

Métodos de controle de pragas e sua influência na qualidade fisiológica de sementes de trigo

Arthur Senger Piovesan^{1*}; Norma Schlickmann Lazaretti¹

¹Curso de Agronomia, Centro Universitário Assis Gurgacz (FAG), Cascavel, Paraná.

*e-mail: piovesanarthurs@gmail.com

Resumo: O caruncho-do-trigo tem o poder de afetar negativamente a qualidade dos grãos, e se tratando de sementes esse prejuízo pode ser ainda maior. Assim, este trabalho objetivou avaliar a capacidade de controle de insetos e efeitos fisiológicos dos inseticidas em sementes armazenadas, com métodos de controle alternativos aos fumigantes químicos. O experimento foi conduzido no laboratório de fitopatologia e armazenamento de sementes, no Centro Universitário FAG, em Cascavel, PR, no período de abril a julho de 2025. O experimento foi organizado em delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos, sendo eles: T1 - Sem tratamento; T2 - Gastoxin® B57 em dose de 2 g m³ de equivalente em fosfina; T3 - Terra de diatomácea em dose de 1 kg ton⁻¹; T4 - Gás ozônio (O³) em concentração de 0.0020 ppm em amostras de Trigo infestadas por caruncho (*Sitophilus granarius*), com 0,25 kg cada. Após aplicados os tratamentos, as amostras foram subdivididas em cinco partes de 0,05 kg cada, sendo 4 tratamentos com 5 repetições, totalizando 20 unidades experimentais. Os parâmetros avaliados foram: Taxa de mortalidade (Equação de Abbott); Germinação conforme as RAS; Peso do hectolitro; Graus de umidade; Condutividade elétrica; e, Massa seca das plantas. O tratamento químico (T2 - Gastoxin®) foi o mais eficaz no controle da praga. No entanto, os métodos alternativos (T3 - Terra de Diatomácea e T4 - Gás Ozônio) demonstraram ser viáveis, controlando a praga e, crucialmente, preservando e até melhorando a qualidade fisiológica das sementes (como a germinação e o estímulo ao crescimento). Dessa forma, o Gás Ozônio e a Terra de Diatomácea são substitutos promissores para os fumigantes químicos.

Palavras-chave: *Triticum aestivum*; *Sitophilus granarius*; Ozônio; Terra de diatomácea.

Pest control methods and their influence on the physiological quality of wheat seeds

Abstract: The wheat weevil has the power to negatively affect grain quality, and this damage can be even greater in the case of seeds. Therefore, this study aimed to evaluate the insect control capacity and physiological effects of insecticides on stored seeds, using alternative control methods to chemical fumigants. The experiment was conducted in the phytopathology and seed storage laboratory at the FAG University Center in Cascavel, PR, from April to July 2025. The experiment was organized in a completely randomized design with four treatments: T1 - No treatment; T2 - Gastoxin® B57 at a dose of 2 g m³ of phosphine equivalent; T3 - Diatomaceous earth at a dose of 1 kg ton⁻¹; T4 - Ozone gas (O³) at a concentration of 0.0020 ppm in wheat samples infested with weevil (*Sitophilus granarius*), with 0.25 kg each. After the treatments were applied, the samples were subdivided into five parts of 0.05 kg each, with 4 treatments and 5 repetitions, totaling 20 experimental units. The parameters evaluated were: Mortality rate (Abbott equation); Germination according to the RAS; Hectoliter weight; Moisture content; Electrical conductivity; and Plant dry mass. The chemical treatment (T2 - Gastoxin®) was the most effective in controlling the pest. However, the alternative methods (T3 - Diatomaceous Earth and T4 - Ozone Gas) proved to be viable, controlling the pest and, crucially, preserving and even improving the physiological quality of the seeds (such as germination and growth stimulation). Thus, Ozone Gas and Diatomaceous Earth are promising substitutes for chemical fumigants.

Keywords: *Triticum aestivum*; *Sitophilus granarius*; Ozone; Diatomaceous earth.

Introdução

O trigo (*Triticum aestivum*) é uma das culturas agrícolas mais antigas e fundamentais para a humanidade, sendo cultivado há mais de 10 mil anos. Ele desempenhou um papel crucial no desenvolvimento das civilizações, pois permitiu a transição de sociedades nômades para sedentárias, viabilizando o surgimento das primeiras cidades e impulsionando a economia agrícola. Atualmente, é um dos cereais mais produzidos e consumidos no mundo, servindo como base da alimentação em diversas culturas e sendo essencial para a segurança alimentar global.

