

UNIVERSIDADE FEDERAL DO SUL DA BAHIA

CAMPUS JORGE AMADO

TALIA SILVA RIBEIRO

**ÓLEO ESSENCIAL DE *Schinus terebinthifolia* RADDI NO CONTROLE
DE *Sitophilus zeamais* (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) NO
ARMAZENAMENTO DE MILHO**

ITABUNA - BAHIA
2025

TALIA SILVA RIBEIRO

**ÓLEO ESSENCIAL DE *Schinus terebinthifolia* RADDI NO CONTROLE
DE *Sitophilus zeamais* (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) NO
ARMAZENAMENTO DE MILHO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal do Sul da Bahia, como parte das
exigências do curso de Engenharia Agrícola e Ambiental
para obtenção do título de bacharel em Engenharia Agrícola
e Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Eduardo Pereira

ITABUNA - BAHIA
2025

TALIA SILVA RIBEIRO

ÓLEO ESSENCIAL DE *Schinus terebinthifolia* RADDI NO CONTROLE DE *Sitophilus zeamais* (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) NO ARMAZENAMENTO DE MILHO

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Universidade Federal do Sul da Bahia, como parte das exigências do curso de Engenharia Agrícola e Ambiental para obtenção do título de Engenheiro Agrícola e Ambiental.

Aprovado: 23 de maio de 2025.

Documento assinado digitalmente
 **CARLOS EDUARDO PEREIRA**
Data: 08/09/2025 08:14:44-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Carlos Eduardo Pereira
Orientador
Universidade Federal do Sul da Bahia/UFSB

Documento assinado digitalmente
 **ROSANE RODRIGUES DA COSTA PEREIRA**
Data: 05/09/2025 12:32:39-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Rosane Rodrigues da Costa Pereira
Membro
Convidado
Universidade Federal do Sul da Bahia/UFSB

Documento assinado digitalmente
 **LAIS MOREIRA SILVA**
Data: 08/09/2025 14:21:55-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

M.e. Laís Moreira da Silva
Membro
Convidado
Universidade Estadual Santa Cruz/UESC

RESUMO

Sitophilus zeamais é uma das principais pragas de grãos armazenados, especialmente do milho, causando sérias perdas econômicas. Historicamente, a desinfestação tem sido realizada com inseticidas químicos. No entanto, o uso indiscriminado desses produtos pode levar à seleção de populações resistentes e representa riscos ao meio ambiente, à fauna e à saúde humana. Buscando alternativas mais sustentáveis, este estudo teve como objetivo avaliar a atividade inseticida do óleo essencial (OE) de *Schinus terebinthifolia* no controle de *S. zeamais* em condições de laboratório. O Capítulo I apresenta uma revisão bibliográfica sobre o potencial inseticida de OEs e extratos vegetais no controle de *S. zeamais* durante o armazenamento de milho. A busca foi realizada em diversas bases de dados, considerando artigos publicados entre 2019 e 2024, excluindo monografias, dissertações, teses e literatura cinzenta. Foram selecionados 23 artigos que demonstraram atividade inseticida contra o inseto. Entre os testes avaliados, 78,95% utilizaram bioensaios de fumigação e 47,37% testes por contato. Os gêneros *Citrus* e *Lippia* foram os mais frequentemente mencionados. No Capítulo II, os frutos de *S. terebinthifolia* foram coletados em área de restinga na região do Acuípe, Ilhéus (BA), submetidos à hidrodestilação e analisados por cromatografia gasosa. Os bioensaios por contato direto e indireto foram conduzidos com insetos não sexados provenientes de milho infectado, adquiridos no comércio local do Extremo Sul da Bahia. O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado. Diferentes concentrações do OE foram aplicadas diretamente sobre os grãos, avaliando-se a mortalidade após 24 e 72 horas. Nos resultados não foram observadas diferenças estatisticamente significativas na mortalidade entre as doses e os tempos de exposição. Essa baixa eficácia pode estar relacionada à composição química do OE, à volatilidade dos metabólitos e à resistência da espécie-alvo.

Palavras-chave: Pragas de armazenamento, gorgulho do milho; atividade inseticida.

ABSTRACT

Sitophilus zeamais is one of the main pests of stored grains, especially maize, causing serious economic and social losses. Historically, disinfestation has been carried out using chemical insecticides. However, the indiscriminate use of these products has led to the selection of resistant populations and poses risks to the environment, fauna, and human health. In search of more sustainable alternatives, this study aimed to evaluate the insecticidal activity of the essential oil (EO) of *Schinus terebinthifolia* for the control of *S. zeamais* under laboratory conditions. Chapter I presents a literature review on the insecticidal potential of EOs and plant extracts for the control of *S. zeamais* during maize storage. The search was conducted across several databases, considering articles published between 2019 and 2024, excluding monographs, dissertations, theses, and grey literature. A total of 23 articles demonstrating insecticidal activity against the pest were selected. Among the evaluated tests, 78.95% used fumigation bioassays and 47.37% used contact assays. The *Citrus* and *Lippia* genera were the most frequently cited. In Chapter II, fruits of *S. terebinthifolia* were collected from a restinga area in the Acuípe region, Ilhéus (Bahia, Brazil), subjected to hydrodistillation, and analyzed by gas chromatography. Direct and indirect contact bioassays were conducted using unsexed insects from infested maize acquired at the local market in southern Bahia. The experiment followed a completely randomized design, with different EO concentrations applied directly to the grains, and mortality was assessed after 24 and 72 hours. The results showed no statistically significant differences in mortality between the doses and exposure times. This low efficacy may be related to the chemical composition of the essential oil, the volatility of its metabolites, and the resistance of the target species.

Keywords: Stored-product pests, maize weevil, insecticidal activity.

SUMÁRIO

RESUMO.....	3
ABSTRACT.....	4
1. INTRODUÇÃO GERAL	6
2. OBJETIVO GERAL.....	9
2.1 Objetivos Específicos	9
3 CAPÍTULO I.....	10
RESUMO.....	10
ABSTRACT.....	10
INTRODUÇÃO.....	11
MATODOLOGIA.....	12
DESENVOLVIMENTO	13
Pós-colheita do milho.....	13
Pragas de grãos armazenados.....	15
Óleo essencial e extratos vegetais	16
Atividade inseticida de óleos essenciais e extratos vegetais.....	17
CONSIDERAÇÕES FINAIS	21
REFERÊNCIAS	21
4 CAPÍTULO II	27
RESUMO.....	27
ABSTRACT.....	28
INTRODUÇÃO.....	28
MATERIAL E MÉTODOS	30
Local do Experimento	30
Obtenção dos óleos essenciais	31
Identificação de compostos do óleo essencial	31
Eliminação da Infestação dos milhos	32
Criação dos <i>S. zeamais</i>.....	32
Toxicidade por contato direto e indireto em <i>S. zeamais</i>.....	33
Análises Estatísticas	33
RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
CONSIDERAÇÕES FINAIS	36
REFERÊNCIAS	36
5 CONCLUSÃO GERAL.....	40
6 REFERÊNCIAS	41

1. INTRODUÇÃO GERAL

O milho (*Zea mays* L.) é uma importante cultura na produção mundial, estando presente no processamento de diferentes subprodutos, desde a alimentação humana até a indústria de alta tecnologia. Trata-se de uma *commodity* altamente uniforme e padronizada internacionalmente, com significativo potencial econômico e social em diversas regiões do Brasil, posicionando o país como o terceiro maior produtor mundial de milho. Na safra 22/23 o país atingiu um marco histórico de exportação durante a safra enviando mais de 56 milhões de toneladas para o mercado externo (CONAB, 2024). O estado da Bahia, historicamente associado a agricultura de subsistência, tem emergido como líder na região nordeste em termos de área cultivada e produção de milho, atribuído principalmente ao avanço tecnológico (Carneiro, 2020; Coelho, 2021).

Os grãos de milho apresentam a característica de poderem ser estocados por longos períodos sem grandes perdas de qualidade, mantendo suas físicas, químicas e biológicas. No entanto, para que o armazenamento prolongado seja viável, é essencial adotar adequadamente práticas de colheita, limpeza, secagem, aeração, controle de insetos e prevenção de fungos. Neste cenário, a ausência dessas condições sanitárias adequadas associado às condições climáticas ideais, tem aumentado as perdas principalmente, por ataque de inseto pragas (Dias *et al.*, 2023; Lazzari e Lazzari, 2009; Santos, 2021).

As perdas econômicas anuais globais causadas por insetos no armazenamento são estimadas em cerca de 10% em cada safra. Esse número ainda pode ser maior em países em desenvolvimento, chegando a até 50% de perdas, afetando a segurança alimentar, causando perda de valor nutritivo, alterando a qualidade, a viabilidade de sementes e reduzindo o padrão comercial e valoração (Goñi *et al.*, 2017; Rosa *et al.*, 2020).

O gorgulho do milho (*Sitophilus zeamais*) (Motschulsky) (Coleoptera: Curculionidae) representa uma séria ameaça para a produção e o armazenamento de grãos, resultando em prejuízos significativos. Conhecido por sua alta taxa reprodutiva e pela capacidade de infestar áreas agrícolas e instalações de armazenamento. Ele é capaz de penetrar na massa dos grãos de cereais, causando danos tanto durante sua fase larval quanto adulta. A infestação por esse inseto pode levar à perda de peso dos grãos, a redução na capacidade de germinação, desvalorização comercial e diminuição do valor nutricional do milho (Santos, 2021).

A desinfestação de *S. zeamais* nos alimentos armazenados tem sido realizada com o controle químico, através de medidas de higienização e inseticidas fumigantes e protetores. Um método eficiente e fácil de utilizar, todavia, o uso indiscriminado de produtos químicos leva a

perda de eficácia do composto devido a seleção de populações de insetos resistentes. Além de representar sérios riscos ao meio ambiente, à fauna e a saúde humana. Isso pode levar a efeitos letais em organismos não alvo e promover resistência em pragas (Aryal *et al.*, 2023; Sene *et al.*, 2021). Esses resíduos ainda podem estar presentes nos subprodutos dos grãos, em concentrações menores ou até maiores (Barbosa, 2004). Como método alternativo de controle menos tóxico, tem aumentado o número de pesquisas sobre inseticidas botânicos com efeitos semelhantes aos químicos tradicionais (Figueiredo, Rocha e Freitas, 2018).

Os inseticidas botânicos representam uma alternativa promissora para o controle de pragas pois, apresentam rápida degradação, custo relativamente baixo, não deixa resíduos nos subprodutos dos grãos (Coitinho *et al.*, 2010) e ainda surge como uma fonte de renda extra para comunidades tradicionais. Um exemplo são os óleos essenciais (OEs), substâncias voláteis, odoríferas, líquidas e lipofílicas, constituídas majoritariamente por terpenos. Essas substâncias são encontradas em diversas partes das plantas, como folhas, caules, cascas, flores e frutos, sendo produzidos pelas plantas para atrair polinizadores e proteger contra predadores (Alves, 2018; Teodoro *et al.*, 2019).

O efeito tóxico dos óleos essenciais nos insetos envolve uma ampla gama de mecanismos, podem agir causando mortalidade ou repelência, em qualquer uma das fases do seu ciclo de vida. Podem inibir a postura de ovos e alimentação, o crescimento do inseto, causar modificações morfogênicas, alterar o comportamento sexual, esterilizar insetos adultos e/ou afetar o sistema hormonal. As substâncias químicas do óleo essencial podem atuar por meio de fumigação e inibição do sistema nervoso, com as toxinas penetrando através da ingestão, inalação, contato direto e/ou indireto (Rosa *et al.*, 2020; Said-Al *et al.*, 2017; Silva *et al.*, 2020; Spletozer *et al.*, 2021). O efeito tóxico dos óleos essenciais é frequentemente atribuído à variabilidade fitoquímica, mas também é influenciado por outros fatores, como o ponto de entrada da toxina. A ação repelente é o modo de ação mais comum dos óleos essenciais e seus compostos majoritários, com os insetos detectando compostos nocivos no ambiente e adotando comportamentos defensivos (Isman, 2006).

Entre os óleos essenciais, destaca-se o extraído do fruto da Pimenta rosa (*Schinus terebinthifolia* Raddi), espécie nativa da América do Sul, pertencente à família Anacardiaceae. Reconhecida também como aroeirinha, aroeira-vermelha, aroeira pimenteira, fruto-de-sabiá, cambuí, entre outros nomes, essa espécie apresenta frutos pequenos e avermelhados (Santos *et al.*, 2020). Encontrada em diversas regiões e habitats, demonstra uma notável tolerância a diferentes condições ambientais (Lorenzi, 2002). Esta espécie é rica em óleo essencial, composto majoritariamente por monoterpenos e sesquiterpenos. E tem sido amplamente

estudada devido às suas propriedades antioxidantes, anti-inflamatórias, antibióticas, inseticida, acaricida, repelente e antifúngica, com potencial ação contra pragas de armazenamento (Acácio *et al.*, 2023; Coitinho *et al.*, 2011; Gilbert e Favoreto, 2011).

A preocupação ambiental tem aumentado o interesse por uma agricultura mais sustentável substituindo e/ou diminuindo o uso de químicos sintéticos, levando à busca por alternativas naturais, inclusive no controle de pragas, estimulando assim o estudo e aplicação desses compostos (Hoffmann, 2020). Além disso, a formulação de bioinseticidas também impulsiona o aumento da produção na agricultura orgânica (Reddy e Chowdary, 2021). Coitinho *et al.* (2010) enfatiza a necessidade de pesquisas nessa área, principalmente para os pequenos e médios agricultores. Pois, além de controlar as infestações de pragas como o *S. zeamais*, irá também auxiliar na preservação da saúde dos produtores e seus familiares.

