

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

PEDRO FELIPE SEGURO DE TOLEDO

**EFICÁCIA DE TERRA DE DIATOMÁCEAS COMO ALTERNATIVA DE
CONTROLE PARA DUAS IMPORTANTES PRAGAS DE GRÃOS ARMAZENADOS**
Sitophilus oryzae (L.) e *Sitophilus zeamais* (Motsch.)

VIÇOSA – MINAS GERAIS

Novembro de 2016

PEDRO FELIPE SEGURO DE TOLEDO

**EFICÁCIA DE TERRA DE DIATOMÁCEAS COMO ALTERNATIVA DE
CONTROLE PARA DUAS IMPORTANTES PRAGAS DE GRÃOS ARMAZENADOS**

Sitophilus oryzae (L.) e *Sitophilus zeamais* (Motsch.)

**Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Universidade Federal de Viçosa como parte das
exigências para a obtenção do título de Engenheiro
Agrônomo. Modalidade: trabalho científico.**

Orientador: Eugênio Eduardo de Oliveira

Coorientadores: Karla Daiana dos Santos Ferreira

Khalid Haddi

VIÇOSA – MINAS GERAIS

Novembro de 2016

PEDRO FELIPE SEGURO DE TOLEDO

**EFICÁCIA DE TERRA DE DIATOMÁCEAS COMO ALTERNATIVA DE
CONTROLE PARA DUAS IMPORTANTES PRAGAS DE GRÃOS ARMAZENADOS**
Sitophilus oryzae (L.) e *Sitophilus zeamais* (Motsch.)

**Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Universidade Federal de Viçosa como parte das
exigências para a obtenção do título de Engenheiro
Agrônomo. Modalidade: trabalho científico.**

APROVADO: 22 de Novembro de 2016.

Prof. Eugênio Eduardo de Oliveira
(Orientador)
(UFV)

**Aos meus pais José e Wilma, que sempre contribuíram
de forma essencial para a minha formação
pessoal e acadêmica.**

Dedico.

AGRADECIMENTOS

À minha família, que é o grande significado da minha vida, meus pais José e Wilma, e meus irmãos, Gabriela, Letícia e Guilherme.

À Universidade Federal de Viçosa – UFV, pela oportunidade de fazer parte desta instituição.

Ao curso de Agronomia UFV e todos que o compõem, pelos ensinamentos a mim passados.

Ao meu orientador Prof. Eugênio Eduardo de Oliveira pela oportunidade de fazer parte de seu time, pela confiança a mim creditada, e por toda paciência e amizade.

Aos amigos e colegas do Laboratório de Fisiologia e Neurobiologia de invertebrados por todos ensinamentos, em especial aos meus co-orientadores Karla Ferreira e Khalid Haddi que são meus guias e motivo de inspiração na caminhada acadêmica.

Aos colegas de trabalho do Laboratório de Ecofisiologia e Ecotoxicologia, por toda ajuda e liberação de seu espaço para a realização deste trabalho.

**“The ultimate measure of a man
is not where he stands in moments of comfort and convenience,
but where he stands at times of challenge and controversy.”**

Martin Luther King, Jr.

RESUMO

O milho é um cereal de grande importância para a alimentação humana e animal devido sua composição energético-proteica. No entanto, perdas significativas ocorrem durante o armazenamento do grão e grande parte destas perdas está diretamente relacionada à infestação por insetos pragas como os gorgulhos: *Sitophilus zeamais* e *S. oryzae*. O manejo dos gorgulhos em instalações de armazenagem é fortemente dependente do uso de inseticidas químicos, mas a aplicação inadequada dessa estratégia resultou em muitos casos de falhas de controle e resistência de insetos, resultando em uma necessidade urgente de desenvolver alternativas sustentáveis para controlar tais pragas em unidades de armazenamento. Dentre essas alternativas, os pós inertes, como a terra de diatomáceas, se destaca pelo potencial de uso no manejo de pragas de produtos armazenados. O objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos da terra de diatomáceas como uma ferramenta no controle de *S. zeamais* e *S. oryzae*. Testes de taxa de mortalidade, crescimento, consumo de grãos e repelência foram realizados utilizando diferentes doses de terra de diatomáceas (0, 1 e 3g de terra de diatomáceas/kg de milho). As taxas de mortalidade diferiram entre *S. zeamais* e *S. oryzae* para os todos tratamentos com terra de diatomáceas. Para a dosagem de 3g/kg *S. zeamais* (91%) foi altamente suscetível quando comparado a *S. oryzae* (15,8%). Além disso, *S. zeamais* teve seu crescimento populacional afetado negativamente para os tratamentos com terra de diatomáceas e foi repelido pelo milho tratado com a dose de 3g/kg. No entanto, os tratamentos com terra de diatomáceas afetaram o consumo de grãos para ambas as espécies. Os resultados mostram que a terra de diatomáceas é uma alternativa eficiente para controlar *S. zeamais* no milho, mas não tem eficácia significativa sobre *S. oryzae*. Mais estudos são necessários para entender as razões por trás desta diferença no controle de *Sitophilus* spp. e para outras pragas de produtos armazenados.