O caruncho-do-trigo (*Sitophilus granarius*), também conhecido como gorgulho, é uma das principais pragas que afetam os grãos armazenados, causando perdas econômicas significativas. Esse inseto pertence à ordem Coleoptera e é caracterizado por seu pequeno porte, coloração marrom ou preta e um rostro utilizado pelas fêmeas para perfurar os grãos e depositar seus ovos (Syngenta, 2024). Trata-se de uma praga interna primária de grande relevância, pois pode causar infestação cruzada, atingindo tanto os grãos ainda no campo quanto os armazenados, nos quais consegue penetrar profundamente (Syngenta, 2024). Possui alta capacidade reprodutiva e ampla variedade de hospedeiros, como trigo, milho, arroz, cevada e triticale (Syngenta, 2024).

As formas larval e adulta são prejudiciais, atacando grãos e sementes (Lorini *et al.*, 2015). A fêmea deposita os ovos diretamente nesses materiais, onde as larvas se desenvolvem, empupam e se tornam adultas ainda dentro do grão ou da semente (Syngenta, 2024).

Ainda segundo o autor, os prejuízos causados estão associados à perda de peso e à redução da qualidade dos grãos. Para controlar essa praga, recomenda-se manter a umidade dos grãos abaixo de 11 %, utilizar inseticidas fumigantes à base de fosfina e aplicar terra diatomácea, que desidrata o inseto e reduz sua população (Syngenta, 2024). A implementação dessas medidas auxilia na preservação da qualidade e viabilidade dos grãos armazenados.

O controle do caruncho-do-trigo (*Sitophilus granarius*) pode ser realizado por meio de diferentes estratégias, incluindo o uso de fumigantes químicos, agentes naturais e tecnologias emergentes. O Gastoxin® B57, à base de fosfeto de alumínio, é amplamente utilizado no tratamento pós-colheita, pois libera fosfina (PH_3), um gás altamente tóxico para insetos, atingindo todas as fases do ciclo de vida da praga (Bequisa, 2020). No entanto, seu manuseio exige cuidados rigorosos, pois pode ser prejudicial à saúde humana, como alternativa natural, a terra de diatomácea tem se mostrado eficaz no controle de insetos em grãos armazenados, esse pó mineral atua por abrasão, rompendo a camada lipídica da cutícula do inseto, levando-o à desidratação e morte, sem deixar resíduos tóxicos nos alimentos (Rossato, 2013). Outra abordagem inovadora é o uso de ozônio (O_3), um gás com alto poder oxidante, que elimina pragas e impede o

crescimento de fungos e bactérias nos grãos. Estudos demonstram sua eficácia contra *Sitophilus spp.* em grãos, sem comprometer a qualidade do produto (Rozado, et. al., 2008).

Com isso, o trabalho objetivou avaliar a capacidade de controle de insetos e efeitos fisiológicos dos inseticidas em sementes armazenadas, com métodos de controle alternativos aos fumigantes químicos.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no laboratório de fitopatologia e armazenamento de sementes, no Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz, entre os meses de abril e julho de 2025.

O experimento foi organizado em Delineamento Inteiramente Casualizado, foram realizados quatro tratamentos, sendo eles: T1 - Sem tratamento; T2 - Gastoxin® B57 em dose de 2 g m³ de equivalente em fosfina; T3 - Terra de diatomácea em dose de 1 kg ton⁻¹; T4 - Gás ozônio (O³) em concentração de 0.0020 ppm. Os mesmos foram aplicados em amostras de Trigo de 0,25 kg da cultivar Biotrigo Calibre, provenientes da safra 2024/24 armazenada em sacaria em barracão de produtor, infestadas por caruncho (*Sitophilus granarius*), após expostas aos tratamentos, as amostras foram subdivididas em cinco partes de 0,05 kg cada, totalizando 20 unidades experimentais.

O Gás Ozônio (O³) foi aplicado ao tratamento inserindo o cano do gerador de Ozônio diretamente na massa de sementes, e após aplicado ficou em recipiente selado por 240 horas.

Para a determinação das dosagens utilizadas nos tratamentos T3 e T4 foram utilizados como base os trabalhos de Lorini, (2011) e Lemic et al. (2019) respectivamente.