Os óleos essenciais são uma alternativa promissora aos inseticidas sintéticos no manejo de pragas de pós-colheita para uma agricultura mais sustentável. Para isso, é essencial identificar as espécies vegetais com propriedades inseticidas para controlar a infestação de pragas de armazenamento. Nesse contexto, o presente trabalho objetiva realizar uma revisão bibliográfica sobre o uso de extratos e óleos essenciais de espécies vegetais para o controle de *S. zeamais* em grãos de milho armazenados. Na sequência, avaliar a atividade inseticida do óleo essencial de *Schinus terebinthifolia* Raddi contra adultos de *S. zeamais*.

2. OBJETIVO GERAL

Avaliar a atividade inseticida do óleo essencial de *S. terebinthifolia* Raddi para controle da infestação de *S. zeamais* no armazenamento.

2.1 Objetivos Específicos

- Realizar uma revisão bibliográfica sobre o uso de óleos essenciais e extratos para o controle de *S. zeamais* em grãos de milho armazenados
- Avaliar a atividade inseticida de óleo essencial *S. terebinthifolia* no controle de *S. zeamais*

3 CAPÍTULO 1: POTENCIAL INSETICIDA DE ÓLEOS ESSENCIAIS E EXTRATOS VEGETAIS NO CONTROLE DO *Sitophilus zeamais* NO ARMAZENAMENTO DE MILHO: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

RESUMO

Sitophilus zeamais, o gorgulho-do-milho, é uma praga que compromete a qualidade dos grãos armazenados. O uso de inseticidas químicos, apesar de eficaz controle desse inseto, causa impactos ambientais e resistência nas pragas. Alternativas como óleos essenciais e extratos vegetais emergem como acessíveis, seguros para os seres humanos e sustentáveis. Este trabalho tem como objetivo apresentar uma pesquisa bibliográfica sobre o potencial inseticida de óleos essenciais e extratos vegetais no controle de *S. zeamais* durante o armazenamento de milho. Utilizando bases de dados como Pubmed, SCIELO, Periódicos Capes e Google Acadêmico, foram selecionados artigos publicados entre 2019 e 2024, excluindo monografias, dissertações, teses e literatura cinzenta. Na revisão, foram selecionados 23 estudos para avaliação na íntegra que apresentaram resultados promissores contra *S. zeamais*. Ao avaliar os tipos de testes, observou-se que os bioensaios de fumigação está presente em 78,95% dos trabalhos analisados e 47,37% em testes por contato. Foram identificados uma ampla diversidade de espécies com propriedades inseticidas e repelentes promissoras. Entre os óleos essenciais avaliados, observou-se que os gêneros *Citrus* e *Lippia* foram os mais frequentes mencionados possuindo potenciais substâncias químicas com ação inseticida contra gorgulhos. Os dados do presente estudo podem servir como base de direcionamento em pesquisas futuros para a seleção de espécies vegetais promissoras para o controle de *S. zeamais*.

Palavras-chaves: Gorgulho do milho; Atividade inseticida; Grãos armazenados.

ABSTRACT

Sitophilus zeamais, the maize weevil, is a pest that compromises the quality of stored grains. Although chemical insecticides are effective, they cause environmental impacts and lead to pest resistance. Alternatives such as essential oils and plant extracts have emerged as accessible, human-safe, and sustainable options. This study aims to present a literature review on the insecticidal potential of essential oils and plant extracts in the control of *S. zeamais* during maize storage. Using databases such as PubMed, SciELO, CAPES Journals, and Google Scholar, articles published between 2019 and 2024 were selected, excluding monographs, dissertations, theses, and grey literature. A total of 23 studies showing promising results against *S. zeamais* were selected for full evaluation. Among the types of tests analyzed, fumigation bioassays were present in 78.95% of the studies, while 47.37% used contact assays. A wide variety of plant species with promising insecticidal and repellent properties were identified. Among the essential oils evaluated, the *Citrus* and *Lippia* genera were the most frequently mentioned, containing chemical substances with insecticidal action against weevils. The data from this study may serve as a reference for future research focused on selecting promising plant species for the control of *S. zeamais*.

Keywords: Maize weevil; Insecticidal activity; Stored grains.

INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays*) é uma das culturas agrícolas mais cultivadas globalmente, desempenhando um papel fundamental como matéria-prima industrial e como alimento básico para pequenos agricultores. Durante o armazenamento em silos e armazéns, os grãos são frequentemente infestados por insetos, com destaque para as espécies do gênero *Sitophilus*. Esses insetos causam danos significativos, como perda de peso, redução do vigor germinativo, além de diminuir os valores nutricionais e de mercado dos grãos. Em casos extremos, as infestações podem resultar em perdas de até metade da produção, gerando graves prejuízos financeiros e comprometendo a segurança alimentar e a renda de famílias envolvidas na agricultura de subsistência (Bawa *et al.*, 2022; Dougoud *et al.*, 2019; Lleke *et al.*, 2020; Mohammad *et al.*, 2024).

As pragas pós-colheita, como *S. zeamais*, representam um grave problema econômico, com perdas superiores a 10% (Abdullahi e Dandago, 2021; Cano *et al.*, 2024). López-Castillo *et al.* (2018) e Lleke *et al.* (2020) destacaram que gorgulhos podem causar de 40% a até 60% de perdas durante o armazenamento, especialmente em períodos de 3 a 6 meses. Esse impacto prejudica diretamente a segurança alimentar, sendo mais evidente em países em desenvolvimento, onde o milho é um alimento básico e fonte crucial de sustento para muitas famílias rurais. Além de reduzir a disponibilidade de alimento, essas perdas comprometem o valor de mercado do milho, agravando a vulnerabilidade econômica e social das comunidades afetadas.

Os danos causados por *S. zeamais* têm início com as fêmeas adultas, que perfuram os grãos para depositar seus ovos. Durante seu ciclo de vida, que ocorre integralmente no interior do grão, o inseto passa por todos os estágios larvais, alimentando-se do amido e do germe. Esse processo resulta na redução do valor nutricional do grão. Além disso, o adulto, ao emergir do grão para alimentar-se, provoca perfurações adicionais que agravam os danos físicos e econômicos (Acheampong *et al.*, 2019; Groote *et al.*, 2013).

Estratégias para o manejo do inseto-praga incluem o uso de estruturas herméticas de armazenamento e a aplicação de inseticidas químicos. No entanto, essas abordagens são muitas vezes inviáveis para pequenos agricultores em regiões de baixa renda devido aos altos custos e/ou à falta de acesso (López-Castillo *et al.*, 2018). Além disso, o uso de inseticidas químicos apresenta desafios adicionais, como toxicidade para mamíferos, impactos ambientais negativos e o desenvolvimento de resistência por parte das pragas, agravado pela globalização do comércio, que facilita a disseminação desses insetos (Cano *et al.*, 2024).

Óleos essenciais e extratos vegetais possuem várias propriedades biológicas, incluindo propriedades antimicrobianas, antioxidantes e inseticidas. Esses compostos botânicos oferecem uma alternativa de fácil acesso para pequenos agricultores (Lleke *et al.*, 2020; Reddy e Chowdary, 2021). Estes produtos têm se destacado por suas propriedades biodegradáveis, ecológicas e pela ausência de resistência nas pragas (Bawa *et al.*, 2022; Isman, 2006). Além disso, os produtos vegetais naturais são considerados acessíveis, seguros para os seres humanos e ecologicamente sustentáveis, sendo uma solução eficaz no controle de infestações em grãos armazenados (Lleke *et al.*, 2020).

O crescente interesse pelo uso de óleos essenciais e extratos vegetais reflete uma busca por alternativas mais sustentáveis e naturais para o controle de pragas, em resposta à crescente preocupação ambiental com o uso de pesticidas sintéticos (Hoffmann, 2020). Diante desse cenário, o presente estudo tem como objetivo apresentar uma revisão bibliográfica sobre o potencial inseticida de óleos essenciais e extratos vegetais no controle de *S. zeamais* no armazenamento de milho, destacando o potencial desses produtos naturais como alternativas eficazes e sustentáveis para a agricultura.

METODOLOGIA

Esta pesquisa foi conduzida como um estudo bibliográfico com o objetivo de investigar o potencial inseticida de óleos essenciais e extratos vegetais no controle de *S. zeamais* durante o armazenamento de milho. Para isso, foram utilizadas diversas bases de dados, incluindo Pubmed, SCIELO, Periódicos Capes e Google Acadêmico, com o intuito de identificar artigos científicos relevantes publicados no período de janeiro de 2019 a junho de 2024.

A seleção dos artigos foi realizada mediante a aplicação de critérios específicos, os quais incluíram a exclusão de monografias, dissertações, teses e literatura cinzenta. A escolha desses critérios teve como objetivo garantir a qualidade e a relevância dos estudos selecionados para a análise.

Os artigos foram selecionados nas bases de dados e exportados para o software Rayyan[®] para remoção dos estudos duplicados e avaliação com base nos critérios definidos. Nessa etapa, realizou-se uma pré-seleção para avaliação do título, resumo e palavras-chaves. Quando esses tópicos não forneciam informações suficientes, era realizada a leitura na íntegra. Após essa etapa, os artigos não disponíveis por completo foram separados.

Após a identificação dos artigos, foram analisados seus conteúdos, destacando-se informações relevantes sobre o uso de óleos essenciais e extratos vegetais no controle de *S.*

zeamais. Os dados dos artigos foram organizados em uma planilha do software Microsoft Excel®, incluindo o título, autores, ano de publicação, palavras-chaves, espécies vegetais utilizadas, metodologia e principais resultados. Essa análise permitiu a compilação de dados e a elaboração de uma revisão abrangente sobre o tema, contribuindo para o avanço do conhecimento científico nessa área.

DESENVOLVIMENTO

Pós-colheita do milho

O comércio internacional de *commodities* agrícolas é impulsionado pelo aumento da demanda de rações na produção de carne (USDA, 2018). Neste setor, o milho é uma das principais culturas estratégicas para a agricultura brasileira, sendo cultivada na sucessão de soja, consorciada com gramíneas forrageiras em produção lavoura-pecuária e em rotação de culturas. Além disso, apresentam uma ampla exploração no mercado, seja na forma de silagem, grãos, na produção de etanol, no mercado farmacêutico e na alimentação humana (Contini *et al.*, 2019).

Após a colheita e beneficiamento, o milho, seja grãos ou sementes podem ser comercializado ou armazenado. No período de armazenamento as características físicas, químicas e biológicas necessitam ser preservadas para conservação dos nutrientes. Os grãos de milho apresentam peso médio de 250 a 300 mg e constituem cerca de 72% de amido; 9,5% de proteínas; 9% de fibras e 4% de óleo em matéria seca (Paes, 2006). A estocagem pode trazer benefícios consideráveis ao produtor, pois na colheita a oferta é superior à procura, mas ao estocar poderá aguardar que o cenário mude e a comercialização apresente maiores lucros (Araújo *et al.*, 2012). O milho pode ser armazenado em depósitos ou armazéns a granel ou ensacado antes de serem comercializados (Marcolan *et al.*, 2008). Para manter a qualidade dos grãos durante este período a estrutura dos armazéns devem estar adequadas, garantindo a limpeza, a secagem, a aeração e o controle de pragas, principalmente, roedores, pássaros, fungos e insetos (EMBRAPA, 2004; Santos, 2006).

O armazenamento de sementes de milho exige maiores cuidados e critérios a serem seguidos, sendo armazenadas quando atingem sua maturidade fisiológica no campo, seu ponto de maior qualidade. Nesta etapa, dependendo das condições de manejo pode haver a redução da qualidade fisiológica pelo processo de deterioração. Esse fenômeno envolve diferentes alterações bioquímicas, fisiológicas e físicas, sendo progressivo e determinado por fatores ambientais, genéticos, pelo manejo na colheita, secagem, beneficiamento e também pelas condições de estocagem. São alterações ocorridas durante a deterioração a alteração na

composição química, esgotamento das reservas, oxidação de lipídios e diminuição das proteínas, alteração das membranas das células, alterações de nucleotídeos, alterações enzimáticas, redução da integridade e aumento da permeabilidade e desorganização (Villela e Peres, 2004).

O potencial fisiológico das sementes está relacionado a sua capacidade da mesma de realizar funções vitais, como a longevidade, germinação e vigor. Ao reduzir sua qualidade, temos a diminuição da porcentagem de germinação, aumento de plântulas anormais e redução do vigor das plântulas (Toledo *et al.*, 2009). A utilização de sementes de baixa qualidade contribui para as quedas na produtividade agrícola, reduz a velocidade de emergência das plântulas e aumenta a sensibilidade ao estresse e contribui para a produção desuniforme (Filho, 2015). Por isso, torna-se necessário realizar a estocagem de sementes em ambientes controlados.

As condições ambientais no período de armazenamento auxiliam na preservação dos grãos e sementes, em que a temperatura e a umidade do ar são os principais fatores para garantir a sua qualidade fisiológica. Pois, a umidade do ar afeta o teor de água da semente e a temperatura a velocidade dos processos bioquímicos. Esse teor de água de equilíbrio das sementes varia conforme sua composição química, assim, os grãos com maior presença de proteínas e carboidratos serão mais higroscópicos que sementes oleaginosas, que tem maior porcentagem de lipídeos, composto essencialmente hidrofóbico. Neste cenário, os grãos de milho apresentam características higroscópicas, devido a maior presença de amido em sua composição (Goldfarb e Queiroga, 2013; Paes, 2006).