Palavras-chave: gorgulhos, produtos armazenados, pós inertes, controle

ABSTRACT

Corn is a cereal that plays an important role in the human and animal feeding due its rich composition in carbohydrates and proteins. However, substantial losses occur during grain storage time and a sizable quantity of these losses is directly related to pest insect's infestation as the weevils: *Sitophilus zeamais* and *S. oryzae*. The management of weevils in storage facilities is heavily reliant in the use of chemical insecticides, but the inadequate application of this strategy has resulted in many cases of insect resistance and control failures resulting in an urgent need to develop sustainable alternative for controlling such pest in storage units. Among these alternatives, inert dusts like diatomaceous earth (DE) have been lately drawing attention for potential use in storage pest management. The aim of this study was to evaluate the effects of diatomaceous earth as a potential tool in the control of *S. zeamais* and *S. oryzae*. Tests of mortality, free-choice, grain loss and population increase rate were performed using different doses of DE (0, 1 and 3g of diatomaceous earth/kg maize). Mortality rates were strikingly different between *S. zeamais* and *S. oryzae* at all diatomaceous earth treatments. At the 3g/kg dosage *S. zeamais* (91%) was very susceptible when compared to *S. oryzae* (15,8%). Moreover, *S. zeamais* had rate of increase negatively affected at all diatomaceous earth treatments and was repelled by treated maize at the 3g/kg dose. However, all diatomaceous earth treatments affected grain loss to both species. The results showed that DE is very efficient and good alternative to control *S. zeamais* in maize, but has no satisfying effect on *S. oryzae*. More studies are still needed to understand the reasons behind this differential activity in *Sitophilus* spp. and to other stored product pests.

Keywords: weevils, stored product, inert dusts, control.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 MATERIAL E MÉTODOS	11
2.1 Obtenção e criação de <i>Sitophilus spp.</i>	11
2.2 Condução dos bioensaios	11
2.2.1 Tratamento do milho com TD	12
2.2.2 Efeito da TD na mortalidade de <i>Sitophilus spp.</i>	12
2.2.3 Efeitos da TD na taxa de crescimento e consumo de <i>Sitophilus spp.</i>	13
2.2.4 Efeito da TD na preferência de <i>Sitophilus spp.</i>	14
2.2.5. Análises estatísticas	15
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	15
4. CONCLUSÃO	18
5. REFERÊNCIAS	19

1. INTRODUÇÃO

A contribuição dos cereais na base da alimentação humana é de extrema importância. O milho se destaca como um dos principais cereais, sendo constituído basicamente por carboidratos, contribuindo também como fonte proteica devido ao fato de aproximadamente 10% de sua constituição ser proteína (Young & Pellett, 1994; Fufa *et al.*, 2003; National Research Council, 1988; Bressani, 1991). O milho é consumido por uma relevante porção da população de países da Ásia, África e América Latina. No Brasil, mesmo que o arroz seja o cereal mais consumido, o milho é altamente utilizado, principalmente na região nordeste e também nas zonas rurais, constituindo-se assim em um alimento de grande importância para a cultura e culinária do país (Dutra-de-Oliveira *et al.*, 1996; Naves *et al.*, 2004). Assim, o Brasil é o terceiro maior produtor mundial de milho, atrás de Estados Unidos e China, com produção estimada de 83.809,8 mil toneladas para a safra 2016/2017 (CONAB, 2016).

Grande parte da produção de milho, assim como de outros grãos e seus produtos, é armazenada com diversos objetivos por um determinado período de tempo. No entanto, perdas durante a permanência dos grãos nos armazéns são notoriamente altas e irrecuperáveis. A maior parte destas perdas é causada por insetos pragas de grãos armazenados, tais como o “gorgulho do milho”, *Sitophilus zeamais* Motsch., e o “gorgulho do arroz”, *Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera: Curculionidae) (Danho *et al.*, 2002; Faroni *et al.*, 2005).

Historicamente, o controle químico de gorgulhos baseou-se essencialmente na utilização de inseticidas químicos. No entanto, com a proibição do DDT para fins agrícolas, e devido ao uso intenso de inseticidas, como fosfina e piretróides, populações resistentes foram fortemente selecionadas ocasionando falhas no controle (Guedes *et al.*, 1994,1995; Fragozo *et al.*, 2003; Ribeiro *et al.*, 2003; Pereira *et al.*, 2009; Araújo *et al.*, 2011.; Daghli *et al.*, 2014). Assim, o desenvolvimento e a busca por novas alternativas de controle de gorgulhos e outras pragas de produtos armazenados vêm sendo incentivados. Nesse sentido, o uso de pós inertes, que são pós secos e quimicamente não reativos, tem sido sugerido como potencial alternativa de controle para tais insetos (Phillips & Trono, 2010; Shah & Khan, 2014; Kavallieratos *et al.*, 2015).

A terra de diatomáceas (TD) está entre os pós inertes mais populares e têm atraído a atenção pela sua segurança aos vertebrados. A TD é um pó composto basicamente por silício, advindo de restos de esqueletos fossilizados de diatomáceas, que por sua vez são organismos protistas, aquáticos, unicelulares e microscópicos que fazem parte do reino das algas (Fields

& Muir, 1996; Subramanyam & Roesli, 2000). A TD atua danificando o tegumento do inseto, retirando parte da água contida no corpo dos insetos e aumentando a taxa de perda de água para o meio. No entanto, seu uso permanece controverso pelo fato da sua efetividade variar dependendo da espécie de inseto e por que tais interações precisam ser melhor estudadas (Guedes & Cutler, 2014; Guedes *et al.*, 2015, 2016; Malia *et al.*, 2015). Com isso, o objetivo deste estudo foi avaliar uma formulação de TD (Insecto®) como alternativa de controle de duas espécies de insetos pragas de grãos armazenados (*S. zeamais* e *S. oryzae*), investigando seus efeitos sobre a taxa de sobrevivência, crescimento populacional, perda de massa de grãos e repelência causada por grãos de milho tratados com diferentes doses de TD.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Obtenção e criação de *Sitophilus* spp.

As populações de *S. oryzae* e *S. zeamais* obtidas nas localidades de São Borja – RS e Sete Lagoas – MG, respectivamente, foram mantidas em potes de vidro com capacidade de 1,5 litros contendo grãos inteiros e limpos de milho orgânico. Os potes foram mantidos em condições controladas de temperatura (27 ± 2 °C), umidade relativa ($70 \pm 5\%$) e fotoperíodo (12D:12L). Os insetos foram utilizados conforme a necessidade para a manutenção das populações e realização dos bioensaios.

2.2 Condução dos bioensaios

Os bioensaios foram conduzidos no Laboratório de Ecofisiologia e Ecotoxicologia do Departamento de Entomologia da Universidade Federal de Viçosa, MG - Brasil.

Para os bioensaios, grãos inteiros e limpos de milho orgânico, com aproximadamente 13% de umidade, foram utilizados como substrato alimentar dos insetos. Os grãos foram armazenados em freezer a temperatura de -3 °C por no mínimo um mês e mantidos em incubadora (B.O.D) a temperatura de 40 ± 2 °C, por dois dias antes da montagem do bioensaio.

2.2.1 Tratamento do milho com TD

Nos bioensaios foi utilizada a TD Insecto®, contendo 86.7% de SiO₂, que é registrada e recomendada para controle de pragas de grãos armazenados no Brasil na dose de 1g/kg. Foram utilizadas as doses de 1, 3g de TD por quilo de grão. A TD e os grãos foram pesados utilizando balança eletrônica de ultra precisão (modelo AUW22D, SHIMADZU, São Paulo, SP, Brasil) e balança comum (modelo BG4000, GEHAKA, Morumbi, SP, Brasil), respectivamente (Figura 1, A e B). A TD foi homogeneizada aos grãos utilizando rotor (ROTO-TORQUE modelo 7637, Cole-Parmer, Vernon Hills, IL, USA) a uma velocidade “High4” por 5 minutos (Figura 1, C).



Figura 1: Tratamento de grãos de milho com TD. (A) Pesagem do grão, (B) pesagem de TD e (C) homogeneização da TD aos grãos.