A realização do projeto terá início com a quantificação de insetos adultos vivos e mortos presentes em cada amostra, em seguida aplicação dos tratamentos nas mesmas, que ficaram armazenadas em recipientes fechados com TNT (tecido não tecido) respirável, para que houvesse presença de oxigênio no interior dos mesmos, em temperatura ambiente 22°C ± 5 simulando uma condição de armazenagem em silo, avaliando os parâmetros com 10 e 40 dias de armazenamento.

Os parâmetros avaliados foram: Taxa de mortalidade (Equação de Abbott); Germinação conforme as RAS; Peso do hectolitro; Graus de umidade; Condutividade elétrica; e, Massa seca das plantas.

Na avaliação da taxa de mortalidade foi utilizando a equação proposta por Abbott (1925):

$$MC (\%) = \frac{\%MO - \%Mt}{100 - \%Mt} \times 100$$

em que:

MC (%) - percentual de morte corrigida: %

MO - Percentual de morte no tratamento: %

Mt - Percentual de morte no tratamento testemunha.

A germinação foi realizada conforme Regras para Análises de Sementes - RAS (Brasil, 2025).

O PH (Peso de Hectolitro) grau de umidade foi avaliado com o medidor de umidade digital G810 Gehaka®.

A condutividade elétrica foi avaliada em cinco repetições de 100 sementes, após as sementes permanecerem submersa na água por 24 h em câmara BOD regulada na temperatura de 20 °C, foi aferida a condutividade elétrica da solução com condutivímetro digital, os resultados foram expressos em $\mu\text{S cm}^{-1}$ (Krzyszowski *et al.*, 2020).

Para a determinação da massa seca das plântulas sem o endosperma, as mesmas foram submetidas a secagem em estufa com circulação de ar forçada, por 24 h na temperatura de 60 °C. Após esse período, foram pesadas em balança analítica com quatro casas decimais e os resultados expressos em gramas.

Após os parâmetros avaliados os dados obtidos foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro Wilk e a análise de variância, os resultados comparados pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade, utilizando do programa estatístico Sisvar 5.6 (Ferreira, 2019).

Resultados e Discussão

A Tabela 1 apresenta os dados do número de insetos vivos, mortos e total aos 10 e 40 dias após submeter as amostras de trigo aos distintos tratamentos, sendo que aos 10 dias o número de insetos mortos no tratamento T4 - Gás ozônio (O_3) apresentou o maior valor (37), e o T1 – Testemunha o menor (10). Essa mesma tendência ocorreu aos 40 dias. Os demais tratamentos apresentaram valores intermediários em ambas as épocas de avaliação.

Tabela 1- Mortalidade de insetos obtidas em 0,25 kg de trigo aos 10 e 40 dias após o tratamento com controles de insetos distintos. Cascavel / PR, 2025.

| Tratamentos | Insetos mortos (nº) | | Insetos vivos (nº) | | Total de insetos (nº) | |
|----------------------------------|---------------------|---------|--------------------|---------|-----------------------|---------|
| | 10 dias | 40 dias | 10 dias | 40 dias | 10 dias | 40 dias |
| T1 – Sem tratamento | 10 | 19 | 53 | 87 | 63 | 106 |
| T2 - Gastoxin® | 20 | 54 | 22 | 28 | 42 | 82 |
| T3 - Terra de diatomácea | 27 | 85 | 32 | 23 | 59 | 87 |
| T4 - Gás ozônio (O_3) | 37 | 90 | 37 | 68 | 74 | 158 |

