

CONTROLE DE GORGULHO (*Sitophilus spp.*) EM GRÃOS ARMAZENADOS DE MILHO, TRIGO E AVEIA

Diogo Vanderlei Schwertner¹, Elen Cristina Bornholdt², Sandro Borba Possebon¹, Volnei Luiz Meneghetti¹, Alieze Nascimento da Silva³

¹ Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha, *Campus* Panambi, RS, Contato: diogo.schwertner@iffarroupilha.edu.br

² Discente de Bacharelado em Agronomia pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha, *Campus* Panambi, RS

³ Professora na Universidade de Cruz Alta, RS

Recebido em: 15/08/2025 – Aprovado em: 15/09/2025 – Publicado em: 30/09/2025

DOI: 10.18677/EnciBio_2025C3

RESUMO

Milho, trigo e aveia são culturas expressivas no Brasil, sendo os grãos e as sementes, muitas vezes, armazenados por longos períodos, estando sujeitos ao ataque de insetos-praga como o gorgulho (*Sitophilus spp.*), que deprecia a quantidade e a qualidade dos produtos. A prevenção da ocorrência dessa praga pode ser realizada com a aplicação de inseticidas químicos ou naturais, como a terra de diatomácea. O objetivo deste trabalho é avaliar a mortalidade de adultos de *Sitophilus spp.* em grãos de milho, trigo e aveia tratados com terra de diatomácea ou inseticidas químicos do grupo piretróide e organofosforado. Dois experimentos foram realizados em condições de temperatura e umidade relativa ambiente com grãos de trigo, um com grãos de milho e outro com grãos de aveia. Nesses estudos, os tratamentos hora foram doses de terra de diatomácea e inseticidas químicos (Pirimifós-metílico e Lambda-cialotrina), ou apenas, doses de terra de diatomácea. Avaliou-se a mortalidade de gorgulhos acumulada e corrigida pela fórmula de Abbott, procedendo-se a testes de comparação de médias ou a análise de regressão para a interpretação dos resultados. Pirimifós-metílico foi eficiente no controle do gorgulho em grãos de milho e de trigo, enquanto, lambda-cialotrina apresentou baixo controle. A terra de diatomácea foi mais eficiente no controle do gorgulho em grãos de trigo do que em aveia e milho. A máxima eficiência técnica no controle do gorgulho em grãos de trigo foi obtida com a aplicação de cerca de 1,50 gramas de terra de diatomácea por kg de grãos.

PALAVRAS-CHAVE: Organofosforado; Piretróide; Terra de diatomáceas.

CONTROL OF WEEVILS (*Sitophilus sp.*) IN STORED MAIZE, WHEAT, AND OAT GRAINS

ABSTRACT

Corn, wheat, and oats are important crops in Brazil. Their grains and seeds are often stored for long periods, making them susceptible to infestation by insect pests such as the weevil (*Sitophilus sp.*), which reduces both the quantity and quality of the products. Pest prevention can be achieved through the application of chemical insecticides or natural products, such as diatomaceous earth. This study aimed to evaluate the mortality of adult *Sitophilus sp.* in corn, wheat, and oat grains treated with diatomaceous earth or with diatomaceous earth combined with chemical

insecticides from the pyrethroid (pirimiphos-methyl) and organophosphate (lambda-cyhalothrin) groups. Experiments were conducted under ambient temperature and relative humidity conditions. Cumulative weevil mortality was assessed and corrected using Abbott's formula, and the results were analyzed through mean comparison tests or regression analysis. Pirimiphos-methyl showed high efficiency in controlling weevils in corn and wheat grains, whereas lambda-cyhalothrin presented low effectiveness. Diatomaceous earth was more effective in controlling weevils in wheat grains than in oats and corn, with maximum technical efficiency achieved at approximately 1.50 g of diatomaceous earth per kg of grains.

KEYWORDS: Organophosphorated; Pyrethroids; Diatomaceous earth.

INTRODUÇÃO

Os grãos dos cereais milho (*Zea mays*), trigo (*Triticum aestivum*) e aveia (*Avena sativa*) são produzidos em todo o mundo e são utilizados na alimentação humana e animal por conterem grande quantidade de carboidratos, sendo a principal fonte de energia ingerida pelos seres humanos. Os grãos podem ser nus, apresentando somente o gérmen, o endosperma e a membrana da semente (trigo e milho) ou revestidos por uma casca (aveia).

No Brasil, na safra 2024 foram produzidas cerca de 114,7 milhões de toneladas de milho grão, 7,53 milhões de toneladas de trigo e 1,06 milhões de toneladas de aveia (IBGE, 2025). Além de estimular a produção de alimentos visando suprir a demanda interna e externa é necessário, para conservar os grãos, incentivar a construção de unidades armazenadoras adequadas e manter atualizado os estudos sobre o controle de pragas de grãos armazenados, pois, os insetos são versáteis e podem desenvolver resistência aos produtos químicos e naturais aplicados para o seu controle (ATTIA *et al.*, 2020).

Nesse sentido, verifica-se nos últimos anos que o tema controle de insetos em grãos armazenados com terra de diatomáceas e inseticidas químicos deixou de ser pesquisado com maior ênfase nacionalmente (BITRAN *et al.*, 1991; ATHANASSIOU *et al.*, 2004; MARSARO JÚNIOR *et al.*, 2007; PINTO JÚNIOR *et al.*, 2008; ANTUNES *et al.*, 2013), bem como, não há trabalhos regionais sobre o controle do gorgulho com inseticidas químicos e naturais, principalmente, em grãos de aveia. O foco das pesquisas nacionais e internacionais tem sido a identificação de extratos e óleos essenciais vegetais com potencial ação repelente e de controle de insetos em grãos armazenados (CARVALHO *et al.*, 2017; OLIVEIRA *et al.*, 2020; STEJSKAL *et al.*, 2021; GOMES *et al.*, 2022; SANG *et al.*, 2023).

Os gorgulhos (*Sitophilus oryzae* e *S. zeae*, Coleóptera: Curculionidae) são duas espécies de pragas de grãos armazenados que somente são distinguíveis pelo estudo da genitália. Ambas podem ocorrer ao mesmo tempo na massa de grãos e são classificadas como pragas primárias internas, pois têm a capacidade de perfurar os grãos sadios e neles penetram para completar seu desenvolvimento (BANGA *et al.*, 2020). Alimentam-se de todo o interior do grão e criam condições para a instalação de outros agentes de degradação como pragas secundárias e microrganismos (LORINI *et al.*, 2015).

Os grãos e as sementes após serem limpos e secos poderão necessitar de armazenamento prolongado até o consumo ou uso na semeadura. Milho, trigo e aveia são armazenados em fazendas, postos intermediários e indústrias nas mais diferentes modalidades como grãos a granel, em sacaria, *big-bags* e silos metálicos

ou de alvenaria. Nas propriedades, é muito comum o armazenamento do milho para produção de rações para a alimentação animal, bem como, da aveia e do trigo em grãos para a semeadura comercial e plantios de cobertura do solo. Nesse caso, o agricultor pode não dispor de muitos conhecimentos, carecer de infraestrutura e de capacidade de monitoramento dos grãos, sendo essenciais técnicas preventivas de manejo de pragas em grãos armazenados (MESTERHÁZY *et al.*, 2020).

A prevenção da ocorrência de insetos-praga pode ser realizada por métodos físicos (ABDEL-HADY *et al.*, 2021), como os pós inertes (terra de diatomácea) que atuam causando a morte dos insetos pela dessecação, já que promove a desidratação direta e, ainda, o rompimento da camada lipídica epicuticular protetora devido a abrasão. A terra de diatomácea é reconhecida como um inseticida natural (proveniente de fósseis de algas diatomáceas, rico em sílica) seguro para o consumo humano e animal (sem carência) (SALEM, 2020), de baixa toxicidade para mamíferos (MORTAZAVI *et al.*, 2025) e que não afeta a qualidade dos grãos para a panificação.

O controle preventivo de pragas em grãos armazenados com inseticidas dos grupos químicos piretróide e organofosforado é o método que predomina, mas tem resultado em falhas de controle, resíduos em alimentos e resistência de pragas (LORINI *et al.*, 2015; ATTIA *et al.*, 2020; PAUL *et al.*, 2020; GUARIENTI *et al.*, 2024; BUKHARI; KHAN, 2025). Tanto a terra de diatomáceas quanto os inseticidas químicos devem ser aplicados preventivamente na massa de grãos, antes do acondicionamento e do armazenamento. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a mortalidade de adultos de *Sitophilus sp.* em grãos de milho, trigo e aveia tratados com terra de diatomácea ou inseticidas químicos do grupo piretróide e organofosforado.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados no laboratório de produção vegetal do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Farroupilha *Campus* Panambi, RS (coordenadas geográficas 28°16'43.12"S, 53°31'6.06"O, altitude de 430 metros) à temperatura e umidade relativa do ar ambiente (Tabela 1).

TABELA 1. Condições ambientais durante a realização dos experimentos no IFFAR, Panambi-RS.

Ensaio	Período	TM	Tmín	Tmáx	URm	URMín	URMáx
Trigo/Milho	29/06 a 20/07/2022	15,84	3,30	27,90	77,15	40,00	100,00
Trigo	09/05 a 30/05/2023	15,98	5,60	27,80	73,49	25,00	99,00
Aveia	26/04/ a 24/05/2024	17,67	4,70	31,00	86,53	38,00	100,00

Fonte: Autores (2025). TM: média da temperatura média diária durante o período (°C); Tmín: temperatura mínima; Tmáx: temperatura máxima; URm: média da umidade relativa média diária do ar durante o período (%); URMín: umidade relativa do ar mínima; URMáx: umidade relativa do ar máxima.

O primeiro experimento foi realizado entre 29/06/2022 e 20/07/2022, em delineamento inteiramente ao acaso com cinco tratamentos (testemunha sem aplicação, 0,5 gramas de terra de diatomácea por kg de grãos, 1,0 gramas de terra de diatomácea por kg de grãos, 8 gramas do ingrediente ativo Pirimifós-metílico (organofosforado) por kg de grãos e, 0,5 gramas do ingrediente ativo Lambda-cialotrina (piretróide) por kg de grãos com três repetições, aplicados em grãos

armazenados de trigo com 13,8 % de grau de umidade. O segundo experimento foi realizado, simultaneamente, com os mesmos tratamentos, aplicados em grãos armazenados de milho com 14,5% de grau de umidade. Cada repetição de tratamento consistiu de 300 g de grãos, que foram acondicionados em frascos de vidro com tampa telada e infestados com 30 adultos de *Sitophilus sp.* sem padronização sexual e livres de tratamentos, coletados em uma unidade armazenadora de grãos do município.

Avaliou-se a mortalidade acumulada de gorgulhos aos sete (M7), 14 (M14) e 21 (M21) dias após a aplicação dos tratamentos. Foi considerado morto o inseto que não se moveu durante três minutos de observação, pois esta espécie apresenta tanatose, que é um mecanismo de defesa em que o inseto fica imóvel, simulando sua morte para se proteger (ANTUNES, *et al.*, 2013). Quando o tratamento testemunha apresentou mortalidade, as médias dos demais tratamentos foram corrigidas pela equação de Abbott (ABBOTT, 1925), para que representassem apenas o efeito dos tratamentos (separando a mortalidade que ocorre naturalmente na população de insetos), sendo:

$$MC = \left[\left(\frac{Mp - Mt}{100 - Mt} \right) \right] * 100 \quad (1)$$

onde: MC = mortalidade corrigida em função do tratamento testemunha; Mp = mortalidade observada no tratamento com o produto; e Mt = mortalidade verificada no tratamento testemunha. São apresentados a mortalidade acumulada corrigida aos sete (MC7), 14 (MC14) e 21 (MC21) dias após a aplicação dos tratamentos.

Os dados foram transformados pela função:

$$Y = (X + 0,5)^{0,5} \quad (2)$$

Para atender aos pressupostos da análise paramétrica e então submetidos à análise de variância e ao teste de comparação de médias por Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro utilizando o software Sisvar (FERREIRA, 2019). Também foi utilizado o teste de Scheffé para testar a significância do contraste entre os tratamentos com terra de diatomácea *versus* os tratamentos com inseticidas químicos. A interpretação estatística foi realizada com os dados transformados e a representação dos resultados com os valores reais, a fim de possibilitar o uso técnico das informações.

O terceiro experimento foi realizado entre 09/05/2023 a 30/05/2023, também no delineamento inteiramente ao acaso com quatro tratamentos (testemunha sem aplicação, 1,0 grama de terra de diatomácea por kg de grãos, 1,5 gramas de terra de diatomácea por kg de grãos e, 2,0 gramas de terra de diatomácea por kg de grãos) e três repetições, aplicados em grãos armazenados de trigo com 11,7% de grau de umidade e peso do hectolitro 72 kg L⁻¹. O procedimento experimental e as avaliações da mortalidade dos insetos foram realizadas conforme descrito para o primeiro e o segundo experimento.