2.2.2 Efeito da TD na mortalidade de *Sitophilus* spp.

Para verificar a eficácia da TD no controle do *Sitophilus* spp., foram realizados testes de mortalidade para cada espécie utilizando as dosagens de 0 (controle), 1 e 3g/kg de grão. O bioensaio foi realizado em DIC com cinco repetições para cada tratamento. Cada repetição consistiu-se de um pote plástico, com 300 ml de capacidade, contendo 50g de milho tratado nas respectivas doses e milho limpo para o controle. Em seguida, cada repetição recebeu 20 insetos obtidos aleatoriamente da população. Os potes foram armazenados em condições controladas de temperatura (27 ± 2 °C), umidade relativa ($70 \pm 5\%$) e fotoperíodo (12D:12L), (Figura 2).



Figura 2: Montagem do teste de mortalidade de *Sitophilus* spp. com TD.

A avaliação foi realizada após o período de 14 dias (336h). Para a avaliação foram utilizadas badeiras plásticas onde se depositava individualmente o conteúdo dos potes (insetos e grãos de milho) para facilitar a contabilização dos insetos e o número de insetos mortos. Foi considerado inseto morto àquele que não apresentava movimento ou que, apesar de apresentar algum movimento, não conseguiam percorrer duas vezes a distância do seu corpo.

2.2.3 Efeitos da TD na taxa de crescimento e consumo de *Sitophilus* spp.

Visando investigar o efeito da TD na progênie dos insetos, foi realizado um bioensaio nas dosagens de 0 (controle), 1, 3g/kg de grão. O bioensaio foi realizado em DIC com quatro repetições por tratamento. Cada repetição constituiu-se de um pote de 500 ml de capacidade, onde foram adicionados 200g de grãos de milho tratados nas dosagens acima mencionadas e milho limpo para o controle, em seguida, foram adicionados 50 insetos retirados aleatoriamente dos potes de criação. Os potes foram armazenados na sala de criação sob as condições controladas mencionadas anteriormente (Figura 3).



Figura 3: Montagem do teste de pregênie de *Sitophilus* spp. com TD.

Após 50 dias, foi contabilizado o número de insetos nos potes. Observou-se também por meio de pesagem em balança comum (modelo BG4000, GEHAKA, Morumbi, SP, Brasil), a perda de massa dos grãos causada pelo ataque dos insetos.

2.2.4 Efeito da TD na preferência de *Sitophilus* spp.

Para avaliar possível efeito de repelência dos insetos por grãos tratados com TD, testes de livre escolha foram realizados utilizando arenas com quatro oportunidades de escolha como descrito por Viteri-Jumbo *et al.* (2014). As arenas foram confeccionadas utilizando potes plásticos de 300 ml de capacidade e canos de PVC com 10 cm de comprimento e diâmetro de 1,905cm. Cada arena era composta por um pote central conectado a quatro canos de PVC que continham um pote conectado em sua outra extremidade, formando uma espécie de cruz (Figura 4, A).

Para este bioensaio, grãos de milho tratados e não tratados foram utilizados e dispostos nos potes externos de lados opostos da arena (dois potes contendo grãos tratados e dois potes contendo grãos não tratados). No pote central foram depositados 50 insetos para que tivessem livre escolha. O bioensaio foi realizado em DIC com cinco repetições por tratamento (1 e 3g) para cada espécie. Os tratamentos foram mantidos em câmara climatizada com temperatura controlada (27 ± 2 °C) e na ausência de luz (Figura 4, B).