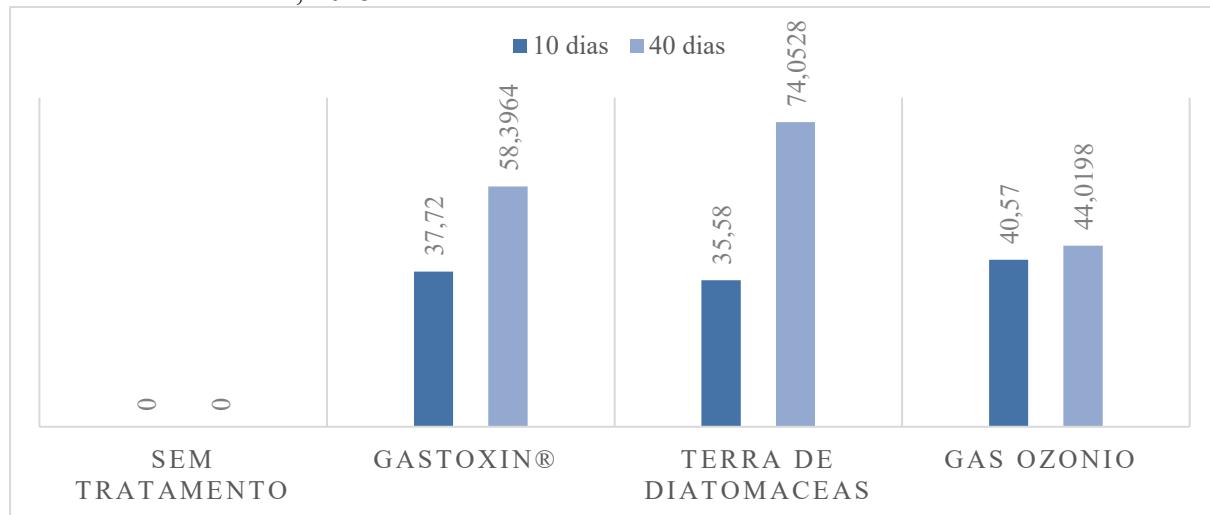
Fonte: O autor, 2025.

O número de insetos vivos aos 10 e 40 dias nos tratamentos T1 - Testemunha e T4 - Gás ozônio (O_3) foram os mais elevados com 53/87 e 37/68 respectivamente. No número total de insetos observa-se que os menores números foram obtidos no T2 - Gastoxin® com 42 aos 10 dias e 82 aos 40 dias após a aplicação dos tratamentos, o que é justificado pela capacidade da fosfina liberada de atingir e eliminar todas as fases do ciclo de vida da praga (Bequisa, 2020).

Em contraste, o T4 - Gás Ozônio (concentração de 0,0020 ppm) apresentou a maior contagem total de insetos (Tabela 1). Embora o ozônio seja um agente biocida com alto poder oxidativo que inativa rapidamente microrganismos (Pezzi, 2009), sua eficácia contra insetos é afetada pelo estágio de vida (Lemic *et al.*, 2019). Ainda segundo o mesmo autor, o estágio de ovo é o mais resistente ao ozônio, permitindo a emergência de novos adultos, o que explica a contagem mais alta no T4. Além disso, a baixa concentração utilizada (Lemic *et al.*, 2019) e o fato de a eficácia do ozônio ser reduzida pelo afastamento do ponto de injeção na massa de grãos (Rozado *et al.*, 2008) também limitam o controle total da população.

A Tabela 1 mostra que o tratamento T3 – Terra de Diatomácea (TD) alcançou o melhor resultado em mortalidade percentual corrigida, atingindo 74,05% aos 40 dias. Já o T4 – Gás Ozônio apresentou o melhor resultado aos 10 dias, com 40,57%.

Figura 1 - Mortalidade percentual corrigida de insetos submetidos a distintos controles. Cascavel, 2025.



Fonte: O autor, 2025.

A avaliação da qualidade fisiológica dos grãos (Tabelas 2, 3 e 4) é fundamental, visto que a atividade de pragas, como o caruncho, compromete a qualidade das sementes (Rossato, 2013).

A Tabela 2 indica o peso do hectolitro (PH), que reflete a densidade do grão e o consumo da massa pela praga e que apresentou diferenças significativas. A testemunha (T1) teve a maior queda no PH sendo igual estatisticamente aos demais tratamentos aos 10 dias e diferindo do T3

- Terra de diatomácea e T4 - Gás ozônio (O_3) aos 40 dias, onde o T4 - Gás ozônio (O_3) apresentou um aumento no PH (Peso do hectolitro). O ozônio, mesmo em altas concentrações (50 mg kg^{-1}), tem demonstrado não causar efeitos negativos no PH ou em características nutricionais dos grãos de milho e trigo (Rozado *et al.*, 2008). Na linha em ambos os Tratamentos T3 – Terra de diatomace e T4 – Gás Ozônio não houve diferença estatística, indicando um menor consumo do conteúdo das sementes pelo caruncho-do-trigo (*Sitophilus granarius*), já no T1 e T2 houve uma diminuição drástica no PH (Peso do hectolitro) o que demonstra uma menor eficiência na redução da atividade dos insetos (Campos *et al.*, 2019).

