

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CAMPUS DE ENGENHARIAS E CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA

THALLIA MICHELE MORAIS CASTRO

**METABÓLITO SECUNDÁRIO EUGENOL NO CONTROLE DO
GORGULHO DO MILHO *Sitophilus zeamais* Motschulsky 1885
(COLEOPTERA: CURCULIONIDAE)**

RIO LARGO - AL

2024

THALLIA MICHELE MORAIS CASTRO

**METABÓLITO SECUNDÁRIO EUGENOL NO CONTROLE DO
GORGULHO DO MILHO *Sitophilus zeamais* Motschulsky 1885
(COLEOPTERA: CURCULIONIDAE)**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Agronomia da
Universidade Federal de Alagoas, como
requisito parcial à obtenção do título de
Engenheira Agrônoma.

Orientador: Prof. Dr. Roseane Cristina
Predes Trindade.

RIO LARGO - AL

2024

Catlogação na Fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Campus de Engenharias e Ciências Agrárias
Bibliotecário Responsável: Erisson Rodrigues de Santana - CRB4 - 1512

C355m Castro, Thallia Michele Morais.

Metabólito secundário eugenol no controle do gorgulho do milho *Sitophilus zeamais* Motschulsky 1885 (Coleoptera: Curculionidae). / Thallia Michele Morais

Castro. – 2024. 36f.: il.

Orientador(a): Roseane Cristina Predes Trindade.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Graduação em Agronomia, Campus de Engenharias e Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas. Rio Largo, 2024.

Inclui bibliografia

1. Pragas de grãos armazenados. 2. Óleo essencial. 3. Cravo. 4. Efeito letal.

I. Título.

Folha de Aprovação

THALLIA MICHELE MORAIS CASTRO

**METABÓLITO SECUNDÁRIO EUGENOL NO CONTROLE DO
GORGULHO DO MILHO *Sitophilus zeamais* Motschulsky 1885
(Coleoptera: Curculionidae)**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido
à banca examinadora do curso de
Agronomia da Universidade Federal de
Alagoas e aprovada em 12 de julho de
2024.

(Orientador(a) – Prof. Dra. Roseane Cristina Predes Trindade)

Banca examinadora:

MSc. Aleska Batista da Silva – CECA/UFAL

Profª Drª Mariana Oliveira Breda – CECA/UFAL

AGRADECIMENTOS

Agradeço e dedico esse trabalho primeiramente a Deus por ter me dado a oportunidade de me graduar, ter me iluminado e dado forças para trilhar essa jornada, e enfrentar todos os desafios que surgiram ao longo desta, pois, sem ele eu nada sou.

Agradeço aos meus pais, Marcondes Castro e Sirlene Castro por terem me apoiado nessa trajetória.

Agradeço aos meus familiares, especialmente meus irmãos Thuanne Castro e Daniel Castro, minha sobrinha Helena Castro que chegou trazendo tanta alegria e motivação, minha avó Celcina Araújo que mesmo de longe sempre se fez presente através de suas orações e ligações saudosas, meus tios Adriana Castro, Dinha Moura, Maurício Costa e Marivan Xavier que me ajudaram e tanto torceram por mim.

Ao Weverton Teixeira, meu namorado, que tem me transmitido tanta força, cuidado e boas energias.

Aos meus amigos, colegas, professores, coordenadores, todos que contribuíram diretamente ou indiretamente.

E a minha orientadora Prof. Dra. Roseane Cristina Predes Trindade por ter me dado todo amparo para realizar esse trabalho.

“Ciência e vida cotidiana não podem e não
devem ser separadas.”

Rosalind Franklin

RESUMO

O Brasil é um dos maiores produtores de grãos do mundo, tornando o armazenamento uma atividade essencial. A cultura do milho se destaca pela sua importância devido seu alto consumo e versatilidade na alimentação humana e animal. Entretanto, durante o seu armazenamento, pode ocorrer o ataque de algumas pragas que ocasionam perdas como redução de peso, da qualidade, do poder germinativo e, conseqüentemente, diminuição do seu valor comercial. O gorgulho-do-milho, *Sitophilus zeamais* Motschulsky 1885 (Coleoptera: Curculionidae), é uma dessas pragas classificadas como primária, interna, de grande importância econômica que provoca perdas significativas na qualidade dos grãos. A qualidade é depreciada devido à injúria causada na massa de grãos pela presença de ovos, larvas, pupas, adultos e excrementos, ocasionando prejuízos também no processamento. Basicamente o seu controle é realizado por inseticidas químicos sintéticos, que tem levado a ocorrência de contaminações no meio ambiente, como também, selecionado populações resistentes. Estudos com produtos naturais vêm sendo uma alternativa, tendo os óleos essenciais uma grande potencialidade com ação biológica comprovada para pragas de grãos armazenados. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi comprovar o efeito letal por contato do metabólito secundário eugenol contra o gorgulho do milho. Foram realizados testes por contato em arenas de vidro contendo 20g de grãos de milho contendo diferentes concentrações do eugenol, para ser estimado as concentrações letais. Como resultado, o eugenol se mostrou bastante promissor apresentando efeito letal com CL₅₀ e CL₉₅ de 7,33 e 12,74 µL/40g de grãos, respectivamente. O metabólito secundário eugenol, com 99,68% de grau de pureza, é promissor para o controle de *S. zeamais* com efeito letal por contato.

Palavras-chave: pragas de grãos armazenados, óleo essencial, cravo, efeito letal.

ABSTRACT

Brazil is one of the largest grain producers in the world, making storage an essential activity. Corn culture stands out for its importance due to its high consumption and versatility in human and animal nutrition. However, during storage, attacks by some pests may occur, causing losses such as reduced weight, quality, germination power and, consequently, reduced commercial value. The corn weevil, *Sitophilus zeamais* Motschulsky 1885 (Coleoptera: Curculionidae), is one of these pests classified as primary, internal, of great economic importance that causes significant losses in grain quality. The quality is depreciated due to the damage caused to the grain mass by the presence of eggs, larvae, pupae, adults and excrement, also causing losses during processing. Basically, its control is carried out by synthetic chemical insecticides, which has led to the occurrence of contamination in the environment, as well as selecting resistant populations. Studies with natural products have been an alternative, with essential oils having great potential with proven biological action against stored grain pests. Therefore, the objective of this work was to prove the contact lethal effect of the secondary metabolite eugenol against corn weevils. Contact tests were carried out in glass arenas containing 20g of corn grains containing different concentrations of eugenol, to estimate lethal concentrations. As a result, eugenol proved to be very promising, presenting a lethal effect with LC₅₀ and LC₉₅ of 7.33 and 12.74 µL/40g of grains, respectively. The secondary metabolite eugenol, with 99.68% purity, is promising for controlling *S. zeamais*, with lethal effect on contact.

Keywords: stored grain pests, essential oil, clove, lethal effect.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** Detalhe da morfologia externa de *Sitophilus zeamais*. (A): Insetos machos e fêmeas, à esquerda um macho com a fronte mais curta e grossa e à direita fêmea morfologicamente distinta com fronte mais longa e fina. (B): Estruturas específicas do *Sitophilus zeamais* que caracterizam..... 21
- Figura 2** Estrutura química do eugenol (C₁₀H₁₂O₂). (MEHER; CHAKRABORTY, 2018)..... 25

LISTA DE TABELA

Tabela 1	Estimativa das concentrações subletal e letal do metabólito Eugenol sobre adultos de <i>Sitophilus zeamais</i>	27
-----------------	--	----

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	13
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	
	O armazenamento como método de conservação dos grãos.....	15
2.1.	Danos causados por insetos-praga, sobretudo por <i>Sitophilus zeamais</i>	17
2.2.	<i>Sitophilus zeamais</i> Mots como praga de grãos armazenados.....	20
2.3.	Óleos essenciais com potencial inseticida.....	23
2.3.1.	Composição química dos óleos essenciais.....	24
2.3.2.	Eugenol.....	25
3.	MATERIAL E MÉTODOS.....	26
3.1	Criação do <i>Sitophilus zeamais</i> Motschulsky.....	26
3.2	Aquisição do metabólito secundário Eugenol.....	26
3.3	Teste do efeito letal por contato do metabólito secundário Eugenol.....	26
4.	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	27
5.	CONCLUSÃO.....	30
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	31

1. INTRODUÇÃO

O Brasil se destaca na produção de grãos, essa elevada produtividade gera a necessidade de armazenar de forma eficiente, a fim de se garantir a preservação da qualidade destes e consequentemente, reduzir as perdas, como diminuição do poder germinativo e do vigor ocasionados pelos danos físicos aos grãos. A estimativa de perda quantitativa anual de grãos no Brasil chega a 10% do montante que é produzido (CONAB, 2023).

Diversos são os fatores que ocasionam as perdas de grãos no período de pós-colheita, como transporte inadequado, armazéns inapropriados, microrganismos, animais roedores, e ataque de insetos-praga, e destes, os insetos e fungos são os que mais causam danos. Dentre os insetos, os que mais acometem os grãos são os das ordens Coleoptera e Lepidoptera (PAZOLINI, 2019).

