

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE AGRONOMIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA

MANEJO DE *Sitophilus zeamais* MOTSCHULSKY (COLEOPTERA:  
CURCULIONIDAE) COM USO DE TERRA DE DIATOMÁCEA, PIRIMIFÓS  
METÁLICO E BIFENTRINA DURANTE O ARMAZENAMENTO DE GRÃOS DE  
MILHO, TRIGO E ARROZ

Luidi Eric Guimarães Antunes  
Mestre em Fitotecnia/UFRGS

Tese apresentada como um dos requisitos à obtenção do Grau de Doutor em Fitotecnia  
Ênfase Entomologia

Porto Alegre (RS), Brasil  
Março de 2015

Folha de homologação.

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus por sempre me iluminar e ajudar em minhas conquistas.

À minha família por todo o apoio, ajuda e incentivo para a realização deste projeto em minha vida. Em especial à minha esposa Elisandra Duarte de Almeida Antunes.

Aos bolsistas, Paulo André Petry da Rocha e Paulo Roberto Jesus Rizzotto Junior, por toda a ajuda durante a realização deste projeto.

Aos colegas de pós-graduação, Priscila Correia Viebrantz e Roberto Gottardi, por todo o auxílio prestado durante o desenvolvimento dos experimentos.

Ao meu orientador, Rafael Gomes Dionello, por toda ajuda e companheirismo durante esses longos 3,5 anos de realização da tese.

Aos membros da banca por se disponibilizaram a avaliar esta tese.

À Protection Insumos pelo fornecimento dos produtos testados neste experimento.

À CAPES pela bolsa de estudos concedida.

# MANEJO DE *Sitophilus zeamais* MOTSCHULSKY (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) COM USO DE TERRA DE DIATOMÁCEA, PIRIMIFÓS METÁLICO E BIFENTRINA, DURANTE O ARMAZENAMENTO DE GRÃOS DE MILHO, TRIGO E ARROZ<sup>1</sup>

Autor: Luidi Eric Guimarães Antunes

Orientador: Rafael Gomes Dionello

## RESUMO

Objetivou-se verificar a eficiência de terra de diatomácea (TD) no controle de *Sitophilus zeamais* em grãos de milho, trigo e arroz, com diferentes teores de umidade, e a ação de dois inseticidas em grãos de milho. Os tratamentos com TD foram: 500, 1500 e 2500 g.t<sup>-1</sup> e controle (sem aplicação). Os teores iniciais de umidade foram 12, 14 e 17% para milho, 12, 13 e 14% para trigo e 12 e 14% para arroz. Cada tratamento constou de cinco repetições infestadas em dois períodos, 1 hora e 15 dias após aplicação e homogeneização manual com uso de luvas cirúrgicas, com 20 adultos de *S. zeamais* e 300 g de cada grão. Analisou-se mortalidade e emergência, aos 30 e 60 dias após cada infestação, e a perda de peso, aos 60 dias, em todos os tratamentos. Para os grãos de trigo e milho, foi realizada a análise tecnológica e para o trigo foi avaliado o peso hectolítrico, todas aos 60 dias de armazenamento. Para os grãos de milho e trigo também se analisou a influência da TD na variação do teor de umidade após 30 e 60 dias, da aplicação do produto em ambas as infestações. Neste caso os tratamentos constaram de 12 repetições, quatro sem insetos, quatro com infestação 1 hora e outras quatro com infestação 15 dias. No bioensaio com inseticidas, foram utilizados dois inseticidas: Bifentrina (piretróide) e Pirimifós metílico (organofosforado), nas dosagens de 6 e 8 mL de cada produto diluídos em 2 L de água, aplicados com uso de pulverizador manual. No tratamento controle aplicou-se 2 mL de água. Foram três repetições, com duas duplicatas, de 50 g de grãos. Cada tratamento foi infestado com 20 adultos de *S. zeamais*, a cada 30 dias até completar 240 dias após aplicação. A verificação da mortalidade ocorreu após 15 dias da infestação. Em todos os tratamentos com uso de TD a mortalidade dos insetos foi elevada. Ocorreu diminuição do peso de todos os grãos testados em todos os tratamentos. Houve redução na qualidade dos grãos de milho e trigo mesmo com o uso de TD. Diminuição do peso hectolítrico de grãos de trigo foi verificada em todos os tratamentos. Todos os grãos apresentaram diminuição do teor de umidade sem influência da TD. O tratamento Pirimifós metílico na dose de 8 mL foi o único a proteger satisfatoriamente os grãos de milho ao longo de 240 dias de armazenamento. Conclui-se que a TD é eficaz no controle de *S. zeamais* nos três grãos estudados e sua ação não é influenciada pelo teor de umidade inicial, porém não impede a diminuição da qualidade dos grãos e não interfere no equilíbrio higroscópico dos grãos. Pirimifós metílico na dose de 8 mL é o mais eficiente contra *S. zeamais*.

---

<sup>1</sup>Tese de Doutorado em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (129p.) Março, 2015.

***Sitophilus zeamais* Motschulsky MANAGEMENT (COLEOPTERA:  
CURCULIONIDAE) WITH USE DIATOMACEOUS EARTH, PIRIMIPHOS  
METHYL AND BIFENTHRIN DURING STORAGE OF MAIZE GRAIN,  
WHEAT AND RICE<sup>1</sup>**

Author: Luidi Eric Guimarães Antunes

Adviser: Rafael Gomes Dionello

**ABSTRACT**

This study assessed the land efficiency of diatomaceous earth (DE) in the control of the *Sitophilus zeamais* in maize, wheat and rice, with different moisture contents, and the action of two insecticides in corn kernels. The DE treatments were: 500, 1500 and 2500 g.t<sup>-1</sup> control (no application). The initial moisture content was 12, 14 and 17% for corn, 12, 13 and 14% for wheat and 12 and 14% for rice. Each treatment had five replicates infested in two periods, 1 hour and 15 days after application and manual homogenization using surgical gloves, 20 *S. zeamais* adults and 300 g of each grain. And mortality was analyzed emergency, 30 and 60 days after each infestation, and weight loss after 60 days in all treatments. For grains of wheat and corn, technological analysis was performed and the wheat was rated the test weight, all at 60 days of storage. For corn and wheat grains also analyzed the influence of the variation of the DE moisture content after 30 and 60 days, the application of the product in both infestations. In this case the treatments consisted of 12 repetitions four without insects, four with infestation 1 hour and four other infested 15 days. The bioassay insecticides, we used two insecticides: Bifenthrin (pyrethroid) and pirimiphos methyl (organophosphate), at doses of 6 and 8 mL of each product diluted in 2 L of water, applied with manual spray use. In the control treatment was applied to 2 ml of water. There were three replicates, with two duplicates, 50 g of beans. Each treatment was infested with 20 adults of *S. zeamais*, every 30 days until 240 days after application. The verification of the mortality occurred after 15 days of infestation. In all treatments with TD of use insect mortality was high. There was a decrease in the weight of all grains in all treatments tested. There was a reduction in the quality of corn and wheat grains even with the use of DE. Decreased test weight of wheat was observed in all treatments. All grains showed a decrease of moisture content without influence of DE. The pirimiphos methyl treatment in 8 ml dose was the only satisfactorily protect the corn grains over 240 days of storage. It follows that the DE is effective against *S. zeamais* in the three grains and its action is not influenced by the initial moisture content, but does not prevent the decrease in grain quality and does not interfere in the equilibrium moisture content of the grain. Pirimiphos-methyl in 8 ml dose is more effective against *S. zeamais*.

---

<sup>1</sup> Doctoral thesis in Agronomy, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil. (129p.) March, 2015.

## SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	5
2.1 Cultura do milho.....	5
2.2 Cultura do trigo .....	6
2.3 Cultura do arroz .....	7
2.4 Armazenagem .....	7
2.5 Insetos em grãos armazenados .....	9
2.5.1 <i>Sitophilus zeamais</i> Motschulsky 1885 (Coleoptera: Curculionidae) ...	10
2.6 Controle de insetos em grãos armazenados .....	11
2.6.1 Inseticidas piretróide .....	12
2.6.2 Inseticidas organofosforado .....	14
2.6.3 Terra de diatomácea .....	15
3. ARTIGOS .....	18
3.1 Artigos envolvendo grãos de milho e terra de diatomácea .....	18
3.1.1 Eficiência da terra de diatomácea no controle do gorgulho do milho ao longo do tempo .....	18
3.1.2 Eficiência do uso de terra de diatomácea na proteção de grãos de milho .....	33
3.1.3 Influência do teor de água de grãos de milho na eficiência da terra de diatomácea .....	54
3.2 Artigos envolvendo grãos de trigo e terra de diatomácea .....	63
3.2.1 Uso de terra de diatomácea no controle de <i>Sitophilus zeamais</i> em grãos de trigo ao longo de 60 dias .....	63
3.2.2 Terra de diatomácea na qualidade de grãos de trigo armazenados .....	76
3.3 Artigos envolvendo grãos de arroz e terra de diatomácea .....	93
3.3.1 Avaliação do uso de terra de diatomácea na proteção de grãos de arroz com casca .....	93
3.4 Artigos envolvendo grãos de milho e inseticidas .....	110

	Página
3.4.1 Eficiência de inseticidas durante o armazenamento de grãos de milho.....	110
4. CONCLUSÕES .....	122
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	123
6. VITA .....	128

## RELAÇÃO DE TABELAS

	Página
1. Número médio ( $\pm$ EP) de adultos de <i>Sitophilus zeamais</i> mortos avaliados aos 30 dias em função da umidade dos grãos de milho, do tempo de infestação, e das dosagens de terra de diatomácea. ( $25 \pm 5$ °C; $60 \pm 5\%$ UR) (n=20) .....	24
2. Número médio ( $\pm$ EP) de adultos de <i>Sitophilus zeamais</i> mortos avaliados aos 60 dias em função da umidade dos grãos de milho, do tempo de infestação, e das dosagens de terra de diatomácea. ( $25 \pm 5$ °C; $60 \pm 5\%$ UR) (n=20) .....	25
3. Número médio ( $\pm$ EP) de adultos de <i>Sitophilus zeamais</i> emergidos aos 60 dias em função da umidade dos grãos de milho, do tempo de infestação, e das dosagens de terra de diatomácea. ( $25 \pm 5$ °C; $60 \pm 5\%$ UR) (n=20) .....	26
4. Número médio ( $\pm$ EP) de adultos de <i>Sitophilus zeamais</i> vivos aos 60 dias em função da umidade dos grãos de milho, do tempo de infestação, e das dosagens de terra de diatomácea. ( $25 \pm 5$ °C; $60 \pm 5\%$ UR) (n=20) .....	27
5. Teor de umidade (%) inicial e final de grãos de milho submetidos à infestação de adultos de <i>Sitophilus zeamais</i> avaliada aos 60 dias em função do tempo de infestação e das dosagens de terra de diatomácea. ( $25 \pm 5$ °C; $60 \pm 5\%$ UR) .....	29
6. Valores médios de defeitos em grãos de milho (%), com 12% de conteúdo de água, tratados com terra de diatomácea (0, 500, 1500 e 2500 g.t <sup>-1</sup> ) e infestados com insetos adultos de <i>Sitophilus zeamais</i> , 1 hora e 15 dias após a aplicação, e posteriormente armazenados por 60 dias ( $25 \pm 5$ °C; $60 \pm 5\%$ UR) .....	40
7. Valores médios (%) de defeitos em grãos de milho, 14% de conteúdo de água, “in natura” e tratados sem e com terra de diatomácea (0, 500, 1500 e 2500 g.t <sup>-1</sup> ), infestados com insetos adultos de <i>Sitophilus zeamais</i> , 1 hora e 15 dias após a aplicação, e posteriormente armazenados por 60 dias ( $25 \pm 5$ °C; $60 \pm 5\%$ UR) .....	43



8.	Valores médios (%) de defeitos em grãos de milho, 17% de conteúdo de água, “in natura” e tratados sem e com terra de diatomácea (0, 500, 1500 e 2500 g.t <sup>-1</sup> ), infestados com insetos adultos de <i>Sitophilus zeamais</i> 1 hora e 15 dias após a aplicação, armazenados por 60 dias (25 ± 5°C; 60 ± 5% UR) .....	45
9.	Médias de perda de peso (g) de grãos de milho infestados com adultos de <i>Sitophilus zeamais</i> avaliada após 60 dias, em função de infestação realizada 1 hora após a aplicação das dosagens de terra de diatomácea (0, 500, 1500 e 2500 g.t <sup>-1</sup> ). (25 ± 5 °C; 60 ± 5% UR) .....	46
10.	Perda de peso (g) de grãos de milho infestados com adultos de <i>Sitophilus zeamais</i> avaliada após 60 dias, em função de infestação realizada 15 dias após a aplicação das dosagens de terra de diatomácea (0, 500, 1500 e 2500 g.t <sup>-1</sup> ). (25 ± 5 °C; 60 ± 5% UR) .....	47
11.	Conteúdo de água (%) inicial e final de grãos de milho submetidos à infestação de adultos de <i>Sitophilus zeamais</i> , avaliada após 60 dias, em função do tempo de infestação e das dosagens de terra de diatomácea (0, 500, 1500 e 2500 g.t <sup>-1</sup> ). (25 ± 5 °C; 60 ± 5% UR) .....	48
12.	Número médio (± EP) de adultos de <i>Sitophilus zeamais</i> avaliados mortos após 60 dias, em função do tempo de infestação, do conteúdo de água nos grãos de milho (12, 14 e 17%) e das dosagens de terra de diatomácea (500, 1500 e 2000 g.t-1). (25 ± 5 °C; 60 ± 5% UR) (n=20) .....	50
13.	Teor de água (%) dos grãos de milho tratados com diferentes dosagens de terra de diatomácea (0, 500, 1500 e 2500 g t <sup>-1</sup> ), teores de umidade (12,57, 14,01 e 17,50%) e infestados com adultos de <i>Sitophilus zeamais</i> (1 hora e 15 dias após a aplicação) (GITD) e não infestados (GTD), após 30 dias de contato .....	58
14.	Teor de água (%) dos grãos de milho tratados com diferentes dosagens de terra de diatomácea (0, 500, 1500 e 2500 g t <sup>-1</sup> ), teores de umidade (12,57, 14,01 e 17,50%) e infestados com adultos de <i>Sitophilus zeamais</i> (1 hora e 15 dias após a aplicação) (GITD) e não infestados (GTD), após 60 dias de contato .....	59
15.	Número médio (%) de adultos de <i>Sitophilus zeamais</i> mortos aos 60 dias, em função do tempo de infestação, da umidade dos grãos de milho (12, 14 e 17%) e das dosagens de terra de diatomácea (0, 500, 1500 e 2500 g t <sup>-1</sup> ). (25 ± 5 °C; 60 ± 5% UR) (n=20) .....	60

	Página
16. Número médio ( $\pm$ EP) de adultos de <i>Sitophilus zeamais</i> mortos avaliados aos 30 dias, em função do tempo de infestação, da umidade dos grãos de trigo (12, 13 e 14%) e das dosagens de terra de diatomácea (0, 500, 1500 e 2500 g.t <sup>-1</sup> ). (25 $\pm$ 5 °C; 60 $\pm$ 5% UR) (n=20) .....	67
17. Número médio ( $\pm$ EP) de adultos de <i>Sitophilus zeamais</i> mortos avaliados aos 60 dias, em função do tempo de infestação, da umidade dos grãos de trigo (12, 13 e 14%) e das dosagens de terra de diatomácea (0, 500, 1500 e 2500 g.t <sup>-1</sup> ). (25 $\pm$ 5 °C; 60 $\pm$ 5% UR) (n=20) .....	68
18. Número médio ( $\pm$ EP) de adultos de <i>Sitophilus zeamais</i> vivos aos 60 dias, em função do tempo de infestação, da umidade dos grãos de trigo (12, 13 e 14%) e das dosagens de terra de diatomácea (0, 500, 1500 e 2500 g.t <sup>-1</sup> ). (25 $\pm$ 5 °C; 60 $\pm$ 5% UR) (n=20) .....	69
19. Número médio ( $\pm$ EP) de adultos de <i>Sitophilus zeamais</i> totais aos 60 dias, em função do tempo de infestação, da umidade dos grãos de trigo (12, 13 e 14%) e das dosagens de terra de diatomácea (0, 500, 1500 e 2500 g.t <sup>-1</sup> ). (25 $\pm$ 5 °C; 60 $\pm$ 5% UR) (n=20) .....	71
20. Teor de umidade (%) inicial e final de grãos de trigo submetidos à infestação de adultos de <i>Sitophilus zeamais</i> avaliada aos 60 dias, em função do tempo de infestação e das dosagens de terra de diatomácea (0, 500, 1500 e 2500 g.t <sup>-1</sup> ). (25 $\pm$ 5 °C; 60 $\pm$ 5% UR) .....	72
21. Teor de água (%) dos grãos de trigo tratados com diferentes dosagens de terra de diatomácea (0, 500, 1500 e 2500 g t <sup>-1</sup> ), diferentes teores de umidade inicial e infestados com adultos de <i>Sitophilus zeamais</i> (1 hora e 15 dias após a aplicação) (GITD) e não infestados (GTD), após 30 dias de contato .....	76
22. Teor de água (%) dos grãos de trigo tratados com diferentes dosagens de terra de diatomácea (0, 500, 1500 e 2500 g t <sup>-1</sup> ), diferentes teores de umidade inicial e infestados com adultos de <i>Sitophilus zeamais</i> (1 hora e 15 dias após a aplicação) (GITD) e não infestados (GTD), após 60 dias de armazenamento .....	81
23. Peso hectolítrico (kg hL <sup>-1</sup> ) dos grãos de trigo tratados com diferentes dosagens de terra de diatomácea (0, 500, 1500 e 2500 g t <sup>-1</sup> ), diferentes teores de umidade inicial e infestados com adultos de <i>Sitophilus zeamais</i> (1 hora e 15 dias após a aplicação) após 60 dias de contato .....	83
24. Valores médios (%) de defeitos em grãos de trigo, 12% de conteúdo de água, “in natura” e com e sem terra de diatomácea (0, 500, 1500 e 2500 g t <sup>-1</sup> ), infestados com insetos adultos de <i>Sitophilus zeamais</i> 1 hora e 15 dias após a aplicação, armazenados por 60 dias (25 $\pm$ 5 °C; 60 $\pm$ 5% UR) .....	85

	Página
25. Valores médios (%) de defeitos em grãos de trigo, 13% de conteúdo de água, “in natura” e com e sem terra de diatomácea (0, 500, 1500 e 2500 g t <sup>-1</sup> ), infestados com insetos adultos de <i>Sitophilus zeamais</i> 1 hora e 15 dias após a aplicação, armazenados por 60 dias (25 ± 5 °C; 60 ± 5% UR) .....	85
26. Valores médios (%) de defeitos em grãos de trigo, 14% de conteúdo de água, “in natura” com e sem terra de diatomácea (0, 500, 1500 e 2500 g t <sup>-1</sup> ), infestados com insetos adultos de <i>Sitophilus zeamais</i> 1 hora e 15 dias após a aplicação, armazenados por 60 dias (25 ± 5 °C; 60 ± 5% UR) .....	86
27. Tipos de grãos de trigo com 12% de teor de umidade, “in natura” e com e sem terra de diatomácea (0, 500, 1500 e 2500 g t <sup>-1</sup> ), infestados com insetos adultos de <i>Sitophilus zeamais</i> 1 hora e 15 dias após a aplicação, armazenados por 60 dias (25 ± 5 °C; 60 ± 5% UR) .....	87
28. Tipos de grãos de trigo com 13% de teor de umidade, “in natura” e com e sem terra de diatomácea (0, 500, 1500 e 2500 g t <sup>-1</sup> ), infestados com insetos adultos de <i>Sitophilus zeamais</i> 1 hora e 15 dias após a aplicação, armazenados por 60 dias (25 ± 5 °C; 60 ± 5% UR) .....	87
29. Tipos de grãos de trigo com 14% de teor de umidade, “in natura” e com e sem terra de diatomácea (0, 500, 1500 e 2500 g t <sup>-1</sup> ), infestados com insetos adultos de <i>Sitophilus zeamais</i> 1 hora e 15 dias após a aplicação, armazenados por 60 dias (25 ± 5 °C; 60 ± 5% UR) .....	88
30. Perda de peso (g) de grãos de trigo infestados com adultos de <i>Sitophilus zeamais</i> avaliada após 60 dias, em função de infestação realizada 1 hora após a aplicação das dosagens de terra de diatomácea (0, 500, 1500 e 2500 g t <sup>-1</sup> ). (25 ± 5 °C; 60 ± 5% UR) .....	88
31. Perda de peso (g) de grãos de trigo infestados com adultos de <i>Sitophilus zeamais</i> avaliada após 60 dias, em função de infestação realizada 15 dias após a aplicação das dosagens de terra de diatomácea (0, 500, 1500 e 2500 g t <sup>-1</sup> ). (25 ± 5 °C; 60 ± 5% UR) .....	89
32. Número médio (± EP) de adultos de <i>Sitophilus zeamais</i> mortos avaliados aos 30 dias em função do tempo de infestação (1 hora e 15 dias), da umidade dos grãos de arroz com casca (12 e 14%) e das dosagens de terra de diatomácea (0, 500, 1500 e 2500 g t <sup>-1</sup> ). (25 ± 5 °C; 60 ± 5% UR) (n=20) .....	98
33. Número médio (± EP) de adultos de <i>Sitophilus zeamais</i> mortos avaliados aos 60 dias em função do tempo de infestação (1 hora e 15 dias), da umidade dos grãos de arroz com casca (12 e 14%) e das dosagens de terra de diatomácea (0, 500, 1500 e 2500 g t <sup>-1</sup> ). (25 ± 5 °C; 60 ± 5% UR) (n=20) .....	99

34. Número médio ( $\pm$ EP) de adultos de <i>Sitophilus zeamais</i> emergidos aos 60 dias em função do tempo de infestação, da umidade dos grãos de arroz com casca (12 e 14%) e das dosagens de terra de diatomácea (0, 500, 1500 e 2500 g t <sup>-1</sup> ). (25 $\pm$ 5 °C; 60 $\pm$ 5% UR) (n=20) .....	100
35. Número médio ( $\pm$ EP) de adultos de <i>Sitophilus zeamais</i> totais aos 60 dias em função do tempo de infestação, da umidade dos grãos de arroz com casca (12 e 14%) e das dosagens de terra de diatomácea (0, 500, 1500 e 2500 g t <sup>-1</sup> ). (25 $\pm$ 5 °C; 60 $\pm$ 5% UR) (n=20) .....	101
36. Teor de umidade (%) inicial e final de grãos de arroz com casca submetidos à infestação de adultos de <i>Sitophilus zeamais</i> avaliada aos 60 dias em função do tempo de infestação e das dosagens de terra de diatomácea. (25 $\pm$ 5 °C; 60 $\pm$ 5 % UR) .....	102
37. Perda de peso (g) de grãos de arroz com casca infestados com adultos de <i>Sitophilus zeamais</i> avaliada após 60 dias, em função de infestação realizada 1 hora após a aplicação das dosagens de terra de diatomácea (0, 500, 1500 e 2500 g t <sup>-1</sup> ). (25 $\pm$ 5 °C; 60 $\pm$ 5% UR) .....	104
38. Perda de peso (g) de grãos de arroz com casca infestados com adultos de <i>Sitophilus zeamais</i> avaliada após 60 dias, em função de infestação realizada 15 dias após a aplicação das dosagens de terra de diatomácea (0, 500, 1500 e 2500 g t <sup>-1</sup> ). (25 $\pm$ 5 °C; 60 $\pm$ 5% UR) .....	105
39. Número total de adultos de <i>Sitophilus zeamais</i> emergidos ao longo de 240 dias de armazenamento em grãos de milho tratados com Bifentrina e Pirimifós metílico com dosagem de 6 e 8 mL. (25 $\pm$ 5 °C; 60 $\pm$ 5 % UR) (n=20) .....	115
40. Percentagem média ( $\pm$ EP) de adultos de <i>Sitophilus zeamais</i> mortos avaliados durante 240 dias em grãos de milho tratados com Bifentrina e Pirimifós metílico com dosagem de 6 e 8 mL. (25 $\pm$ 5 °C; 60 $\pm$ 5% UR) (n=20) .....	116

## RELAÇÃO DE FIGURAS

	Página
1. Adulto de <i>Sitophilus zeamais</i> . UFRGS, Porto Alegre, RS, 2011 .....	10
2. Larva de <i>Sitophilus zeamais</i> . UFRGS, Porto Alegre, RS, 2011 .....	11
3. Homogeneização de grãos de milho com terra de diatomácea .....	22
4. Adultos de <i>Sitophilus zeamais</i> identificado com tinta têmpera .....	23
5. Recipiente de 300 mL contendo 100 gramas de grãos de trigo tratados com terra de diatomácea e infestados com 20 adultos de <i>Sitophilus zeamais</i> .....	66
6. Recipientes de 300 mL contendo 100 gramas de grãos de arroz com casca tratados com terra de diatomácea e infestados com 20 adultos de <i>Sitophilus zeamais</i> .....	97

## 1 INTRODUÇÃO

De acordo com a FAO (2006) todos os anos, milhões de toneladas de cereais, raízes, tubérculos, frutas e hortaliças, não vão à mesa do consumidor nos países em desenvolvimento, devido à precariedade nas técnicas e instalações de armazenamento, tendo problemas relacionados à logística, transporte e comercialização.

Conforme a fonte supracitada, nesses países, considera-se que perdas da ordem de 10 a 15% ocorram regularmente nas etapas de pós-colheita de cereais e leguminosas. Em algumas regiões da África e América Latina, estima-se que as perdas possam chegar a 50% da quantidade colhida.

Ainda segundo o mesmo organismo internacional, ainda que fosse economicamente viável reduzir em 10% o nível atual de perdas, o montante de alimentos que seria reincorporado anualmente ao sistema, considerando-se apenas a Ásia, seria superior a cinco milhões de toneladas.

Perdas quantitativas e qualitativas, de magnitude extremamente variável, ocorrem tanto na colheita como em todas as etapas do sistema pós-colheita, ou seja, no manuseio, secagem, armazenamento, transporte, processamento, comercialização e nos pontos finais de distribuição aos consumidores. De acordo com Lorini *et al.*, (2002) estimava-se no início dos anos 2000, que no Brasil, as perdas nas etapas de pós-colheita de grãos, ficavam entre 25 e 30% do que é produzido. Conforme este mesmo autor, estas perdas eram causadas principalmente por insetos, fungos e roedores, sendo

superiores a 10% do produzido no Brasil. Segundo dados do IBGE (2012) as estimativas de perdas na pós-colheita de grãos no Brasil são de 10% do total produzido no país.

Conforme Costa *et al.* (1980) os insetos causam grandes prejuízos aos grãos armazenados, sendo assim um dos maiores competidores do homem na busca pelo alimento. Desta forma, como prevenção durante o armazenamento de grãos, é necessário que os produtos sejam protegidos contra o ataque das pragas que, individualmente ou em conjunto, podem causar-lhes prejuízos.

Devido às diversas operações realizadas (colheita, transporte, secagem e armazenamento) pelas quais passam os grãos e, também, aos fatores físicos, químicos e biológicos que atuam sobre eles, torna-se necessário o estudo e o planejamento de ações que reduzam os índices de perdas, para que se possa obter um produto de melhor qualidade e maior preço final.

Um dos entraves na armazenagem do milho está relacionado à presença de insetos pragas. As espécies de maior importância são *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae), *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae), *Rhyzopertha dominica* Fabrício (Coleoptera: Bostrychidae), *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae), *Oryzaephilus surinamensis* (L.) (Coleoptera: Silvanidae), *Cryptolestes ferrugineus* Stephens (Coleoptera: Cucujidae), *Sitotroga cerealella* Oliver (Lepidoptera: Gelechiidae), *Plodia interpunctella* Hubner (Lepidoptera: Pyralidae), *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae) e *Ephestia elutella* Walker (Lepidoptera: Pyralidae) (Lorini & Schneider, 1994; Lorini, 2008).

Os danos ocasionados pelos insetos compreendem perdas de peso nos grãos, presença de fragmentos de insetos em subprodutos alimentares, deterioração da massa de grãos, contaminação fúngica, presença de micotoxinas, efeitos negativos na saúde

humana e animal, além de dificuldades para exportação de produtos e subprodutos brasileiros devido ao potencial de risco de contaminação, constituindo estes alguns dos diversos problemas que a má armazenagem de grãos traz para a sociedade brasileira (Elias *et al.*, 2009).

O uso de inseticidas de maneira errada, tanto em relação a doses, como no tempo de exposição, acarreta diversos problemas de resistência de insetos que atacam produtos armazenados (Annis, 1990; White & Leesch, 1996).

Atualmente, um grande problema que existe no Brasil é o reduzido número de inseticidas registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para uso contra pragas de grãos armazenados, tornando importante o manejo destes inseticidas de forma correta, para evitarmos aumento da resistência nestas pragas (Lorini *et al.*, 2008).

Uma das maneiras de reduzir os problemas relacionados com perdas na pós-colheita de grãos, causados por insetos, é através dos estudos de doses, tempos de exposição aos inseticidas organofosforados e piretróide (Lorini *et al.*, 2001).

O uso de terra de diatomácea é uma alternativa de controle das pragas de grãos armazenados por se tratar de um produto de baixa toxicidade aguda em mamíferos e não comprometer a qualidade dos grãos (Mariano *et al.*, 2006).

Uma grande vantagem da terra de diatomácea é não promover a resistência em insetos (Lorini *et al.*, 2001). Com relação à adequada umidade dos grãos para aplicação da terra diatomácea há pouca coisa na literatura, o que torna importante o estudo de diferentes teores de água dos grãos para aplicação deste produto.

Hoje existe uma grande necessidade também de se obter dados, nas condições brasileiras, dos níveis de resíduos de pesticidas em produtos agrícolas usados na alimentação humana e animal, dados esses raros na literatura nacional.



Baseando-se no exposto, o presente trabalho tem como objetivo verificar a eficiência do uso de terra de diatomácea no controle de adultos de *S. zeamais* em grãos de milho, trigo e arroz mantidos com diferentes teores de umidade durante 60 dias de armazenamento; analisar a influência da terra de diatomácea na qualidade de grãos de milho e trigo, e no teor de umidade final de grãos de milho, trigo e arroz durante 60 dias de armazenamento; verificar a eficiência do uso de inseticidas durante 240 dias na proteção de grãos de milho contra a infestação de adultos de *S. zeamais*.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Cultura do milho

O milho (*Zea mays* L.), originário do México, é uma monocotiledônea anual, herbácea, pertencente à família Poaceae (FEPAGRO, 1998; SEEDNEWS, 2002). Segundo EMBRAPA (2008), os primeiros registros do cultivo de milho datam de cerca de 7.300 anos e foram feitos em pequenas ilhas próximas ao litoral mexicano. De acordo com pesquisadores da Universidade do Estado da Flórida, do Museu Nacional de História Nacional dos Estados Unidos, do Instituto Smithsonian, do Instituto da República do Panamá e da Universidade do Estado de Washington, a cultura se espalhou de forma rápida pelo México. Do Sudoeste do país, onde foi domesticado primeiro, o milho foi levado para o Sudeste mexicano e para outras regiões tropicais da América, como o Panamá e a América do Sul.

Segundo Souza & Braga (2002), o Brasil ocupava o terceiro lugar na produção mundial de milho (*Zea mays* L.), tendo respondido, na média do período de 1990 a 2000, com cerca de 6% do volume produzido mundialmente.

Para a safra 2014/2015 a estimativa é mais de 78 milhões toneladas de milho produzido no Brasil segundo dados da CONAB (2015), representando 39,29% do total produzido no país ficando atrás apenas da soja (47,19%). Sendo a estimativa mundial de 989,661 milhões de toneladas (USDA, 2015) e para o Rio Grande do Sul de 5,589 milhões de toneladas, correspondendo a 7,15% do total no país (CONAB, 2015).

O milho é uma das mais importantes culturas de interesse econômico para o país. Em razão de seu grande uso nas atividades agropecuárias e na indústria, constitui matéria prima para as mais variadas aplicações. No campo da indústria de alimentos, de bebidas e outras, o seu emprego como matéria prima, poderá ser aumentado de forma considerável, criando novas fontes de consumo (Sartori, 2001).

## **2.2 Cultura do trigo**

O trigo (*Triticum aestivum* L.) é uma planta de ciclo anual, cultivada durante o inverno e a primavera. O grão é consumido na forma de pão, massa alimentícia, bolo e biscoito. É usado também como ração animal quando não atinge a qualidade exigida para consumo humano (EMBRAPA, 2012).

A origem do trigo é bastante remota. O homem cultiva o *Triticum vulgare*, pelo menos, há seis mil anos, no início, triturando-o entre pedras rústicas, para aproveitar a farinha. Foram encontrados grãos de trigo nos jazigos de múmias do Egito, nas ruínas das habitações lacustres da Suíça e nos tijolos da pirâmide de Dashur, cuja construção data de mais de três mil anos a.C. (EMBRAPA, 2012).

No Brasil, a produção anual oscila entre 5 e 6 milhões de toneladas sendo cultivado principalmente nas regiões Sul (RS, SC e PR), Sudeste (MG e SP) e Centro-oeste (MS, GO e DF) (CONAB, 2015). O consumo anual no país tem se mantido em torno de 10 milhões de toneladas (EMBRAPA, 2012). De acordo com USDA (2015), a estimativa mundial é de 924,759 milhões de toneladas. Já no Rio Grande do Sul a produção em 2014 foi de 1,516 milhões de toneladas, correspondendo a 25,68% da produção nacional (CONAB, 2015).

### **2.3 Cultura do arroz**

O arroz (*Oryza sativa* L.) é uma gramínea anual, classificada no grupo de plantas C-3, adaptada a ambientes aquáticos devido à presença de aerênquima no colmo e nas raízes das plantas, possibilitando a passagem de oxigênio do ar para a camada da rizosfera (SOSBAI, 2005).

Existem várias versões sobre a origem das primeiras culturas de arroz, embora, entre os historiadores, a mais popular assinala a China como o primeiro país em que se desenvolveu a cultura deste cereal, apesar de reconhecerem que foi na Índia onde primeiro foi encontrada plantas na sua forma selvagem (NOVARROZ, 2014).

O arroz (*Oryza sativa* L.) é uma importante cultura agrícola, sendo o Rio Grande do Sul o maior produtor do Brasil, responsável por 67,52% da produção nacional, estimada para a safra 2014/2015 em 12 milhões de toneladas, representando a colheita de 8,204 milhões de toneladas (CONAB, 2015). De acordo com USDA (2015), a produção mundial de arroz na safra 2014/2015 será de 474,856 milhões de toneladas.

O arroz é considerado o alimento básico para cerca de 2,4 bilhões de pessoas, segundo estimativas, até 2050 haverá demanda para atender ao dobro desta população (Alonço *et al.*, 2006).

A maioria dos países produtores não dispõe de área agriculturável necessária para expansão da produção, portanto, a maior demanda deve ser atendida pelo aumento da produtividade (Freitas, 2007).

### **2.4 Armazenagem**

O armazenamento caracteriza-se como importante setor entre a produção e o consumo das safras agrícolas, com determinantes influências socioeconômicas na disponibilidade quantitativa e qualitativa de alimentos (Puzzi, 2000).

Apesar da expressiva produção de grãos, a armazenagem brasileira ainda é extremamente deficiente, tanto em relação a sua distribuição espacial quanto à modalidade de manuseio da produção agrícola (Lacerda Filho *et al.*, 2000).

No Brasil, as novas áreas de ocupação agrícola, por serem construções relativamente recentes, já são próprias para granéis. O mesmo ocorre nos estados do Sul do País, graças à tradicional agricultura de grãos. De acordo com a CONAB (2015) a capacidade estática de armazenagem (tonelada) é de 15,71% para sistemas convencionais e de 84,29% para sistema a granel.

Para o agricultor, a armazenagem da produção na propriedade pode representar vantagens, como a redução ou ausência dos custos de transporte ou frete, a comercialização do produto em épocas de menor oferta e maior demanda (entressafra), melhor remuneração e aproveitamento dos recursos disponíveis na propriedade para a secagem e o armazenamento adequados, bem como a disponibilidade de um produto de melhor qualidade e melhor adaptado às condições de consumo e/ou comercialização (Elias, 2002; Lacerda Filho *et al.*, 2000; Puzzi, 2000; Santos, 1977; Silva *et al.*, 1995).

A armazenagem em nível de fazenda representa apenas 15% da capacidade total de armazenamento no Brasil, o que leva a efeitos ruins, como perdas qualitativas e quantitativas de grãos. Essas deficiências, aliadas a descapitalização dos produtores, exigem comercialização imediata da produção (Elias, 2002; 2007; Lacerda Filho *et al.*, 2000; Silva *et al.*, 1995).

O armazenamento de grãos também faz parte do sistema pós-colheita. A condução correta desta armazenagem evita perdas e preserva a qualidade dos grãos. Assim como ocorre para a colheita, há um teor de água apropriado para o armazenamento de grãos, durante o qual, este teor, deve ser mantido em níveis que

impeçam ou dificultem a proliferação de fungos e insetos. Os fatores de qualidade a serem preservados dependem do uso final dos grãos (Montross *et al.*, 1999).

Atualmente, a qualidade dos grãos agrícolas tem-se tornado aspecto muito importante, tanto para comercialização interna como para exportação. Entre os processos de pós-colheita, a secagem do produto é muito importante para a manutenção da qualidade dos grãos durante a armazenagem, além de ser a fase em que o consumo de energia é mais significativo (Sauer, 1992).

Segundo Brooker *et al.* (1992), a obtenção de grãos de alta qualidade é dependente de alguns fatores como: características da espécie e da variedade, condições ambientais durante o seu desenvolvimento, época e procedimento de colheita, método de secagem e práticas de armazenagem. De acordo com Vieira *et al.* (1999) o termo, “qualidade de sementes ou grãos”, engloba diferentes componentes individuais, sendo que a avaliação conjunta desses componentes é a ferramenta que propicia o conhecimento do potencial real de utilização de um lote de sementes ou grãos.

## **2.5 Insetos em grãos armazenados**

Conforme Costa *et al.* (1980), os insetos causam sérios prejuízos nos produtos armazenados, sendo um dos maiores competidores do homem na luta pelos alimentos, desta forma como medida de prevenção durante o armazenamento de grãos é necessário que estes produtos sejam protegidos contra as pragas que, individualmente ou em conjunto, podem causar diversos danos, levando a perdas qualitativas (nutricionais) e quantitativas (matéria seca).

### 2.5.1 *Sitophilus zeamais* Motschulsky 1885 (Coleoptera, Curculionidae)

Uma das principais pragas de grãos armazenados é o inseto da espécie *S. zeamais* (Figura 1), popularmente conhecido como gorgulho do milho. Trata-se de uma praga primária e cosmopolita, onde os adultos medem 2,0 a 3,5 mm, apresentando coloração castanho-escura com manchas claras nos élitros (asas anteriores), bem visíveis após emergência. Possui a cabeça projetada a frente na forma de rostró curvado. Os machos apresentam rostró curto e grosso, as fêmeas apresentam rostró mais longo e afilado (Loeck, 2002; Lorini & Schneider, 1994).



FIGURA 1. Adulto de *Sitophilus zeamais*. UFRGS, Porto Alegre, RS, 2011.

As larvas (Figura 2) são de coloração amarelo-claro, do tipo curculioniforme com a cabeça de cor marrom-escura e as pupas brancas (Booth *et al.*, 1990; Mound, 1989). Esta espécie apresenta elevado potencial de multiplicação. A postura é feita nos grãos onde a larva completa seu estágio de pupa, culminando com a emergência do adulto do seu interior (Loeck, 2002).



FIGURA 2. Larva de *Sitophilus zeamais*. UFRGS, Porto Alegre, RS, 2011.

As fêmeas podem viver até 140 dias, sendo o período de oviposição de 104 dias e o número médio de ovos por fêmeas de 282. O período de incubação oscila entre três e seis dias, sendo que o ciclo biológico do ovo até a emergência de adultos é de 34 dias, tendo grãos de milho como hospedeiro (Lorini & Schneider, 1994).

## **2.6 Controle de insetos em grãos armazenados**

Existem diversas técnicas de controle deste inseto praga, sendo as principais, uso de terra de diatomácea em diferentes dosagens aplicadas em grãos de milho (Marsaro Junior *et al.*, 2007), trigo (Arthur & Throne, 2003) e arroz (Wille *et al.*, 2013); uso de inseticidas piretróides e organofosforados em diferentes dosagens aplicados em grãos de milho (Pereira *et al.*, 2003) e trigo (Rezende *et al.*, 1984); uso de fosfina em diferentes doses (gramas de i.a./m<sup>3</sup>) no controle em grãos de milho, associada com atmosfera controlada (Casella *et al.*, 1998).

O Controle Integrado de Pragas de Grãos Armazenados prevê conhecimentos da situação dos grãos e da unidade armazenadora, identificação das espécies e das populações das pragas ocorrentes, limpeza e higienização das instalações, associação de medidas preventivas e corretivas de controle de pragas, conhecimento dos inseticidas usados, análise econômica do custo de controle e das perdas a serem evitadas. Da



mesma forma, faz-se necessária a adoção de rigoroso sistema de monitoramento de pragas, de temperatura e de umidade da massa de grãos (Elias *et al.*, 2009).

### **2.6.1. Inseticidas piretróides**

Os piretróides tiveram sua origem nas piretrinas naturais e surgiram em meados de 1960. São, em geral, ésteres dos ácidos ciclopropano-carboxílicos, sendo, também, predominantemente degradados via hidrólise da ligação éster. Apresentam efeito choque (*knock-down*) quase instantâneo, porém em algumas circunstâncias pode ocorrer a recuperação do inseto. Em geral os inseticidas piretróides apresentam poder residual superior às piretrinas naturais, sendo menos sujeitos à foto decomposição (Gallo *et al.*, 2002).

Esses produtos são moderadamente tóxicos (classe toxicológica III e classe ambiental II) aos animais superiores e raramente estão envolvidos em intoxicações ocupacionais no campo, porém produzem frequentemente reações alérgicas. Apresentam degradação razoável no meio ambiente, não ocorre acumulação em tecidos animais e gordurosos. Os inseticidas piretróides atuam primariamente nos canais de Na<sup>+</sup> das células nervosas do sistema nervoso central e periférico dos insetos. Os princípios ativos destes produtos posicionam-se em algumas unidades dos sítios de ligação dos canais de Na, de tal modo que estes permanecem abertos por um maior tempo, prolongando-se assim o período de influxo deste íon após um potencial de ação. Assim, potenciais de ação repetitivos são desencadeados, e os insetos morrem devido à hiper excitabilidade (Gallo *et al.*, 2002).

Pimentel *et al.* (2005) verificaram que a eficácia do inseticida do grupo químico piretróide (Bifentrina), tendo como produto comercial ProStore 25 CE diluído em água, aumenta com o acréscimo da dose em relação à mortalidade de insetos das espécies *R.*

*dominica*, *S. zeamais* e *T. castaneum* em grãos de milho, porém essa eficácia diminuiu com o aumento da temperatura do ar ambiente no momento da pulverização.

Pereira *et al.* (2003), ao realizarem um trabalho com inseticidas piretróide, princípios ativos bifentrina deltametrina, em diferentes dosagens, observaram que para um mesmo ingrediente ativo com uma mesma dose ocorreram grandes diferenças em sua eficiência quando alterada a praga alvo, sendo estudadas as espécies *S. oryzae* e *R. dominica*, em grãos de cevada.

Santos (2005) observou que a bifentrina 2,5% CE (Prostore) foi eficiente no controle de *S. zeamais* quando aplicado via líquido em grãos de milho, com eficiência de controle para esta espécie por um período de até seis meses após o tratamento. Também foi observado, que ao usar esse produto associado com Pirimifós metílico ocorre o controle aos insetos da espécie *S. zeamais* portadores de resistência ao inseticida piretróide.

Rezende *et al.* (1984) trataram 10 mil toneladas de grãos de trigo com 0,35 ppm de deltametrina (K-obiol) e infestaram amostras dos grãos com *Sitophilus* spp. A mortalidade foi avaliada até 180 dias após as infestações e obtiveram 80% de mortalidade.

Verificando a eficiência de diferentes dosagens dos inseticidas fenitrothion (Sumigran ® 500 CE, na dosagem de 15 ml/t); esfenvalerate (Sumidan ® 25 CE, na dosagem de 20 ml/t) e deltametrina + butóxido de piperonila (K-Obiol ® 25 CE na dosagem de 15 ml/t); fenitrothion + esfenvalerate (Sumigran ® 500 CE + Sumidan ® 25 CE, na dosagem de 15 + 15 e 20 + 20 ml/t respectivamente), e fenitrothion + deltametrina + butóxido de piperonila (Sumigran ® 500 CE + K-Obiol ® 25 CE, na dosagem de 15 + 15 ml/t, respectivamente); a mistura de Sumidan ® 25 CE + butóxido de piperonila, na dosagem de 10 + 2,22 e 20 + 4,44 ml/t), respectivamente e a mistura

pronta de piretróide + organofosforado + butóxido de piperonila (Sumigran plus, nas dosagens de 15 e 20 ml/t), Pinto Junior *et al.* (1997), constaram que até 150 dias todas as dosagens e combinações apresentam mortalidade superior a 80% dos adultos de *S. oryzae* que infestam grãos de arroz tratados.

### **2.6.2 Inseticidas organofosforados**

Os inseticidas do grupo dos organofosforado (classe toxicológica III e classe ambiental II), descobertos na década de 40 do século passado, inibem a ação da enzima acetilcolinesterase. Devido as suas moléculas, os inseticidas organofosforados possuem conformação estrutural que permite o encaixe no sítio esterático dessa enzima, por causa do grupamento fosfato (fosforilação). De maneira contrária à acetilcolina, que é prontamente hidrolisada na acetilação, a hidrólise da enzima fosforilada ocorre de maneira lenta, ocasiona um acúmulo de moléculas de acetilcolina na sinapse, que leva à hiperexcitação do sistema nervoso (síndrome colinérgica) (Gallo *et al.*, 2002).

Quimicamente estes inseticidas são ésteres derivados do ácido fosfórico ( $H_3PO_4$ ) ou de ácidos derivados destes: tionofosfórico, ditiofosfórico, fosfônico, entre outros. Os organofosforados compreendem um dos principais grupos de inseticidas responsáveis por intoxicações ocupacionais no campo, onde é comum os aplicadores estarem indevidamente protegidos, ou seja, sem o equipamento de proteção individual (EPI). Como são rapidamente degradáveis, não ocorrem acúmulos em tecidos animais e gordurosos, sendo metabolizados principalmente por hidrólise da ligação éster (Gallo *et al.*, 2002).

Estudando o tratamento inseticida e a qualidade de sementes de milho durante o armazenamento, Smiderle & Cicero (1999) observaram que os inseticidas deltametrina e clorpirifos, isolados ou associados, bem como a fosfina e a terra diatomácea

promovem, de maneira similar, o controle de *S. zeamais* que ocorrem no armazenamento e não causará toxicidade às sementes.

Trabalhando com trigo armazenado, tratado com 20 mL.Mg<sup>-1</sup> do inseticida Sumithion 500 CE (fenitrotion), Plazas *et al.* (2003) verificaram que esta concentração não oferece proteção contra a infestação de *S. oryzae* ao longo de 15 meses de armazenamento.

Utilizando o mesmo inseticida, porém com dosagem de 15 mL.Mg<sup>-1</sup>, Pinto *et al.* (1997) verificaram elevada mortalidade em adultos de *S. oryzae* infestando grãos de arroz ao longo de 60 dias. Essa diferença de mortalidade talvez esteja relacionada às características dos grãos estudados ou a temperatura do local de armazenamento, enquanto Pinto *et al.* (1997) armazenaram em local climatizado com 25 °C, Plazas *et al.* (2003) armazenaram em local com temperatura média inferior a 25 °C.

Pereira *et al.* (2003), ao realizarem um trabalho com inseticidas organofosforado, princípio ativo fenitrothion e pirimifós-metil, em diferentes dosagens, observaram que para um mesmo ingrediente ativo com uma mesma dose ocorreu grande diferença em sua eficiência quando alterada a praga alvo, sendo estudadas as espécies *S. oryzae* e *R. dominica*, em grãos de cevada.

### **2.6.3 Terra de diatomácea**

É comum o uso de produtos químicos para a proteção dos grãos armazenados contra os ataques de pragas, como inseticidas piretróides, organofosforados e fumigantes em geral, sendo todos de alta peliculosidade e com período de carência específico. Porém, existem os métodos de controle alternativos (temperatura, radiação, som), entre os quais está o uso de pós inertes, como a terra de diatomácea (Lorini, 1998). A obtenção de terra de diatomácea ocorre através da moagem de algas

diatomáceas fossilizadas, provenientes do mar ou de água doce, que possuem em sua estrutura sílica (Lorini *et al.*, 2003).

A terra de diatomácea é proveniente de fósseis de algas diatomáceas, que possuem naturalmente uma fina camada de sílica amorfa hidratada (Banks & Fields, 1995). Esse pó inerte se adere à epicutícula dos insetos através de carga eletrostática atuando por abrasão e adsorção de lipídios epicuticulares. A consequência disso é a morte dos insetos por desidratação quando 60% da massa corporal ou 30% da água são perdidas (Lazzari, 2005).

Em relação às vantagens do uso de terra de diatomácea, pode-se citar que, quando utilizada na dosagem recomendada, não oferece riscos a saúde de quem consome os grãos ou outros seres vivos que venham a ter contato com os grãos tratados com este produto. Esse por sua vez, fica livre de resíduos tóxicos e de contaminantes do meio ambiente. Por possuir ação inseticida altamente eficiente, a terra de diatomácea não compromete o controle de insetos ao longo do tempo. Este pó inerte é de fácil manuseio, não necessitando de equipamento específico quando aplicado em doses pequenas (Lorini *et al.*, 2001).

De acordo com MAPA (2015), no Brasil existe a marca Insecto®, a base de terra de diatomácea, que pode ser comercializada (classes toxicológica e ambiental IV).

Martins *et al.* (2008), utilizando terra de diatomácea para controle de *S. zeamais*, onde verificaram que 10 dias de exposição desta espécie em grãos de milho tratados com terra de diatomácea, na dose de 500 g.ton<sup>-1</sup>, ocasionaram 100% de mortalidade, porém os autores não afirmam ser esta a dosagem ideal para controle deste gorgulho.

Marsaro Júnior *et al.* (2007), ao analisarem a eficiência de terra de diatomácea no controle de *S. zeamais*, verificaram que em todas as dosagens utilizadas (250, 500, 750 e 1000 g.ton<sup>-1</sup>) ocorreu alta eficiência do produto inerte, sendo que na dosagem

mais elevada a mortalidade total ocorreu com sete dias de contato do produto com os grãos de milho.

Pinto Junior (2008), em bioensaios com grãos de milho armazenados a granel, observou que é possível a utilização de terra de diatomácea para controle de *S. oryzae* e *C. ferrugineus* com dosagens a partir de 250 g.ton<sup>-1</sup>, e que dosagens maiores são necessárias para o controle de *C. ferrugineus*, *T. castaneum* e *O. surinamensis*. De acordo com o autor, tanto o tempo de exposição quanto a dose utilizada influenciam a mortalidade dos insetos.

Arthur & Throne (2003) verificaram que grãos de trigo tratados com 300 ppm de terra de diatomácea controla até 83,3% dos insetos utilizados da espécie *S. zmais* após 21 dias de contato.

Paula (2001), utilizando as dosagens de 500, 750 e 1000 g.t<sup>-1</sup> em grãos de arroz para controle de *S. oryzae*, obteve, aos sete dias após o tratamento, mortalidade de 35% na dosagem de 750 g.t<sup>-1</sup> e 47% com 1000 g.t<sup>-1</sup>. Desta forma podemos verificar que existem diferenças no percentual de mortalidade obtida no controle da espécie *S. oryzae* em diferentes tipos de grãos estudados.

### 3 ARTIGOS

#### 3.1 Artigos envolvendo grãos de milho e terra de diatomácea

##### 3.1.1 Eficiência da terra de diatomácea no controle do gorgulho do milho ao longo do tempo

LUIDI ERIC GUIMARÃES ANTUNES<sup>1</sup>, JULIANA SERAFINI LEMCHEN<sup>1</sup>,  
PAULO ANDRÉ ROCHA PETRY<sup>1</sup>, ROBERTO GOTTARDI<sup>1</sup>  
e RAFAEL GOMES DIONELLO<sup>1</sup>

<sup>1</sup>UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, [luidieric.antunes@gmail.com](mailto:luidieric.antunes@gmail.com),  
[julemchen@hotmail.com](mailto:julemchen@hotmail.com), [00191119@ufrgs.br](mailto:00191119@ufrgs.br),  
[r.gottardi@yahoo.com.br](mailto:r.gottardi@yahoo.com.br), [rafdionello@hotmail.com](mailto:rafdionello@hotmail.com)

Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.11, n.3, p. 217-224, 2012

**RESUMO** - Objetivou-se avaliar a mortalidade e a emergência de *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae) em grãos de milho tratados com terra de diatomácea ao longo de 60 dias. Utilizaram-se grãos com teores de umidade de 12, 14 e 17%, tratamentos com 0, 500, 1500 e 2500 g t<sup>-1</sup> do produto, em que cada tratamento foi composto por cinco repetições com 100g de grãos. Foram utilizados recipientes plásticos para deposição dos tratamentos e a infestação de 20 adultos de *S. zeamais* em cada repetição. As análises ocorreram aos 30 e aos 60 dias após a infestação, a qual ocorreu com 1h e 15 dias após a aplicação do produto. Tanto aos 30 como aos 60 dias,

não se obteve diferença estatística entre as dosagens utilizadas dentro de cada umidade e período de infestação. A maior média de emergência (213,40 insetos) foi observada no tratamento controle do lote com 14% de umidade com 1h de infestação e diferiu estatisticamente dos demais tratamentos e da infestação com 15 dias. Conclui-se que a terra de diatomácea apresenta eficiência satisfatória no controle de *S. zeamais* e que a umidade inicial dos grãos não interferiu na eficácia do produto.

**Palavras-chave:** *Sitophilus zeamais*, pó inerte, mortalidade, emergência.

## **EFFICIENCY OF DIATOMACEOUS EARTH IN MAIZE WEEVIL CONTROL OVER TIME**

**ABSTRACT** - The present study aimed to evaluate the mortality and emergence of *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae) in corn grains treated with diatomaceous earth over 60 days. Grains with 12, 14 and 17% moisture content were used, treated with 0, 500, 1500 and 2500 g t<sup>-1</sup> of the product, and each treatment comprised five replications with 100g of grains. Plastic containers were used for treatments application and infestation of 20 adults of *S. zeamais* per replication. The analyses were performed at 30 and 60 days after infestation, which occurred 1 hour and 15 days after application of the product. No statistical difference was observed for dosages used within each moisture and period of infestation, at 30 or 60 days. The highest mean for emergence (213.40 insects) was observed in the control treatment with 14% humidity, 1 hour of infestation and differed statistically from the other treatments and from the infestation at 15 days. As conclusion, diatomaceous earth presented satisfactory efficiency in the control of *S. zeamais*, and the initial moisture of grains did not affect the efficacy of the product.

**Key words:** *Sitophilus zeamais*, inert powder, mortality, emergence.



Um dos entraves na armazenagem do milho está relacionado à presença e aos danos de insetos-praga. Dentre os insetos cletrófagos que atacam o milho, destaca-se, em importância, a praga primária interna *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae), comumente chamada de gorgulho-do-milho (Elias et al., 2009).

É comum o uso de produtos químicos para a proteção dos grãos armazenados contra o ataque de pragas, como inseticidas piretróides, organofosforado e fumigantes em geral, sendo todos de alta periculosidade e com período de carência específico. Porém, existem os métodos de controle alternativos (temperatura, radiação, som), entre os quais está o uso de pós inertes, como a terra de diatomácea, que é obtida a partir de depósitos sedimentares de sílica em águas doces e salgadas (Chanbang et al., 2007; Lorini, 2008).

Entre as principais vantagens do uso de terra de diatomácea, pode-se citar que, quando utilizada na dosagem recomendada, não oferece riscos à saúde de quem consome os grãos ou outros seres vivos que venham a ter contato com os grãos tratados com este produto. Este, por sua vez, fica livre de resíduos tóxicos e de contaminantes do meio ambiente. Por possuir ação inseticida altamente eficiente, a terra de diatomácea não compromete o controle de insetos ao longo do tempo. Este pó inerte é de fácil manuseio, não necessitando de equipamento específico quando aplicado em doses pequenas (Lorini et al., 2001).

Segundo o mesmo autor, a terra de diatomácea elimina o inseto por dessecação, ou seja, ao aderir ao corpo do inseto, começa a destruir a camada de cera da epicutícula e a desidratar o inseto.

Apesar da descrição de não haver comprometimento do controle de insetos ao longo do tempo, não há relatos de testes com duração superior a 30 dias (eliminar insetos emergidos), assim como a infestação, sendo realizada após determinado período

de contato da terra de diatomácea apenas com os grãos, sendo estes com umidade superior a 14%, a qual poderia influenciar a eficiência do produto que age com retirada de água dos insetos (Massaro Jr et al., 2007; Ceruti et al., 2008; Kljajic et al., 2009; