI; SILVA, 2008). Porém, pela possibilidade de seleção de populações de insetos-praga resistentes, que é configurado como mecanismos de resistência em decorrência de mudanças no genoma da espécie, de modo a capacitá-lo a sobreviver a uma dosagem anteriormente letal (RIBEIRO, 2001), o uso destes tem sido limitado (PIMENTEL et al., 2007), além da possibilidade de intoxicação dos operadores e contaminação ambiental (LORINI, 1997), devido seu poder residual prolongado (IANNACONE et al., 2005).

Isso ocorre em virtude da aplicação de doses acima do recomendado, não se respeitando o período de carência, aliado à falta de conhecimento sobre o manuseio adequado dos produtos e da falta de utilização dos equipamentos de proteção individual (EPIs), o que tem contribuído para intoxicação dos produtores e a presença de resíduos tóxicos nos alimentos (AGUIAR-MENEZES, 2005).

Aliado ao fato de que os 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.

### **Controle alternativo do *Sitophilus zeamais* (gorgulho-do-milho)**

De acordo com Procópio et al. (2003) o uso de plantas inseticidas é atualmente um dos métodos alternativos mais estudados em todo o mundo para controle de pragas de produtos armazenados, como os coleópteros do gênero *Sitophilus*. Estes inseticidas, têm sido alvo de muitas pesquisas, apresentando resultados satisfatórios, e possuem a vantagem da facilidade de obtenção e manuseio, baixo custo e toxidez, e minimizarem os problemas apresentados pelos produtos químicos (TAVARES; VENDRAMIM, 2005).

O controle alternativo com inseticida botânico pode ser considerado ecologicamente correto, pois não coloca em risco a existência do inseto que apresenta como uma de suas características a infestação cruzada, ou seja, se desenvolve tanto no campo quanto nos armazéns e esta forma de controle visa à eliminação da praga só nos produtos armazenados, permanecendo sua existência no campo (ALMEIDA; GOLDFARB, GOUVEIA, 1999).

Segundo Almeida et al. (2005), a utilização de novos produtos com ação inseticida a partir de defesas químicas das plantas, pode vir a se tornar promissor no controle de diversas pragas de grãos armazenados, principalmente as espécies ricas em compostos orgânicos bioativos, de atividade inseticida, fungicida, inibidora de crescimento e repelente. Nesta prerrogativa, vários óleos essenciais têm demonstrado efeito sobre fungos e insetos-praga.

Oliveira et al. (1995) através de testes laboratoriais, comprovou que o extrato derivado de flores de *Camelia sinensis* é tóxico ao inseto praga *Sitophilus zeamais* quando aplicado diretamente sobre estes com pulverizador manual. Outros estudos como o de Palazzo, Both (1993), indicam que aroeira-vermelha (*Schinus terebinthifolius*), também tem potencial inseticida. Além de muitos trabalhos terem sido realizados para o controle de insetos utilizando pós e extratos de cinamomo (*Melia azedarach* L. - Meliaceae), onde utilizando extrato de folhas em diferentes

concentrações, foi encontrada uma resposta de 33,3% de mortalidade em 96 h (YOHANNES et al. 2014).

Como estes, outros estudos comprovam atividade do óleo essencial de *Cymbopogon nardus* para insetos de grãos armazenados (OOTANI et al., 2011).

### **Utilização de citronela no controle de insetos**

Dentre as espécies botânicas utilizadas como inseticidas, destaca-se a citronela (*Cymbopogon spp*) que é uma planta perene, formadora de rizoma, pertencente à família Poaceae, sendo largamente cultivada nas regiões tropicais do planeta em função de suas propriedades aromáticas (ROCHA; MING; MARQUES, 2000). A citronela de é uma erva perene, herbácea, cespitosa, de 0,80 a 1,20 m de altura. Os colmos são eretos lisos, semilenhosos de cor verde-clara e entre nós longos. Possui caule rizomatoso e curto, semissubterrâneo, nodoso, com inúmeras raízes fortes, fibrosas e longas. Deste rizoma emergem brotações achatadas firmadas pelas bainhas compridas de inúmeras folhas (CASTRO; CHEMALE, 1995).

O gênero *Cymbopogon* inclui cerca de 140 espécies e é amplamente distribuído nas regiões de climas semitemperado a tropical em todo o mundo (MONTEIRO, 2017). Duas espécies principais de citronela são conhecidas e têm importância industrial na área farmacêutica, cosmética e de perfumaria: *C. nardus* (citronela do Ceilão) e *C. winterianus* (citronela de Java).