De acordo com Silva *et al.* (2010) em ambiente não controlado as sementes irão acompanhar as variações de umidade relativa do ar do local de armazenamento. Essas oscilações prejudicam a conservação da germinação e o vigor de sementes, principalmente associadas ao aumento da temperatura.

A maior parte dos grãos apresentam características inadequadas para armazenamento, devido ao teor de água durante a colheita, necessitando, de um tratamento nas etapas de pós-colheita, como a secagem, para preservar sua qualidade (Bailey, 1992). Sementes ortodoxas podem ser secadas e armazenadas em baixas temperaturas com teores de umidade entre 5 a 7% (Villela e Peres, 2004).

Os agricultores familiares apresentam maiores dificuldades de armazenamento, devido a ausência de infraestrutura adequada e o baixo controle sanitário, o que aumenta o risco de infestação por pragas e doenças. Muitos deles não consideram as condições ideais de umidade e temperatura durante a estocagem por falta de conhecimento técnico e estrutura, mesmo

observando problemas na germinação (Andrade *et al.*, 2012; Araújo *et al.*, 2012; Rodrigues *et al.*, 2018).

Especialmente em pequenas propriedades, é comum o uso de sementes crioulas, que podem ter requisitos específicos de armazenamento. Essas sementes desempenham um papel importante na manutenção da agrobiodiversidade e na conservação dos recursos genéticos, garantindo a autonomia e a segurança alimentar dos agricultores familiares (Araújo *et al.*, 2013). Ademais, o uso de sementes adaptadas às condições locais pode reduzir as perdas agrícolas, especialmente em regiões sujeitas a estresses ambientais.

Durante o período de armazenamento a presença de pragas agrícolas podem acarretar na perda dos grãos, principalmente ocasionadas por insetos e agravando pela falta de infraestrutura, ausência de aeração e de controle térmico. As perdas por insetos podem ser superiores as perdas causadas por pragas no campo. As perdas econômicas anuais globais causadas por insetos no armazenamento são estimadas em cerca de 10% em cada safra. Esse número ainda pode ser maior em países em desenvolvimento, chegando a até 50% de perdas, afetando a segurança alimentar, causando perda de valor nutritivo, alterando a qualidade, a viabilidade de sementes e reduzindo o padrão comercial e valoração (Cabral, 2011, Goñi *et al.*, 2017; Rosa *et al.*, 2020).

Pragas de grãos armazenados

Os principais insetos-pragas de armazenamento de grãos são das ordens Coleoptera, como os gorgulhos do milho, e da ordem Lepidoptera, como as mariposas. Entre eles, os coleópteros são mais resistentes e movimentam-se entre os grãos, principalmente em profundidades maiores, enquanto os lepidópteros permanecem na superfície da massa de grãos, causando menos danos (Faroni e Sousa, 2006). No gênero *Sitophilus* spp., três espécies se destacam como pragas de produtos armazenados, incluindo o gorgulho do milho, *S. zeamais*. Esta espécie é uma das pragas primárias mais importantes do milho armazenado, causando perdas quantitativas e qualitativas devido à postura de ovos dentro dos grãos (Gallo *et al.*, 2002).

Esses insetos-praga podem ser classificados de acordo com seu hábito alimentar, o que constitui uma característica crucial para o controle de infestações em armazéns. São divididas em primárias e secundárias, com base nesse comportamento. As primárias atacam grãos inteiros e saudáveis, dividindo-se em internas e externas, enquanto as secundárias atacam sementes danificadas (Lorini *et al.*, 2010).

Os adultos do *S. zeamais* têm entre 2,0 e 5 mm de comprimento, coloração castanho-escuro e rostro curvado, sendo capazes de perfurar grãos com suas mandíbulas fortes. O ciclo

de vida inclui oviposição de até 104 dias, com uma média de 282 ovos por fêmea, e a emergência de adultos ocorrendo em até 34 dias (Botton *et al.*, 2005). Os ovos são depositados pela fêmea adulta em pequenas cavidades perfuradas nos grãos. Após a postura, essas cavidades são vedadas pela fêmea com uma substância mucilaginosa secretada por ela. Com o tempo, essa substância se solidifica, formando uma pequena protuberância na superfície do grão, o que indica que o mesmo está infestado (Devi *et al.*, 2017). O período médio de incubação dos ovos é de 6 a 9 dias a uma temperatura de 25 °C. As larvas penetram nos grãos, onde se alimentam e passam por quatro instares larvais. Em seguida, ocorre a transformação em pupas dentro do grão, onde permanecem até completarem o desenvolvimento e emergirem como adultos (Kumari *et al.*, 2022).

O uso de produtos sintéticos mostra alta eficácia no controle das populações do *S. zeamais*. No entanto, apesar da eficácia dessas substâncias, a aplicação contínua e o uso exacerbado têm contaminado o meio ambiente e intoxicando seres humanos e animais. Nesse cenário, na busca por práticas agrícolas mais sustentáveis, tem aumentado o interesse da busca por métodos de controle menos agressivos que atuem semelhante aos inseticidas e mantenha a qualidade do alimento, como a busca por bioinseticidas botânicos (Achimón *et al.*, 2022; Figueiredo, Rocha e Freitas, 2018; Nayak *et al.*, 2020).

O controle de insetos-praga por meio de inseticidas botânicos contribuirá também com o processo de mudança gradual do manejo dos agroecossistemas com a transição do modelo agroquímico de produção para uma agricultura com princípios de base ecológica. Ação já adotado por agricultores tradicionais de subsistência, principalmente em países em desenvolvimento (Dougoud *et al.*, 2019; Iqbal *et al.*, 2022; Leite e Bertotti, 2020). Dentre as fontes botânicas, os óleos essenciais apresentam um grande potencial como bioinseticidas contra *S. zeamais*, demonstrando resultados promissores em diversos mecanismos de ação (Achimón *et al.*, 2022).

Óleo essencial e extratos vegetais

A grande maioria das plantas sintetiza e acumula compostos metabólicos secundários em diferentes partes de suas estruturas, como folhas, flores e raízes. Esses compostos químicos desempenham diversas funções, incluindo a defesa contra predadores potenciais, como insetos ou vertebrados herbívoros e sugadores de seiva, funcionando, dessa forma, como uma espécie de mecanismo de defesa química. Além disso, também têm a função de proteger contra patógenos, a radiação ultravioleta, a evaporação excessiva de água e podem servir como atrativos para polinizadores (Hoffmann, 2020).

O sistema de defesa das plantas contra insetos se divide em dois mecanismos principais: defesa direta e defesa indireta. Na defesa direta, a planta produz compostos que afetam diretamente o desempenho do inseto. Na defesa indireta, a planta emite substâncias que atraem parasitas e predadores naturais do inseto, promovendo seu controle biológico (Spletzer *et al.*, 2021). Devido à eficácia natural dos compostos presentes em plantas para sua autodefesa contra pragas, pesquisas botânicas têm explorado extratos vegetais e óleos essenciais de plantas aromáticas como alternativas promissoras para o controle de pragas.

Os óleos essenciais são um grupo de substâncias secundárias. O termo "óleo essencial" deriva da fragrância característica que é exalada pelas plantas, sendo uma mistura de compostos voláteis, tais como fenóis, fenilpropanos, terpenos e sesquiterpenos. A obtenção da maioria dos óleos essenciais é realizada por destilação, que permite extrair esses compostos voláteis de várias partes da planta. Além disso, alguns óleos essenciais podem ser obtidos por meio de prensagem mecânica de tecidos vegetais, enquanto outros requerem a extração com o uso de solventes como hexano ou dióxido de carbono supercrítico (Hoffmann, 2020; Santana *et al.*, 2018).

Os componentes dos extratos vegetais consistem principalmente em metabólitos secundários da planta, semelhantes aos encontrados nos óleos essenciais. A principal diferenciação entre os dois produtos se dá pela forma de obtenção. O termo "extrato" é utilizado para se referir a algo retirado de uma matéria-prima durante um processo químico de extração com solventes, que podem incluir água, álcool, acetato de etila e acetona. Nos extratos vegetais, as próprias plantas são as matérias-primas. O processo de extração das plantas com os solventes ocorre por meio de diversos procedimentos, sendo os principais a maceração, a percolação e a turbólise, técnicas nas quais a planta entra em contato estático ou dinâmico com o solvente (Marques, 2005).

Atividade inseticida de óleos essenciais e extratos vegetais

O uso de óleos essenciais e extratos vegetais como inseticidas pode ocorrer em diferentes estratégias, incluindo o uso do produto isolado ou combinado. Essas combinações podem resultar em efeitos de sinergismo ou antagonismo. No caso do sinergismo, a combinação pode potencializar os efeitos individuais de cada componente. Por outro lado, no antagonismo, um agente pode reduzir a atividade do outro (Reddy e Chowdary, 2021). Essa interação entre os compostos é importante ser considerada ao desenvolver um bioinseticida à base de óleos essenciais e extratos vegetais.

Os óleos essenciais das famílias Asteraceae, Apiaceae, Lamiaceae, Myrtaceae, Piperaceae e Rutaceae apresentam grande potencial como bioinseticida contra *S. zeamais* (Achimón *et al.*, 2022). Além disso, Achimon *et al.* (2022) destacaram que as espécies *Carum carvi*, *Salvia umbratica*, *Ilicium difengpi*, *Periploca sepium*, *Cephalotaxus sinensis*, *Murraya exotica*, *Rhododendron anthopogonoides*, *Ruta graveolens*, *Eucalyptus viminalis*, *Ocotea odorifera*, *Eucalyptus globulus*, *Eucalyptus dunnii*, *Anethum graveolens*, *Ilicium verum*, *Cryptocarya alba*, *Azadirachta indica*, *Chenopodium ambrosioides*, *Cupressus semperivens*, *Schinus molle*, *Piper hispidinervum*, *Mentha longifolia* e *Croton pulegioidorus* apresentam boa propriedade inseticida contra *S. zeamais*.

Foram selecionadas as pesquisas que apresentaram resultados promissores de toxicidade contra *S. zeamais*, com 19 investigações que avaliaram a atividade inseticida de óleos essenciais e 3 estudos com extratos vegetais, todos no período de 2019 a 2024. Os artigos referentes aos óleos essenciais avaliaram a ação por contato, fumigação e/ou repelência. E os extratos vegetais foram estudados ação por contato, repelência e aplicação tópica (Tabela 1).

Ao avaliar os tipos de testes estudados nos artigos, observou-se uma predominância de testes de fumigação, com 78,95% dos trabalhos utilizando esse método isoladamente e/ou em combinação com outros métodos. Em seguida, os testes por contato com 47,37% dos trabalhos. Esses achados evidenciam a relevância da fumigação como uma estratégia amplamente utilizada nos estudos de controle de pragas em grãos armazenados. Conforme relatado por Wanna e Kaewduangta (2022), a fumigação é considerada um método de alta eficácia para o manejo de pragas em produtos estocados. Sua característica de alta volatilidade possibilita a difusão dos gases por todo o espaço aéreo de armazéns e silos, alcançando áreas que outros métodos não conseguem atingir com facilidade.

Tabela 1. Óleos essenciais ou extratos de espécies vegetais estudadas para controle da infestação de *S. zeamais*.

	Espécies Botânicas	Meio de propagação	Referências
Óleo essencial	<i>Anethum graveolens</i> L.	Fumigação e contato	(Rosa <i>et al.</i> , 2020)
	<i>Croton rudolphianus</i> Leaves	Fumigação e contato	(Ribeiro <i>et al.</i> , 2019)
	<i>Plectranthus amboinicu</i> (Lour.)	Fumigação e contato	(Wanna e Krasaetep, 2019)
	<i>Jatropha curcas</i> L.	Fumigação	(Babarinde <i>et al.</i> , 2019)
	<i>Pimenta racemosa</i> var. <i>ozua</i> (Mill.)	Fumigação	(Brito <i>et al.</i> , 2020)