Após a transformação dos dados através da equação 2, foi realizada a análise de variância e o teste de comparação de médias por Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro utilizando o software Sisvar (FERREIRA, 2019). Também, foi realizada a análise de regressão entre as doses de terra diatomácea (variável independente) e a mortalidade acumulada e corrigida de insetos (variáveis dependentes) para as três épocas de avaliação, visando determinar o ponto de

máxima eficiência técnica, que para modelos de segundo grau é obtido pela expressão:

$$PME = - \left(\frac{-b_1}{2b_2} \right). \quad (3)$$

O quarto experimento foi realizado de 26/04/2024 a 24/05/2024 no delineamento inteiramente ao acaso com cinco tratamentos (testemunha sem aplicação, 1,0 grama de terra de diatomácea por kg de grãos, 2,0 gramas de terra de diatomácea por kg de grãos, 3,0 gramas de terra de diatomácea por kg de grãos e, 4,0 gramas de terra de diatomácea por kg de grãos) e três repetições, aplicados em grãos armazenados de aveia branca URS Corona com 13% de grau de umidade. O procedimento experimental foi o mesmo anteriormente descrito, sendo as avaliações da mortalidade acumulada e corrigida dos insetos realizada aos 10 (M10; MC10), 21 (M21; MC21) e 28 (M28; MC28) dias após a aplicação. Após a transformação dos dados (equação 2), foi realizada a análise de variância e o teste de comparação de médias por Scott-Knott a 5 % de probabilidade de erro utilizando o software Sisvar (FERREIRA, 2019). Também, foi realizada a análise de regressão entre as doses de terra diatomácea (variável independente) e a mortalidade acumulada e corrigida de insetos (variáveis dependentes) para as três épocas de avaliação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A mortalidade de gorgulhos acumulada (M) e corrigida pela equação 1 aos sete, 14 e 21 dias após a aplicação dos inseticidas químicos e inorgânico em grãos armazenados de trigo pode ser observada na Tabela 2.

TABELA 2. Mortalidade de gorgulhos acumulada (M) e corrigida pela fórmula de Abbott (MC) em grãos armazenadas de trigo sete, 14 e 21 dias após aplicação de inseticidas, IFFAR Campus Panambi, 2025.

Tratamento	C7 DAA (%)		C14 DAA (%)		C21 DAA (%)	
	M7	MC7	M14	MC14	M21	MC21
T3-8 g/kg P.M	100,0 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a
T2-1,0 g/kg TD	33,33 a	28,57 b	70,00 a	64,00 a	80,00 a	71,42 a
T1-0,5 g/kg TD	23,33 a	17,86 b	63,33 a	56,00 a	90,00 a	85,71 a
T4-0,5 g/kg L.C.	16,67 a	13,09 b	26,67 b	14,67 b	46,67 b	33,3 b
T5-Testemunha	6,67 b	0,00 c	16,67 b	0,00 c	30,00 b	0,00 c
CV(%)	28,69	26,17	21,6	23,38	27,62	31,75
Média	36,00	31,9	55,33	46,93	69,33	58,09
p-valor	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
C. (T1+T2-T3-T4)	-30,00*	-33,34*	3,33 ^{ns}	2,67 ^{ns}	11,67 ^{ns}	11,90 ^{ns}

Fonte: Autores (2025). *C.: Contraste significativo a 5% de probabilidade de erro pelo teste de Scheffé. ^{ns} Não significativo. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro. T1: 0,5 g de terra de diatomácea por kg de grãos; T2: 1,0 g de terra de diatomácea por kg de grãos; T3: 8 g de Pirimifós-Metílico por kg de grãos; T4: 0,5 g de Lambda-Cialotrina por kg de grãos; T5: Testemunha.

A análise de variância pelo teste F (p-valor <0,01) indicou diferença significativa entre os tratamentos para as duas variáveis nas três épocas de

avaliação. A mortalidade média acumulada e corrigida de insetos aumentou gradativamente durante a realização do experimento, atingindo 69,33 % e 58,09 %, respectivamente, na avaliação aos 21 dias após a aplicação dos tratamentos, indicando que um maior tempo de contato é necessário para que a terra de diatomácea promova o controle da praga, uma vez que o inseticida organofosforado já eliminou 100% dos insetos sete dias após a aplicação. Bitran *et al.*, (1991) também identificaram que o pirimifós-metílico se destacou no controle do gorgulho em grãos de trigo, enquanto inseticidas piretróides não mantiveram uma ação residual prolongada no controle dessa praga.

Attia *et al.*, (2020) verificaram que o pirimifós-metílico foi o inseticida mais tóxico para *S. oryzae*, seguido pela cipermetrina e pelo malathion. Bukhari e Khan (2025) identificaram que populações de campo do besouro do arroz (*Trogoderma granarium*) apresentam menor suscetibilidade aos inseticidas pirimifós-metílico, alfa-cipermetrina e spinetoram quando comparadas a populações mantidas em laboratório. O teste de Scheffé indicou que o controle químico (T3+T4) é superior ao controle com terra de diatomácea (T1+T2) somente na avaliação sete dias após a aplicação dos tratamentos (Tabela 2).

A mortalidade natural dos insetos aumentou gradualmente e atingiu 30% aos 21 dias após o início do experimento. Na primeira avaliação, aos sete dias, o teste de comparação de médias de Scott-Knott evidenciou que o inseticida pirimifós-metílico apresentou controle superior aos demais tratamentos, quando eliminado o efeito da mortalidade natural (MC7) (Tabela 2), sinalizando que esse princípio ativo possui rápida ação contra a praga, e, portanto, se no ambiente de armazenagem de grãos já houver indícios de presença da praga deve-se preferir esse produto a fim de minimizar os possíveis danos da praga sobre a massa de grãos.

A partir da segunda (14 dias) e, também, na terceira época de avaliação (21 dias), tanto para a mortalidade acumulada (M), quanto para a mortalidade corrigida (MC), não houve diferença significativa entre os tratamentos pirimifós-metílico e terra de diatomácea nas doses de 0,5 e 1,0 g por kg de grãos, sugerindo que o inseticida inorgânico pode substituir o químico sem prejuízo no controle da praga e, com maior segurança para o aplicador e para o consumidor (FERREIRA *et al.*, 2023). Essa afirmação também tem subsídio no contraste de Scheffé, que indicou não haver diferença significativa na eficiência dos tratamentos químicos (T3+T4) e naturais (T1+T2) nessas duas épocas de avaliação, porém, a mortalidade só atingiu 80% decorridos 21 dias da aplicação de terra de diatomáceas nas doses testadas.

O estudo demonstrou também a viabilidade de redução da dose da terra de diatomácea para o controle inicial do gorgulho em grãos de trigo, visto que a metade da dose recomendada (T1) apresentou controle equivalente à dose normal indicada (T2) nas três épocas de avaliação (Tabela 2). Em grãos de milho armazenado, Marsaro Junior *et al.*, (2007) também observaram que a mortalidade aumentou com o tempo de exposição ao produto e, mesmo em baixas doses (0,25 g kg⁻¹), apresentaram eficiência superior a 80%, 17 dias após a aplicação. Nesse sentido, neste trabalho não houve continuidade para avaliar a longevidade do efeito de cada tratamento, visto que se os grãos forem armazenados por um longo período (180 dias), a dose de 1g de terra de diatomáceas por kg de grãos deve ser a recomendada para evitar o aumento da progênie (BALIOTA *et al.*, 2024).

Mortazavi *et al.*, (2025) realizaram estudo avaliando o efeito residual de doses de terra de diatomácea pelo período de um ano, concluindo que dose baixas (0,5

g/kg de grãos) permitiram, seis meses após o início do armazenamento dos grãos, grande proliferação do gorgulho, o que não aconteceu nos tratamentos com as doses de 1 e 2 g kg⁻¹.

O inseticida lambda-cialotrina (T4) apresentou controle inferior aos demais produtos aplicados aos 14 e 21 dias do estudo, indicando baixa eficiência para o gorgulho. Esse princípio ativo tem registro comercial apenas para o controle do besourinho (*Rhyzopertha dominica*) em trigo, podendo assim ser aplicado conjuntamente com o pirimifós-metílico que tem registro para caruncho dos cereais (*Sitophilus zeamais* e *Sitophilus oryzae*) e traça-dos-cereais (*Sitotroga cerealella*), ampliando o espectro de controle. Já a terra de diatomáceas não apresenta registro para o controle da traça dos cereais, somente caruncho e besourinho, todavia, Antunes *et al.*, (2013) concluíram que a efetividade do controle do besourinho pela terra diatomácea é inferior ao do gorgulho em grãos armazenados de milho.

O teste F da análise de variância indicou diferença significativa entre os tratamentos nas três épocas de avaliação (7, 14, 21 dias) para as duas variáveis avaliadas (M e MC) no experimento com grãos armazenados de milho (Tabela 3). O controle do gorgulho somente foi satisfatório (> 80 %) com o inseticida pirimifós-metílico nas três épocas de avaliação, diferindo estatisticamente dos tratamentos com terra de diatomáceas e com o inseticida lambda-cialotrina pelo teste de Scott-Knott. Conforme os resultados desse experimento, para grãos de milho com grau de umidade de 14,5 %, somente o inseticida organofosforado foi efetivo no controle do gorgulho.

A baixa eficiência da terra de diatomácea nesse estudo pode ser explicada, segundo Fields e Korunic (2000), devido ao elevado grau de umidade dos grãos que, possivelmente, ao umedecer a terra de diatomáceas, inativou-a, já que esta atua nos insetos promovendo a dessecação devido a adsorção e abrasividade deste pó inerte que rompe a camada de cera da epicutícula dos insetos, fazendo com que eles percam água do corpo até morrerem (FERREIRA *et al.*, 2023).

Em estudo com trigo, Fields e Korunic (2000) também obtiveram baixo controle do gorgulho (32 %) com terra de diatomáceas em grãos com 14% de grau de umidade, o que sugere que a dose de terra de diatomáceas precisa ser ajustada de acordo com o grau de umidade da massa de grãos ou, somente ser aplicada em grãos com menor grau de umidade. Antunes *et al.*, (2013), avaliando o controle do gorgulho em grãos de milho, concluíram que a mortalidade aumentou nos tratamentos cuja massa de grãos apresentou menor grau de umidade.

TABELA 3. Mortalidade de gorgulhos acumulada (M) e corrigida pela fórmula de Abbott (MC) em grãos armazenadas de milho sete, 14 e 21 dias após aplicação de inseticidas, IFFAR *Campus Panambi, 2025.*

Tratamento	C7 DAA (%)		C14 DAA (%)		C21 DAA (%)	
	M7	MC7	M14	MC14	M21	MC21
T3-8 g/kg P.M	100,0 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a
T2-1,0 g/kg TD	13,33 b	9,53 b	33,33 b	9,09 c	50,00 b	13,72 b
T1 0,5 g/kg TD	23,33 b	17,86 b	30,00 b	4,55 c	36,67 b	0,00 b
T4-0,5 g/kg L.C.	23,33 b	20,24 b	50,00 b	31,82 b	60,00 b	31,73 b
T5-Testemunha	6,67 b	0,00 b	26,67 b	0,00 c	43,33 b	0,00 b
CV(%)	36,33	31,85	30,43	31,86	32,41	51,09
Média	33,33	29,52	48,00	29,09	58,00	29,01

p-valor	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,05	<0,01
C. (T1+T2-T3-T4)	-43,33*	-46,43*	-43,33*	-59,08*	-36,67*	-58,83*

Fonte: Autores (2025). *C.: Contraste significativo a 5% de probabilidade de erro pelo teste de Scheffé. ^{ns} Não significativo. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro. T1: 0,5 g de terra de diatomácea por kg de grãos; T2: 1,0 g de terra de diatomácea por kg de grãos; T3: 8 g de Pírimifós-Metílico por kg de grãos; T4: 0,5 g de Lambda-Cialotrina por kg de grãos; T5: Testemunha.

A mortalidade média corrigida teve pequeno decréscimo durante a realização do experimento com milho, indicando que, nesse caso, o aumento do tempo de exposição dos insetos as doses de 0,5 e 1,0 g de terra de diatomáceas por kg de grãos e a dose de 0,5 g de Lambda-cialotrina por kg de grãos traz pouco benefício (Tabela 3). Já Bitran *et al.*, (1991) verificaram que o inseticida deltametrina teve eficiência de cerca de 64% no controle dos gorgulhos em milho nove meses após a aplicação. Chama a atenção a mortalidade natural no tratamento testemunha, que em neste estudo atingiu 43,33% aos 21 dias após o início do experimento. O teste de comparação de médias indicou não haver diferença significativa para a mortalidade acumulada e corrigida entre os tratamentos com terra de diatomáceas e a testemunha sem aplicação do produto. Ainda, o teste de Scheffé confirmou que o controle do gorgulho com inseticidas químicos (T3+T4) foi superior ao controle com o pó inerte nas doses avaliadas (T1+T2).

No segundo experimento de controle de gorgulho em grãos armazenados de trigo, o teste F da análise de variância indicou efeito significativo dos tratamentos aos sete, 14 e 21 dias após a aplicação, tanto para a mortalidade acumulada (M) quanto para a mortalidade corrigida (MC) (Tabela 4). Para o controle mais rápido e eficiente do gorgulho sete dias após a aplicação, deve-se optar pela dose de 2 gramas de terra de diatomácea por kg de grãos. Decorridos 14 e 21 dias da aplicação de terra de diatomácea, o controle foi superior a 80% nas três doses estudadas, tanto para a mortalidade acumulada quanto para a corrigida, evidenciando que a terra de diatomácea leva um tempo maior para atingir bom controle de insetos adultos de *Sitophilus sp*, porém, seu controle é mais prolongado (efeito residual mais longo e permanente), se comparado ao uso de inseticidas químicos.

O teste de comparação de médias não identificou diferença significativa do aumento da dose de terra de diatomácea (uma para duas gramas) no incremento do controle do gorgulho aos 14 e 21 dias após a aplicação. Com base nesses resultados, deve-se optar pela menor dose (1,0 g de terra de diatomácea por kg de grãos), para o controle de *Sitophilus spp.* em grãos de trigo armazenado. Pinto Júnior *et al.*, (2008), também trabalhando com trigo, identificaram que com a dose de 1 g de terra diatomácea por kg de grãos o controle do gorgulho atingiu 100% 14 dias após a aplicação dos tratamentos.

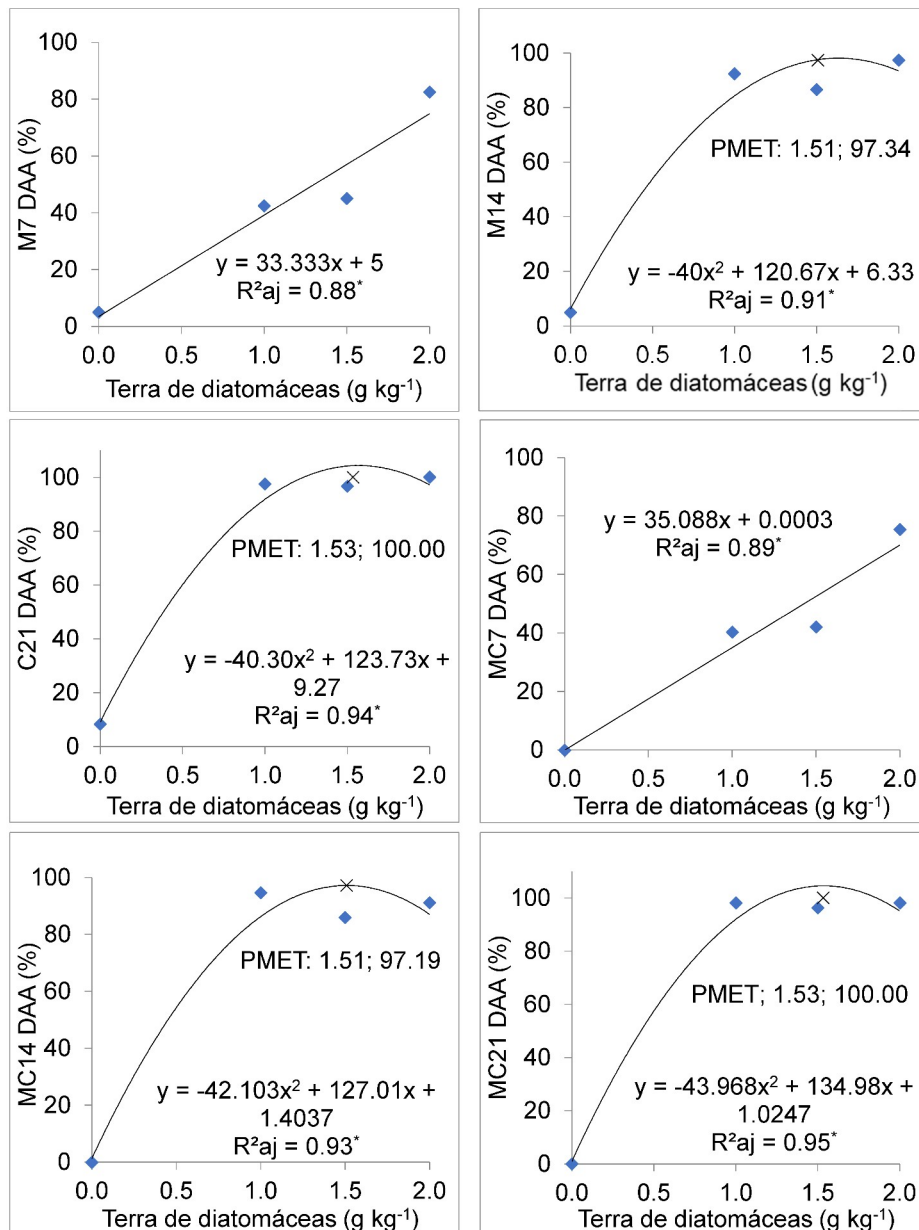
TABELA 4. Mortalidade de gorgulhos acumulada (M) e corrigida pela fórmula de Abbott (MC) em grãos armazenadas de trigo sete, 14 e 21 dias após aplicação de terra diatomácea, IFFAR *Campus Panambi, 2025.*

Tratamento	C7 DAA (%)		C14 DAA (%)		C21 DAA (%)	
	M7	MC7	M14	MC14	M21	MC21
T1-2,0 g/kg TD	76,67 a	75,44 a	91,67 a	91,23 a	98,33 a	98,18 a
T2-1,5 g/kg TD	45,00 b	42,10 b	86,67 a	95,96 a	96,67 a	96,37 a
T3-1,0 g/kg TD	43,33 b	40,35 b	95,00 a	94,74 a	98,33 a	98,18 a
T4-Testemunha	5,00 c	0,00 c	5,00 b	0,00 b	8,33 b	0,00 b
CV(%)	23,45	25,41	15,10	15,8	3,83	3,72
Média	42,50	39,47	69,58	67,98	75,41	73,18
p-valor	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01

Fonte: Autores (2025). *Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro. T1: 2,0 g de terra de diatomácea por kg de grãos; T2: 1,5 g de terra de diatomácea por kg de grãos; T3: 1,0 g de terra de diatomácea por kg de grãos; T4: Testemunha.

A análise de regressão indicou o modelo linear de primeiro grau como significativo a 5% de probabilidade de erro e com elevado coeficiente de determinação (R^2 ajustado) para explicar o comportamento da mortalidade acumulada (M) e corrigida (MC) de gorgulhos sete dias após a aplicação das doses de terra de diatomácea (Figura 1). Considerando a MC, pode-se esperar um incremento de, aproximadamente, 35% no controle dos insetos a cada grama de terra de diatomácea aplicada. Para aumentar a porcentagem de controle dos insetos 7 DAA, os resultados sugerem que doses maiores que 2g de terra de diatomácea por kg de grãos de trigo devem ser utilizadas, e, nesse sentido, um novo experimento poderia ser realizado para verificar essa hipótese.

FIGURA 1. Mortalidade de gorgulhos acumulada (M) e corrigida pela fórmula de Abbott (MC) em grãos armazenadas de trigo 7, 14 e 21 dias após aplicação de terra diatomácea, IFFar Campus Panambi, 2025.



Fonte: Autores (2025). PMET: ponto de máxima eficiência técnica (dose (g de terra de diatomácea por kg de grãos) e % de controle); R^2_{aj} : coeficiente de determinação ajustado; *Significativo a 5% de probabilidade de erro.