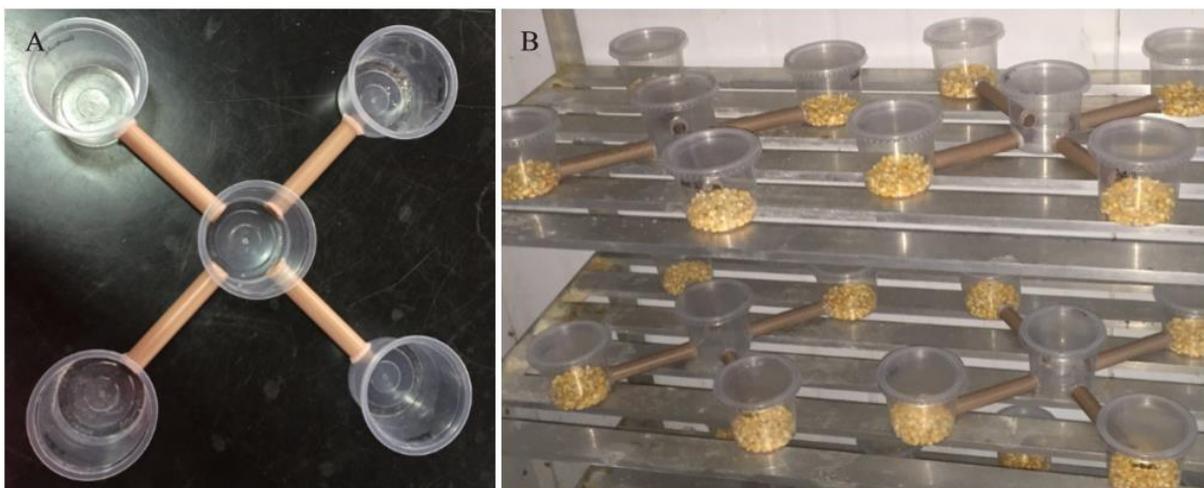


Figura 4: Montagem do teste de livre escolha. (A) Detalhe da arena com quatro oportunidades de livre escolha e (B) disposição das arenas no bioensaio.

Após 24 horas, foi contabilizado o número de insetos nos potes contendo grãos de milho tratados e não tratados e também aqueles que permaneciam no centro da arena para ajuste da análise. Para auxiliar neste procedimento, as extremidades dos canos conectadas ao pote central eram obstruídas, e o conteúdo dos potes da arena foram colocados em novos potes para serem analisados mais tarde em bandejas.

2.2.5. Análises estatísticas

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância (ANOVA) utilizando o programa SigmaPlot (SPSS, 2001) e as medias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após o período de exposição de 14 dias, os resultados mostraram que a mortalidade de *S. zeamais* aumentou significativamente ($F = 44,8$; $P < 0,001$) em comparação com o controle de forma dependente da dose, atingindo mais de 90% no tratamento com 3g de TD/kg de milho. Entretanto, nenhum efeito significativo foi observado para *S. oryzae* visto que a mortalidade causada por ambas doses 1 e 3g TD/kg foi semelhante ao controle (Figura 5).

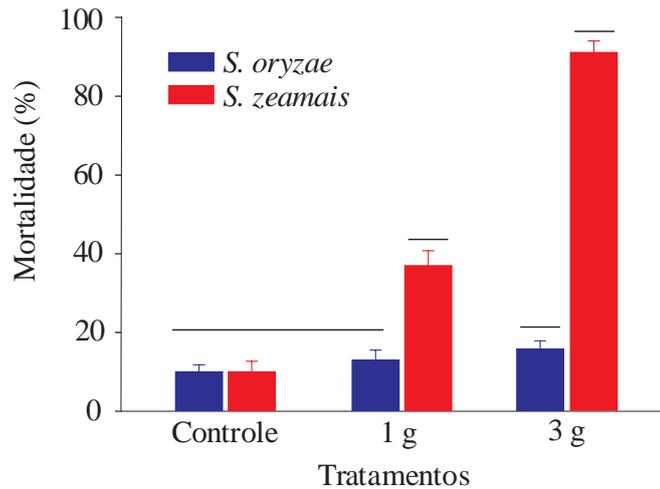


Figura 5: Mortalidade de adultos de *S. oryzae* e *S. zeamais* após 14 dias de exposição à TD nas dosagens de 0, 1 e 3g/kg de milho. Barras horizontais diferentes indicam diferença significativa (Teste de Tukey a 5% de probabilidade).

A mesma tendência foi observada para o crescimento populacional, visto que a aplicação TD resultou em uma queda significativa ($F = 76,4$; $P < 0,001$) na taxa de crescimento da população de *S. zeamais* nas dosagens de 1 e 3g de TD/kg, entretanto, para *S. oryzae* a diminuição, por mais que exista, não foi estatisticamente significativa ($P > 0,05$) (Figura 6).