Extratos Vegetais	<i>Clinopodium nepeta</i> subsp.	Repelência	(Debbabi <i>et al.</i> , 2020)
	<i>Lippia citriodora</i> (Lam.) Kunth	Fumigação	(Abdoul-latif <i>et al.</i> , 2020)
	<i>Mosla chinensis</i> Maxim	Fumigação	(Lu <i>et al.</i> , 2020)
	<i>Cinnamomum Cássia</i> Bark	Fumigação e contato	(Yang, Isman e Tak, 2020)
	<i>Citrus sinensis</i> Peel	Fumigação e contato	(Oyededeji <i>et al.</i> , 2020)
	<i>Ocimum basilicum</i> L.	Contato	(Moura <i>et al.</i> , 2020)
	<i>Rosmarinus officinalis</i> L.	Fumigação	(Brito <i>et al.</i> , 2020)
	<i>Hypericum mexicanum</i> L.	Fumigação, contato e repelência	(Patiño-Bayona <i>et al.</i> , 2021)
	<i>Origanum majorana</i> L.	Contato	(Yang, Isman e Tak, 2020)
	<i>Lippia alba</i> Leaves	Fumigação	(Lima <i>et al.</i> , 2021)
	<i>Lavandula dentata</i> L.	Fumigação	(Wagner <i>et al.</i> , 2021)
	<i>Tagetes minuta</i> L.	Fumigação	(Zimmermann <i>et al.</i> , 2021)
	<i>Mentha arvensis</i> L.	Fumigação	(Zimmermann <i>et al.</i> , 2021)
	<i>Ocimum basilicum</i> L.	Fumigação	(Moura <i>et al.</i> , 2021)
	<i>Pimenta haitiensis</i> (Urb.)	Fumigação	(Brito <i>et al.</i> , 2020)
	<i>Schinus molle</i> L.	Contato e repelência	(Landro-Valeznuela <i>et al.</i> , 2022)
	<i>Melaleuca alternifolia</i> Cheel	Contato	(Yang, Isman e Tak, 2020)
	<i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck	Fumigação	(Brito <i>et al.</i> , 2020)
	<i>Foeniculum vulgare</i> Miller	Fumigação e repelência	(Wanna e Khaengkhan, 2023)
	<i>Cymbopogon citratus</i> (DC.) Stapf	Contato e repelência	(Radünz <i>et al.</i> , 2024)
	<i>Elionurus</i> sp.	Contato e repelência	(Radünz <i>et al.</i> , 2024)
	<i>Acanthus montanus</i> (Nees)	Contato	(Lleke <i>et al.</i> , 2020)
	<i>Acanthospermum hispidum</i> DC.	Contato	(Lleke <i>et al.</i> , 2020)
	<i>Alchornea laxiflora</i> (Benth.)	Contato	(Lleke <i>et al.</i> , 2020)
	<i>Argyreia nervosa</i> (Burm. f.)	Contato	(Lleke <i>et al.</i> , 2020)
	<i>Anethum graveolens</i> L.	Repelência e contato	(Albiero, Freiburger e Vanin, 2020)
	<i>Azadirachta indica</i> A. juss.	Repelência e contato	(Albiero, Freiburger e Vanin, 2020)
	<i>Tagetes erecta</i> L.	Aplicação tópica	(Santos <i>et al.</i> , 2022)
	<i>Tagetes patula</i> L.	Aplicação tópica	(Santos <i>et al.</i> , 2022)
	<i>Annona muricata</i> L.	Contato	(Mohammad, Haniffa e Sujarajini, 2023)
	<i>Ocimum selloi</i> Benth.	Repelência	(Mohammad, Haniffa e Sujarajini, 2023)
	<i>Ailanthus altissima</i> M.	Repelência	(Mohammad, Haniffa e Sujarajini, 2023)

Eugenia caryophyllata L.

Repelência

(Mohammad, Haniffa
e Sujarajini, 2023)

Fonte: Autoria própria (2024).

A análise dos 23 artigos selecionados revela uma diversidade de espécies vegetais investigadas quanto ao seu potencial inseticida contra *S. zeamais*. Essa diversidade é importante na prospecção e pesquisa contínua de uma maior variedade de espécies para identificar novas alternativas no controle de *S. zeamais*. Entre os óleos essenciais avaliados, observou-se que os gêneros *Citrus* e *Lippia* foram estudados em mais de um artigo. Essa repetição sugere que este gênero possui compostos químicos promissores que justificam investigações mais aprofundadas. A exploração contínua desses gêneros pode fornecer dados mais robustos e contribuir para o desenvolvimento de alternativas naturais. Nesse sentido, Alves *et al.* (2023) constatou que a laranja doce (*Citrus sinensis*) apresentou toxicidade via fumigação contra o inseto adulto de *S. zeamais*.

Autores como Kim e Lee (2014), Fouad e Camara (2017), Brito *et al.* (2020) e Oyedeji *et al.* (2020) alcançaram resultados promissores ao analisar a atividade inseticida de *Citrus* contra *S. zeamais*. Todas as espécies apresentando o limoneno como composto principal, sendo o *Citrus aurantium* (96,50%), *Citrus sinensis* (96,14%), *Citrus reticulata* (80,20%), *Citrus sinensis* (59,30%) e *Citrus Aurantiifolia* (38,90%).

O limoneno também pode ser encontrado em espécies do gênero *Lippia*, como na *Lippia alba*, *Lippia citriodora* e *Lippia javanica*, indicando possível influência na atividade inseticida contra *S. zeamais* (Abdoul-latif *et al.*, 2020; Kamanula *et al.*, 2017; Lima *et al.*, 2021). Além destes, outros autores como Oliveira *et al.* (2018) também apresentou bons resultados na mortalidade de adultos da espécie com *Lippia sidoides*.

Nos estudos selecionados, foram analisados extratos vegetais de diferentes espécies pertencentes a várias famílias botânicas, destacando-se Acanthaceae, Asteraceae, Euphorbiaceae, Convolvulaceae, Apiaceae, Meliaceae, Annonaceae, Lamiaceae, Simaroubaceae e Myrtaceae. Os principais mecanismos de ação observados foram contato e repelência. Segundo Albiero, Freiburger e Vanin (2020), as famílias Meliaceae e Apiaceae destacaram-se nos estudos de controle de *S. zeamais* pela eficácia de seus extratos vegetais com atividades inseticidas e/ou repelentes. Apresentando propriedades que inibem a alimentação e bloqueiam do desenvolvimento dos insetos.

Os resultados obtidos evidenciam que tanto os óleos essenciais quanto os extratos vegetais apresentam potencial no controle de *S. zeamais*, destacando-se como alternativas sustentáveis aos inseticidas químicos. Contudo, é necessário aprofundar os estudos sobre as

espécies vegetais, investigando os mecanismos de ação dos compostos químicos e avaliar sua viabilidade econômica e ambiental em larga escala.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os óleos essenciais e extratos vegetais demonstraram ser alternativas eficazes e sustentáveis para o controle de *S. zeamais*, com propriedades inseticidas e repelentes promissoras em uma ampla diversidade de espécies. Esses achados reforçam a relevância de explorar compostos naturais para o manejo integrado de pragas em grãos armazenados, oferecendo benefícios ambientais e econômicos, especialmente para pequenos agricultores.

REFERENCIAIS

ABDOUL-LATIF, F. M. *et al.* Chemical study and evaluation of insectical properties of African *Lippia citriodora* essential oil. **JBiopest**, v. 13, n. 2, p. 119–126, 2020.

ABDULLAHİ, N.; DANDAGO, M. A. Postharvest losses in food grains – A Review. **Turkish Journal of Food and Agriculture Sciences**, v. 3, n. 2, p. 25–36, 30 dez. 2021.

ACHEAMPONG, A. *et al.* Susceptibility of selected maize seed genotypes to *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). **Journal of Stored Products Research**, v. 81, p. 62–68, mar. 2019.

ACHIMÓN, F. *et al.* Exploring Contact Toxicity of Essential Oils against *Sitophilus zeamais* through a Meta-Analysis Approach. **Plants**, v. 11, n. 22, p. 3070, 13 nov. 2022.

ALBIERO, B.; FREIBERGER, G.; VANIN, A. B. Atividade inseticida e repelente de extrato e pó de sementes de *Anethum graveolens* e *Azadirachta indica* frente ao *Sitophilus zeamais*. **Scientia Plena**, v. 16, n. 4, 25 maio 2020.

ALVES, M. J. P. *et al.* ÓLEOS ESSENCIAIS COMO FUMIGANTES PARA O MANEJO DO GORGULHO-DO-MILHO (*Sitophilus zeamais*). Em: **Open Science Research XI**. [s.l.] Editora Científica Digital, 2023. p. 1294–1305.

ANDRADE, E. M. G. *et al.* Diagnóstico do armazenamento de sementes em pequenas propriedades do município de Umari–CE. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 8, n. 4, p. 29–36, 2012.

ARAÚJO, S. L. *et al.* **Guardiões e guardiãs da agrobiodiversidade nas regiões do Cariri, Curimataú e Seridó Paraibano**. Resumos do VIII Congresso Brasileiro de Agroecologia. **Anais...** Porto Alegre: Cadernos de Agroecologia, 2013Disponível em: <<https://revista.aba-agroecologia.org.br/cad/article/view/14455/9309>>. Acesso em: 18 out. 2024

ARAÚJO, W. L. DE *et al.* Diagnóstico de armazenamento de sementes em pequenas propriedades do município de Pombal, PB. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 7, n. 3, p. 29, 2012.

BABARINDE, G. O. *et al.* Chemical composition and toxicity of *Jatropha curcas* seed oil against *Sitophilus zeamais* Motschulsky as affected by pre-extraction treatment of seeds. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 21, 1 set. 2019.

BAILEY, J. E. Whole grain storage. *Em*: SAUER, D. B. (Ed.). **Storage of cereal grains and their products**. 1. ed. Minnesota: American Association of Cereal Chemists, 1992. v. 1p. 615.

BAWA, S. A. *et al.* Susceptibility of *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) to selected stored product insecticides in the Central region of Ghana. **Journal of Agriculture and Food Research**, v. 9, p. 100335, set. 2022.

BOTTON, M. *et al.* **O gorgulho do milho *S. zeamais* (Coleóptera: Curculionidae) como praga em frutíferas de clima temperado**. Bento Gonçalves, RS: [s.n.]. Disponível em: <<http://www.cnpuv.embrapa.br/publica/circular/cir058.pdf>>. Acesso em: 17 jun. 2022.

BRITO, V. D. *et al.* An alternative to reduce the use of the synthetic insecticide against the maize weevil *Sitophilus zeamais* through the synergistic action of *Pimenta racemosa* and *Citrus sinensis* essential oils with chlorpyrifos. **Journal of Pest Science**, v. 94, n. 2, p. 409–421, 1 mar. 2020.

CANO, M. C. *et al.* Bioactive paints with volatile organic alcohols for the control of *Sitophilus zeamais*. **Journal of Stored Products Research**, v. 109, p. 102423, dez. 2024.

CONTINI, E. *et al.* **Milho: Caracterização e Desafios Tecnológicos**. Brasília. Embrapa, fev. 2019. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/195075/1/Milho-caracterizacao.pdf>>. Acesso em: 02 fev. 2025.

DEBBABI, H. *et al.* Chemical composition, antifungal and insecticidal activities of the essential oils from Tunisian *Clinopodium Nepeta* subsp. *nepeta* and *Clinopodium Nepeta* subsp. *Glandulosum*. **Molecules**, v. 25, n. 9, 1 maio 2020.

DEVI, S. R. *et al.* Biology, morphology and molecular characterization of *Sitophilus oryzae* and *S. zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). **Journal of Stored Products Research**, v. 73, p. 135–141, set. 2017.

DOUGOUD, J. *et al.* Efficacy of homemade botanical insecticides based on traditional knowledge. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 39, n. 4, p. 37, 20 ago. 2019.

EMBRAPA. **Manual de segurança e qualidade para a cultura do milho**. Brasília, DF: Campos PAS, 2004.

FARONI, L. R. D.; SOUSA, A. H. DE. Aspectos biológicos e taxonômicos dos principais insetos-praga de produtos armazenados. *Em*: ALMEIDA, F. DE A. C.; DUARTE, M. E. M.; MATA, M. E. R. M. C. (Eds.). **Tecnologia de Armazenagem em sementes**. Campina Grande: UFCG, 2006. v. 1p. 371–402.

FIGUEIREDO, R. C.; ROCHA, W. C.; FREITAS, A. D. G. DE. Efeito Inseticida do Óleo Essencial e Extratos Etanólicos das Folhas de Mastruz (*Chenopodium ambrosioides* L.) Sobre o Gorgulho do Milho (*Sitophilus zeamais* Mots). **Ensaio e Ciência: C. Biológicas, Agrárias e da Saúde**, v. 22, n. 2, p. 80, 25 jan. 2018.

FILHO, J. M. Seed vigor testing: an overview of the past, present and future perspective. **Scientia Agricola**, v. 72, n. 4, p. 363–374, ago. 2015.

FOUAD, H. A.; CAMARA, C. A. G. DA. Chemical composition and bioactivity of peel oils from *Citrus aurantiifolia* and *Citrus reticulata* and enantiomers of their major constituent against *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). **Journal of Stored Products Research**, v. 73, p. 30–36, 1 set. 2017.

GALLO, D. *et al.* **Entomologia Agrícola**. 1. ed. Piracicaba: FEALQ, 2002. v. 10

GOLDFARB, M.; QUEIROGA, V. DE P. Considerações sobre o armazenamento de sementes. **Tecnologia e Ciencia Agropecuaria**, v. 7, n. 3, p. 71–74, 2013.

GOÑI, M. L. *et al.* Supercritical CO₂ iof LDPE films with terpene ketones as biopesticides against corn weevil (*Sitophilus zeamais*). **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 122, p. 18–26, abr. 2017.

GROOTE, H. *et al.* Effectiveness of hermetic systems in controlling maize storage pests in Kenya. **Journal of Stored Products Research**, v. 53, p. 27–36, abr. 2013.

HOFFMANN, K. H. Essential oils. **Zeitschrift für Naturforschung C**, v. 75, n. 7–8, p. 177–177, 28 jul. 2020.

HORTÊNCIA B S; RODRIGUES, M. *et al.* ARMAZENAMENTO DE GRÃOS EM PEQUEQUENAS PROPRIEDADES DE SÃO FRANCISCO, PARAÍBA, BRASIL. **COLLOQUIUM AGRARIAE**, v. 14, n. 2, p. 35–47, 23 jun. 2018.

IQBAL, T. *et al.* Botanical Insecticides and Their Potential as Anti-Insect/Pests: Are They Successful against Insects and Pests? *Em: Global Decline of Insects*. [s.l.] IntechOpen, 2022.

ISMAN, M. B. Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. **Annual Review of Entomology**, v. 51, n. 1, p. 45–66, 2006.