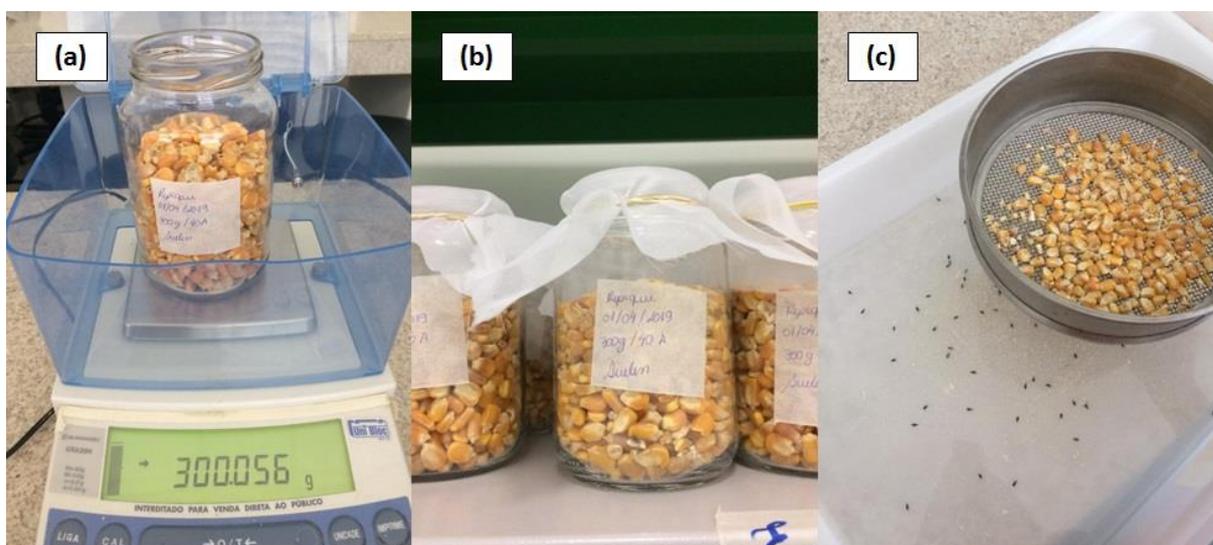
O óleo essencial do capim citronela apresenta vários compostos químicos, com maior concentração dos compostos citronelal,  $\beta$ -citronelol, geraniol e elemol (VELOSO et al., 2012). As características de cultivo, assim como a idade da planta, parte utilizada, altura e horário de corte, espaçamento, métodos para amostragem das folhas, processos para extração e de análise de óleo, além da variabilidade genética também podem influenciar o rendimento do óleo essencial (LEAL et al., 2001). Dentre suas atividades biológicas, destacam-se a ação repelente de insetos, apresentando atividade contra larvas do mosquito *Aedes aegypti* e a atividade antimicrobiana (SILVEIRA, 2012), que se deve ao elevado teor de citronelal (LISBOA, 2018), sendo seu óleo largamente utilizado nas regiões litorâneas do Brasil e também por populações ribeirinhas no interior do país (ROCHA; MING; MARQUES, 2000).

## METODOLOGIA

Os experimentos foram conduzidos durante o período de março a outubro de 2019, na Universidade Federal da Fronteira Sul, *campus* Laranjeiras do Sul/PR no laboratório de Entomologia usado para criação dos espécimes ali preexistentes e 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.

### Manutenção da criação de *Sitophilus zeamais*

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 ( $T^{\circ}$ :  $23^{\circ}\pm 2^{\circ}$ ; UR:  $40 \pm 10\%$  e ausência de fotofase). Quarenta insetos no estágio adulto foram depositados em recipientes de vidro de 500ml, contendo 300 g 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 as arenas de bioensaio (Figura 1).

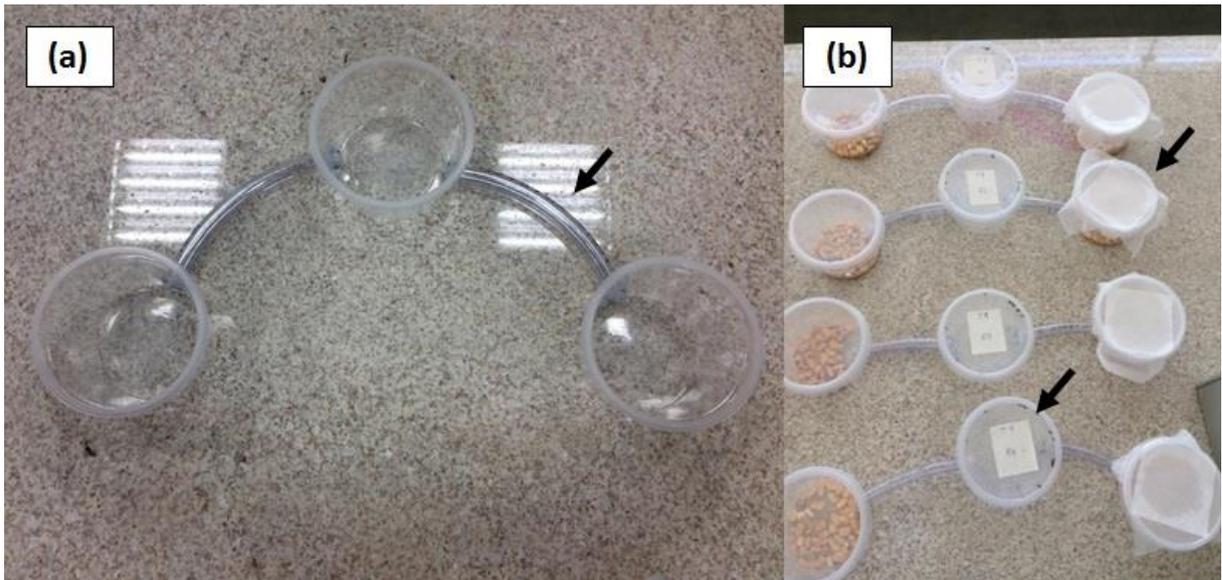


**Figura 1** – Etapas para criação de *Sitophilus zeamais* em laboratório: **(a)** Pesagem dos grãos de milho para os recipientes de criação; **(b)** Identificação dos frascos de criação; **(c)** Triagem dos insetos vivos e mortos –elaborado pela autora, 2019.

### Teste de Repelência

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 0,5cm de diâmetro) dispostos na forma longitudinal. Em função da necessidade da testemunha (controle – 0%), dos quatro 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 g 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. A título de 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  $20\text{g de milho} \times 0,2\% \text{ de óleo} / 100 = 0,4\text{mL}$  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 (Figura 2).

O teste teve 24 horas de duração, e, após estas, 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; KOGAN; FISCHER, 1990).



**Figura 2** – Sistema de arena para o teste experimental da ação de repelência de citronela sobre *Sitophilus zeamais* em laboratório: **(a)** Detalhe das conexões do sistema de arena; **(b)** Isolamento com tela de nylon e deposição do papel poroso sobre os recipientes – elaborado pela autora, 2019.

### Teste de sobrevivência

O teste de sobrevivência teve quatro repetições por tratamento, sendo utilizado 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 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 (Figura 3).



**Figura 3** – Teste experimental da ação inseticida de citronela sobre *Sitophilus zeamais* em laboratório: **(a)** Isolamento com tela de nylon e deposição do papel poroso sobre os recipientes; **(b)** Detalhe do grão infestado com ovos – elaborado pela autora, 2019.