Sitophilus zeamais Mots. 1885 (Coleoptera: Curculionidae), conhecido também como gorgulho-do-milho, ocupa um lugar de destaque como causador de danos em milho e outras espécies de grãos armazenados, constituindo uma das principais pragas do milho, de ocorrência mundial. Esses insetos realizam infestação cruzada, além de possuírem muitos hospedeiros, principalmente os cereais, o que aumenta potencialmente sua capacidade de proliferação (ANTUNES; DIONELLO, 2010).

Indiferente aos problemas que acarretam, o uso indiscriminado de inseticidas químicos sintéticos que são utilizados na tentativa de seu controle, sendo uma técnica muito comum em meio aos produtores de grãos, geralmente inseticidas de amplo espectro de ação, podem ocasionar grandes problemas a curto e longo prazo, como a alta mortalidade dos inimigos naturais, a seleção de populações de insetos potencialmente resistentes e surgimento de diversas pragas secundárias (VALICENTE, 2015). Somado a esses fatores, a disponibilidade no mercado de inseticidas registrados, para fins de controle de pragas de grãos de milho armazenados, é baixa, cerca de 13 produtos, bem como a insegurança no que diz respeito a sua eficácia (AGROFIT, 2024).

No Brasil, o Fosfato de alumínio, Fosfato de magnésio, orgânicos e os Piretroides, têm autorização para serem utilizados na fumigação em grãos de milho para o controle do gorgulho do milho, com formulações a base de concentrado emulsionável, fumigantes em pastilha e em grânulos e como pó seco, com toxicidade geralmente de grau 4 e 5 (AGROFIT, 2024).

Com isso, observa-se a necessidade de se estudar métodos alternativos, para a

utilização de produtos à base de plantas que produzem compostos secundários, como os óleos essenciais que se mostram bastante eficazes, para se descobrir moléculas para desenvolvimento de novos produtos ou formas de utilização. Os óleos essenciais apresentam pouco ou nenhum prejuízo sobre a qualidade física e metabólica dos grãos, (MORAIS, 2016).

Os óleos essenciais são os metabólitos secundários que tem a função de proteger e defender as plantas de fungos e bactérias. Os principais metabólitos secundários encontrados nos óleos essenciais são os terpenos, compostos fenólicos e compostos nitrogenados (SIMÕES et al., 2017).

O eugenol é o composto majoritário do óleo essencial de cravo, *Syzygium aromaticum* (L.) Merr. & Perry (Myrtaceae), que já é bastante estudado na área controle de pragas de grãos armazenados (JAIROCE et al., 2016; MARTÍNEZ et al., 2018; SASIKALA et al., 2019).

A rapidez nos resultados de mortalidade dos insetos expostos aos óleos essenciais está ligada ao modo de ação neurotóxico característico desses produtos. Todos os invertebrados possuem um neuromodulador octopamina, a octopamina é semelhante à noradrenalina e age como neuro-hormônio, neuromodulador e neurotransmissor, tem função de regular os batimentos cardíacos, os movimentos, o comportamento e o metabolismo dos insetos. Portanto, as evidências de que os óleos essenciais agem sobre o neuromodulador octopamina reforçam sua eficácia como forte aliado no controle de pragas (MATTOS; KREWER; WILL, 2021).

Entendendo os danos econômicos que o *S. zeamais* como praga de grãos armazenados pode provocar, é de grande utilidade a expansão de estudos que visam o desenvolvimento de técnicas de manejo sustentável consentâneas ao Manejo Integrado de Pragas (MIP), com objetivo fundamental de mitigar o uso de inseticidas sintéticos. Desta forma, o objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito letal por contato do metabólito secundário eugenol no controle desta praga de grande importância mundial.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O armazenamento como método de conservação dos grãos

O armazenamento é um dos itens da pós-colheita que deve ser visto com prioridade, pois reduz as perdas da produção, e contribui na melhoria da renda do produtor, além de constituir fator estratégico para manter a qualidade dos produtos em condições mais adequadas (CAMARGO, 2024). O crescimento demográfico, a escassez de mão de obra rural, atrelado aos avanços tecnológicos e científicos são as razões que levam a uma exigência econômica cada vez maior por parte dos países produtores em se empregar métodos mais eficientes e inteligentes na atividade de armazenagem dos grãos, a fim de que se diminua, o máximo possível a inconveniente perda no percentual de produção que sempre esteve presente nas atividades agrícolas (ELIAS; OLIVEIRA; VANIER, 2017).

Todos os esforços para se obter altos índices de produtividade devem estar acompanhados de boas técnicas de colheita e condições adequadas de armazenamento. Apesar de obterem a capacidade de armazenagem por um grande período, os grãos precisam estar em um ambiente favorável à sua conservação e manutenção de qualidade, sendo o armazenamento prolongado recomendado somente quando adotadas as operações apropriadas de limpeza, secagem e combate a insetos e fungos. Entretanto, todo e qualquer lote de milho armazenado está exposto a perdas por deteriorações causadas a partir das interações dos grãos com o ambiente e seus componentes físicos, químicos e biológicos (SANTOS, 2006).

O tipo de armazenamento varia de acordo com as características do produto, no caso do milho pode ser em grão ou espiga, o ponto de colheita, o volume e os recursos tecnológicos e estruturais disponíveis. Tão importante quanto o armazenamento em si são as práticas de pré-processamento que o antecede (MANTOVANI et al., 2015).

O teor de umidade é determinante para o armazenamento, o grão precisa ter de 12 a 13% de umidade para estar apto, esses níveis são atingidos na secagem realizada no campo ou com a utilização de secadores. (ANDRADE; NUNES; GEDANKEN, 2019). Primeiramente separa-se o grão úmido do seco, o úmido passa por uma sequência de operações: a pré-limpeza, secagem e limpeza para então poder ser armazenado com segurança ou encaminhado para a indústria. Enquanto o grão que já sai seco do campo passa somente pela etapa da limpeza e já pode ser armazenado. O processo de limpeza do grão antes de ser conduzido ao armazenamento é uma operação indispensável quando se

deseja assegurar a qualidade e evitar perdas causadas principalmente por insetos-praga, bem como a realização do expurgo como forma de tratamento curativo de grãos que chegam infestados (MANTOVANI et al., 2015).

“A ocorrência de ataques por insetos, ácaros, pássaros, roedores, fungos e bactérias em pós-colheita de grãos são as maiores causadoras de perdas qualitativas, tanto dos grãos como de seus subprodutos (farinha, farelos, óleo, entre outros) (PAZOLINI, 2019).”

Existem basicamente três níveis de armazenamento; o armazenamento em nível de produtor, onde a estrutura armazenadora está localizada na propriedade onde o grão é produzido, o armazenamento em nível intermediário, localizado próximo às fazendas produtoras ou nos entroncamentos rodohidroferroviários e o armazenamento em nível terminal, localizadas nos portos, locais de exportação, distribuição e consumo. Toda essa rede de armazenamento garante uma boa política de abastecimento e atua diretamente no controle do preço do grão (ELIAS; OLIVEIRA; VANIER, 2017).

Armazenamento em espigas com palha, armazenamento em espigas sem palha, armazenamento convencional em lote e armazenamento a granel compõem as formas que o milho pode ser armazenado (MANTOVANI, 2015). As espigas de milho podem também ser armazenadas em galpões e armazéns, porém, o mais indicado é que seja feito em paióis, esse sistema costuma gerar perdas significativas devido o ataque de insetos, fungos e roedores (ANDRADE; NUNES; GEDANKEN, 2019).

As estruturas que compõem o sistema de armazenamento de grãos a granel exigem a obtenção dos equipamentos necessários para se realizar os procedimentos de recebimento, expedição, separação de impurezas, secagem e transporte, podendo utilizar para o armazenamento silos de diferentes materiais como metal, alvenaria ou concreto, armazéns convencionais, graneleiros e em casos de armazenamento temporário, os silos *bag*. Sendo muito comum, também, encontrar nas pequenas propriedades grãos sendo armazenados em tonéis e bombonas hermeticamente fechados (ANDRADE; NUNES; GEDANKEN, 2019).

Objetivando a prevenção contra carunchos e roedores e oferecer uma opção viável ao agricultor familiar, a Embrapa Milho e Sorgo, em parceria com a Emater-MG, desenvolveu um modelo mais seguro de paiol que denominou de “Balaio de Milho”, onde juntou as características necessárias para solucionar os problemas ocasionados pelas pragas a um baixo custo. As recomendações para sua implantação são: impermeabilização do piso, devendo estar de 30 a 40 cm do solo, os tijolos utilizados devem ser os furados

ou os maciços afastados de 2,0 a 3,0 cm introduzidos a partir de 80cm do solo e as portas e janelas devem ser localizadas acima do dispositivo anti-ratos (MANTOVANI et al, 2015). Segundo Andrade; Nunes; Gedanken, (2019), o dispositivo anti-ratos, ou popularmente conhecido como chapéu chinês, nada mais é que um beiral construído com alvenaria ou metal, instalado a 30cm das paredes.