Tabela 2 – Resultados de peso hectolitro (Kg) e grau de umidade (%) obtidos em trigo 10 e 40 dias após o tratamento com controles de insetos distintos. Cascavel / PR, 2025.

| Tratamentos | Peso hectolitro (Kg) | | Grau de umidade (%) | |
|---------------------------|----------------------|-----------|---------------------|----------|
| | 10 dias | 40 dias | 10 dias | 40 dias |
| T1 - Sem tratamento | 57,08 ABA | 50,30 Bb | 14,62 Ba | 15,44 Db |
| T2 - Gastoxin® | 65,10 Aa | 58,22 ABb | 13,70 Aa | 14,50 Ab |
| T3 - Terra de diatomácea | 56,34 Ba | 59,84 Aa | 13,66 Aa | 14,80 Bb |
| T4 - Gás ozônio (O_3) | 60,40 ABA | 63,70 Aa | 13,66 Aa | 15,10 Cb |
| CV (%) | 8,08 | | 0,70 | |
| DMS (coluna) | 8,16 | | 0,17 | |
| DMS (linha) | 6,13 | | 0,13 | |

CV = Coeficiente de variação. DMS = Diferença mínima significativa. Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si a 5% de significância pelo teste de Tukey.

Houveram alterações no grau de umidade (%) entre os períodos de avaliação e entre os tratamentos (aos 10 dias a testemunha diferiu de todos os demais, já aos 40 dias todos diferiram entre si.) Devido ao armazenamento não ter sido feito em embalagens herméticas, assim interagindo com a umidade relativa do ar no ambiente, a qual não pode ser controlada no local onde foram condicionadas as sementes, o fator ambiental controlado foi a temperatura apenas. Esse comportamento é esperado, pois as sementes são higroscópicas e buscam o equilíbrio com o meio em que estão armazenadas, o que é acentuado em embalagens permeáveis e na ausência de controle da umidade relativa (Ferrari Filho, *et al.*, 2019).

Para mitigar a variação do teor de água, consequentemente seria necessário controlar a umidade da semente e do ambiente antes e durante a estocagem. O controle dessas variações, conforme apontado por Coradi, Lacerda Filho e Chaves (2011), é obtido principalmente pela adequação do teor de umidade inicial do grão a níveis considerados seguros (abaixo do ponto de equilíbrio com a umidade relativa do ar do local de armazenamento) e pela manutenção da umidade relativa do ar ambiente em valores que não favoreçam a absorção de água pelo produto. Uma alternativa eficaz para o armazenamento em locais sem controle de umidade é o

uso de embalagens herméticas, que criam um ambiente isolado, porém isso acabaria causando a morte dos insetos por asfixia, inviabilizando o experimento.

No teste de Condutividade Elétrica (Tabela 3) na avaliação aos 10 dias não houve diferenciação em nenhum dos tratamentos, e houve diferença estatística aos 40 dias, onde o T1 – Sem tratamento apresentou o maior valor de condutividade, o T4 – Gás Ozônio se igualou a todos os tratamentos, e ambos T2 - Gastoxin® e T3 – Terra de diatomácea apresentaram números parecidos, indicando maior deterioração tecidual quando não aplicado nenhum tratamento (Rozado *et al.*, 2008).

Tabela 3 – Resultados de condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1}$) e germinação (%) obtidos em trigo 10 e 40 dias após o tratamento com controles de insetos distintos. Cascavel / PR, 2025.

| Tratamentos | Condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1}$) | | Germinação (%) | |
|---------------------------|--|-----------|----------------|---------|
| | 10 dias | 40 dias | 10 dias | 40 dias |
| T1 - Sem tratamento | 0,254 Aa | 0,400 Bb | 87 Aa | 82 Bb |
| T2 - Gastoxin® | 0,260 Aa | 0,346 Ab | 88 Aa | 90 Aa |
| T3 - Terra de diatomácea | 0,266 Aa | 0,348 Ab | 86 Aa | 89 Aa |
| T4 - Gás ozônio (O_3) | 0,266 Aa | 0,360 ABb | 86 Ab | 92 Aa |
| CV (%) | | 8,15 | | 3,45 |
| DMS (coluna) | | 0,0437 | | 5,18 |
| DMS (linha) | | 0,0328 | | 3,89 |

CV = Coeficiente de variação. DMS = Diferença mínima significativa. Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si a 5% de significância pelo teste de Tukey.