KAMANULA, J. F. *et al.* Chemical variation and insecticidal activity of *Lippia javanica* (Burm. f.) Spreng essential oil against *Sitophilus zeamais* Motschulsky. **Industrial Crops and Products**, v. 110, p. 75–82, dez. 2017.

KIM, S.-I.; LEE, D.-W. Toxicity of basil and orange essential oils and their components against two coleopteran stored products insect pests. **Journal of Asia-Pacific Entomology**, v. 17, n. 1, p. 13–17, mar. 2014.

KUMARI, N. *et al.* Biology of *Sitophilus zeamais* Motsch. On maize grains under laboratory condition. **The Pharma Innovation Journal**, v. 11, n. 9, p. 1388–1391, 2022.

LANDERO-VALENZUELA, N. *et al.* Efficiency of *Schinus molle* Essential Oil against *Bactericera cockerelli* (Hemiptera: Trioizidae) and *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Dryophthoridae). **Agriculture (Switzerland)**, v. 12, n. 4, 1 abr. 2022.

LEITE, T. V. P.; BERTOTTI, D. L. Efeito dos inseticidas botânicos aplicados no manejo agroecológico de pragas na cultura do milho doce. **Revista Brasileira de Agroambiente e Desenvolvimento Sustentável**, v. 1, n. 1, 15 mar. 2020.

LIMA, T. DE A. *et al.* Insecticidal activity of a chemotype VI essential oil from *Lippia alba* leaves collected at Caatinga and the major compound (1,8-cineole) against *Nasutitermes corniger* and *Sitophilus zeamais*. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 177, p. 104901, 1 ago. 2021.

LLEKE, K. D. *et al.* Evaluation of botanical powders and extracts from Nigerian plants as protectants of maize grains against maize weevil, *Sitophilus zeamais* (Motschulsky) [Coleoptera: Curculionidae]. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 27, p. 101702, ago. 2020.

LÓPEZ-CASTILLO, L. M. *et al.* Postharvest insect resistance in maize. **Journal of Stored Products Research**, v. 77, p. 66–76, jun. 2018.

LORINI, I. *et al.* **Principais pragas e métodos de controle em sementes durante o armazenamento**. Londrina, PR: [s.n.].

LU, X. *et al.* Efficacy of essential oil from *Mosla chinensis* Maxim. cv. Jiangxiangru and its three main components against insect pests. **Industrial Crops and Products**, v. 147, 1 maio 2020.

MARCOLAN, A. L. *et al.* Sistema de produção para a cultura do milho em Rondônia. **Embrapa Rondônia - Sistema de Produção**, 3. v. 32, n. 3, 2008.

MARQUES, L. C. Preparação de extratos vegetais. **Jornal Brasileiro de Fitomedicina**, v. 3, n. 2, p. 74–76, 2005.

MOHAMMAD, M. Y. *et al.* Evaluation of five medicinal plants for the management of *Sitophilus oryzae* in stored rice and identification of insecticidal compound. **Heliyon**, v. 10, n. 10, p. e30793, maio 2024.

MOHAMMAD, M. Y.; HANIFFA, H. M.; SUJARAJINI, V. Insecticidal effect of selected medicinal plants on *Sitophilus zeamais* Motschulsky in stored maize. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 48, p. 102635, mar. 2023.

MOURA, E. D. S. *et al.* Optimal extraction of *Ocimum basilicum* essential oil by association of ultrasound and hydrodistillation and its potential as a biopesticide against a major stored grains pest. **Molecules**, v. 25, n. 12, 1 jun. 2020.

MOURA, E. DA S. *et al.* Toxicological stability of *Ocimum basilicum* essential oil and its major components in the control of *Sitophilus zeamais*. **Molecules**, v. 26, n. 21, 1 nov. 2021.

NAYAK, M. K. *et al.* Resistance to the Fumigant Phosphine and Its Management in Insect Pests of Stored Products: A Global Perspective. **Annual Review of Entomology**, v. 65, n. 1, p. 333–350, 7 jan. 2020.

OLIVEIRA, A. P. *et al.* Essential oil of *Lippia sidoides* and its major compound thymol: Toxicity and walking response of populations of *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). **Crop Protection**, v. 112, p. 33–38, 1 out. 2018.

OYEDEJI, A. O. *et al.* Insecticidal and biochemical activity of essential oil from *Citrus sinensis* peel and constituents on *Callosobrunchus maculatus* and *Sitophilus zeamais*. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 168, p. 104643, 1 set. 2020.

PAES, M. C. D. Aspectos Físicos, Químicos e Tecnológicos do Grão de Milho. **Embrapa: Circular Técnico**, p. 1–6, 2006.

PATIÑO-BAYONA, W. R. *et al.* Essential oils of three hypericum species from Colombia: Chemical composition, insecticidal and repellent activity against *Sitophilus zeamais* motsch. (coleoptera: Curculionidae). **Records of Natural Products**, v. 15, n. 2, p. 111–121, 2021.

RADÜNZ, A. L. *et al.* Insecticidal and repellent activity of native and exotic lemongrass on Maize weevil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 84, 2024a.

_____. Insecticidal and repellent activity of native and exotic lemongrass on Maize weevil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 84, 2024b.

REDDY, D. S.; CHOWDARY, N. M. Botanical biopesticide combination concept—a viable option for pest management in organic farming. **Egyptian Journal of Biological Pest Control**, v. 31, n. 23, p. 1–19, 25 dez. 2021.

RIBEIRO, I. A. T. DE A. *et al.* Chemical characterization and insecticidal effect against *Sitophilus zeamais* (maize weevil) of essential oil from *Croton rudolphianus* leaves. **Crop Protection**, v. 129, 1 mar. 2019.

ROSA, J. *et al.* Bioactivity of some Apiaceae essential oils and their constituents against *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). **Bulletin of Entomological Research**, v. 110, n. 3, p. 406–416, 9 jun. 2020.

SANTANA, L. K. N. DE *et al.* Análise do efeito do óleo essencial de *Lippia sidoides* sobre *Atta sexdens* (Hymenoptera: Formicidae). **Revista Ciência Agrícola**, v. 16, p. 55–58, 31 dez. 2018.

SANTOS, J. P. Controle de pragas durante o armazenamento de milho. *Em*: BARBOSA, T. M. A. (Ed.). **A cultura do milho**. Sete lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. v. 84p. 257–302.

SANTOS, P. C. E *et al.* Insecticidal activity of *Tagetes erecta* and *Tagetes patula* extracts and fractions free and microencapsulated. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 45, p. 102511, out. 2022.

SILVA, F. S. DA *et al.* Viabilidade do armazenamento de sementes em diferentes embalagens para pequenas propriedades rurais. **Revista De Ciências Agro-ambientais**, v. 8, n. 1, 2010.

SPLETOZER, A. G. *et al.* Plantas com potencial inseticida: enfoque em espécies amazônicas. **Ciência Florestal**, v. 31, n. 2, p. 974–997, 1 jun. 2021.

TOLEDO, M. Z. *et al.* Qualidade fisiológica e armazenamento de sementes de feijão em função da aplicação tardia de nitrogênio em cobertura. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 39, n. 2, p. 124–133, 2009.

USDA. United States Department of Agriculture. **USDA Agricultural projections to 2027**. 2018. Disponível em: <https://www.ers.usda.gov/publications/pub-details/?pubid=87458>. Acesso em: 22 fev. 2025.

VILLELA, F. A.; PERES, W. B. Germinação do básico ao aplicado. *Em*: FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. (Eds.). **Coleta e beneficiamento e armazenamento**. São Paulo: Artmed, 2004. p. 265–271.

WAGNER, L. S. *et al.* Insecticidal, fungicidal, phytotoxic activity and chemical composition of *Lavandula dentata* essential oil. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 35, 1 ago. 2021.

WANNA, R.; KAEWDUANGTA, W. Fumigant Activity of *Tridax procumbens* (Asterales: Asteraceae) Essential Oil Against *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) and Its Effects on Thai Rice Seed Germination. **Journal of Entomological Science**, v. 57, n. 4, p. 561–572, 12 out. 2022.

WANNA, R.; KHAENGKHAN, P. Insecticidal Activity of Essential Oil from Seeds of *Foeniculum vulgare* (Apiales: Apiaceae) Against *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) and Its Effects on Crop Seed Germination. **Journal of Entomological Science**, v. 58, n. 1, p. 104–116, 24 jan. 2023.

WANNA, R.; KRASAETEP, J. Chemical composition and insecticidal activity of indian borage essential oil against maize weevil. **International Journal of GEOMATE**, v. 16, n. 56, 1 abr. 2019.

YANG, Y.; ISMAN, M. B.; TAK, J. H. Insecticidal activity of 28 essential oils and a commercial product containing cinnamomum cassia bark essential oil against *Sitophilus zeamais* Motschulsky. **Insects**, v. 11, n. 8, p. 1–15, 1 ago. 2020.

ZIMMERMANN, R. C. *et al.* Insecticide activity and toxicity of essential oils against two stored-product insects. **Crop Protection**, v. 144, 1 jun. 2021.

4 CAPÍTULO 2: TOXICIDADE POR CONTATO DO ÓLEO ESSENCIAL DE *Schinus terebinthifolia* RADDI NO CONTROLE DE *Sitophilus zeamais*

RESUMO

As perdas causadas por pragas em grãos armazenados em países em desenvolvimento podem alcançar até 50%, sendo o *Sitophilus zeamais* uma das principais espécies responsáveis, por favorecer a deterioração do alimento e o ataque de pragas secundárias. O controle químico ainda é o método mais utilizado, mas os riscos associados ao seu uso intensivo e as exigências por alimentos mais seguros têm impulsionado a busca por alternativas sustentáveis, como os óleos essenciais (OEs). Este estudo avaliou a atividade inseticida do OE de *Schinus terebinthifolia* sobre *S. zeamais* em grãos de milho, considerando diferentes doses e tempos de exposição. Os frutos da espécie foram coletados em área de Restinga na região do Acuípe, Ilhéus, Bahia, submetidos à extração por hidrodestilação, analisados e caracterizados por Cromatografia Gasosa. O óleo essencial de *S. terebinthifolia*, apresenta como componentes majoritários o α -pineno com 39,99%, seguido do germacreno D com 17,24% e β -pineno com 15,53%. Foram realizados ensaios de atividade biológica por contato direto e indireto no controle de *S. zeamais*. Insetos não-sexados, provenientes de milhos infectados adquiridos no comércio local do Extremo Sul da Bahia, foram criados em laboratório. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com diferentes concentrações do OE aplicadas diretamente sobre os grãos, e a mortalidade avaliada após 24 e 72 horas. Os resultados não mostraram diferenças estatisticamente significativas na mortalidade entre as doses nem entre os tempos de exposição ($p > 0,05$). A baixa eficácia observada pode estar relacionada à composição química do OE utilizado, à alta volatilidade dos seus metabólitos e a resistência da espécie-alvo.

Palavras-chaves: Inseticidas botânicos; Grãos armazenados; Controle alternativo de pragas.

ABSTRACT

Losses caused by pests in stored grains in developing countries can reach up to 50%, with *Sitophilus zeamais* being one of the main species responsible, as it promotes food deterioration and facilitates the attack of secondary pests. Chemical control is still the most widely used method, but the risks associated with its intensive use and the growing demand for safer food have driven the search for sustainable alternatives, such as essential oils (EOs). This study evaluated the insecticidal activity of *Schinus terebinthifolia* essential oil against *S. zeamais* in stored maize, considering different doses and exposure times. The fruits of the species were collected in a Restinga area in the Acuípe region, Ilhéus, Bahia, submitted to hydrodistillation extraction, and analyzed and characterized by Gas Chromatography. The essential oil of *S. terebinthifolia* presented α -pinene as the major component (39.99%), followed by germacrene D (17.24%) and β -pinene (15.53%). Bioassays for biological activity by direct and indirect contact were performed to evaluate the control of *S. zeamais*. Unsexed insects from infested maize purchased from the local market in southern Bahia were reared in the laboratory. The experiment was conducted in a completely randomized design, with different EO concentrations applied directly to the grains, and mortality was assessed after 24 and 72 hours. The results showed no statistically significant differences in mortality between the doses or exposure times ($p > 0.05$). The low efficacy observed may be related to the chemical composition of the essential oil used, the high volatility of its metabolites, and the resistance of the target species.

Keywords: Botanical insecticides; Stored grains; Alternative pest control.

INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é uma importante *commoditie* agrícola com ampla exploração no mercado internacional, seja na forma de silagem, grãos, na produção de etanol, no mercado farmacêutico e na alimentação humana ou animal. No Brasil, é uma das principais culturas estratégicas para a agricultura presente na economia de todas as regiões do país com produção no período de safra e safrinha, conforme suas condições edafoclimáticas regionais (Contini *et al.*, 2019).

Para otimizar a produtividade, é fundamental aprimorar tanto o processo de colheita quanto as condições de armazenamento do milho. Uma vantagem dos grãos é sua capacidade de serem armazenados por longos períodos sem grandes perdas de qualidade. Preservando suas características físicas, químicas e biológicas para conservar os nutrientes. No entanto, para que o armazenamento prolongado seja viável, é essencial adotar adequadamente práticas de colheita, limpeza, secagem, aeração, controle de insetos e prevenção de fungos. Neste cenário, a ausência dessas condições sanitárias adequadas associado às condições climáticas ideais, tem aumentado as perdas principalmente, por ataque de inseto pragas (Dias *et al.*, 2023; Lazzari e Lazzari, 2009; Santos, 2021).