O armazenamento a granel apresenta grandes vantagens como uma alta capacidade em nível quantitativo, proporciona um fácil e rápido manejo através da utilização de sistema mecanizado, os níveis de perdas normalmente são mais baixos e a longo prazo há uma redução nos custos operacionais e de mão-de-obra, porém, é necessário que se faça um alto investimento inicial, apesar de exigir pouca mão-de-obra, esta precisa ser qualificada e deve-se dar uma maior atenção aos danos mecânicos que os grãos podem sofrer. Em relação ao armazenamento no modelo de paiol, é muito adotado por ser uma estrutura simples e de baixo custo, é de fácil manejo para realização de cargas e descargas e aplicação de técnicas de controle de pragas e permite que as palhas e sabugos remanescentes sejam utilizados na alimentação animal, entretanto, é necessário analisar cuidadosamente sua viabilidade devido as perdas e problemas frequentes com esse tipo de estrutura, como grandes infestações de carunchos, traças, ratos e fungos, já que as espigas ficam muito expostas a umidade e respingos de chuvas, que ficam retidos pela baixa circulação de ar, criando uma atmosfera propícia ao ataque desses organismos (ANDRADE; NUNES; GEDANKEN, 2019).

O nível estrutural e de tecnologia empregado na construção dos armazéns, a obtenção de equipamentos de termometria e aeração, a checagem do teor de umidade, limpeza e manipulação correta dos grãos são princípios básicos e para se evitar a presença de insetos e microrganismos no armazenamento a granel. No armazenamento em espigas, há uma série de fatores que devem ser cuidadosamente observados, muitas vezes com o produto ainda no campo, como a presença de sinais de ataques provocados por lagartas e pássaros, o período e tipo de colheita, se manual ou mecânica, o método de secagem e algumas características varietais como um bom empalhamento, decumbência das espigas, densidade e firmeza dos grãos e a resistência a insetos e danos mecânicos, a obtenção dessas informações contribui para uma ação rápida de combate a perdas oriundas desse método de armazenamento (SANTOS, , 2006).

2.1. Danos causados por insetos-praga, sobretudo por *Sitophilus zeamais*

A cultura do milho está sujeita ao surto populacional de insetos no decorrer do seu desenvolvimento, desde a semeadura até a colheita dos grãos, isso incorre muitas vezes na chegada de grãos já deteriorados nos armazéns, daí surge a necessidade de se aplicar as técnicas adequadas de manejo e combate a essas pragas de forma consciente através da correta identificação das espécies afim de se aplicar um programa de manejo coerente, eficaz e que não implique em danos posteriores (FILHO et al, 2017).

No Brasil, nas pequenas propriedades e terrenos declivosos, a colheita do milho ainda é realizada de forma manual (EMBRAPA, 2022), o que por um lado contribui para um baixo percentual de perdas nessa fase, por outro favorece o aumento das perdas na fase de armazenamento, pois, a colheita manual geralmente é feita tardiamente, devido a carência de estruturas de secagem dos grãos, o produtor se vê obrigado a aguardar que esse processo se realize naturalmente no campo até que a umidade atinja os níveis ideais de armazenamento, com isso, o milho fica mais exposto ao ataque de insetos-praga e chega aos armazéns com um percentual de infestação muito mais elevado que se tivesse sido colhido no tempo ideal (SANTOS, 2006).

As pragas de grãos armazenados são diferenciadas em dois grupos de acordo com seu hábito alimentar, sendo pragas primárias as que atacam os grãos sadios e pragas secundárias aquelas que precisam encontrar uma “porta de entrada”, ou seja, atacam os grãos que já possuem algum dano em sua estrutura física (soja, Equipe mais, 2020). As pragas primárias se subdividem ainda em primárias internas, como no caso do gorgulho-do-milho, sendo as que mais oferecem riscos à integridade física dos grãos, pois, devido a sua mandíbula estrategicamente desenvolvida têm a capacidade de dilacerar as películas que protegem os grãos, se alimentando do seu conteúdo interno, facilitando o ataque de outras pragas e se utilizando do grão como hospedeiro para completar seu ciclo evolutivo no interior do mesmo. Já as pragas primárias externas iniciam seu ataque na parte exterior do grão e se não controladas a tempo, começam a se alimentar da parte interna, além de abrir caminho para pragas que são inábeis a romper a película dos grãos (ELIOMAR, 2016).

Existem ainda os insetos chamados de associados, esses não atacam diretamente os grãos, porém, ao se alimentarem dos fungos e dos resíduos contidos no milho acabam por gerar danos no aspecto e qualidade do grão (ELIOMAR, 2016). Ao se falar em prejuízos provocadas por insetos, é crucial se levar em consideração não somente os danos diretos aos grãos, mas também perdas provocadas pelos pedaços de insetos e fezes que são encontrados em meio aos lotes, gerando problemas sanitários quando encontrados

em alimentos destinados a humanos e animais, bem como prejuízos econômicos em decorrência da não aceitação por parte dos países importadores dos produtos e subprodutos brasileiros que apresentam algum nível de contaminação (LEITE; NASCIMENTO, 2011). Em síntese, os eventuais prejuízos ao milho são a redução do peso do grão, redução dos níveis nutricionais, danos a qualidade física dos grãos e sementes, redução do seu vigor, germinação e valor comercial no mercado interno e externo (soja, Equipe mais, 2020).

As evoluídas características de sobrevivência e perpetuação da espécie que as pragas do milho armazenados possuem, estão diretamente ligadas ao seu elevado potencial de nocividade ao entrarem em contato com o produto, como uma excelente aptidão reprodutiva, dando origem a um grande número de indivíduos em cada desova e muitas gerações, a infestação cruzada que é a habilidade de infestar o grão tanto no campo como no armazém e a polifagia que é a capacidade de infestar outras culturas quando não há a disponibilidade do milho. Todas essas características proporcionam às pragas um leque de possibilidades de se beneficiarem dos grãos causando danos que podem ser divididos em danos quantitativos, caracterizado pela diminuição da massa de grãos, qualitativos que estão relacionados a seu valor comercial e nutritivo, devido à desvalorização do produto, perda da qualidade das farinhas e outros produtos, podendo até mesmo chegar a oferecer risco a saúde de quem ingere graças a ingestão de excrementos, ovos e resíduos de insetos e o dano à semente que quando atacada, pode haver perfuração na parte onde está localizado o embrião, o que conseqüentemente provoca perdas no percentual de germinação do lote (ELIOMAR, 2016).

Práticas inadequadas de armazenamento levam a uma perda de peso média de 1 a 2% nos modelos a granel em silos, em graneleiros e em sacarias e podem chegar a 15% em paiol e os insetos constituem a principal ameaça aos grãos durante o período de armazenamento (SANTOS, 2006). Através de estudos conduzidos em estações experimentais no estado de Minas Gerais, pela Embrapa Milho e Sorgo, realizou-se um ajustamento de dados a um modelo de regressão linear que deu origem a um método de estimativa do percentual de perdas ocorridas em um lote de grãos danificados pelo ataque de insetos. (SANTOS, 2006)

Equação resultante: $y = -0,82 + 0,284x$

Onde X = Porcentagem de grãos carunchados;

Y = Porcentagem de perda de peso.

O ponto de colheita deve ser rigorosamente respeitado, pois, se o grão apresentar

um teor elevado de umidade devido a precocidade na colheita, acaba por favorecer a ocorrência de pragas o que ocorre também caso o milho fique muito tempo no campo após o período de colheita. Quanto a prática de higienização dos locais armazenadores, deve ser empregada tanto em seu interior como em seu exterior com o objetivo de se evitar que as pragas sobreviventes da safra anterior infestem a nova remessa de grãos e pelo mesmo motivo deve-se evitar a combinação de grãos velhos com os novos (LEITE; NASCIMENTO, 2011).

2.2. *Sitophilus zeamais* Mots como praga de grãos armazenados

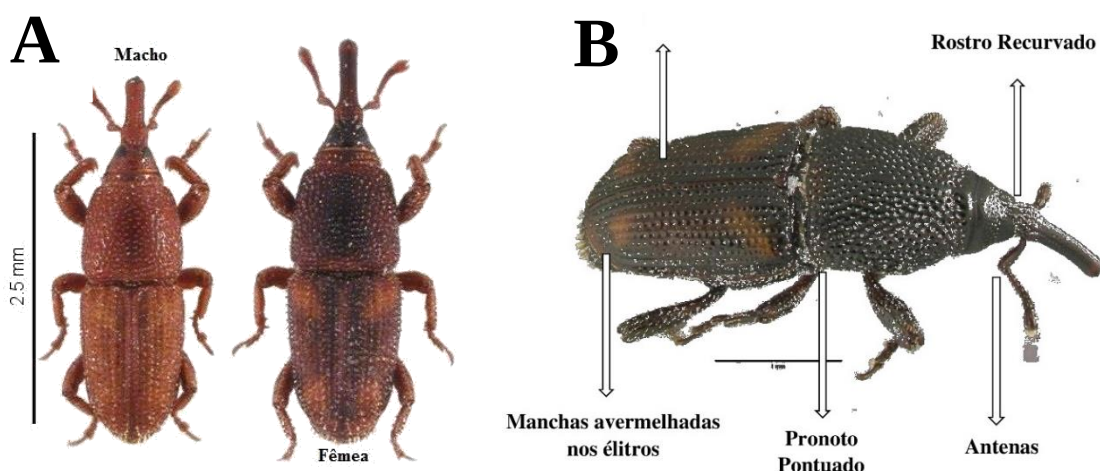
As espécies que compõem o gênero *Sitophilus*, conhecidos como as principais pragas de cereais armazenados vêm há muitos anos provocando grandes prejuízos, segundo (COTTON et al., 1920), Paulus já mencionou uma das espécies de *Sitophilus* como praga de grãos de trigo (COTTON et al., 1920), afirmaram que estes insetos têm origem na Índia e apesar de serem considerados cosmopolitas, o *S. zeamais* se adaptou melhor nas regiões de clima tropical ou subtropical e são insetos que podem atacar as mais diversas culturas e produtos industrializados, todavia, atacam majoritariamente os grãos armazenados (MATIOLI; ALMEIDA; MARTIOLI, 2019).