O comportamento do controle acumulado e corrigido de gorgulho aos 14 e aos 21 dias após a aplicação da terra de diatomáceas ajustou-se ao modelo de regressão linear de segundo grau (Figura 1). Os modelos ajustados são significativos a 5% de probabilidade de erro e apresentam elevado coeficiente de determinação (R^2 ajustado). Os resultados indicam que para obter a máxima eficiência técnica (PMET) no controle do gorgulho em trigo aos 14 e 21 dias após a aplicação de terra de diatomácea é necessário utilizar a dose de 1,51 e 1,53 g de terra de diatomácea por kg de grãos, respectivamente, portanto, cerca de 50% superior à dose indicada em bula.

Pinto Júnior *et al.*, (2008) também verificaram que a mortalidade de pragas é diretamente relacionada à dose de terra de diatomácea e, os autores chamam a atenção para o fato de que o besouro (*Oryzaephilus surinamensis*) é mais tolerante que o gorgulho para todas as concentrações de terra de diatomácea testadas. Essa constatação sugere que estudos de controle de pragas em grãos armazenados devam ser realizados com infestação múltipla, assim como acontece no ambiente natural.

O efeito da terra de diatomáceas na mortalidade corrigida (MC) de gorgulhos em grãos armazenados de aveia foi significativo a 5% de probabilidade de erro somente aos 10 e 21 dias após a aplicação (Tabela 5). Em ambos os períodos, percebe-se pelo teste de comparação de médias que os tratamentos com terra de diatomácea promoveram controle superior em relação a mortalidade natural observada na testemunha, e, não houve diferença significativa no controle à medida que houve aumento da dose de terra de diatomácea de uma para quatro gramas por kg de grãos armazenados.

TABELA 5. Mortalidade de gorgulhos acumulada (M) e corrigida pela fórmula de Abbott (MC) em grãos armazenadas de aveia 10, 21 e 28 dias após aplicação de terra diatomácea, IFFAR *Campus Panambi, 2025.*

Tratamento	C10 DAA (%)		C21 DAA (%)		C28 DAA (%)	
	M10	MC10	M21	MC21	M28	MC28
T4-4,0 g/kg TD	79,33 a	59,94 a	93,33 a	75,29 a	96,66 a	77,97 a
T3-3,0 g/kg TD	64,94 a	35,19 a	89,07 a	60,49 a	90,92 a	55,65 a
T2-2,0 g/kg TD	57,40 a	23,13 a	93,43 a	75,66 a	93,43 a	56,60 a
T1-1,0 g/kg TD	65,02 a	35,33 a	88,15 a	56,11 a	91,49 a	43,76 a
T5-Testemunha	45,90 a	0,00 b	73,01 a	0,00 b	84,86 a	0,00 a
CV(%)	14,62	36,49	11,31	39,57	8,12	61,47
Média	62,32	30,72	87,40	53,51	91,47	46,8
p-valor	0,26	<0,01	0,15	0,01	0,44	0,13

Fonte: Autores (2025). *Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro. T1: 1,0 g de terra de diatomácea por kg de grãos; T2: 2,0 g de terra de diatomácea por kg de grãos; T3: 3,0 g de terra de diatomácea por kg de grãos; T4: 4,0 g de terra de diatomácea por kg de grãos; T5: Testemunha.

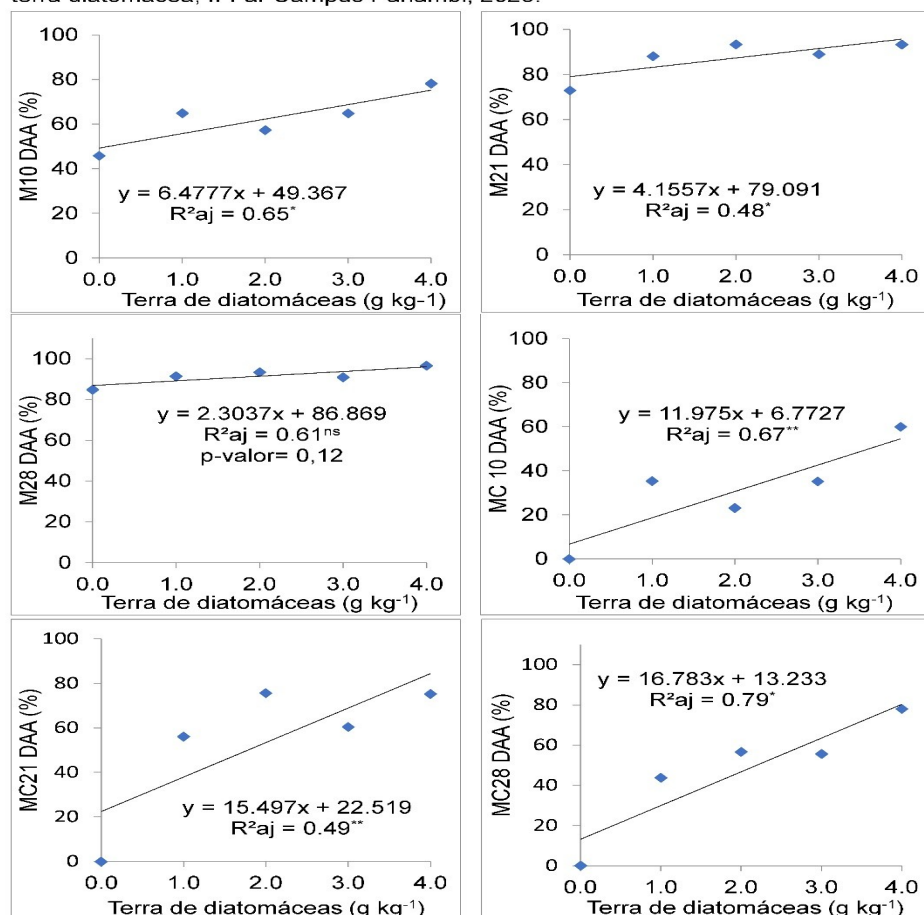
A mortalidade natural no tratamento testemunha foi elevada nesse experimento, o que prejudicou a significância dos testes estatísticos, dificultando a correta discriminação dos efeitos dos tratamentos. Para efeito de comparação, não foram encontrados outros trabalhos nacionais que avaliam o comportamento do controle do gorgulho em grãos de aveia, e, o registro do produto, somente faz menção aos insetos pragas, que seriam adequadamente controlados em qualquer espécie com ocorrência do alvo biológico.

Athanassiou *et al.*, (2004) estudando formulações e doses de terra de diatomácea no controle de *S. oryzae* verificaram que a mortalidade atingiu quase 100% após sete dias de aplicação em grãos de centeio, triticale e aveia. Esses autores relatam que às características físicas dos grãos, como tamanho, rugosidade da superfície e densidade podem afetar a aderência e o contato dos insetos com as partículas da terra de diatomáceas, interferindo na eficácia do controle. Nesse

sentido, sugere-se a continuidade dos estudos com grãos de diferentes espécies de aveia cultivadas nacionalmente.

A análise de regressão entre as doses de terra de diatomácea e a mortalidade corrigida (MC) de gorgulho foi significativa nas três épocas de avaliação (10, 21 e 28 dias) a 5% de probabilidade de erro (Figura 2). O ajuste de modelos lineares de primeiro grau crescentes indica que há aumento da mortalidade corrigida de insetos à medida que se aumentam as doses de terra de diatomácea aplicadas nos grãos de aveia. Contudo, mesmo na dose mais elevada (4 g kg⁻¹), a mortalidade corrigida não atingiu 80%, índice considerado necessário para um controle satisfatório de pragas. Considerando a mortalidade corrigida aos 28 dias após a aplicação, obteve-se 16,78% de incremento na mortalidade de insetos a cada grama de terra de diatomácea aplicada nos grãos de aveia, e, o modelo de regressão indicou que cerca de 79% da mortalidade corrigida pode ser explicada pelos tratamentos, e, 21% da mortalidade ocorreu naturalmente por fatores estranhos e não controlados no experimento, possivelmente, devido a idade dos insetos adultos.

FIGURA 2. Mortalidade de gorgulhos acumulada (M) e corrigida pela fórmula de Abbott (MC) em grãos armazenadas de aveia 10, 21 e 28 dias após aplicação de terra diatomácea, IFFar Campus Panambi, 2025.



Fonte: Autores (2025). R²aj: coeficiente de determinação ajustado; *Significativo a 5% de probabilidade de erro; **Significativo a 1% e a 5% de probabilidade de erro.

CONCLUSÕES

O uso de pirimifós-metílico foi altamente eficaz, promovendo mortalidade total dos gorgulhos nos grãos de milho e de trigo. O princípio ativo lambda-cialotrina apresentou baixa eficiência no controle do gorgulho, tanto em grãos de milho quanto de trigo.

A terra de diatomácea na dose de uma grama por kg de grãos de trigo pode ser empregada em substituição ao inseticida pirimifós-metílico. A máxima eficiência técnica no controle do gorgulho em grãos de trigo aos 14 e 21 dias após a aplicação de terra de diatomácea foi obtida com a dose de 1,51 e 1,53 g por kg de grãos, respectivamente. Nas condições avaliadas, a aplicação de terra de diatomácea em grãos de milho não resultou em mortalidade significativa de gorgulhos.

A mortalidade de gorgulhos em grãos de aveia tratados com terra de diatomácea foi superior à testemunha aos 10 e 21 dias após a aplicação. Observou-se aumento da mortalidade com o incremento da dose de terra de diatomácea, no entanto, mesmo na dose mais elevada (4 g por kg de grãos), a mortalidade corrigida permaneceu abaixo de 80%, valor considerado necessário para um controle satisfatório de pragas.

REFERÊNCIAS

ABDEL-HADY, A. A. A.; RAMADAN, M. M.; LÜ, J.; HASHEM, A. S. High-temperature shock consequences on the red flour beetle (*Tribolium castaneum*) and the rice weevil (*Sitophilus oryzae*). **Journal of Thermal Biology**, v. 100, p. 103062, 2021. Disponível

em:<<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0306456521002308?via%3Dihub>>. DOI: [10.1016/j.jtherbio.2021.103062](https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2021.103062)

ABBOTT, W. S.; A method of computing the effectiveness of an insecticide. **Journal of Economic Entomology**, v. 18, p. 265-267, 1925. Disponível em:<<https://academic.oup.com/jee/article-abstract/18/2/265/785683?redirectedFrom=fulltext>>. DOI: <https://doi.org/10.1093/jee/18.2.265a>

ANTUNES, L. E. G.; FERRARI FILHO, E.; GOTTARDI, R.; SANT'ANA, J.; DIONELLO, R.G.; Efeito da dose e exposição à terra de diatomácea de diferentes insetos em milho armazenado. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 80, n. 2, p. 169–176, abr./jun, 2013. Disponível em:<<https://www.scielo.br/j/aib/a/XZNSrs6ctdyjDrhYwVfFgFL/?format=pdf&lang=pt>>.

ATHANASSIOU, C. G.; KAVALLIERATOS, N. G.; ANDRIS, N. S.; Insecticidal effect of three diatomaceous earth formulations against adults of *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae) and *Tribolium confusum* (Coleoptera: Tenebrionidae) on oat, rye, and triticale. **Journal of Economic Entomology**, v. 97, n. 6, p. 2160–2167, 2004. Disponível em:<<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15666778/>>. DOI:10.1093/jee/97.6.2160

ATTIA, M. A.; WAHBA, T. F.; SHAARAWY, N.; MOUSTAFA, F. I.; GUEDES, R. N. C.; DEWER, Y.; Stored grain pest prevalence and insecticide resistance in Egyptian populations of the red flour beetle *Tribolium castaneum* (Herbst) and the rice weevil *Sitophilus oryzae* (L.). **Journal of Stored Products Research**, v. 87, p. 101611,

2020. Disponível em:<<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0022474X2030031X?via%3Dihub>>. DOI: 10.1016/j.jspr.2020.101611

BANGA, K. M. S.; KUMAR, S.; KOTWALIWALE, N.; MOHAPATRA, D.; Major insects of stored food grains. **International Journal of Chemical Studies**, v. 8, n. 1, p. 2380–2384, 2020. Disponível em:<<https://www.chemijournal.com/archives/2020/vol8issue1/PartAJ/8-1-203-332.pdf>>. DOI: 10.22271/chemi.2020.v8.i1aj.8624

BALIOTA, G. V.; RUMBOS, C. I.; ATHANASSIOU, C. G.; Residual efficacy of two diatomaceous earths from Greece for the control of *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) and *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrychidae) on wheat and maize. **Insects**, v. 15, n. 5, p. 319, 2024. Disponível em:<<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11122481/pdf/insects-15-00319.pdf>>. DOI: 10.3390/insects15050319

BITRAN, E. A.; CAMPOS, T. B.; SUPPLICY FILHO, N.; CHIBA, S.; Avaliação da ação residual de alguns inseticidas na proteção de grãos de milho, trigo e arroz contra pragas de armazenamento. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 58, n. 1/2, p. 43–50, jan./dez. 1991. Disponível em:<<https://www.scielo.br/j/aib/a/4kH4hpDYMLdgXBqVTRnGWjg/?format=pdf&lang=pt>>. DOI: 10.1590/1808-1657v58n1-2p0431991

BUKHARI, M.; KHAN, H. A. A.; Susceptibility and resistance profiles of field and laboratory strains of *Trogoderma granarium* Everts to pirimiphos-methyl, alpha-cypermethrin and spinetoram. **PeerJ**, v. 13, p. e19423, 2025. Disponível em:<<https://peerj.com/articles/19423/>>. DOI: 10.7717/peerj.19423

CARVALHO, R. L. L.; ALVES, N. M. C.; ALVES, C. R.; CASTRO, R. L.O.; Controle alternativo de *Sitotroga cerealella* em sementes de milho armazenadas. **Revista Biodiversidade**, v. 16, n. 1, p. 101–111, 2017. Disponível em:<<https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/biodiversidade/article/view/4975>>.