### Teste de germinação

O uso de óleo essencial dependendo de suas concentrações pode afetar significativamente a fisiologia dos grãos de milho, interferindo na velocidade de germinação e no aparecimento das estruturas como a radícula e caulículo, os meristemas iniciais. Por essa razão, é importante verificar se as concentrações usadas para repelência e efeito inseticida podem modificar o desenvolvimento e crescimento da plântula através do teste de germinação, com o objetivo avaliar a percentagem de ocorrências germinativas das sementes para fins de semeadura, segundo as Regras de Análise de Sementes (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, 2012). A realização desse teste 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 (Figura 4).

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 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.

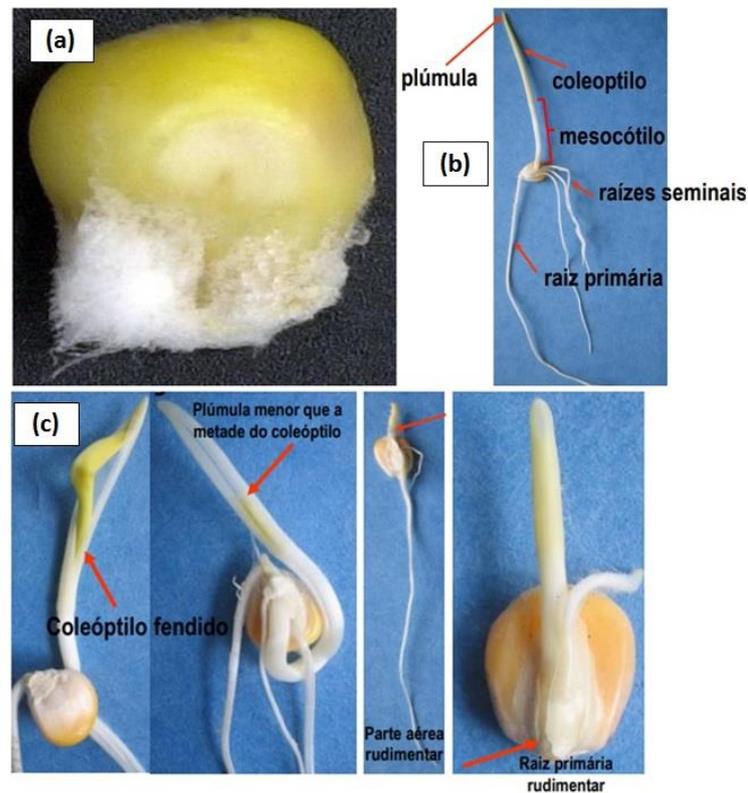
Uma plântula é considerada normal possui todas suas estruturas essenciais bem desenvolvidas, completas, proporcionais e sadias, ou seja, quando possui sistema radicular (raiz primária e em certos gêneros raízes secundárias) bem desenvolvido, parte aérea (hipocótilo, epicótilo, mesocótilo (Poaceae), gemas terminais, cotilédones (um ou mais) e coleótilo em Poaceae). Consideradas como anormais plântulas que não mostram potencial para continuar seu desenvolvimento e dar origem a plantas normais, mesmo crescendo em condições favoráveis. E, são consideradas como mortas as sementes 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.



**Figura 4** – Teste de germinação para avaliar a influência do óleo essencial de Citronela: **(a)** Preparação dos tratamentos do teste de germinação, com embebição das sementes em óleo de Citronela; **(b)** - Pesagem do papel mata borrão; **(c)** Disposição das sementes para monitoramento do desenvolvimento da plântula – elaborado pela autora, 2019;

### Teste de vigor

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 (Figura 5). O teste de primeira contagem foi realizado no quarto dia após a montagem do teste de germinação, onde foram retiradas plântulas normais. Contudo, em todo o período do experimento foi avaliado o IVE diariamente, sendo retiradas todos os dias plântulas normais.



**Figura 5** – Teste de vigor de sementes para avaliar a influência do óleo essencial de Citronela: **(a)** Semente morta; **(b)** Plântula normal; **(c)** Plântula anormal – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - RAS, 2009.

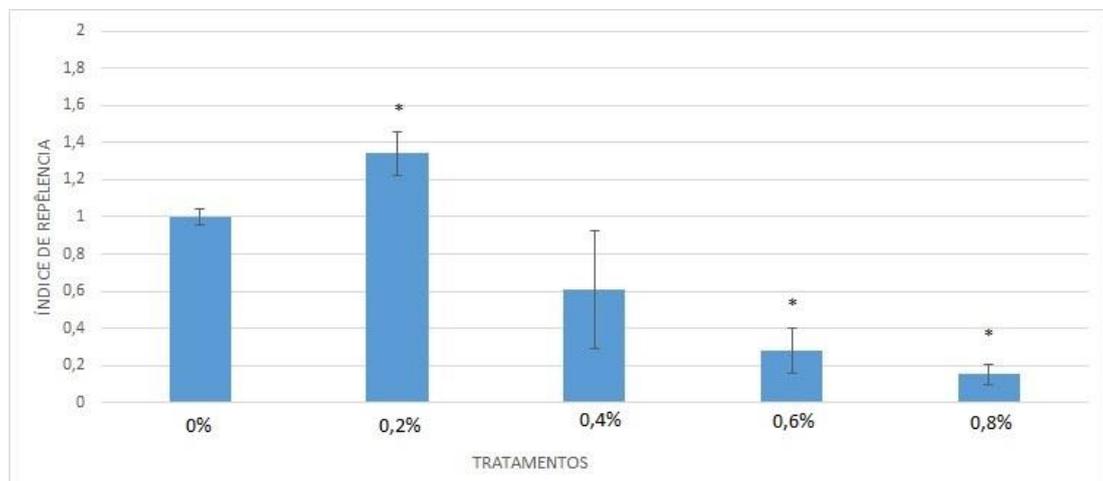
### Análises Estatísticas

Não foi possível aplicar o teste de Shapiro Wilk para verificar se os dados apresentavam distribuição normal, devido ao número inferior a cinco repetições. Contudo o teste de homocedasticidade (Levene) para verificar a homogeneidade de variação dos dados nos tratamentos, revelou que não seria possível a aplicação de análises para dados paramétricos. A inconsistência dos dados para normalidade e homogeneidade, determinou a escolha do teste de Kruskal Wallis usado para dados não paramétricos, e as médias foram comparadas entre si pelo teste de post hoc de Mann-Whitnei seguida pela correção de Bonferroni a 5% de probabilidade, que o padrão do programa PAST estatística. O PAST estatística corresponde a uma planilha de inserção de dados para comutação em diferentes plataformas de análise estatística. O Kruskal Wallis, é caracterizado como teste livre de distribuição, ou seja, a distribuição teórica populacional dos dados não precisa ser estimada pelas médias ou variâncias amostrais para sua correta aplicação (CAMPOS, 1983; SIEGEL; CASTELLAN Jr., 1988). Quando se detecta diferença significativa entre os tratamentos pelo teste de Kruskal-Wallis, usualmente são efetuadas comparações

múltiplas envolvendo todos os pares de tratamentos (BIANCONI et al., 2008), através de um teste de médias, atribuímos significância aos dados, já que este teste segundo Vieira (2016), baseia-se, como o teste de Tukey, na amplitude estudentizada  $q$ . Tem, porém, maior poder do que o teste de Tukey.

## 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 testemunha (Figura 6). O tratamento 0,4% também mostrou ter efeito repelente, embora não tenha apresentado diferença significativa ( $P>0,05$ ), possivelmente, devido à grande amplitude de variação entre as amostras, como pode ser observado na barra de erro padrão. Com relação ao controle (0% óleo), o seu índice de repelência foi considerado neutro ( $IR=1,000 \pm 0,04$ ), ou seja, sem interferência no comportamento de *S. zeamais*, uma vez que este foi o tratamento testemunha não recebendo nenhuma dosagem de citronela.



**Figura 6** – Determinação do índice de repelência de *Sitophilus zeamais* para diferentes concentrações de óleo essencial de Citronela (T0=testemunha; T1=0,2%; T2=0,4%; T3=0,6%; T4=0,8%).

Atividades de repelência promovidas por óleos essenciais de citronela também foram registradas por Ootani et al. (2011), as concentrações testadas de 0,660; 0,881; 1,101 e 1,321  $\mu\text{L}/\text{cm}^2$  de *C. nardus* tiveram efeito repelente sobre o *S. zeamais*, com porcentagem de repelência de 86,6 a 98,8%. Nos estudos realizados por Lambraño et al. (2015), os óleos essenciais das espécies de *C. martinii* e *C. nardus*, nas concentrações de 0,03 e 0,04  $\mu\text{L}/\text{cm}^2$ , 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.

**Tabela 1** – Efeito da citronela no comportamento de *Sitophilus zeamais* frente ao uso de diferentes concentrações de óleo essencial - Lopes, 2019.

Tratamentos	IR ( $\pm$ EP)	Classificação
0%	1, 000 $\pm$ 0,04	Neutra
0,2%	1,340 $\pm$ 0,12*	Atraente
0,4%	0,606 $\pm$ 0,16	Repelente
0,6%	0,280 $\pm$ 0,12*	Repelente
0,8%	0,152 $\pm$ 0,05*	Repelente

Apenas o tratamento 0,2% indicou ter efeito atraente ao *S. zeamais* (IR= 1,340  $\pm$  0,12), com diferença significativa ( $P < 0,05$ ) entre os tratamentos 0, 0,2 e 0,8% (tabela 1). 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<sup>2</sup>, tiveram efeito repelente significativos sobre os adultos de *Tribolium castaneum*, enquanto que na menor concentração (0,001 mL/cm<sup>2</sup>) não houve efeito repelente significativo. Dukic *et al.* (2016), registrou que *C. 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 (Tabela 2). 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%, não sendo possível determinar a concentração letal (CL<sub>50</sub>) das concentrações testadas. Dados similares foram encontrados por Mendonça *et al.* (2013), em estudos 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%).

**Tabela 2** – Taxas de mortalidade e oviposição de insetos do teste de sobrevivência – Lopes, 2019.

Tratamentos	Mortalidade de insetos	
	(%)	Oviposição
T0	0 <sup>a</sup>	3,25 <sup>a</sup>
T1	0 <sup>a</sup>	2,5 <sup>ac</sup>
T2	0 <sup>a</sup>	0,5 <sup>bc</sup>
T3	6,25 <sup>a</sup>	0,25 <sup>b</sup>
T4	27,5 <sup>a</sup>	1 <sup>ab</sup>

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste SNK a 5% de probabilidade.

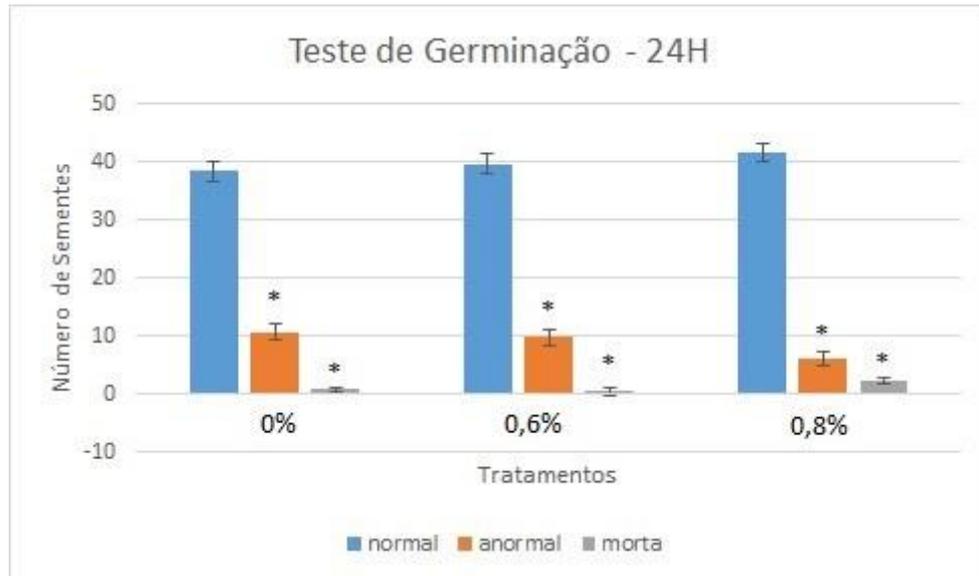
Em relação a oviposição, foi constatado que apenas os tratamentos 0,4% e 0,6% apresentaram diferença significativa com relação ao tratamento T0. Em relação ao tratamento 0,8%, apesar da igualdade estatística com as demais concentrações testadas, ainda houve um número maior de postura comparado aos tratamentos 0,4% e 0,6%. Nos estudos de Girão Filho *et al.* (2014), no uso do pó de *C. nardus* (3,0 g/10g de grãos), 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 causa alteração nos parâmetros biológicos testados. Por outro lado, diversos estudos evidenciam o potencial 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; SANTOS; CUNHA; SILVA, 2018) e que esse fator pode estar relacionado não só com a dose, mas também com a biologia do inseto.

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 suficiente para causar o efeito inseticida ao adultos, pupas e ovos de *S. zeamais* como observado em estudos anteriores.

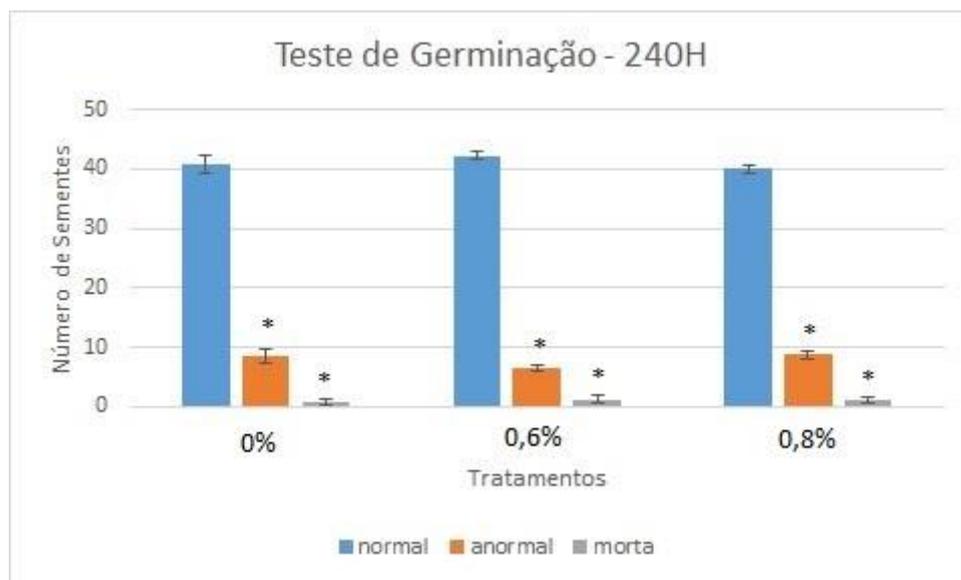
Este resultado é relevante, pois indica que a citronela tem papel importante para o controle natural de pragas de grãos sem causar prejuízos ao ambiente. Segundo Ribeiro et al. (2017), concentrações que não causam mortalidade também devem ser consideradas, pois a dinâmica dos inseticidas botânicos no 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, causando efeitos, tais como, a redução na ingestão de alimentos, a produção de resíduos, retardo do desenvolvimento larval, pupal e de emergência de adultos.

Como o objetivo principal do trabalho foi de avaliar a repelência e mortalidade de *S. Zeamais*, não se fazia necessário os testes de germinação e vigor, caso não obtivéssemos resultados satisfatórios. Sobre tudo, foi necessário o uso de dois (0,6 e 0,8%) dos quatro tratamentos para o teste de germinação e vigor, pois foram apenas estes que evidenciaram resultado, ou seja, repeliram os insetos de modo significativo, conforme observado na figura 6.

As concentrações de citronela não afetaram a capacidade germinativa dos grãos, tanto no período de 24 horas quanto no tempo de 240 horas. Foi possível observar que os números de grãos normais foram significativamente maiores em todos os tratamentos testados, se comparados aos números de grãos anormais e mortos (Figura 7 e 8). Nos resultados de índice de velocidade de germinação verificou-se diferença significativa ( $P < 0,05$ ) apenas entre os tratamentos 0,6% e 0,8%, não havendo diferença entre o tratamento controle (figura 9). Tais resultados sugerem que as doses de citronela aqui testadas não interferiram na viabilidade das sementes.



**Figura 7** – 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* (T0=testemunha; T3=0,6%; T4=0,8%) – elaborado pela autora, 2019.

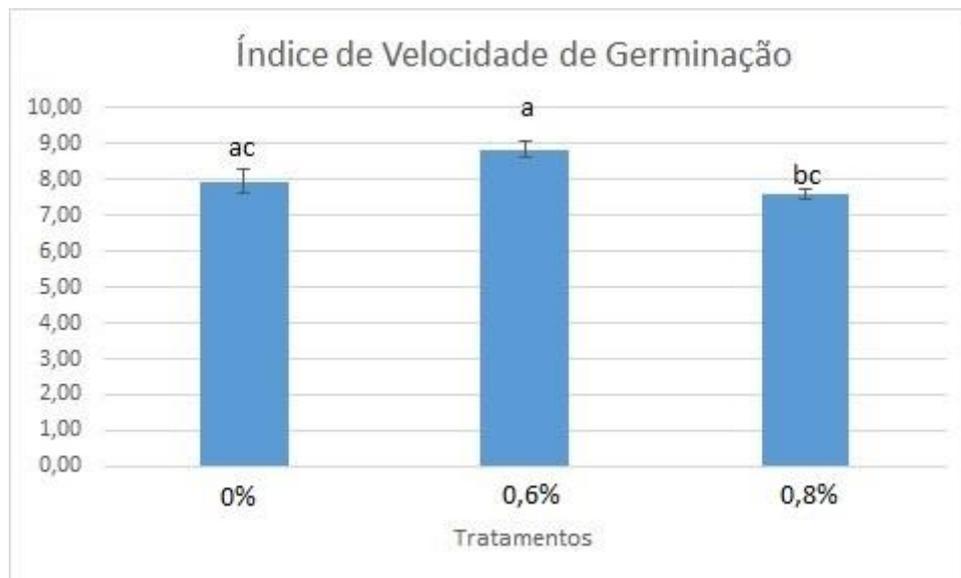


**Figura 8** – Porcentagem de germinação de sementes de milho em 240 horas frente ao uso das concentrações mais significativas do óleo essencial de Citronela para repelência de *Sitophilus zeamais* (T0=testemunha; T3=0,6%; T4=0,8%) – elaborado pela autora, 2019.

Resultados contrários ao presente estudos foram registrados por Xavier et al. (2012), onde inferiram que o óleo essencial de citronela foi prejudicial ao vigor das sementes de feijão tratadas. De acordo com os autores, as sementes não-tratadas (testemunha) em relação aos dois métodos de aplicação do óleo de citronela (fumigação ou impregnação) foram as que obtiveram o maior índice de velocidade de germinação, sendo observadas diferenças estatísticas entre a testemunha e as

maiores dosagens (10  $\mu$ L, 15  $\mu$ L e 20  $\mu$ L) quando o óleo foi fumigado, e diferenças entre a testemunha e as menores dosagens (5  $\mu$ L e 10  $\mu$ L) quando o óleo foi impregnado.

Nos estudos de Magalhães *et al.* (2014), onde foram avaliados o efeito de óleos essenciais de *Croton heliotropiifolius*, *C. pulegioidorus* e *Ocimum basilicum*, sobre o potencial fisiológico de grãos de milho (*Zea mays*), concluíram que os óleos essenciais utilizados realmente afetam o potencial germinativo dos grãos, porém, o fato depende das concentrações utilizadas.



**Figura 9** – Velocidade de germinação de sementes de milho frente ao uso das concentrações mais significativas do óleo essencial de Citronela para repelência de *Sitophilus zeamais* (T0=testemunha; T3=0,6%; T4=0,8%) – elaborado pela autora, 2019.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com os resultados encontrados neste trabalho foi possível concluir que o óleo essencial de citronela nas doses aqui testadas teve efeito repelente contra *S. zeamais*, com baixo efeito inseticida e discreta redução na oviposição dos insetos. Diversos estudos 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.

## **REFERÊNCIAS**

AGUIAR-MENEZES, E. L. **Inseticidas botânicos: seus princípios ativos, modo de ação e uso agrícola**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2005.

ALENCAR, E. R.; FARONI, L. R. D.; LACERDA FILHO, A. F.; PETERNELLI, L. A.; COSTA, A. R. Qualidade dos grãos de soja armazenados em diferentes condições. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 5, p. 606-613. 2009.

ALMEIDA, F. A. C.; GOLDFARB, A. C.; GOUVEIA, J. P. G. Avaliação de extratos vegetais e métodos de aplicação no controle de *Sitophilus spp.* **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, Campina Grande**, v.1, n.1, p.13-19, 1999.

ALMEIDA, F. A. C.; PESSOA, E.B.; GOMES, J.P.; SILVA, A.S. Emprego de extratos vegetais no controle das fases imatura e adulta do *Sitophilus zeamais*. **Revista Agropecuária Técnica**, v.26, n.1, p.46-53. 2005.

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. **Rev. Virtual Quim.**, v. 7, n. 6, p. 2387-2399. 2015.

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

BIANCONI, A.; GOVONE, J. S.; VON ZUBEN, C. J.; PIÃO, A. C. S.; PIZANO, M. A.; ALBERTI, L. F. A. Transformação de dados e implicações da utilização do teste de kruskal-wallis em pesquisas agroecológicas. **Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 18, p. 27-34, jan./dez. 2008

BRAGATTO, S. A. BARRELA, W. D. Otimização do sistema de armazenagem de grãos: um estudo de caso. **Revista Produção On-Line**, v. 1, n. 1, p. 1-9. 2001.

BRASIL, **Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária**. Regras para análises de sementes. Brasília, SNDA/DNDV/CLAU, 1992, 365p.

CAMPOS, H. **Estatística experimental não-paramétrica**. 4.ed. Piracicaba: ESALQ-USP, 1983. 350 p.

CAMPOS, T. B. Pragas dos Grãos Armazenados. In: Reunião itinerante de Fitossanidade do Instituto Biológico - Ribeirão Preto (SP). **Anais da Reunião Itinerante de Fitossanidade**, v. 12, p. 5-12. 2005.

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 Agrária**, v.11, n. 4, p. 343-347. 2010.

- CASTRO, H. G.; BARBOSA, L. C. A.; LEAL, T. C. A. B.; SOUZA, C. M.; NAZARENO, A. C. Crescimento, teor e composição do óleo essencial de *Cymbopogon nardus* L. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 9, n. 4, p. 55-61, 2007.
- CASTRO, L.; CHEMALE, V. M. **Plantas medicinais, condimentares e aromáticas: descrição de cultivo**. Guaíba: Agropecuária, 1995. 195 p.
- COSTA, C. M. G. R.; SANTOS, M. S.; BARROS, H. M. M.; AGRA, P. F. M.; FARIAS, M. A. A. Óleo essencial de citronela no controle da bactéria fitopatogênica *Erwinia carotovora*. **Revista Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v. 2, n. 2, p. 11-14. 2008.
- COUTO, H. T. Z., SIGRIST, P. O. O poder inseticida do crisântemo. **Revista Universitária de Agronomia e Zootecnia**, v.1, n.3, p.46-47. 1995.
- 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**. **Pestic. Phytomed.** (Belgrade), v. 31, n. 3-4, 1p. 29–137. 2016.
- FARINHA, A. E. C. C.; BARCI, L. A. G.; POTENZA, M. R.; SANTOS, A. S.; SCARPELLINI, J. R.; FARIA, A. M. Pragas agroindustriais. In: Reunião itinerante de Fitossanidade do Instituto Biológico - Ribeirão Preto (SP). **Anais da Reunião Itinerante de Fitossanidade**, v. 12, p. 7-19. 2005.
- FARONI, L. R. A.; SOUSA, A. H. **Aspectos biológicos e taxonômicos dos principais insetos-praga de produtos armazenados**. In: ALMEIDA, F.A.C.; DUARTE, M.E.M.; MATA, M.E.R.M.C. (Ed.). Tecnologia de armazenagem em sementes. Campina Grande: UFCG, 2006. p.371-402.
- FARONI, L. R. D. A.; SILVA, J. S. **Manejo de pragas no ecossistema de grãos armazenados**. In: SILVA, J. S. **Secagem e armazenagem de produtos agrícolas**. 2. ed. Viçosa: Aprenda Fácil, 2008. cap. 15, p. 345-382.
- FARONI, L. R. D. Manejo das pragas de grãos armazenados e sua influência na qualidade do produto final. **Revista Brasileira de Armazenamento**, v. 17, n. 1-2, p. 36-43. 1992.
- 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* (Bignoniaceae). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 1, p. 1-6. 2010.
- FERREIRA, L. O. G. **Óleo essencial de *Pluchea sagittalis*: influência comportamental e ação inseticida sobre *Sitophilus zeamais***. 59 f. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente) - Universidade Anhanguera-uniderp, Campo Grande, 2017.
- 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
- FREITAS, J. J. S. **Uso do pó da casca do pereiro no controle alternativo do gorgulho do milho**. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, 2018, 29 p. Monografia (especialização). Pós-graduação em Gestão de Recursos ambientais do Semi Árido, Picuí, 2018.
- GALLO, D. 2002. **Entomologia Agrícola**. FEALQ. Piracicaba. 920 p.

- 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 Mediciniais**, Campinas, v.16, n.3, p.499-504. 2014.
- GOERGEN, P. C. H. **Extratos de *Schinus terebinthifolius* no controle de *Sitophilus spp* em grãos de trigo armazenado**. UNIJUÍ. 2016. p. 40. Monografia (graduação). Agronomia. Ijuí – RS. 2016
- GOTTARDO, F. A.; CESTARI Jr., H. Viabilidade econômico financeira de implantação de um sistema de armazenagem de grãos: um estudo de caso em uma média propriedade rural em Campo Mourão (PR). **RAMA – Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 1, n. 1, p. 55-76. 2008.
- IANNACONE, J.; AYALA, H.; ROMÁN, A. Efectos toxicologicos de cuatro plantas sobre el gorgojo del maíz *Sitophilus zeamais* Motschulsky 1855 (Coleoptera: Curculionidae) y sobre el gorgojo de las galletas *Stegobium paniceum* (Linnaeus 1761) (Coleoptera: Anobiidae) em Peru. **Gayana**, v. 69, n. 2, p. 234-240. 2005.
- LAMBRAÑO, R. H.; CASTRO, N. P.; GALLARDO, K. C.; STASHENKO, E; VERBEL, J. O. Essential oils from plants of the genus *Cymbopogon* natural insecticides to control stored product pests. **Journal of Stored Products Research**, v. 62, n. 17. 2015.
- LAZZARI, F. A. **Umidade, fungos e micotoxinas na qualidade de sementes, grãos e rações**. Curitiba: Paranaset, 1997. 148 p.
- LEAL, T. C. A. B.; FREITAS, S. P.; FRANCISCO DA SILVA, J.; CORDEIRO DE CARVALHO, A. Jr. Avaliação do efeito da variação estacional e horário de colheita sobre o teor foliar de óleo essencial de capim-cidreira (*Cymbopogon citratus*). **Revista Ceres**, Viçosa, v.48, n.278, p.445-453. 2001.
- LICCIARDELLO F.; MURATORE G.; SUMA P.; RUSSO A.; NERIN C. Effectiveness of a novel insect-repellent foodpackaging incorporating essential oils against the red flour beetle (*Tribolium castaneum*). **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 19, p. 173-180. 2013.
- 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* Motschulsky 1855 (Coleoptera: Curculionidae). **Arquivos Instituto Biológico de São Paulo**, v.80, n.1, p.91-97. jan./mar., 2013.
- LISBOA, A. R. **Uso do óleo essencial de citronela (*Cymbopogon winterianus*) no controle biológico do pulgão preto do feijoeiro (*Aphis craccivora*) (Hemiptera: Aphididae)**. UFCG, 2018. p. 31. Tese. Sistemas agroindustriais. Pombal, paraíba 2018.
- LOECK, A. E. **Praga de Produtos Armazenados**. Pelotas (RS): EGUFPEL, 113p., 2002.
- LONGSTAFF, B. C. Biologia das espécies de pragas de grãos do gênero *Sitophilus* (Coleoptera: Curculionidae): uma revisão crítica. **Ecologia Proteção**, v. 3, n. 2, p. 83-130. 1981.
- LORINI, I. **Insecticide resistance in *Rhyzopertha dominica* (fabricius) (Coleoptera: Bostrychidae), a pest of stored grain**. London: University of London, 1997. PhD Thesis. 166 p.

- LORINI, I.; KRZYZANOSWSKI; FRANÇA NETO, J. B.; HENNING, F. A. **Manejo integrado de pragas de grãos de cereais armazenados**. Embrapa trigo, Passo Fundo (RS), 2008. p. 72.
- MACIEL, F. C. **Ação de óleos essenciais de *Syzygium aromaticum* e *Thymus vulgaris* sobre *Sitophilus zeamais* e *Tribolium castaneum* em laboratório**. Dissertação (Mestrado em Entomologia) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2016. 76 p.
- MAGALHÃES, C. R. I.; BRITO, S. S. S.; MAGALHÃES, T. A.; FERRAZ, M. S. S.; OLIVEIRA, C. R. F. Óleos essenciais na emergência de grãos de milho (*Zea mays* L.). **Enciclopédia Biosfera: Centro Científico Conhecer** - Goiânia, v.10, n.19; p. 338-349. 2014
- MARCO, C. A.; INECCO, R.; MATTOS, S. H.; BORGES, N. S. S.; NAGAO, E. O. Características do óleo essencial de capim-citronela em função de espaçamento, altura e época de corte. **Horticultura Brasileira**, v. 25, n. 3, p. 429-432. 2007.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Regras para Análise de Sementes (RAS)**. Secretaria de Defesa Agropecuária - Coordenação Geral de Apoio Laboratorial – Brasília, 2009. 395 p.
- MONTEIRO, M. V. M. **Avaliar a atividade antimicrobiana de óleos essenciais citronela (*Cymbopogon winterianus*) e andiroba (*Carapa guianensis aubl*) em cepas clínicas de *Staphylococcus aureus* e *Escherichia coli***. UFS, 2017. p. 48. Monografia. Farmácia. Lagarto, 2017.
- 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. **Defensivos agrícolas naturais: uso e perspectivas**. Brasília, DF: Embrapa, 2016. Cap. 19. p. 542-593.
- MOREIRA DE CARVALHO, N.; NAKAGAWA, J. **Sementes: Ciência, Tecnologia e Produção**. Funep: São Paulo, 2012. 590 p.
- OLIVEIRA, M. M., GOLDFARB, A. C., OLIVEIRA, E. C. S. Efeitos dos extratos etanólicos de *Piper* sp (piperacea) e *Camelia sinensis* sobre o inseto praga *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, v. 47. São Luis: **Anais do SBPC**. 478 p. 1995.
- 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). **Biosciência Journal**, Uberlândia, v. 27, n. 4, p. 609-618. July/Aug. 2011.
- PAIXÃO, M. F.; AHRENS, D. C.; BIANCO, R. OHLSON, O. C.; SKORA NETO, F.; SILVA, F. A.; CAIEIRO, J. T.; NAZARENO, N. R. X. Controle alternativo do gorgulho-do-milho, *Sitophilus zeamais*, em armazenamento com subprodutos do processamento do xisto, no Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Agroecologia**, [S.I.], v. 4, n. 3, dec. 2009.
- PALAZZO, J. T. J.; BOTH, M. C. **Flora ornamental brasileira: um guia para o paisagismo ecológico**. Porto Alegre: Sagra, 1993.
- 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, p. 876-881. 2007.

- PROCÓPIO, S. O.; VENDRAMIM, J. D.; RIBEIRO JÚNIOR, J. I.; BARBOSA DOS SANTOS, J. B. Bioatividade de diversos pós de origem vegetal em relação a *Sitophilus zeamais* Mots. (Coleoptera: Curculionidae). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 27, n. 6, p. 1231-1236. 2003.
- 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, n. 2, p. 167-172. 2017.
- RIBEIRO, B. M. **Resistência de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) a inseticidas: detecção e mecanismos**. Tese (Doutorado em Entomologia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 51 p. 2001.
- ROCHA S. F. R.; MING L. C.; MARQUES M. O. M. Influência de cinco temperaturas de secagem no rendimento e composição do óleo essencial de citronela *Cymbopogon winterianus* Jowitt. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 3, p. 73-78. 2000.
- SANTOS, J. P. **Controle de Pragas Durante o Armazenamento de Milho**. Embrapa Milho e Sorgo, 2006. 20 p.
- 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.
- SCHERER, L. M. **Citronela de Java (*Cymbopogon winterianus* Jowit): Efeito da sazonalidade e de regularidades vegetais sobre a multiplicação invitro e rendimento do óleo essencial**. Dissertação de Mestrado. Marechal Cândido Rondon: UNIOESTE, 2007. p. 83.
- 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.
- SIEGEL, S.; CASTELLAN Jr., N. J. **Nonparametric statistics for the behavioral sciences**. 2 ed. New York: McGraw-Hill, 1988. 399 p.
- SILVEIRA, S. M.; CUNHA Jr., A.; SCHEUERMANN, G. N.; SECCHI, F. L.; VERRUCK S.; KROHN M.; VIEIRA, C. R. W. Composição química e atividade antibacteriana dos óleos essenciais de *Cymbopogon winterianus* (citronela), *Eucalyptus paniculata* (eucalipto) e *Lavandula angustifolia* (lavanda). **Revista Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 71, n. 3, p. 471-480. 2012.
- TAVARES, M. A. G. C.; VENDRAMIM, J. D. Bioatividade da Erva-de-Santa-Maria, *Chenopodium ambrosioides* L., sobre *Sitophilus zeamais* Mots. (Coleoptera: Curculionidae). **Neotropical Entomology**, v. 34, n. 2, p. 319-323. 2005.
- TOSCANO, L. C.; BOIÇA JR., A. L.; LARA, F. M.; WAQUIL, J. M. Resistência e mecanismo envolvido em genótipo de milho em relação ao ataque do gorgulho, *Sitophilus zeamais* Motschulsky, 1885. (Coleoptera: Curculionidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 28, n. 1, p. 141-145. mar., 1999.
- VELOSO, R. A.; CASTRO, H. G.; CARDOSO, D. P.; SANTOS, G. R.; BARBOSA, L. C. A.; SILVA, K. P. Composição e fungitoxicidade do óleo essencial de capim citronela em função da adubação orgânica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 12, p. 1707-1713. 2012.

VIEIRA, S. **Teste de Student-Newman-Keuls para comparação de médias.** [S.l.: s.n.], Disponível em: <<http://soniavieira.blogspot.com/2016/11/teste-de-student-newman-keuls-para.html>> Acesso em: 10 abr. 2019.

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, Botucatu**, v.14, n.esp., p.250-254. 2012.

YOHANNES, A; ASAYEW, G; MELAKU, G; DERBEW, M; KEDIR, S; RAJA, N. Evaluation of certain plant leaf powders and aqueous extracts against maize weevil, *Sitophilus zeamais* Motschulsky, 1885 (Coleoptera: Curculionidae). **Asian Journal of Agricultural Sciences**, v. 6, n. 2, p. 83-88. 2014.