O *Sitophilus zeamais* ou gorgulho do milho se alimenta dos grãos durante todo o seu ciclo de desenvolvimento, morfológicamente falando apresenta grande semelhança com o *Sitophilus oryzae*, (Linnaeus, 1763), as suas diferenças são constatadas apenas após a observação da genitália e por serem espécies tão semelhantes em sua morfologia e hábitos alimentares, podem ocorrer juntas (AGROLINK, 2022). Segundo (LEITE; NASCIMENTO, 2011), o *S. zeamais* infesta o milho tanto nos armazéns como ainda em campo, quando a fêmea voadora faz a postura nas espigas. Apesar de serem numerosas as espécies de insetos que causam danos no milho, o *S. zeamais* juntamente com a traça *Sitotroga cerearella* (OLIVER, 1789), compõem as principais ameaças à produtividade da cultura (SANTOS, 2021).

A espécie *S. zeamais* apresenta um ciclo de vida do tipo holometábolo, ou seja, são indivíduos que sofrem uma metamorfose completa e por ser uma praga primária interna e realizarem infestação cruzada, confere uma praga altamente agressiva aos grãos de milho (SOUSA; GIGLIOLLI; CONTE, 2011). Uma das principais características que difere o *S. zeamais* são as quatro manchas avermelhadas que estão presentes nos seus élitros, os adultos têm um comprimento que varia de 2,0 a 3,5mm, sua cor é castanho-

escuro e o rostro é curvado onde se encontram as peças bucais, a cabeça projetada para frente, sendo que as fêmeas possuem uma fronte mais fina e alongada que os machos. O pronoto é recoberto por pequenos puncturas redondas e nos élitros encontram-se muitas estrias. Já as larvas têm uma coloração diferente, um tom amarelo-claro, com a cabeça fortemente quitinizada e de cor mais escura que o corpo, se enquadrando no grupo das larvas curculioniformes, são bem carnudas e macias e no instar de pupa apresentam uma cor branca (FERNANDES, 2015).

Figura 1: Detalhe da morfologia externa de *Sitophilus zeamais*. (A): Insetos machos e fêmeas, à esquerda um macho com a fronte mais curta e grossa e à direita uma fêmea morfologicamente distinta com fronte mais longa e fina. (B): Estruturas específicas do *Sitophilus zeamais* que o caracteriza.



Fontes: (A) © Jean-Claude Ringenbach. (B)

https://www.agrolink.com.br/problemas/gorgulho_1902.html.

As larvas do caruncho sofrem de quatro a oito mudas até que atinjam o estágio de pupa e ainda que haja grande oviposição nos grãos, apenas uma larva se desenvolve no interior de cada grão (BELMONTE, 2015). A genitália das fêmeas é formada por escleritos pontiagudos em forma de Y possuindo um grande espaço entre eles (MARCHETTI; FERREIRA; ROSADO, 2021). Uma característica agravante do *S. zeamais* como praga para a atividade agrícola está na sua capacidade de proliferação, podendo as fêmeas depositarem cerca de 282 ovos num espaço de tempo de 104 dias, porém, desse montante, aproximadamente 27% são viáveis, o que ainda confere um grande problema a qualidade dos grãos armazenados. As fêmeas utilizam de suas fortes

mandíbulas para abrir orifícios nos grãos onde depositam os ovos de forma individualizada, em seguida os orifícios são fechados com uma substância gelatinosa produzida por elas para servir de proteção às larvas. Em caso de ocorrência de postura de mais de um ovo por orifício, normalmente há uma competição onde a larva mais forte sobrevive emergindo apenas um adulto por grão (VIEBRANTZ et al., 2016). As técnicas de fumigação e/ou expurgo com gases tóxicos, são as mais utilizadas no controle químico de *S. zeamais* em grãos armazenados, sendo a fosfina, o inseticida mais indicado para o expurgo de grãos, isso porque, observou-se uma grande versatilidade, eficácia e facilidade de uso desse produto (BOTTON et al, 2005). Porém, fosfina ou IUPAC fosfano são apenas os nomes comuns da molécula formada por um átomo de Fósforo e três átomos de Hidrogênio, o Hidreto de Fósforo (PH₃), um químico incolor, que apresenta um forte odor e é demasiadamente tóxico, podendo levar a óbito o indivíduo que o inale por poucos minutos, além de ser inflamável e explosivo (BOTTON et al, 2005). A sua eficácia se dá por seu caráter tóxico, tendo uma alta capacidade de extinguir seres aeróbios (LAVANDA, 2020). Entretanto, segundo Lorini et al., (2001), assim como qualquer outro inseticida químico, já se testemunhou a introdução aos sistemas agrícolas de populações de gorgulho resistentes à fosfina.

Devido a sua grande toxicidade para humanos, a fosfina entrou para a OSHA, sigla em inglês que significa Lista de Substâncias Perigosas da Administração de Segurança e Saúde Ocupacional dos Estados Unidos, podendo causar danos aos sistemas cardiovascular e respiratórios, causar tonturas, náuseas e morte (BBC NEWS, 2020).

Desde as duas últimas décadas do século XX, têm-se notado uma forte súplica social por inseticidas de origem natural, por serem, nos mais amplos pontos de vista mais seguros que os sintéticos. O que faz um inseticida novo receber os investimentos necessários para a sua aprovação, produção e comercialização é a satisfação das exigências que tangem questões como a baixa toxicidade ambiental e em mamíferos, a seletividade contra inimigos naturais, biodegradabilidade e ausência de fitotoxicidade. Já no que diz respeito às exigências práticas para a produção desses compostos se enquadra a fonte de matéria-prima, que deve ser abundante, custos baixos de produção, simplicidade quanto á padronização dos compostos ativos em variedades da planta de origem e potencial para ser patenteado como método de obtenção de compostos inseticidas (VIEIRA; MAFEZOLI; BIAVATTI, 2007).

“Neste contexto, existe um mercado promissor para os bioinseticidas e inseticidas naturais, porque esses produtos podem ser utilizados no manejo

integrado de pragas em cultivos comerciais e na agricultura orgânica, sem causar prejuízo ambiental. Apesar deste mercado estar se desenvolvendo de forma bem tímida no Brasil, a preocupação crescente com a qualidade ambiental traz perspectivas para o desenvolvimento comercial destas classes de inseticidas (VIEIRA; MAFEZOLI; BIAVATTI, 2007).”

2.3.Óleos essenciais com potencial inseticida

Os óleos essenciais são extratos voláteis naturais, obtidos através das plantas aromáticas. São formados pela soma de substâncias químicas que por sua vez são compostas por classes de ésteres de ácidos graxos, mono e sesquiterpenos, fenilpropanonas, álcoois aldeidados, hidrocarbonetos alifáticos, entre outras (SANTOS et al., 2004). Essas substâncias podem ser extraídas de diversas partes das plantas como folhas, flores, frutos, e rizomas, essa extração se faz possível, principalmente através da aplicação da técnica de arraste a vapor, mas também é utilizada a técnica de prensagem do pericarpo de frutas cítricas. O comércio de óleos essenciais se dá tanto na sua forma bruta como na beneficiada na qual obtem-se substâncias purificadas como o limoneno, citronelal, mentol e eugenol, por exemplo (BIZZO; HOVELL; REZENDE, 2009).