As perdas econômicas anuais globais causadas por insetos no armazenamento são estimadas em cerca de 10% em cada safra. Esse número ainda pode ser maior em países em desenvolvimento, chegando a até 50% de perdas, afetando a segurança alimentar, causando perda de valor nutritivo, alterando a qualidade, a viabilidade de sementes e reduzindo o padrão comercial e valoração (Goñi *et al.*, 2017; Rosa *et al.*, 2020).

O gorgulho do milho (*Sitophilus zeamais*) é uma das principais pragas do milho armazenado, sendo também uma praga chave de outros grãos e produtos secundários. Possuem elevado potencial reprodutivo e atacam os grãos desde sua fase larval, levando a deterioração total. Os ovos são depositados nos grãos e sementes, onde as larvas se desenvolvem e, após esse estágio, passam para a fase de pupa e se transformam em adultos. Além de consumir o grão, também torna o ambiente propício a contaminação de alimentos por microrganismos e ataque de pragas secundárias (Lorini *et al.*, 2010; Santos, 2021).

A aplicação de pesticidas sintéticos ainda é o método de controle mais comum, sendo utilizado inseticidas dos grupos piretróides, organofosforados e fosfina em larga escala (Tschoeke *et al.*, 2024). Porém, o acúmulo de resíduos apresenta sérios riscos ao meio ambiente, aos animais e os seres humanos, e além disso, proporciona um ambiente para o desenvolvimento de resistência pelos insetos expostos (Aryal *et al.*, 2023), esses feitos ainda são potencializados durante o armazenamento. De acordo com o *Arthropod Pesticide Resistance Database* (APRD, 2024), *S. zeamais* apresenta resistência a mais de 10 inseticidas sintéticos, incluindo a permetrina, que é amplamente utilizada por agricultores no nordeste do Brasil (Junior *et al.*, 2018).

Métodos alternativos tem sido explorado visando reduzir a aplicação de pesticidas sintéticos, como o uso de óleos essenciais que apresenta baixa toxicidade (Teodoro *et al.*, 2019). Os óleos essenciais são compostos voláteis, aromáticos, líquidos e lipofílicos, predominantemente constituídos por terpenos, encontrados em partes específicas das plantas, como folhas, caules, cascas, flores ou frutos. Originados como mecanismo secundário das plantas, desempenham funções essenciais, como a atração de polinizadores e a proteção contra predadores. A extração dos óleos essenciais pode ser realizada por meio de métodos como arraste a vapor d'água, solventes orgânicos, prensagem, enfloração e fluido supercrítico (Alves, 2018; Teodoro *et al.*, 2019).

Os óleos essenciais exercem diversos impactos sobre os insetos, abarcando desde a mortalidade em várias fases do ciclo de vida até a deterência, repelência, inibição da postura de ovos e alimentação, bem como a influência sobre o sistema hormonal e o comportamento. Seu efeito tóxico envolve uma ampla gama de mecanismos, podendo atuar por meio de fumigação

e inibição do sistema nervoso, com as toxinas penetrando através da ingestão, inalação, contato direto e/ou indireto (Rosa *et al.*, 2020; Silva *et al.*, 2020; Spletzer *et al.*, 2021).

Entre os óleos essenciais, destaca-se o extraído do fruto da Pimenta rosa (*Schinus terebinthifolia*), uma espécie nativa da América do Sul, pertencente à família Anacardiaceae. Reconhecida também como aroeirinha, aroeira-vermelha, aroeira pimenteira, fruto-de-sabiá, cambuí, entre outros nomes, essa espécie apresenta frutos pequenos e avermelhados (Santos *et al.*, 2020). Encontrada em diversas regiões e habitats, demonstra uma notável tolerância a diferentes condições ambientais (Lorenzi, 2002).

Popularmente conhecida pelo seu uso na culinária e na medicina tradicional, a pimenta rosa tem sido estudada por suas atividades antimicrobianas (Pacheco, Martins e Rocha, 2022), antioxidantes (França *et al.*, 2021), anti-inflamatória, cicatrizante, antiulcerativa, anti-histamínica, larvicida (Ramos *et al.*, 2022), inseticida, repelente e antifúngica (Fouad *et al.*, 2023; Hussein, Salem e Soliman, 2017; Júnior *et al.*, 2020; Leite *et al.*, 2024). Além disso, estudos envolvendo extratos e óleo essencial de *S. terebinthifolia* têm demonstrado resultados promissores no controle de *S. zeamais*. Essa constatação é corroborada por Fouad *et al.* (2023) e Cortese *et al.* (2022), que estudaram a atividade repelente contra adultos do inseto. E por, Bernardi *et al.* (2024) que obteve uma taxa de mortalidade de 96,97% com 96 horas após exposição do inseto ao óleo essencial de *S. terebinthifolia*.

Neste contexto, o estudo tem como objetivo avaliar a atividade inseticida do óleo essencial de *S. terebinthifolia* Raddi para o controle de *S. zeamais* no milho armazenado.

MATERIAL E MÉTODOS

Local do Experimento

Os ensaios foram desenvolvidos no laboratório Interdisciplinar da Universidade Federal do Sul da Bahia (UFSB), *campus* Paulo Freire.

Obtenção dos óleos essenciais

Para acessar o material vegetal deste estudo, os autores seguiram os marcos legais brasileiros (Lei 13.123/15 e Decreto 8.772/16) para o Patrimônio Genético para fins de pesquisa científica. Um certificado foi emitido pelo Conselho de Gestão do Patrimônio Genético em nome da Universidade Federal da Grande Dourados e pode ser acessado no Sistema Nacional de Gestão de Recursos Genéticos e Conhecimentos Tradicionais Associados (SISGEN nº A9CDAAE). O material coletado nunca saiu do território brasileiro e todas as análises foram

realizadas nos laboratórios da UFSB e da instituição parceira UEMS, respeitando a legislação e normas de biossegurança.

Foram coletados frutos maduros de *S. terebinthifolia* em área de Restinga na região do Acuípe, Ilhéus, Bahia. Os frutos foram higienizados em água corrente e pesados 0,50 kg e triturados ligeiramente em liquidificador. A hidrodestilação foi realizada em equipamento do tipo clewenger com capacidade para 3 L de água. A temperatura do vapor foi controlada a 80 °C e o tempo total de destilação foi de 3 h.

O óleo essencial foi armazenado em frascos de vidro âmbar estéreis a -4 °C até análise para caracterização bioquímica.

Identificação de compostos do óleo essencial

As amostras de óleo essencial foram preparadas em hexano na concentração de 100 µg mL⁻¹ para realização de cromatografia gasosa acoplada a um espectrômetro de massa (GC-MS 2010 Ultra, Shimadzu, Kyoto, Japão) usando uma coluna DB-5 (J e W, Folsom, Califórnia, EUA) (30 m de comprimento × 0,25 mm de diâmetro interno × 0,25 µm de espessura do filme), conforme adaptado de Aly *et al.* (2023).

As temperaturas do detector e da linha de transferência foram 290 °C. Os parâmetros de espectrometria de massa e identificação dos compostos também foram realizados. A área do pico de cada composto foi determinada por integração manual de cada cromatograma de íon total (TIC) e as áreas foram transformadas em áreas percentuais relativas (Tabela 1).

Tabela 1. Compostos detectados no óleo essencial de frutos maduros de *S. terebinthifolia*, coletados em área de Restinga no município de Ilhéus-BA, pela técnica analítica de cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massas:

Compostos	LI	RI	(%)
α-pinene	939	939	38,99 ± 0,63
α-fenchene	953	953	1,65 ± 0,11
Sabinense	976	976	1,04 ± 0,12
β-pinene	979	980	15,53 ± 0,56
Myrcene	991	991	0,36 ± 0,01
α-phellandrene	1009	1009	0,37 ± 0,01
Limonene	1029	1029	6,22 ± 0,41
1,8-cineole	1031	1031	1,47 ± 0,26
β-phellandrene	1031	1031	0,31 ± 0,01
β-ocimene	1037	1037	1,38 ± 0,19
Terpinolene	1088	1088	0,23 ± 0,01
terpinen-4-ol	1177	1176	1,32 ± 0,17

α -terpineol	1189	1189	0,26 $\pm$ 0,01
δ -elemene	1339	1339	1,22 $\pm$ 0,13
α -cubebene	1351	1351	0,61 $\pm$ 0,01
Isoledene	1373	1373	0,20 $\pm$ 0,01
α -copaene	1377	1377	6,61 $\pm$ 0,31
β -elemene	1391	1391	0,29 $\pm$ 0,01
Longifolene	1402	1402	0,31 $\pm$ 0,01
β -caryophyllene	1404	1404	1,37 $\pm$ 0,04
Aromadendrene	1465	1465	1,02 $\pm$ 0,04
germacrene D	1485	1485	17,24 $\pm$ 0,21
Biciclogermacrene	1500	1500	2,98 $\pm$ 0,07
δ -cadineno	1514	1514	1,85 $\pm$ 0,09
Germacrene B	1561	1561	3,23 $\pm$ 0,09
Sphatulenol	1578	1578	0,51 $\pm$ 0,01
Globulol	1585	1585	0,29 $\pm$ 0,01

LI – índices presentes na literatura; **RI** – índice de retenção das amostras; % - percentual detectado na amostra.

Eliminação da Infestação dos milhos

Os grãos de milho utilizados para criações dos *S. zeamais* foram obtidos do comércio local do Extremo Sul da Bahia. Para eliminação de possíveis insetos oriundos do campo foram acondicionados em sacos plásticos e mantidos no freezer entre -15 °C a -20° C, por um período de cinco dias (Santos *et al.*, 2006). Após, foram mantidos em frascos de vidros no laboratório em temperatura ambiente durante 24 horas para atingirem o equilíbrio higroscópico.

Criação dos *S. zeamais*

Os insetos da espécie *S. zeamais* foram obtidos de amostras de grãos de milhos provenientes do comércio local do extremo sul da Bahia. Conforme metodologia adaptada de Silva *et al.* (2019) foram mantidos no laboratório em diferentes frascos plásticos transparentes de 2,0 L, vedados com tecido *voil* tipo organza para permitir a aeração. Durante o armazenamento houve o monitoramento da temperatura e umidade relativa para evitar proliferação de fungos decompositores e realizar a manutenção dos insetos quinzenalmente (temperatura $\pm$ 25 °C, umidade relativa de 70 $\pm$ 10% e fotoperíodo de 12 h) (Pauliquevis e Favero, 2015).

Toxicidade por contato direto e indireto em *S. zeamais*

Os bioensaios foram realizados em um delineamento inteiramente casualizado (DIC) com seis tratamentos (0, 1.000, 2.000, 4.000, 6.000, 8.000 ppm) (Coitinho *et al.*, 2011) e quatro repetições, com dez insetos por unidade experimental, total 24 placas de petri (90 x 15 mm) e 240 insetos. No bioensaio I para exposição via contato direto nos insetos as concentrações do tratamento do óleo essencial foram aplicadas com pulverizador em um jato uniforme. E no bioensaio II, aplicadas com micropipeta em papel filtro no interior da placa de petri para exposição via contato indireto.

Nos dois bioensaios foram alocados 10 adultos de *S. zeamais* em cada repetição com auxílio de pinças. As placas fechadas com *voil* para aeração e acondicionadas em B.O.D com temperatura controlada de 25 °C, umidade relativa de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12 h. Realizou a contagem dos insetos mortos e vivos no tempo de 24 e 72 horas. Sendo considerados mortos aqueles que não reagiram ao toque do pincel e logo depois, separados. Conforme metodologia adaptada de Nogueira *et al.* (2020), Santos *et al.* (2019) e Figueiredo *et al.* (2018).

Análises Estatísticas

Os dados foram submetidos à análise de variância ANOVA, médias comparadas pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade e análise de regressão quando observadas variações significativas entre os tratamentos. Foi utilizado o programa SISVAR 5.6.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos resultados o óleo essencial de *S. terebinthifolia* não demonstrou efeito significativo ($p > 0,05$) sobre a mortalidade de *S. zeamais* nos testes de contato direto (CD) e indireto (CI) (Tabela 2). Corroborando com Andrade *et al.* (2022), que também observaram para concentrações diferentes a ausência de efeito significativo na mortalidade de *S. zeamais* ao utilizarem óleo essencial da mesma espécie coletada em Viçosa, MG.

Mas, outros estudos com o óleo essencial de *S. terebinthifolia* apresentaram resultados divergentes ao obtidos neste trabalho contra *S. zeamais*, isso para a planta coletada em diferentes regiões do Brasil. Bernardi *et al.* (2024) relataram mortalidade (LC_{50} : $0,29 \mu\text{L cm}^{-3}$) via fumigação com amostras da planta coletadas em Erechim, RS. Tschoeke *et al.* (2024) apresentaram resultados para ação fumigante (LC_{50} : 44,23 a $63,50 \mu\text{L L}^{-1}$ de ar) em populações

com diferentes níveis de resistência a permetrina com amostras da aroeira-brasileira coletadas em Garanhuns, PE. E Fouad *et al.* (2023) ao avaliarem ação por contato (LC_{50} : 144,52 $\mu\text{L mL}^{-1}$), ingestão (LC_{50} : 4,17 $\mu\text{L mL}^{-1}$) e fumigante (LC_{50} : 176,34 $\mu\text{L mL}^{-1}$) do óleo essencial obtido de amostras coletadas em Recife, PE.