FERREIRA, D. F.; Sisvar: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Brazilian Journal of Biometrics**, v. 37, n. 4, p. 529–535, 2019. Disponível em:<<https://doi.org/10.28951/rbb.v37i4.450>>. DOI: 10.28951/rbb.v37i4.450

FERREIRA, S. R.; SENEME, A. M.; LEITE, S. A.; Produtos alternativos no controle de pragas e patógenos em grãos armazenados de milho e feijão. **Nucleus**, v. 20, n. 2, p. 19, 2023. Disponível em:<<https://www.nucleus.feituverava.com.br/index.php/nucleus/article/view/4110>>. DOI: 10.3738/1982.2278.4110

FIELDS, P.; KORUNIC, Z.; The effect of grain moisture content and temperatures on the efficacy of diatomaceous earths from different geographical locations against stored-products beetles. **Journal of Stored Products Research**, v. 36, p. 1-13,

2000. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0022474X99000211?via%3Dihub>>. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0022-474X\(99\)00021-1](https://doi.org/10.1016/S0022-474X(99)00021-1)

GOMES, C. D. L.; SÁ, J. M.; GODOY, M. S.; MOLINA-RUGAMA, A. J.; OLIVEIRA, L. L.; PASTORI, P. L.; Bioactivity of plant extracts from caatinga on cowpea weevil, *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchinae). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 26, n. 7, p. 541–546, 2022. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/kXLb68G8kH6pjXJRdgdSyyP/>>. DOI: 10.1590/1807-1929/agriambi.v26n7p541-546

GUARIENTI, E. M.; MARSARO JÚNIOR, A. L.; MIRANDA, M. Z.; GUTKOSKI, L. C.; MENEGHETTI, V.L.; TIBOLA, C.S.; Pesticide residues in stored wheat and their action on *Sitophilus oryzae* and *Rhyzopertha dominica*. **Food Science and Technology**, v. 44, e00133, 2024. Disponível em: <https://fstjournal.com.br/revista/article/view/133>.

IBGE. **Levantamento Sistemático da Produção Agropecuária**. 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/fazenda/pt-br/central-de-conteudo/publicacoes/conjuntura-economica/agricola/2025/2025-05-15_lspa-ibge.pdf/view>.

LORINI, I.; KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA-NETO, J. B.; HENNING, A. A.; HENNING, F. A.; **Manejo integrado de pragas de grãos e sementes armazenadas**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. 84 p. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1022859/1/Livropragas.pdf>>.

MARSARO JÚNIOR, A. L.; MOURÃO JÚNIOR, M.; PAIVA, W. R. S. C.; BARRETO, H. C. S.; Eficiência da terra de diatomácea no controle de *Sitophilus zeamais* em milho armazenado. **Revista Acadêmica Ciência Animal**, Curitiba, v. 5, n. 1, p. 27–32, jan./mar. 2007. Disponível em: <<https://periodicos.pucpr.br/cienciaanimal/article/view/9570>>. DOI: <https://doi.org/10.7213/cienciaanimal.v5i1.9570>

MESTERHÁZY, Á.; OLÁH, J.; POPP, J.; Losses in the grain supply chain: Causes and solutions. *Sustainability*, v. 12, p. 2342, 2020. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2071-1050/12/6/2342>>. DOI: 10.3390/su12062342

MORTAZAVI, H.; FERIZLI, A. G.; TOPRAK, U.; TÜTÜNCÜ, S.; EMEKCI, M.; ORMANOGLU, N.; Long-term efficacy of diatomaceous earth, SilicoSec® against three major stored grain insect pests. **Journal of Stored Products Research**, v. 111, p. 102531, 2025. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022474X24002881?via%3Dihub>>. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2024.102531>

OLIVEIRA, V. L. P.; DIAS, G. G.; SOARES, T. N. A.; SOUZA, R. S.; SANTOS, C. A. B.; Avaliação de extratos vegetais da flora nordestina no controle da *Sitotroga cerealella* Olivier, 1819. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 11,

n. 7, p. 145–152, 2020. Disponível em:<<https://sustenere.inf.br/index.php/rica/article/view/CBPC2179-6858.2020.007.0013/2375>>. DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2020.007.0013

PAUL, A.; RADHAKRISHNAN, M.; ANANDAKUMAR, S.; [SHANMUGASUNDARAM, S.](#); [ANANDHARAMAKRISHNAN, C.](#); Disinfestation techniques for major cereals: A status report. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 19, p. 1125–1155, 2020. Disponível em:<<https://ift.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1541-4337.12555>>. DOI: 10.1111/1541-4337.12555

PINTO JÚNIOR, A. R.; LAZZARI, F. A.; LAZZARI, S. M. N.; CERUTI, C. C.; Resposta de *Sitophilus oryzae* (L.), *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens) e *Oryzaephilus surinamensis* (L.) a diferentes concentrações de terra de diatomácea em trigo armazenado a granel. **Ciência Rural**, v. 38, n. 8, p. 2103–2108, nov. 2008. Disponível em:<<https://www.scielo.br/j/cr/a/Yy5CWjMXtRmhYbxWG9QJfJw/?format=pdf&lang=pt>>

SALEM, A. A.; Comparative insecticidal activity of three forms of silica nanoparticles on some main stored product insects. **Journal of Plant Protection and Pathology, Mansoura University**, v. 11, n. 4, p. 225–230, 2020. Disponível em:<https://journals.ekb.eg/article_96009.html>. DOI: 0.21608/jppp.2020.96009

SANG, Y.; DAI, L.; WANG, P.; CHEN, L.; JIAO, M.; LIU, J.; et al.; Investigation of insecticidal activity of two *Rhododendron* species on stored-product insects. **Journal of Plant Diseases and Protection**, v. 130, p. 371-382, 2023. Disponível em:<<https://link.springer.com/article/10.1007/s41348-022-00654-z>>. DOI: <https://doi.org/10.1007/s41348-022-00654-z>

STEJSKAL, V.; VENDL, T.; AULICKY, R.; ATHANASSIOU, C.; Synthetic and natural insecticides: gas, liquid, gel and solid formulations for stored-product and food-industry pest control. **Insects**, v. 12, n. 7, p. 590, 2021. Disponível em:<<https://www.mdpi.com/2075-4450/12/7/590>>. DOI: 10.3390/insects12070590