O estudo de compostos secundários obtidos de plantas com propriedades fumigantes e repelentes tem sido amplamente difundido, visando ao controle de pragas primárias e secundárias de grãos armazenados, principalmente com óleos essenciais e pós vegetais. Vários estudos com promissores óleos essenciais já foram desenvolvidos, e uma grande potencialidade se tem comprovado com a utilização dos metabólitos secundários caracterizados quimicamente desses óleos, para serem trabalhados e desenvolvidos formulações para uso aplicado (FAZOLIN et al., 2017; OLIVEIRA et al., 2017; DUROFIL et al., 2021)

Os produtos de origem vegetal são constituídos por várias moléculas bioativas, moléculas estas que apresentam uma baixa massa molecular e causam os mais variados efeitos nos organismos vivos, sendo muito utilizadas quando se objetiva causar uma mudança comportamental, fisiológica ou metabólica (EMBRAPA, 2021). Os óleos essenciais são quimicamente constituídos por substâncias voláteis que podem causar efeitos maléficos sobre a alimentação, crescimento, desenvolvimento, reprodução e comportamento dos insetos, além de provocar toxicidade ao sistema nervoso central, provocando a morte destes (GUALBERTO, 2022). Somado a isso, Gualberto; Silva, (2022) apontam ainda para o efeito sinérgico que o uso de produtos alternativos pode desencadear, ou seja, uma interação que pode vir a potencializar os resultados, e tornar

os produtos mais eficientes contra as pragas, diminuindo assim cada vez mais as concentrações para que se obtenha o efeito desejado ao tempo em que causam menos riscos ainda ao ambiente.

Inúmeros trabalhos que apontam para a eficiência do uso de óleos essenciais com efeito inseticida já foram publicados, alguns apontam ainda para o efeito potencial que a mistura de alguns desses óleos pode gerar, com comprovada atividade acaricida, larvicida, cupinícida, fagoinibidora e repelente (VIEIRA; MAFEZOLI; BIAVATTI, 2007). Os compostos majoritários dos óleos essenciais na maioria dos casos são os determinantes das propriedades biológicas que estes venham apresentar (SILVA, 2016).

Na pesquisa realizada por Silva, (2016) avaliou o potencial inseticida de óleos essenciais de plantas para o controle de ovos, lagartas e pupas de *Diaphania hyalinata* (Linnaeus, 1767) (Lepidoptera: Crambidae), sendo avaliados os óleos essenciais de gengibre, menta, orégano e tomilho, sendo os ovos, o estágio mais susceptível a ação dos óleos, todavia, em concentrações maiores, estes também causaram toxicidade, levando a morte as lagartas de *D. hyalinata*, enquanto que para as pupas, os óleos essenciais causaram baixa toxicidade, principalmente o óleo essencial de gengibre.

Em uma revisão bibliográfica, Matos et al., (2021), realizaram uma busca sobre o uso de óleos essenciais utilizados para o controle de pragas do milho descritos na literatura, constatando, assim, a ação inseticida e repelente de diversos óleos essenciais, se destacando o óleo de alecrim-do-campo, *Baccharis dracunculifolia* D.C. (Asteraceae), aroeira-salvo, *Schinus molle* L. (Anacardiaceae) e cravo-de-defunto, *Tagetes patula* L. (Asteraceae) como os mais utilizados no controle do gorgulho do milho.

2.3.1. Composição química dos óleos essenciais

Os óleos essenciais podem se tornar uma tática alternativa de controle para essas pragas de grãos armazenados e são obtidos a partir de matérias vegetais como: flores, ervas, brotos, folhas, frutos, ramas, cascas, sementes, madeiras e raízes (SOLÓRZANO, 2012). Também, podem conter dezenas de constituintes, dos quais dois ou três elementos estão em concentrações relativamente altas; estes componentes são os que normalmente determinam as propriedades biológicas destes óleos (PICHERSKY, 2006). Por exemplo, no óleo essencial do cravo da Índia, *Syzygium aromaticum* L. (Myrtaceae), os principais compostos são eugenol, acetato de eugenol e β -cariofileno (SANTORO, 2007).

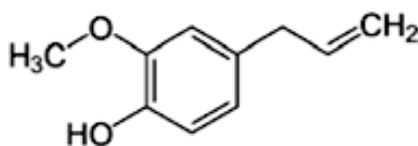
Outro composto bastante comum em óleos essenciais é o limoneno, um metabólito

secundário, componente de óleos essenciais aromáticos de plantas cítricas e apresenta alguns potenciais farmacológicos interessantes, tais como: ação antimicrobiana, antioxidante, antitumoral, inseticida, ansiolítico, antiparasitária e atividade repelente. Possui baixa solubilidade em água e alta volatilidade (SANTOSA, 2014). Para *S. zeamais* esse composto já foi identificado em vários óleos essenciais com ação fumigante e/ou repelente (RESTELLO, 2009); (ARAÚJO, 2019). O composto citronelal é encontrado no óleo do capim-citronela, *Cymbopogon nardus* L. Rendle (Poaceae) (SATO, 2006); e apresenta atividade biológica para pragas de grãos armazenados (CRUZ, 2012); (GIRÃO FILHO, 2014); (OOTANI, 2011). O capim limão, *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf (Poaceae), apresenta um odor característico de limão, e o seu óleo essencial é usado industrialmente pelo segmento alimentício, cosmético, de perfumaria e na fabricação de inseticidas (NEGRELLE; GOMES, 2007)

2.3.2. Eugenol

Principal integrante do óleo de cravo-da-índia (*S. aromaticum*), o eugenol compõe 52,53% de sua formulação, seguido do cariofileno (37,25%), humuleno (4,11%), acetato de eugenila (4,05%) e copaeno (2,05%). Além do cravo, o composto aromático pode ser encontrado na canela, sassarás e na mirra. Segundo a IUPAC a nomenclatura para o eugenol é 4-Alil-2-Metoxifenol (SANTANA et al., 2021).

Figura 2: Estrutura química do eugenol (C₁₀H₁₂O₂). (MEHER; CHAKRABORTY, 2018).



O eugenol (C₁₀H₁₂O₂) é um óleo incolor ou amarelado, apresenta um odor forte e bem característico e peso molecular de 164,20g/mol, com propriedades funcionais antioxidantes, antibacterianas, antifúngicas, anti-inflamatórias, antiparasitárias e inseticidas já constatadas e bem consolidadas na literatura (SANTANA et al, 2021).

Em seu trabalho de revisão voltado para os efeitos repelentes obtidos com o uso do eugenol, Fernandes et al., (2024), apontam em seus resultados a comprovação científica da eficácia desse composto, citando como base os resultados satisfatórios de Carvalho et al., (2019) com mosquitos *Anopheles gambiae* Faria, 1930 (Diptera: Culicidae), em que

o eugenol apresentou menor custo e toxicidade que o químico mais utilizado contra esse inseto. Paranhos et al., (2006), testou o cravo da índia para controlar a principal praga do feijão, o *Zabrotes subfasciatus* (Boh, 1833) (Coleoptera, Bruchidae), e observaram que o percentual de mortalidade dos insetos foi igual ao percentual obtido com a utilização do mais comum inseticida comercial, o Gastoxin®, essa eficácia do cravo da índia se deve ao eugenol, que caracteriza seu componente majoritário.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Criação do *Sitophilus zeamais* Motschulsky

A criação dos insetos foi feita no Laboratório de Entomologia: controle alternativo de pragas (LECAP). As sementes de milho foram, inicialmente, expostas ao frio, acondicionadas por 48h em freezer para eliminação de qualquer agente biológico. Após a retirada, os grãos ficaram por cerca de 10 dias reservados para então haver a infestação com *S. zeamais*, os quais foram criados em recipientes de vidro com capacidade de 2,5L com tampa contendo uma abertura revestida com tecido voil para promover a ventilação. A cada quinzena realizava-se a limpeza dos grãos que eram peneirados e todos os insetos que possuíam idade superior a 15 dias eram devidamente descartados, com objetivo de alcançar uma boa precisão no experimento mantendo a faixa etária de todos os insetos utilizados entre 0 e 15 dias de idade.

3.2 Aquisição do metabólito secundário Eugenol

O eugenol, foi adquirido na empresa Quinarí Casa de Essências Ltda, cujas características do produto apresenta uma densidade de 1.065g/mL e 99,68% de grau de pureza em cromatógrafo.

3.3 Teste do efeito letal por contato do metabólito secundário Eugenol

A avaliação da atividade inseticida por contato do metabólito secundário Eugenol sobre *S. zeamais* foi realizada por meio de ensaios biológicos, utilizando a metodologia descrita por de Alves et al., (2015). Os experimentos foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado, sendo os tratamentos constituídos por seis diferentes concentrações dos óleos essenciais de eugenol e testemunha. Foram utilizados potes de vidro com capacidade de 200mL, medindo 8,8 cm de altura e 6,4 cm de diâmetro,

fechados com tecido voil, contendo 40g de milho da variedade BRS Caatingueiro, 16 insetos adultos não sexados, com idade de 0 a 15 dias em cada pote que constituía uma repetição, sendo cinco repetições para cada tratamento. As diferentes concentrações do óleo essencial foram aplicadas com o auxílio de um pipetador automático sobre os grãos no interior do recipiente e em seguida foram agitados manualmente por dois minutos, para uma eficiente homogeneização. Para a testemunha foram aplicados apenas água destilada.

Posteriormente, os insetos foram mantidos em câmara climatizada, sob temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$, umidade relativa de $60\% \pm 10\%$ e fotofase de 12h. Quanto à avaliação da mortalidade, foi realizada 48 horas após a montagem do experimento, registrando-se o número de insetos mortos.