Tabela 2. Análise de variância (Anova) com as medias quadráticas dos tratamentos do óleo essencial de *S. terebinthifolia*.

FV	GL	QM			
		CD 24	CD 72	CI 24	CI 72
Tratamento	6	0,068 ^{ns}	0,4017 ^{ns}	0,0918 ^{ns}	0,2396 ^{ns}
Erro	21	0,0452	0,1824	0,0464	0,1658

Legenda: FV: Fonte de variação, GL: Grau de liberdade, QM: Médias quadráticas, CD 24: Contato direto em 24hr, CD 48: Contato direto em 48hr, CD 72: Contato direto em 72hr, CI 48: Contato indireto em 48hr e CI 72: Contato indireto em 72hr. ns: não significativo. **Fonte:** Autoria própria (2023).

As variações nos resultados com o óleo essencial de *S. terebinthifolia* coletada em diferentes locais, podem ser atribuídas a alteração da composição química. Condições como temperatura, umidade, disponibilidade de luz, nutrientes, água, intensidade da radiação solar, pressão atmosférica e outros aspectos ecológicos podem influenciar o metabolismo da planta. Essas mudanças podem causar rearranjos intermoleculares entre os monoterpenos, incluindo os compostos prioritários, resultando em diferenças na composição química do óleo essencial para a mesma espécie (Granda *et al.*, 2014; Leite *et al.*, 2024; Gobbo-Neto e Lopes, 2007).

A variação da composição química dos óleos essenciais pode influenciar sua atividade inseticida. Estudos com *S. zeamais* indicam ação inseticida em compostos como limoneno (Fouad e Camara, 2017; Liao *et al.*, 2022), 1,8-cineol (Lima *et al.*, 2021), α -pineno, 3-careno (Langsi *et al.*, 2020), estragol e linalol (Moura *et al.*, 2021; Wang *et al.*, 2011), frequentemente presentes como constituintes majoritários. A proporção desses compostos pode impactar diretamente a atividade biológica dos óleos, como demonstrado por Patiño-Bayona *et al.* (2021), que numa comparação observaram maior mortalidade de *S. zeamais* em óleos essenciais com maior teor de α -pineno.

Complementando essa análise, estudos como os de Zhao *et al.* (2015), Fouad e Camara (2017), Pimienta-Ramírez *et al.* (2016), Chu, Feng e Liu (2011), Chu, Du e Liu (2013), Lima *et al.* (2021), Fang *et al.* (2010), Oyediji *et al.* (2020), Moura *et al.* (2021), Liu, Chu e Jiang (2011) e Chu *et al.* (2011) evidenciam que a toxicidade contra *S. zeamais* nos compostos majoritários isolados pode ser superior à observada nos óleos essenciais. Fouad e Camara (2017) observaram que, em ensaios de fumigação, o limoneno demonstrou maior mortalidade

em *S. zeamais* quando comparados aos óleos essenciais de *Citrus aurantiifolia* e *Citrus reticulata*, reforçando a importância desses constituintes para a ação biológica do óleo essencial.

Nesse contexto, variações na concentração dos constituintes químicos podem impactar a eficácia inseticida dos óleos essenciais no controle de *S. zeamais*. Tal variação é esperada, considerando que óleos essenciais extraídos de plantas provenientes de diferentes regiões geográficas apresentam composições químicas distintas. Ferreira *et al.* (2021), em uma revisão bibliográfica, ressaltaram que a presença de terpenos é essencial para a atividade inseticida dos óleos essenciais utilizados no controle pragas de armazenamento.

Foi observada variação na mortalidade entre as diferentes dosagens testadas, embora essa diferença não tenha sido estatisticamente significativa ($p>0,05$) nos testes de CD e CI (Tabela 3). Da mesma forma, a mortalidade em relação aos tempos de armazenamento (24 e 72 horas) também não apresentou diferença significativa ($p>0,05$).

Tabela 3. Médias das doses do óleo essencial de *S. terebinthifolia* no teste de contato direto e indireto.

Concentrações	CD 24	CD 72	CI 24	CI 72
0	0,7071 ^a	1,4646 ^a	0,9256 ^a	1,7555 ^a
1	0,7071 ^a	2,1575 ^a	0,7071 ^a	1,4920 ^a
1000	0,7071 ^a	2,4318 ^a	1,0953 ^a	2,0615 ^a
2000	1,0550 ^a	2,2777 ^a	0,7071 ^a	1,8512 ^a
4000	0,8365 ^a	2,1706 ^a	0,7071 ^a	1,7886 ^a
6000	0,7071 ^a	2,2843 ^a	0,7071 ^a	2,0587 ^a
8000	0,8365 ^a	1,9796 ^a	0,8365 ^b	2,2265 ^a

Legenda: CD 24: Contato direto em 24hr, CD 72: Contato direto em 72hr. CI 24: Contato indireto em 24hr e CI 72: Contato indireto em 72hr. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de F ao nível de 5% de probabilidade. **Fonte:** Autoria própria (2023).

A variação observada nos resultados pode estar relacionada a diferentes fatores, entre eles, a suscetibilidade da espécie-alvo ao tratamento e uma possível resistência da população de *S. zeamais* a partir do uso intensivo de inseticidas sintéticos. De acordo com Tschoeke *et al.* (2024), populações desse inseto já apresentam resistência a mais de 10 princípios ativos, o que pode comprometer a eficácia de novos compostos testados.

Além disso, a alta volatilidade do óleo essencial e o tempo de exposição do inseto ao óleo essencial de *S. terebinthifolia*, também podem interferir nos resultados obtidos. Na mortalidade por contato, o inseticida devido à sua natureza lipofílica, atravessa a cutícula do inseto até atingir o sítio-alvo ou cria uma película impermeável causando a morte por asfixia.

Dessa forma, esse efeito ocorre em metabólitos com menor volatilidade (Badii e Almanza, 2007). Corroborando com a influência do tempo, Belhoussaine *et al.* (2022) relataram 100% de mortalidade de *Sitophilus oryzae* somente após 8 dias de exposição ao óleo essencial de *S. terebinthifolia* com LC_{50} de $25,0 \mu\text{L cm}^{-3}$, enquanto Camaroti *et al.* (2018) observaram taxas de mortalidade de 94% e 97% após 12 dias de incubação, atingindo 100% de mortalidade em 20 dias com o uso extratos foliares da aroeira-brasileira, enquanto o grupo controle não apresentou qualquer mortalidade.

CONCLUSÃO

O óleo essencial de *S. terebinthifolia* não apresentou efeito significativo sobre a mortalidade de *S. zeamais* em grãos de milho em 24 e 72h de exposição.

REFERÊNCIAS

ALVES, B. Óleo essencial de Lavanda (*Lavandula angustifolia*) no tratamento da ansiedade. São João Del-Rei: Universidade Federal de São João del-Rei, 2018.

ALY, S. H. *et al.* GC/MS profiling of the essential oil and lipophilic extract of *Moricandia sinaica* Boiss. and evaluation of their cytotoxic and antioxidant activities. **Molecules**, v. 28, n. 5, p. 2193, 27 fev. 2023.

ANDRADE, J. C. A. *et al.* Toxicidade do óleo de *Schinus terebinthifolia* Raddi e 3-careno no *Sitophilus zeamais* Motschulsky em grãos de milho. In: **Seminário de Iniciação Científica e II Seminário da Pós-Graduação do IFNMG**. Anais... Diamantina: Instituto Federal Norte de Minas Gerais, 2022.

APRD, A. P. R. D. *Sitophilus zeamais*. Disponível em: <https://www.pesticideresistance.org/display.php?page=species&arId=576>. Acesso em: 14 dez. 2024.

ARYAL, S. *et al.* Insecticidal toxicity of essential oil of Nepalese *Acorus calamus* (Acorales: Acoraceae) against *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). **Heliyon**, v. 9, n. 11, p. e22130, nov. 2023.

BADII, M. H.; ALMANZA, V. G. Resistencia en insectos, plantas y microorganismos. **CULCyT**, v. 4, n. 18, p. 9–25, 2007.

BELHOUSSEINE, O. *et al.* Chemical composition, antioxidant, insecticidal activity, and comparative analysis of essential oils of leaves and fruits of *Schinus molle* and *Schinus terebinthifolia*. **Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine**, v. 2022, p. 1–12, 30 maio 2022.

BERNARDI, J. L. *et al.* Potential agrochemical applications of *Schinus terebinthifolia* essential oil. **Journal of Stored Products Research**, v. 105, p. 102260, fev. 2024.

CAMAROTI, J. R. S. L. *et al.* *Sitophilus zeamais* adults have survival and nutrition affected by *Schinus terebinthifolia* leaf extract and its lectin (SteLL). **Industrial Crops and Products**, v. 116, p. 81–89, jun. 2018.

CHU, S. S.; DU, S. S.; LIU, Z. L. Fumigant compounds from the essential oil of Chinese *Blumea balsamifera* leaves against the maize weevil (*Sitophilus zeamais*). **Journal of Chemistry**, v. 2013, n. 1, p. 1–7, 9 jan. 2013.

CHU, S. S.; FENG HU, J.; LIU, Z. L. Composition of essential oil of Chinese *Chenopodium ambrosioides* and insecticidal activity against maize weevil, *Sitophilus zeamais*. **Pest Management Science**, v. 67, n. 6, p. 714–718, jun. 2011.

COITINHO, R. L. B. DE C. *et al.* Toxicidade por fumigação, contato e ingestão de óleos essenciais para *Sitophilus zeamais* Motschulsky, 1885 (Coleoptera: Curculionidae). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 1, p. 172–178, fev. 2011.

CONTINI, E. *et al.* Milho: caracterização e desafios tecnológicos. Brasília: Embrapa, fev. 2019. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/195075/1/Milho-caracterizacao.pdf>. Acesso em: 22 ago. 2022.

CORTESE, D. *et al.* Repellency and reduction of offspring emergence potential of some botanical extracts against *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) in stored maize. **Insects**, v. 13, n. 9, p. 842, 16 set. 2022.

DIAS, J. A. P. G. *et al.* Aspectos gerais da produção de sementes de milho. In: ROSSETTI, C. *et al.* (Eds.). Gestão dos processos para produção de sementes: Do campo a pós-colheita. 1. ed. Nova Xavantina, MT: Pantanal Editora, 2023. v. 1: prod. de sementes.

FANG, R. *et al.* Insecticidal activity of essential oil of *Carum carvi* fruits from China and its main components against two grain storage insects. **Molecules**, v. 15, n. 12, p. 9391–9402, dez. 2010.

FERREIRA, R. DE C. A. DE B. *et al.* Óleos essenciais no controle de carunchos (Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchinae) do feijão armazenado: uma revisão bibliográfica. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 12, n. 7, p. 448–464, 15 jul. 2021.

FIGUEIREDO, R. C.; ROCHA, W. C.; FREITAS, A. D. G. DE. Efeito inseticida do óleo essencial e extratos etanólicos das folhas de mastruz (*Chenopodium ambrosioides* L.) sobre o gorgulho do milho (*Sitophilus zeamais* Mots). **Ensaios e Ciência: C. Biológicas, Agrárias e da Saúde**, v. 22, n. 2, p. 80, 25 jan. 2018.

FOUAD, H. A. *et al.* Insecticidal and repellent activities of four essential oils against *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). **Dose-Response**, v. 21, n. 4, 20 out. 2023.

FOUAD, H. A.; CAMARA, C. A. G. DA. Chemical composition and bioactivity of peel oils from *Citrus aurantiifolia* and *Citrus reticulata* and enantiomers of their major constituent against *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). **Journal of Stored Products Research**, v. 73, p. 30–36, 1 set. 2017.

FRANÇA, M. R. D. *et al.* Infrared spectroscopy, chemical composition and physical-chemical characteristics of the essential oil of red aroeira seeds (*Schinus terebinthifolia* Raddi) and its

antimicrobial and antioxidant activities. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 13, p. e176101319684, 9 out. 2021.

GOBBO-NETO, L.; LOPES, N. P. Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. **Química Nova**, v. 30, n. 2, p. 374–381, abr. 2007.

GOÑI, M. L. *et al.* Supercritical CO₂ iof LDPE films with terpene ketones as biopesticides against corn weevil (*Sitophilus zeamais*). **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 122, p. 18–26, abr. 2017.

GRANDA, E. *et al.* Leaf and stem physiological responses to summer and winter extremes of woody species across temperate ecosystems. **Oikos**, v. 123, n. 11, p. 1281–1290, 21 nov. 2014.

HUSSEIN, H. S.; SALEM, M. Z. M.; SOLIMAN, A. M. Repellent, attractive, and insecticidal effects of essential oils from *Schinus terebinthifolia* fruits and *Corymbia citriodora* leaves on two whitefly species, *Bemisia tabaci*, and *Trialeurodes ricini*. **Scientia Horticulturae**, v. 216, p. 111–119, fev. 2017.

JUNIOR, J. L. DE A. M. *et al.* Insecticide resistance of corn weevil populations from semi-arid regions. **Australian Journal of Crop Science**, v. 12, n. 03, p. 430–434, 20 mar. 2018.

JÚNIOR, L. F. G. DE O. *et al.* Chemical profile and potential antifungal of essential oil *Schinus terebinthifolia* and its by-products. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 11, p. e91491110623, 7 dez. 2020.

LANGSI, J. D. *et al.* Evaluation of the insecticidal activities of α -Pinene and 3-Carene on *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae). **Insects**, v. 11, n. 8, p. 540, 17 ago. 2020.