Já observando na linha o que se apresentou entre os 10 e 40 dias, foi um aumento representativo na concentração de solutos em todos os tratamentos devido principalmente à presença da praga consumindo a massa. Este aumento da lixiviação de solutos, medido pela condutividade elétrica, é um indicativo da perda da integridade das membranas celulares das sementes, acelerada pelo dano físico e metabólico causado pela infestação (Amaral *et al.*, 1999).

Na germinação (Tabela 3), o T1 - Sem tratamento apresentou a menor capacidade germinativa aos 40 dias sendo significativamente diferente dos demais tratamentos. O T4 - Gás ozônio (O_3), apresentou o melhor resultado final, com 92% de germinação. Este resultado pode ser atribuído ao potencial do ozônio, quando em pequenas quantidades, de atuar como um estimulador da germinação e do vigor das sementes (Shingala, Dabhi e Joshi, 2024).

Quando analisado os resultados entre os períodos de avaliação o T1 – Sem tratamento apresentou redução drástica na capacidade de germinação caindo de 87% para 82%, já o T4 – Gás ozônio apresentou uma boa melhora de 86% para 92%. A queda acentuada na germinação do grupo sem tratamento indica a progressiva deterioração fisiológica causada pela atividade do caruncho (*Sitophilus granarius*) e pelo dano físico às sementes, sendo um resultado esperado

na ausência de métodos de controle (Amaral *et al.*, 1999). Por outro lado, a eficácia do tratamento com Gás Ozônio (T4) ao elevar a germinação demonstra que este método foi capaz de controlar a praga e preservar o vigor e a viabilidade das sementes. O Gás Ozônio age como um fumigante eficiente, mas sem deixar resíduos tóxicos, preservando a qualidade fisiológica do lote, o que é crucial para manter os padrões de germinação exigidos para a comercialização de sementes (Silva *et al.*, 2014).

Tabela 4 – Resultados de massa seca das plântulas (g) e germinação (%) obtidos em trigo 10 e 40 dias após o tratamento com controles de insetos distintos. Cascavel / PR, 2025.

| Tratamentos | Massa Seca das Plântulas (g) | |
|-----------------------------------|------------------------------|----------|
| | 10 dias | 40 dias |
| T1 - Sem tratamento | 0,099 Aa | 0,111 Aa |
| T2 - Gastoxin® | 0,103 Aa | 0,115 Aa |
| T3 - Terra de diatomácea | 0,094 Ab | 0,122 Aa |
| T4 - Gás ozônio (O ₃) | 0,090 Ab | 0,123 Aa |
| CV (%) | | 13,59 |
| DMS (coluna) | | 0,0248 |
| DMS (linha) | | 0,0187 |

CV = Coeficiente de variação. DMS = Diferença mínima significativa. Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si a 5% de significância pelo teste de Tukey.

Na Tabela 4 são apresentados os resultados de massa seca das plântulas (g), onde não houve diferença significativa quando comparados os diferentes tratamentos aos 10 e 40 dias após a aplicação dos tratamentos. Mas quando comparados dentro do período de 10 dias, ocorreu significância no T3 - Terra de diatomácea e T4 - Gás ozônio (O₃). Sendo aos 40 dias obtidos as maiores massa seca de plântulas, demonstrando que os tratamentos apresentam um poder de estímulo do crescimento inicial das plântulas, o que proporcionará um melhor estabelecimento da cultura no campo (Shingala, Dabhi e Joshi, 2024).

Conclusão

O tratamento químico (T2 - Gastoxin®) foi o mais eficaz no controle da praga. No entanto, os métodos alternativos (T3 - Terra de Diatomácea e T4 - Gás Ozônio) demonstraram ser viáveis, controlando a praga e, crucialmente, preservando e até melhorando a qualidade fisiológica das sementes (como a germinação e o estímulo ao crescimento). Dessa forma, o Gás Ozônio e a Terra de Diatomácea são substitutos promissores e seguros para os fumigantes químicos.