Foram realizados testes preliminares, estes foram necessários para estabelecer concentrações próximos do Limite Superior (LS) com mortalidade próxima de 100% e Limite Inferior (LI) com mortalidade abaixo de 5% e já apresentaram um intervalo pequeno entre as CLs, sendo o limite inferior estabelecido em $5\mu\text{L}$ e o limite superior em $10\mu\text{L}$. Essas concentrações LS e LI foram submetidas a fórmula de Bliss (1934), para definição das concentrações para o bioensaio definitivo, estimando a CL_{50} e CL_{95} , foram essas concentrações, (5; 5,6; 6,3; 7,1; 7,9 e $10,0\mu\text{L}$). As Concentrações letais (CL) foram calculadas pela análise de PROBIT, por meio do Software “SAS” (SAS, 1971).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O composto majoritário eugenol, do óleo essencial de cravo, apresentou efeito letal de contato de forma satisfatória, com valores estimados das CL_{50} e CL_{95} , de 7,33 e $12,74 \mu\text{L}/40\text{g}$ grãos, respectivamente (Tabela 1).

Tabela 1: Estimativa das concentrações letais do metabólito Eugenol sobre adultos de *Sitophilus zeamais* por contato

Tratamento	n ^a	GL ^b	Inclinação $\pm$ EP ^c	CL ₅₀ (IC 95%) ($\mu\text{L}/40\text{g}$ grãos)	CL ₉₅ (IC 95%) ($\mu\text{L}/40\text{g}$ grãos)	χ^2 ^d	P
Eugenol	480	479	9,6913 $\pm$ 0,8105	7,33 (7,10-7,60)	12,74 (11,66-14,43)	6,29	95%

n= números de insetos utilizados; GL= Grau de liberdade do qui-quadrado; EP= Erro Padrão; χ^2 = Quiquadrado; P= probabilidade

Fonte: Autora (2024).

Concluímos então, que o metabólito secundário eugenol apresenta ação de contato para *S. zeamais*, com concentrações estimadas bem baixas, evidenciando assim, seu forte potencial. Essa afirmação da potencialidade desse eugenol testado no trabalho, pode ser reforçado quando comparado com outras pesquisas que também usaram o metabólito secundário eugenol, mas em concentrações bem mais elevadas. Como no trabalho de Coitinho et al., (2006), que precisaram de uma concentração quatro vezes maior, de 50,0 µL/20g, com efeito letal de 100% contra adultos de *S. zeamais*. Em outro trabalho, Coitinho et al, (2011), encontraram uma CL₅₀ de 14,8 µL/40g de um eugenol obtido de uma indústria farmacêutica do Paraná.

Diversos são os fatores que podem ter influenciado nessa diferença considerável de concentrações obtidas nas CLs deste trabalho em comparação com outros trabalhos na literatura que objetivaram testar o efeito inseticida de contato do eugenol contra *Sitophilus zeamais*, como por exemplo, a idade e procedência dos insetos, visto que, estes utilizados neste trabalho advinham de uma geração de insetos criados em laboratório, não possuindo qualquer tipo de resistência. Os processos biológicos dos insetos, assim como de qualquer ser vivo, são complexos e as respostas fisiológicas da interação com o meio podem variar de indivíduo para indivíduo, portanto, a idade dos insetos também pode ter influenciado nos resultados, já que a metodologia aqui aplicada exigiu um padrão de idade visando a redução dessa disparidade entre os indivíduos utilizados na condução dos experimentos, bem como o tempo de avaliação que pode demandar uma concentração mais elevada em caso de exposição dos insetos ao eugenol por um tempo inferior a 48 horas, além do elevado grau de pureza do metabólito aqui administrado.

O efeito inseticida do eugenol, já foi evidenciado em outros grupos de insetos sem ser pragas de grãos armazenados, como efeito contra ninfas e adultos de *Mahanarva spectabilis* Distant, 1909 (Hemiptera: Cercopidae), em condições de laboratório, com uma taxa de mortalidade, ultrapassando 85,0% após 48 horas de aplicação, já nos testes com ninfas, usando o eugenol a 2,0%, houve uma redução na eficiência, porém a mortalidade ainda se manteve com valores consideráveis, acima de 61,0% (AUAD, 2019). A toxicidade do eugenol também foi avaliada contra a formiga-de-fogo vermelha importada *Solenopsis invicta* (Buren, 1972) (Hymenoptera: Formicidae) e o eugenol foi o composto de ação mais rápida em comparação com o acetato de eugenol, beta-cariofileno e óleo de cravo. (KAFLE, 2013)

Esse resultado do uso do eugenol no controle de pragas de grãos armazenados,

na forma de aplicação por contato, de uso direto nos grãos, mostra-se uma alternativa promissora, e sem grandes problemas de resíduos, pois já existem estudos recomendando esse metabólito para fins alimentícios, pois apresenta ação bactericida contra contaminantes de alimentos, sendo uma excelente alternativa aos conservantes sintéticos (RESENDE et al., 2017; IRKIN; ESMER, 2015; SANTANA et al, 2021).

5. CONCLUSÃO

O metabólito secundário eugenol apresenta efeito letal por contato para *S. zeamais*.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGROFIT. *Agrofit consulta aberta*. Fonte: Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento: https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons Acesso em: 10 de Fevereiro, 2024.

AGROLINK. *Gorgulho*. Fonte: Agrolink: https://www.agrolink.com.br/problemas/gorgulho_1902.html Acesso em: 14 de Fevereiro, 2024.

ALMEIDA, J. R., ARAÚJO, E. C., LIMA, D. F., SILVA, F. S., LIMA, J. T., ROLIM, L. A., . . . N, X. P. (s.d.). *UNIVASF*. Fonte: Núcleo de Estudos e Pesquisa de Plantas Medicinais: <http://www.neplame.univasf.edu.br/>, 2019.

ALVES, M. D.. *Óleo Essencial De Capim-Limão Como Protetor De Sementes E Grãos Armazenados: Uma Abordagem Da Biologia Química E Molecular Ao Manejo Agroecológico Do Carucnho Do Feijãocaupi*. Seropédica, Rio de Janeiro, Brasil, 2021.

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.** n.7, v. 6, 2387-2399. 2015.

ANDRADE, J. L.; NUNES, M. D.; GEDANKEN, V. . *Grãos armazenados de milho, soja, feijão e café*. Fonte: Coleção Senar: <https://www.cnabrazil.org.br/assets/arquivos/216-ARMAZENAMNTOS-GR%C3%83OS.pdf>, 2019.

ANTUNES; DIONELLO.. *Bioecologia de Sitophilus zeamais Motschulsky 1885 (Coleoptera: Curculionidae)*, 2010. Fonte: Infobibos: http://www.infobibos.com/artigos/2010_2/sitophilus/index.htm
ARAÚJO, A. E. Toxicity and repellency of essential oils in the management of *Sitophilus*, **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e ambiental**. 2019.

AUAD, A. M.. *Compostos vegetais: ação inseticida e herbicida*. Brasília, Distrito Federal, Brasil, 2019.

BBC NEWS. . *Vida em Vênus: o que é fosfina, a substância tóxica e malcheirosa encontrada nas nuvens do planeta*, 2020. Fonte: BBC NEWS: <https://www.bbc.com/portuguese/geral-54159996>

BELMONTE, B. D. Determinação do potencial inseticida de extratos e lectinas de casca e cerne de *Myracrodruon urundeuva* contra o gorgulho do milho (*Sitophilus zeamais*). Recife, Pernambuco, Brasil: UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO, 2015.

BIZZO, H. R.; HOVELL, A. M.; REZENDE, C. M.. *Óleos essenciais no Brasil: aspectos gerais, desenvolvimento e perspectivas*, 2009. Fonte: Scielo Brasil: <https://www.scielo.br/j/qn/a/QwJBsdNzGmZSq4jKmhWVDnJ/>

BOTTON G.; LOECK, A. E; AFONSO, A. S.). O gorgulho do milho *Sitophilus zeamais* (Coleptera: Curculionidae) como praga em frutíferas de clima temperado, *Circular Técnica*, 2005. Fonte: Embrapa:
<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/541429/1/cir058.pdf>

CAMARGO, N. H. A importância da armazenagem na agricultura. Sistema FAEP. Disponível em: <<https://www.sistемаfaep.org.br/boletim-tecnico/importancia-da-armazenagem-na-agricultura>> . Acesso em 10 de julho de 2024.

CARNEIRO, W. V.. Óleo essencial de citronela: Avaliação do seu potencial como repelente veiculado em uma loção cremosa . João Pessoa, Paraíba, Brasil, 2015.

CARVALHO V.; CLAUBER COSTA, C.; SILVA, J. L.; NAHUM, C. Estudo do potencial do eugenol como repelente visando a proteína ligante de odorante do mosquito *Anopheles gambiae*. Campinas, São Paulo, Brasil, 2019.

COITINHO et al. (2006). Atividade inseticida de óleos vegetais sobre *Sitophilus zeamais* MOTS. (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) em milho armazenado. **Revista Caatinga**, p. 176-182, 2006.

COITINHO et al.,. Persistência de óleos essenciais em milho armazenado, submetido à infestação de gorgulho do milho. **Ciência Rural**, v.5, 2010.