LAZZARI, S. M. N.; LAZZARI, F. A. Insetos de grãos armazenados. In: PANIZZU, A. R.; PARRA, J. R. P. (Eds.). Bioecologia e nutrição de insetos: base para o manejo integrado de pragas. 1. ed. Brasília: Embrapa, 2009. p. 667–680.

LEITE, J. L. *et al.* Óleo essencial de *Schinus terebinthifolia* ativo em testes contra fungos oportunistas do gênero *Cryptococcus*. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 7, n. 3, p. e72852, 16 set. 2024.

LIAO, M. *et al.* Transcriptomic analysis of *Sitophilus zeamais* in response to limonene fumigation. **Pest Management Science**, v. 78, n. 11, p. 4774–4782, 13 nov. 2022.

LIMA, T. DE A. *et al.* Insecticidal activity of a chemotype VI essential oil from *Lippia alba* leaves collected at Caatinga and the major compound (1,8-cineole) against *Nasutitermes corniger* and *Sitophilus zeamais*. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 177, p. 104901, 1 ago. 2021.

LIU, Z. L.; CHU, S. S.; JIANG, G. H. Toxicity of *Schizonpeta multifida* essential oil and its constituent compounds towards two grain storage insects. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 91, n. 5, p. 905–909, 30 mar. 2011.

LORENZI, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. São Paulo: Instituto Plantarum, 2002.

LORINI, I. *et al.* Principais pragas e métodos de controle em sementes durante o armazenamento. Londrina, PR: [s.n.].

MOURA, E. DA S. *et al.* Toxicological stability of *Ocimum basilicum* essential oil and its major components in the control of *Sitophilus zeamais*. **Molecules**, v. 26, n. 21, 1 nov. 2021.

NOGUEIRA, R. C. C. *et al.* Extratos vegetais na mortalidade de pulgão-do-algodoeiro em condições de laboratório. **Sustentare**, v. 4, n. 2, 2020.

OYEDEJI, A. O. *et al.* Insecticidal and biochemical activity of essential oil from *Citrus sinensis* peel and constituents on *Callosobruchus maculatus* and *Sitophilus zeamais*. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 168, p. 104643, 1 set. 2020.

PACHECO, E. B. A.; MARTINS, D. S.; ROCHA, M. P. Atividade antibacteriana in vitro de extratos etanólicos e aquosos de *Schinus terebinthifolia* (aroeira-vermelha) e *Cymbopogon nardus* (citronela) frente a *Staphylococcus epidermidis* e *Staphylococcus aureus*. **Brazilian Journal of Health Review**, v. 5, n. 6, p. 24872–24888, 19 dez. 2022.

PATÍÑO-BAYONA, W. R. *et al.* Essential oils of three *Hypericum* species from Colombia: Chemical composition, insecticidal and repellent activity against *Sitophilus zeamais* Motsch. (Coleoptera: Curculionidae). **Records of Natural Products**, v. 15, n. 2, p. 111–121, 2021.

PAULIQUEVIS, C. F.; FAVERO, S. Atividade inseticida de óleo essencial de *Pothomorphe umbellata* sobre *Sitophilus zeamais*. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 12, p. 1192–1196, dez. 2015.

PIMIENTA-RAMÍREZ, L. *et al.* Chemical composition and evaluation of the essential oil from *Eupatorium glabratum* as biopesticide against *Sitophilus zeamais* and several stored maize fungi. **Journal of Essential Oil Research**, v. 28, n. 2, p. 113–120, 3 mar. 2016.

RAMOS, H. DE O. *et al.* *Schinus terebinthifolia* Raddi: uma revisão bibliográfica associada a um estudo in silico. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 12, p. e421111234262, 19 set. 2022.

ROSA, J. *et al.* Bioactivity of some Apiaceae essential oils and their constituents against *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). **Bulletin of Entomological Research**, v. 110, n. 3, p. 406–416, 9 jun. 2020.

SANTOS, A. C. A. DOS *et al.* Efeito fungicida dos óleos essenciais de *Schinus molle* L. e *Schinus terebinthifolia* Raddi, Anacardiaceae, do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 20, n. 2, p. 154–159, maio 2010.

SANTOS, Í. R. N. *et al.* Extração de óleo essencial da pimenta rosa (*Schinus terebinthifolia* Raddi) e determinação da citotoxicidade e contagem inibitória mínima. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 8, p. e996986674, 6 ago. 2020.

SANTOS, J. P. *et al.* Relative index of susceptibility to the maize weevil, *Sitophilus zeamais*, among some QPM corn lines. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 5, n. 2, p. 159–169, 30 ago. 2006.

SANTOS, J. P. DOS. Pragas de grãos armazenados. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/milho/producao/colheita-e-pos-colheita/pragas-de-graos-armazenados#:~:text=PRINCIPAIS%20PRAGAS%20DOS%20GR%C3%83OS%20ARMAZENADOS,pela%20maior%20parte%20das%20perdas>. Acesso em: 29 nov. 2023.

SANTOS, P. É. M. DOS *et al.* Contact toxicity of essential oil of *Croton pulegioidorus* Baill on *Sitophilus zeamais* Motschulsky. **Revista Caatinga**, v. 32, n. 2, p. 329–335, jun. 2019.

SILVA, A. B. DA *et al.* Bioatividade do óleo essencial de *Croton blanchetianus* Baill (Euphorbiaceae) sobre *Callosobruchus maculatus* Fabricius, 1775 (Coleoptera: Chrysomelidae). **Nativa**, v. 8, n. 4, p. 450–455, 31 jul. 2020.

SILVA, T. L. DA *et al.* Leaf essential oil from *Croton pulegioidorus* Baill shows insecticidal activity against *Sitophilus zeamais* Motschulsky. **Revista Caatinga**, v. 32, n. 2, p. 354–363, jun. 2019.

SPLETOZER, A. G. *et al.* Plantas com potencial inseticida: enfoque em espécies amazônicas. **Ciência Florestal**, v. 31, n. 2, p. 974–997, 1 jun. 2021.

TEODORO, A. V. *et al.* Uso de óleos vegetais no controle de pragas em plantas de jardins, hortas e pomares domésticos. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2019.

TSCHOEKE, L. F. P. *et al.* Insecticidal activity of *Schinus terebinthifolia* essential oil for the management of permethrin-resistant *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). **Journal of Asia-Pacific Entomology**, v. 27, n. 3, p. 102301, set. 2024.

WANG, C. F. *et al.* Components and insecticidal activity against the maize weevils of *Zanthoxylum schinifolium* fruits and leaves. **Molecules**, v. 16, n. 4, p. 3077–3088, abr. 2011.

ZHAO, M. P. *et al.* Gas chromatography-mass spectrometry analysis of insecticidal essential oil derived from Chinese *Ainsliaea fragrans* Champ ex Benth (Compositae). **Tropical Journal of Pharmaceutical Research**, v. 14, n. 9, p. 1685–1689, 1 set. 2015.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo evidencia a relevância dos óleos essenciais como alternativa promissora para o manejo sustentável de *S. zeamais* em grãos de milho armazenados, contribuindo para a sustentabilidade agroindustrial. A revisão bibliográfica reforça o crescente interesse científico pelo uso desses compostos naturais em substituição aos inseticidas sintéticos. No entanto, os bioensaios realizados com o óleo essencial de *S. terebinthifolia* não apresentaram eficácia significativa, possivelmente em razão de sua composição química, da volatilidade dos metabólitos ou da resistência do inseto-alvo. Diante disso, destaca-se a necessidade de novos estudos laboratoriais que investiguem diferentes formas de aplicação, concentrações e possíveis combinações com outros extratos vegetais, com vistas ao desenvolvimento de bioativos comerciais mais eficazes para o controle de *S. zeamais*.

Os resultados obtidos neste estudo apresentam um impacto social relevante, ao oferecerem fundamentos científicos que contribuem para a valorização e a inserção de espécies nativas em sistemas agroecológicos. O potencial uso de óleos essenciais como alternativa aos inseticidas químicos favorece não apenas a proteção do milho, mas também promove maior segurança a saúde de pequenos agricultores, alinhadas à preservação ambiental e à conservação da biodiversidade local. Além disso, os dados gerados incentivam novas pesquisas na área e fortalecem a valorização dos recursos naturais da região sul da Bahia.

6 REFERÊNCIAS

- ACÁCIO, R. da S. *et al.* Dataset of *Schinus terebinthifolia* essential oil microencapsulated by spray-drying. **Data in Brief**, v. 47, p. 108927, abr. 2023.
- ALVES, B. Óleo essencial de Lavanda (*Lavandula angustifolia*) no tratamento da ansiedade. São João Del-Rei: Universidade Federal de São João Del-Rei, 2018.
- ARYAL, S. *et al.* Insecticidal toxicity of essential oil of Nepalese *Acorus calamus* (Acorales: Acoraceae) against *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). **Heliyon**, v. 9, n. 11, p. e22130, nov. 2023.
- BARBOSA, L. C. D. A. Os pesticidas, o homem e o meio ambiente. Viçosa: UFV, 2004.
- CARNEIRO, W. M. A. Produção agrícola do Nordeste em 2020. **Banco do Nordeste do Brasil**, v. 3, n. 15, 2020.
- COELHO, J. D. Milho: produção e mercados. **Banco do Nordeste do Brasil**, v. 6, n. 210, p. 1–12, 2021.

COITINHO, R. L. B. de C. *et al.* Persistência de óleos essenciais em milho armazenado, submetido à infestação de gorgulho do milho. **Ciência Rural**, v. 40, n. 7, p. 1492–1496, 30 jul. 2010.

COITINHO, R. L. B. de C. *et al.* Toxicidade por fumigação, contato e ingestão de óleos essenciais para *Sitophilus zeamais* Motschulsky, 1885 (Coleoptera: Curculionidae). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 1, p. 172–178, fev. 2011.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. Brasília, DF: CONAB, v. 11, safra 2023/24, n. 5, fev. 2024. 5. Levantamento.

DIAS, J. A. P. G. *et al.* Aspectos gerais da produção de sementes de milho. In: ROSSETTI, C. *et al.* (Org.). *Gestão dos processos para produção de sementes: do campo à pós-colheita*. Nova Xavantina, MT: Pantanal Editora, 2023. v. 1.

FIGUEIREDO, R. C.; ROCHA, W. C.; FREITAS, A. D. G. de. Efeito inseticida do óleo essencial e extratos etanólicos das folhas de mastruz (*Chenopodium ambrosioides* L.) sobre o gorgulho do milho (*Sitophilus zeamais* Mots.). **Ensaio e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde**, v. 22, n. 2, p. 80, 25 jan. 2018.

GILBERT, B.; FAVORETO, R. *Schinus terebinthifolia* Raddi. **Revista Fitos**, v. 6, n. 1, p. 43–56, 2011.

GOÑI, M. L. *et al.* Supercritical CO₂ iof LDPE films with terpene ketones as biopesticides against corn weevil (*Sitophilus zeamais*). **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 122, p. 18–26, abr. 2017.

HOFFMANN, K. H. Essential oils. **Zeitschrift für Naturforschung C**, v. 75, n. 7–8, p. 177, 28 jul. 2020.

ISMAN, M. B. Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. **Annual Review of Entomology**, v. 51, n. 1, p. 45–66, 2006.

LAZZARI, S. M. N.; LAZZARI, F. A. Insetos de grãos armazenados. In: PANIZZI, A. R.; PARRA, J. R. P. (Org.). **Bioecologia e nutrição de insetos: base para o manejo integrado de pragas**. Brasília: Embrapa, 2009. p. 667–680.

LORENZI, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. São Paulo: Instituto Plantarum, 2002.

REDDY, D. S.; CHOWDARY, N. M. Botanical biopesticide combination concept—a viable option for pest management in organic farming. **Egyptian Journal of Biological Pest Control**, v. 31, n. 1, p. 23, 25 dez. 2021.

ROSA, J. S. *et al.* Bioactivity of some *Apiaceae* essential oils and their constituents against *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). **Bulletin of Entomological Research**, v. 110, n. 3, p. 406–416, 9 jun. 2020.

SAID-AL AHL, H. A. H. *et al.* Essential oils with potential as insecticidal agents: a review. **International Journal of Environmental Planning and Management**, v. 3, n. 4, p. 23–33, 2017.

SANTOS, Í. R. N. *et al.* Extração de óleo essencial da pimenta rosa (*Schinus terebinthifolia* Raddi) e determinação da citotoxicidade e contagem inibitória mínima. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 8, p. e996986674, 6 ago. 2020.

SANTOS, J. P. dos. Pragas de grãos armazenados. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/milho/producao/colheita-e-pos-colheita/pragas-de-graos-armazenados>. Acesso em: 29 nov. 2023.

SENE, M. R. da S. *et al.* Tratamento fungicida e peliculização de sementes de arroz armazenadas. **Magistra**, v. 31, p. 789–798, 2021.

SILVA, A. B. da *et al.* Bioatividade do óleo essencial de *Croton blanchetianus* Baill (Euphorbiaceae) sobre *Callosobruchus maculatus* Fabricius, 1775 (Coleoptera: Chrysomelidae). **Nativa**, v. 8, n. 4, p. 450–455, 31 jul. 2020.

SPLETOZER, A. G. *et al.* Plantas com potencial inseticida: enfoque em espécies amazônicas. **Ciência Florestal**, v. 31, n. 2, p. 974–997, 1 jun. 2021.

TEODORO, A. V. *et al.* Uso de óleos vegetais no controle de pragas em plantas de jardins, hortas e pomares domésticos. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2019.