Referências

- ABBOTT, W. S. A method of computing the effectiveness of an insecticide. **Journal of Economic Entomology**, v. 18, p. 265 – 267, 1925.
- AMARAL, G. L. do; OLIVEIRA, L. F. B. de; SANTA, M. I. Z. L. D.; AMARAL, F. B. B. do. Qualidade fisiológica de sementes de arroz, submetidas ao ataque de insetos durante o armazenamento. **Empresa de Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 11, p. 1973-1980, 1999.
- BEQUISA. **Bula técnica Gastoxin® B57**. 2020. Disponível em: <https://bequisa.com.br/wp-content/uploads/sites/83/2020/07/gastoxin-b57-bula-v003-20-3.pdf>. Acesso em: 31 mar. 2025.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. Secretaria de Defesa Agropecuária. Departamento de Serviços Técnicos. Coordenação-Geral de Laboratórios Agropecuários. **Regras para Análise de Sementes – RAS**: Capítulo 4: Teste de Germinação. Rev. 1.1. Brasília: MAPA, 2025. Disponível em: https://wikisda.agricultura.gov.br/pt-br/Laborat%C3%B3rios/Metodologia/Sementes/cap_4_Germinacao_rev_1. Acesso em: 9 maio 2025.
- CAMPOS, A. C. T. de; SILVA PEREIRA, P. R. V. da; MARSARO JÚNIOR, A. L.; LAU, D.; SCARPARO, A. P.; PIVATO, J. **Danos causados em trigo armazenado por infestação de *Sitophilus oryzae* e de *Rhyzopertha dominica***. Passo Fundo: Embrapa Trigo. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, ISSN 1678-8798; n. 93). 2019. 18 p.
- CORADI, P.; de LACERDA FILHO, A. F.; CHAVES, J. B. Impact of facility maintenance system on product physical losses in a poultry feed mill unit. **Revista Brasileira de Engenharia de Biossistemas**, v. 5, n. 1, p. 23-35, 2011.
- FERRARI FILHO, E.; ANTUNES, L. E. G.; GOTARDI, R.; DIONELLO, R. G.; PETRY, P. A. R.; BARRETO, G. P. Qualidade de grãos de trigo submetidos a diferentes condições de armazenamento. **Revista da Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 25, n. 1, p. 25-34, 2019.
- 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.
- KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA-NETO, J. de B.; MARCOS-FILHO, J. (ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES – Associação Brasileira de Tecnologia de Sementes, 2020. p. 244-349.
- LEMIC, D.; JEMBREK, D.; BAŽOK, R.; PAJAČ ŽIVKOVIĆ, I. Ozone effectiveness on wheat weevil suppression: preliminary research. **Insects**, v. 10, n. 10, p. 357, 2019. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6835372/pdf/insects-10-00357.pdf>. Acesso em: 8 abr. 2025.
- LORINI, I. **Produto natural à base de terra de diatomáceas para controle das pragas de grãos e sementes armazenadas**. Londrina: Embrapa Soja, 2011. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/915984/1/folderDiatomaceas.pdf>. Acesso em: 8 abr. 2025.

LORINI, I.; KRYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA-NETO, J. de B.; HENNING, A. A.; HENNING, F. A. **Manejo integrado de pragas de grãos e sementes armazenadas.** Brasília, DF: Embrapa, 2015. 84 p.

PEZZI, E. **O uso do ozônio como sanitizante em pós-colheita de produtos agrícolas.** 2009. Monografia (Especialização em Tecnologias Inovadoras no Manejo Integrado de Pragas e Doenças de Plantas) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

ROSSATO, C. **Terra de diatomáceas no controle de pragas de armazenamento de soja, milho e trigo em função da composição físico-química.** Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2013. 63 p.

ROZADO, A. F.; FARONI, L. R. A.; URRUCHI, W. M. I.; GUEDES, R. N. C.; PAES, J. L. Aplicação de ozônio contra *Sitophilus zeamays* e *Tribolium castaneum* em milho armazenado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n. 3, p. 282-285, 2008.

SHINGALA, A. M.; DABHI, M.; JOSHI, N. U. Ozone-based grain storage: a green technology with great potential for improving food safety. In: **Futuristic Trends in Agriculture Engineering & Food Sciences.** [S. l.]: IIP Series, v. 3, book 16, part 3, cap. 1. 2024.

SILVA, C. V. da; SCHUELTER, A. R.; CORREA, F. L. B. Efeito do ozônio e do controle químico no armazenamento de grãos de milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 12, p. 1290-1296, 2014.

SYNGENTA. **Caruncho do trigo: características, danos e como controlar**, 2024. Disponível em: <https://maisagro.syngenta.com.br/tudo-sobre-agro/caruncho-do-trigo-caracteristicas-danos-e-como-controlar>. Acesso em: 31 mar. 2025.