COITINHO R. L. B.C.; OLIVEIRA, J. V.; JUNIOR, M. G. C. G. Toxicidade por fumigação, contato e ingestão de óleos essenciais para *Sitophilus zeamais* Motschulsky, 1885 (Coleoptera: Curculionidae). **Ciências Agrárias**. n. 35, v. 1, 2011.

COITINHO, L. B. C.; OLIVEIRA, J. V.; JUNIOR, M. G. C. G.; CÂMARA, C. A. G.. Atividade inseticida de óleos vegetais sobre *Sitophilus zeamais* MOTS. (COLEOPTERA:CURCULIONIDAE) em milho armazenado. **Revista Caatinga**, v. 19, n. 2, p. 176-182, 2015.

COITINHO, R. L.. Atividade inseticida de óleos essenciais sobre *Sitophilus zeamais* MOTS. Recife, Pernambuco, BRASIL, 2009.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. A Perda de Grãos no Brasil e no Mundo: dimensão, representatividade e diagnóstico - Seção 1. Brasília, DF: Conab, 2023. 16p. (Compêndio de Estudos Conab, v. 31). Responsável técnico: MACHADO JÚNIOR, Paulo Cláudio; FREITAS, Marília Mergulhão.

CONAB, R. C.. *Qual é a previsão para o milho safrinha em 2022*, 2022. Fonte: Canal Agro: <https://summitagro.estadao.com.br/noticias-do-campo/qual-e-a-previsao-para-o-milho-safrinha-em-2022/>

CORRÊA, A. G.; VIEIRA, P. C. *Produtos Naturais no Controle de Insetos*. São Carlos: EduFSCar, 2007.

CORRÊA, C. E. *Morfologia do Milho: Importância da Semente*, 2021. Fonte: 3rlab: <https://www.3rlab.com.br/morfologia-do-milho-importancia-da-semente/>

COTTON et al. . Rice weevil (calandra) *Sitophilus oryza*. J. **Agricultural Research**, p. 605-14, 1920.

CRUZ, C. Repelência do *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) sobre grãos de feijão caupi tratado com óleos vegetais, **Revista Verde**, v. 7, n. 3, p. 1-5, 2012.

DUROFIL, A.; RADICE, M.; BLANCO-SALAS, J.; RUIZ-TÉLLEZ, T. *Piper aduncum* essential oil: a promising insecticide, acaricide and antiparasitic. A review. **Parasite**, v. 28, 2021.

ELIAS, M. C., OLIVEIRA, M. D., & VANIER, N. L. Tecnologias de pré-armazenamento, armazenamento e conservação de grãos. *Aspectos evolutivos da armazenagem de grãos no brasil. Níveis e sistemas de armazenamento*. p. 102, 2017.

ELIOMAR. *Controle de pragas em grãos armazenados*. Fonte: Unesp, pragas de grãos armazenados, 2016.
<https://www.feis.unesp.br/Home/departamentos/fitossanidadeengenhariaruralesolos715/graos-2016.pdf>

EMATER–MG/MCTI/CONV, 2016. *Departamento Técnico da Emater–MG*. Fonte: EMATER-MG: <https://www.emater.mg.gov.br/download.do?id=17022>

EMBRAPA. Milho e Sorgo: *Sistema de Produção*, 1, 2015. Fonte: EMBRAPA: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/748767/1/Milho-Colheita-e-pos-colheita.pdf>

EMBRAPA. *SUBSTÂNCIAS BIOATIVAS E NANOMATERIAIS*, 2021 Fonte: EMBRAPA: <https://www.embrapa.br/recursos-geneticos-e-biotecnologia/gp/bioativos-nanomateriais>

EQUIPE MAIS, soja. (11 de dezembro de 2020). *Como tratar as pragas durante o armazenamento de grãos?* Fonte: +Soja: <https://maissoja.com.br/como-tratar-as-pragas-durante-o-armazenamento-de-graos/>

FAZOLIN, M.; ESTRELA, J. L. V., MEDEIROS, A. F. M., DA SILVA, I. M., GOMES, L. P. Sinérgico alternativo para inseticidas inibidores de acetilcolinesterase. **Revista Agro@mbiente** On-line, v. 11, n.3, p. 232-240, 2017.

FERNANDES et al, . USO DO EUGENOL COMO REPELENTES: UMA REVISÃO. **Ciências Exatas da Terra**, p. 153-154, 2024.

FERNANDES, J. R. . *Sitophilus zeamais* e *Sitotroga cerealella*: Pragas do Milho, 2015. Fonte: Agronegocios.eu: <http://www.agronegocios.eu/noticias/sitophilus-zeamais-e-sitotroga-cerealella-pragas-do-milho/>

FILHO et al, . Pragas e Doenças do Milho, 2017 Fonte: Epagri: https://ciram.epagri.sc.gov.br/ciram_arquivos/agroconnect/boletins/BT_PragasDoencasMilho.pdf

GIRÃO FILHO, J. E. Repelência e atividade inseticida de pós vegetais sobre Zabrotes subfasciatus Boheman em feijão-fava armazenado. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 16, n. 3, p. 499-504, 2014.

GUALBERTO, S. A.; SILVA, D.C. Pesquisadoras da Uesb investigam óleos essenciais com potencial inseticida, 2022. Fonte: Uesb Notícias: <http://www.uesb.br/noticias/pesquisadoras-da-uesb-investigam-oleos-essenciais-com-potencial-inseticida/>

HENRIQUE, D. (04 de fevereiro; de 2022). *Milho em 2021: confirma os principais números do cereal mundo afora* Markestrat com base em CONAB. * 12º levantamento da safra 20/21; 2022.

HUANG et al, ... Propriedades inseticidas do eugenol, isoeugenol e metileugenol e seus efeitos na nutrição de Sitophilus zeamais Motsch. (Coleoptera: Curculionidae) e Tribolium castaneum (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae). **Revista de Pesquisa de Produtos Armazenados**, 403-412, 2002.

IRKIN, R.; ESMER, O. K.. Novel food packaging systems with natural antimicrobial agents. **Review Article**, p. 6095–6111, 2015.

JAIROCE et al. Atividade inseticida do óleo essencial de cravo-da-índia sobre o caruncho-do-feijão e o gorgulho-do-milho. Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil, 2016.

JUMBO, L. O. Atividade Inseticida e de repelência de óleos essenciais de cravo e canela sobre o caruncho *Acanthoscelides obtectus* (Say). Viçosa, Minas Gerais, Brasil, 2013.

KAFLE L.; CJ, S. Toxicity and repellency of compounds from clove (*Syzygium aromaticum*) to red imported fire ants *Solenopsis invicta* (Hymenoptera: Formicidae), 2013. Fonte: J Econ Entomol: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23448024/>

LAVANDA, T. (14 de 09 de 2020). *O que é fosfina, substância encontrada por cientistas em vênus*, 2020. Fonte: Exame: <https://exame.com/ciencia/o-que-e-a-fosfina-substancia-encontrada-por-cientistas-em-venus/>

LEITE, G. L.; NASCIMENTO, A. F.. *Pragas de produtos armazenados*, 2011 Fonte: Pragas de produtos armazenados: https://halley.adm-serv.ufmg.br/ica/wp-content/uploads/2017/06/Pragas_de_produtos_armazenados.pdf

LORINI et al, *Manejo Integrado de Pragas de Grãos e Sementes Armazenadas*. Brasília, Df: Embrapa Soja, 2015.

LORINI et al. (2001). Terra de diatomáceas como alternativa no controle de pragas de milho armazenado em propriedade familiar. **Revista Alternativa Tecnológica**, 32-36.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, O. F.; CARNEIRO, N. P.; PAIVA, E. (14 de Julho de 2003). *Fisiologia do Milho*. Fonte: Embrapa: <http://docsagencia.cnptia.embrapa.br/milho/circul22.pdf>

MANTOVANI et al, ... Cultivo do Milho. Fonte: Sistema de Produção Embrapa, 2015. https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_lifecycle=0&p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistemasdeproducaolf6_1ga1ceportlet&p_p_col_count=1&p_p_col_id=column-1&p_p_state=normal&p_r_p_-76293187_sistemaProducaoId=7905&p_r_p_-996514994_topicoId=1316&p_p_mode=v

MANTOVANI, B. H. (s.d.). *Armazenamento de milho em fazendas*. Fonte: Armazenamento de milho em fazendas, 2015: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/476451/1/Armazenamentomilho.pdf>

MARCHETTI, M.; FERREIRA, V.; ROSADO, J.. *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) em grãos de aveia exportação, 2021. Fonte: Agronômica: <http://www.agronomicabr.com.br/agriporticus/detalhe.aspx?id=1995>.

MARCON, S.; SIMONETTI, A. P.. Efeito da citronela sobre a preferência alimentar e/ou efeito inseticida sobre o *Sitophilus* sp em milho armazenado. **Revista cultivando o saber**, V. 10, n 2, p.118-125, 2017.

MARTÍNEZ et al.. Constituintes terpenóides dos óleos essenciais de canela e cravo causam efeitos tóxicos e resposta de repelência comportamental no gorgulho do celeiro, *Sitophilus granarius*. **Ecotoxicologia e Segurança Ambiental**, p. 263-270, 2018.

MATIOLI, J. C.; ALMEIDA, A. A.; MARTIOLI, C. H. Efeitos da Infestação do *Sitophilus oryzae* (L., 1763) Sobre a Germinação de Sementes de Milho Armazenado. Brasil, 2019.

MATOS et al, Uso de óleos essenciais para o controle de pragas do milho. Araquari, Santa Catarina, Brasil, 2021.

MATTOS, A. P.; KREWER, A. M.; WILL, C. E.. Uso de óleos essenciais para o controle de pragas do milho. **Estrabão**, p.139-147, 2021.

MENEGUZZO, M. R.; SCARIOT, M.; JÚNIOR, F. W.; ECKER, S.; RADUNZ, A. L.; MOSSI, A. J.; RADUNZ, L. L.. Efeito inseticida do óleo essencial de capim limão no controle do gorgulho do milho. Erechim, Rio Grande do Sul, Brasil, 2012.

MILAN, T. C.. *Ordem Coleoptera*. Fonte: FAUNA DIGITAL RIO GRANDE DO SUL, 2020: <https://www.ufrgs.br/faunadigitalrs/ordem-coleoptera/>

MORAIS, L. A. . Óleos Essenciais no Controle Fitossanitário. Jaguariúna, São Paulo, Brasil, 2016.

NEGRELLE, R.; GOMES, E. *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf: chemical composition and biological activities. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 9, n. 1, p. 80-92, 2007.

NIDERA. Consumo interno de milho e suas finalidades, 2021. Fonte: Nidera Sementes: <https://somosmilhoes.com/consumo-interno-de-milho-e-suas-finalidades/>

NUNES, J. L. *Características do Milho*, 2022. Fonte: Agrolink:
https://www.agrolink.com.br/culturas/milho/informacoes/caracteristicas_361401.html

NUNES, J. L. Importância econômica do milho, 2022. Fonte: Agrolink - O Portal do
 Conteúdo Agropecuário.:
https://www.agrolink.com.br/culturas/milho/informacoes/importancia_361402.html

OLIVEIRA, J. V.; FRANÇA, S. M. D.; BARBOSA, D. R.; DUTRA, K. D. A.;
 ARAUJO, A. M. N. D.; NAVARRO, D. M. D. A. F. Fumigation and repellency of
 essential oils against *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Chrysomelidae:
 Bruchinae) in cowpea. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, p. 10-17, 2017.

OOTANI, M. E. Toxicidade de óleos essenciais de eucalipto e citronela sobre *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: curculionidae). **Bioscience Journal**, v. 27, n. 4, p. 609-618, 2011.

PARANÁ, I. PR: Safra de grãos 2020/2021 deve sofrer redução, 2021. Fonte: Mais
 Soja: <https://maissoja.com.br/pr-safra-de-graos-2020-2021-deve-sofrer-reducao/>

PARANHOS et al, Extrato de neem e cravo da índia no controle de *Zabrotes subfasciatus* (BOHEMAN) (COLEOPTERA: BRUCHIDAE) em sementes de feijão armazenado. **Colloquium Agrariae**, p. 01-07, 2006.

PAZOLINI, K. Pós-colheita de grãos: danos de pragas e patógenos, 2019. Fonte:
 Agromove: <https://blog.agromove.com.br/danos-pragas-pos-colheita-graos/>

PICHERSKY, E. E. Biosynthesis of plant volatiles: nature's diversity and ingenuity.
Science, v. 311, p.808-811, 2006.

REGINATO et al., ENEPEX. *Boas Práticas de Armazenagem de Grãos*, p. 19, 2014.

RESENDE et al.. Synthesis and in vitro evaluation of peracetyl and deacetyl glycosides
 of eugenol, isoeugenol and dihydroeugenol acting against food-contaminating bacteria.
Food Chemistry. p. 1025-1029, 2017.

RESTELLO, R. E. Efeito do óleo essencial de *Tagetes patula* L. (Asteraceae) sobre
Sitophilus zeamais Motschulsky (Coleoptera, Curculionidae), **Revista Brasileira de
 Entomologia**, 2009.

REZENDE, A. C.. METODOLOGIAS DE CONTROLE DE PRAGAS EM GRÃOS
 ARMAZENADOS. São Paulo, São Paulo, Brasil, 2008.

RIBEIRO, L. A.). *MilhoZ-ZAnaliseZZMensalZ-ZJunho-Julho-2019.pdf*. Fonte:
 CONAB: <file:///C:/Users/Thallia%20Castro/Downloads/MilhoZ-ZAnaliseZZMensalZ-ZJunho-Julho-2019.pdf>

SANTANA et al, Propriedades funcionais do eugenol e sua aplicação em alimentos.
 Pernambuco, Brasil, 2021.

SANTORO, G. E. Trypanosoma cruzi: Activity of essential oils from Achillea millefolium L., Syzygium aromaticum L. and Ocimum basilicum L. on epimastigotes and trypomastigotes. **Experimental Parasitology**, v. 116, p. 283- 290, 2007.

SANTOS. *Controle de Pragas Durante o Armazenamento do Milho*. Circular Técnica, 2006. http://www.diadecampo.com.br/arquivos/materias/%7BED78457F-F649-4A82-8C23-B5E5B134C737%7D_Circ_84.pdf

SANTOS et al., *Comunicado Técnico*. Descrição de Sistema e de Métodos de Extração de Óleos Essenciais e Determinação de Umidade de Biomassa em Laboratório.

EMBRAPA, 2004. Fonte: EMBRAPA:

<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/27902/1/com.tec.99.pdf>

SANTOS *Milho*. Embrapa, 2021. <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/milho/producao/colheita-e-pos-colheita/pragas-de-graos-armazenados>

SANTOS, P. B. (2014). Preparação e Caracterização Físico. *Química de complexos de inclusão de Limoneno em α e β -ciclodextrina*. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) – Universidade Federal de Sergipe, 2014.

SASIKALA et al. GC-MS ANALYSIS OF PHYTOCHEMICAL CONSTITUENTS, INSECTICIDAL AND LARVICIDAL ACTIVITY OF *Citrus aurantium* AGAINST THE PULSE BEETLE, *Callosobruchus maculatus* (FABRICIUS) AND DENGUE VECTOR, *Aedes aegypti* L. (ARTHROPODA: HEXAPODA). **Uttar Pradesh Journal Of Zoology**, 118-132, 2019.

SATO, K. E. Fonte: Antimicrobial effect of trans-cinnamaldehyde, (-)-perillaldehyde, (-)-citronellal, citral, eugenol and carvacrol on airborne microbes using an airwasher, **Biological and Pharmaceutical Bulletin**, v.29, n.11, p.2292-4, 2006.

SEIXAS, P.; CASTRO, H.; SANTOS, G.; CARDOSO, D. Controle fitopatológico do Fusarium subglutinans pelo óleo essencial do capim-citronela (*Cymbopogon nardus* L.) e do composto citronelal. **Botucatu**, São Paulo, Brasil, 2012.

SILVA D. G.; FUNCK, G. D.; MATTEI, F. J.; SILVA, W. P. Antimicrobial and antioxidant activity of essential oil from pink pepper tree (*Schinus terebinthifolius* Raddi) in vitro and in cheese experimentally contaminated with *Listeria monocytogenes*. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 36, p. 120-127, 2016.

SILVA, I. M. Óleos essenciais no controle de praga e seletividade a organismos não alvos. Viçosa, Minas Gerais, Brasil, 2016.

SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P.; MENTZ, L. A. Farmacognosia: Do produto natural ao medicamento. Porto Alegre: Artmed, 2017.

SOLÓRZANO, F.; G., M. M. Essential oils from aromatic herbs as antimicrobial agentes. **Current Opinion in Biotechnology**, v. 23, p. 136-141, 2012.

SOUSA, G. D.; GIGLIOLLI, A. A.; CONTE, H. Morfologia e ultraestrutura do sistema digestório de *Sitophilus zeamais* (motschulsky, 1855) (coleoptera:curculionidae) após o desenvolvimento embrionário. *VII EPCC*. Fonte: VII EPCC, 2011.

VALICENTE, F. H.). Manejo Integrado de Pragas na Cultura do. *Circular Técnica - Embrapa*, 13, 2015.

VASCONCELOS, G. *Ordens de insetos de importância agrícola*:. Fonte: Características gerais e identificação das principais famílias, 2012.
<https://ocondedemontecristo.files.wordpress.com/2013/07/ordens-de-insetos-de-importancia-agricola.pdf>

VIEBRANTZ, P.; RADUNZ, L. L.; DIONELLO, R. G.. Mortality of insects and quality of maize grains in hermetic and non-hermetic storage. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, n. 20, v.5, 487-492, 2016.

VIEIRA, P. C.; MAFEZOLI, J.; BIAVATTI, M. W. . *Produtos naturais no controle de insetos*. São Carlos: EdUFSCar, 2007.

VITAL, N. . *Agradeça aos agrotóxicos por estar vivo*. Rio de Janeiro: Record, 2017.