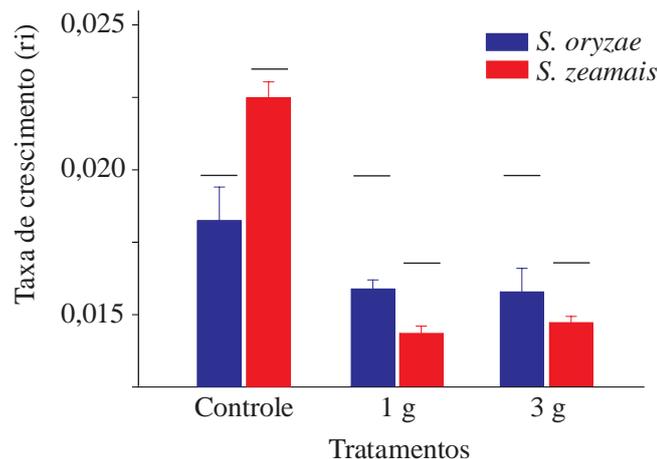


Figura 6: Taxa de crescimento (r_i) de *S. oryzae* e *S. zeamais* após 50 dias de exposição à TD nas dosagens de 0, 1 e 3g de TD/kg de milho. Barras horizontais diferentes indicam diferença significativa (Teste de Tukey a 5% de probabilidade).

Os resultados mostram também uma redução significativa da perda de massa de grãos para ambas as espécies de *Sitophilus* atingindo perdas aproximadamente 50% menores quando comparado ao controle (Figura 7).

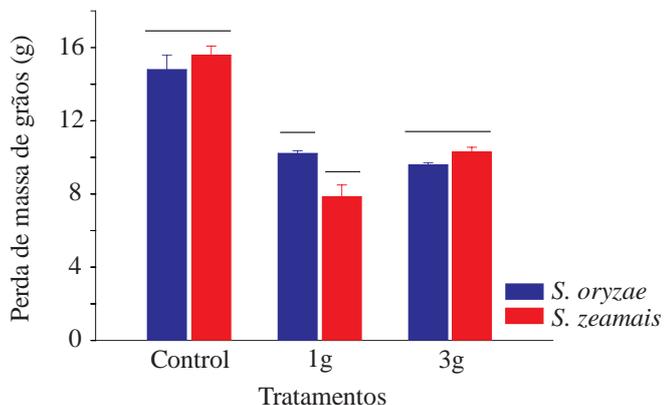


Figura 7: Perda de massa grãos por *S. oryzae* e *S. zeamais* após 60 dias de exposição à TD nas dosagens de 0, 1 e 3g/kg de milho. Barras horizontais diferentes indicam diferença significativa (Teste de Tukey a 5% de probabilidade).

O efeito de repelência da TD no teste de livre escolha foi perceptível ($F = 10,9$; $P = 0,0024$) apenas com a dose de 3g de TD/kg de milho para *S. zeamais*, como mostra a Figura 8.

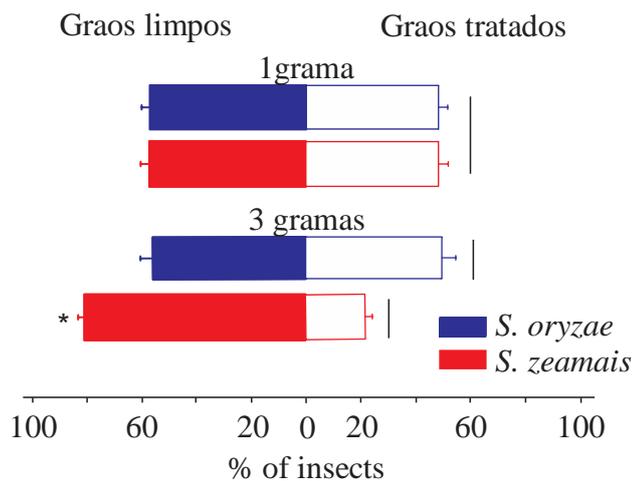


Figura 8: Repelência de *S. oryzae* e *S. zeamais* a TD nas dosagens de 1 e 3g/kg de milho. Barras verticais diferentes indicam diferença significativa (Teste de Tukey a 5% de probabilidade). * Indica diferença entre grãos tratados e limpos.

O efeito da formulação de TD testada (Insecto®) diferiu entre as duas espécies de gorgulho. A alta eficiência da TD em *S. zeamais* está em concordância com estudos anteriores (Pinto *et al.*, 2008; Sousa *et al.*, 2013; Doumbia *et al.*, 2014; Nwaubani *et al.*, 2014; Malia *et al.*, 2016). Esta eficácia é atribuída principalmente às propriedades físicas das partículas do produto advindo das diatomáceas que causa danos na superfície do tegumento do inseto (incluindo sensilas e poros), reduzindo o teor de água do corpo do inseto, comprometendo o equilíbrio de água e aumentando a taxa de perda de água do mesmo (Malia *et al.*, 2016). A TD também se mostrou como uma boa alternativa de controle servindo como medida de proteção ao diminuir o número de insetos na massa de grãos armazenados em função do tempo, evitar novas infestações e, conseqüentemente reduzir a perda de massa de grãos como mencionado por Korunić (2013).

Além disso, o efeito de repelência encontrado para *S. zeamais* pode explicar a interferência no comportamento desses insetos como relatado por Vardeman *et al.* (2007) e pode, potencialmente, ser uma consequência direta dos danos ocasionados na sensila como sugerido por Malia *et al.* (2016). No entanto, a ausência de efeito significativo sobre os insetos *S. oryzae* em milho assim como relatado em Athanassiou *et al.* (2003) e contradito no site do MAPA, AGROFIT, levanta mais questões sobre a eficiência e modo de ação da TD sobre as espécies pragas (alvos e não-alvos) de produtos armazenados.

Subramanyam & Roesli (2000) destacam que o tipo de grão tem influência direta na efetividade de TD, acentuando-se a necessidade de investigações detalhadas sobre estes temas considerando o contínuo e futuro uso de pós inertes como uma via alternativa de proteção de produtos armazenados contra insetos pragas. Existe também a necessidade de mais estudos sobre o comportamento de insetos condicionados a grãos tratados com TD e de comparação entre as duas espécies de *Sitophilus* aqui testadas para entender melhor o porquê da diferença de efeito e eficácia encontrada neste trabalho.

4. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos neste estudo mostraram que o uso de TD pode ser recomendado para o controle eficiente de *Sitophilus zeamais* em milho armazenado, enquanto que o mesmo pode ser ineficiente se usado contra o *S. oryzae* nas mesmas condições.

5. REFERÊNCIAS

AGROFIT (2016) Consulta de produtos formulados. Disponível em: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons!/ap_produto_form_detalhe_cons?p_id_produto_formulado_tecnico=7884&p_tipo_janela=NEW

Araújo RA, Williamson MS, Bass C, Field LM, & Duce IR (2011) Pyrethroid resistance in *Sitophilus zeamais* is associated with a mutation (T929I) in the voltage-gated sodium channel. *Ins. Mol. Biol.*, 20:437-445

Athanassiou CG, Kavallieratos NG, Tsaganou FC, Vayias BJ, Dimizas CB & Buchelos CTh (2003) Effect of grain type on the insecticidal efficacy of SilicoSec against *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae). *Crop Protection*, 22:1141-1147

Bressani R (1991) Protein quality of high lysine maize for humans. *Am. Assoc. Cereal Chem*, 36(9):806- 811.

CONAB (2016) Acompanhamento da safra brasileira de grãos | décimo segundo levantamento - setembro 2016. Disponível em: <http://www.conab.gov.br>

Corrêa AS, Braga LS, Oliveira LO & Guedes RNC (2012) Distribution of the related weevil species *Sitophilus oryzae* and *S. zeamais* in Brazil. *Insect Science*, 20:1-8

Daglish, Gregory J, Manoj K, Nayak, & Hervoika Pavic (2014) Phosphine resistance in *Sitophilus oryzae* (L.) from eastern Australia: Inheritance, fitness and prevalence. *Journal of Stored Products Research*, 59:237-244.

Danho M, Gaspar C & Haubruge E (2002) The impact of grain quantity on the biology of *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae): oviposition, distribution of eggs, adult emergence, body weight and sex ratio. *J. Stored Prod. Res.*, 38:259-266

Doumbia M, Douan BG, Kwadjo KE, Kra DK, Martel V & Dagnogo M (2014) Effectiveness of Diatomaceous Earth for Control of *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae), *Tribolium castaneum* and *Palorus subdepressus* (Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of Stored Products Research*, 57:1–5

Dutra-de-Oliveira JE, Cunha SFC & Marchini JS (1996) Hábitos e consumo de alimentos. p.15-30. Em J. E. Dutra-de-Oliveira, S. F. C. da Cunha & J. S. Marchini. A desnutrição dos pobres e dos ricos dados sobre a alimentação no Brasil. Sarvier, São Paulo., 123 p.

Faroni LR, Barbosa GNO, Sartori MA, Cardoso FS & Alencar ER (2005) Avaliação qualitativa e quantitativa do milho em diferentes condições de armazenamento. Engenharia na Agricultura, Viçosa, MG, 13 (3):193-201.

Fields PG & Muir WE (1996) Physical control. In: Subramanyam Bh, Hagstrum DW (eds) Integrated management of insects in stored products. Marcel Dekker, New York, p 195-221.

Fragoso DB, Guedes RNC & Rezende ST (2003) Biochemical mechanisms of insecticides resistance in Brazilian populations of *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae). Entomol. Exp. Appl., 109:21-29.

Fufa H, Akalu G, Wondimu A, Taffesse S, Gebre KT, Schlosser H, Noetzold & Henle T (2003) Assessment of protein nutritional quality and effects of traditional processes: a comparison between Ethiopian quality protein maize and five Ethiopian adapted normal maize cultivars. Nahrung, 47 (4):269-273.

Guedes RNC, Lima JOG, Cruz CD, (1995) Resistance to DDT and pyrethroids in Brazilian populations of *Sitophilus zeamais* Motsch. (Coleoptera: Curculionidae). J. Stored Prod. Res 31:145-150.

Guedes RNC, Smagghe G, Stark JD & Desneux N (2016) Pesticide-induced stress in arthropod pests for optimized Integrated Pest Management Programs. Annu Rev Entomol., 61:1-42.

Jumbo LOV, Faroni LRA, Oliveira EE, Pimentel MA & Silva GN (2014) Potential use of clove and cinnamon essential oils to control the bean weevil, *Acanthoscelides obtectus* Say, in small storage units. Industrial Crops and Products, 56:27-34.

Kavallieratos NG, Athanassiou CG, Korunic Z & Mikeli NH (2015) Evaluation of three novel diatomaceous earths against three stored-grain beetle species on wheat and maize. Crop Protection, 75:132-138.

Korunić Z (2013) Diatomaceous Earths - Natural Insecticides. Pestic. Phytomed. (Belgrade) 28(2):77-95.

Malia HAE, Rosi-Denadai CA, Guedes NPM, Martins GF & Guedes RNC (2016) Diatomaceous earth impairment of water balance in the maize weevil, *Sitophilus zeamais*. Journal of Pest Science p. 1-10.

National Research Council (Board on Science and Technology for International Development) (1988). Quality-protein maize. National Academy, Washington, D.C. 100 p.

Naves MMV, Silva MR, Silva MS & Oliveira AG (2004) Culinária goiana - valor nutritivo de pratos tradicionais. Kelps, Goiânia. 82 p.

Nwaubani SI, Opit GP, Otitodun GO & Adesida MA (2014) Efficacy of two Nigeria-derived diatomaceous earths against *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae) and *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae) on wheat. J Stored Prod Res., 59:9-16.

Padin S, Dal Bello G, Fabrizio M (2002) Grain loss caused by *Tribolium castaneum*, *Sitophilus oryzae* and *Acanthoscelides obtectus* in stored durum wheat and beans treated with *Beauveria bassiana*. Journal of Stored Products Research, 38:69-74.

Phillips TW & Throne JE (2010) Biorational approaches to managing stored-product insects. Annu Rev Entomol., 55:375-397.

Pinto AR Jr, Lazzari FA, Lazzari SMN & Ceruti FC (2008) 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, 38:2103-2108.

Shah MA & Khan AA (2014) Use of diatomaceous earth for the management of stored-product pests. Int J Pest Management, 60:100–113

Sousa AH, Faroni LRA & Andrade GS (2013) Bioactivity of Diatomaceous Earth to *Sitophilus zeamais* (Coleoptera:Curculionidae) in different application conditions. Rev. bras. Eng. Agric. Ambiental 17 (9):982-986.

Subramanyam Bh & Roesli R (2000) Inest dusts. In: Subramanyam Bh, Hagstrum DW (eds) Alternatives to pesticides in stored-product IPM. Kluwer, Boston. p. 321-380.

Vardeman EA, Campbell JF, Arthur FH & Nechols JR (2007) Behavior of female *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae) in a mono-layer of wheat treated with diatomaceous earth. J Stored Prod Res., 43:297-301.

Wini GJ, Nukenine EN, Ndjonka D, Suh C & Adler C (2015) Efficacy of Diatomaceous Earth and Wood Ash for the control of *Sitophilus zeamais* in stored maize. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 3(5):390-397.

Young VR & Pellett PL (1994) Plant proteins in relation to human protein and amino acid nutrition. *Am. J. Clin. Nutr.*, 59 (suppl.): 1203S-1212S.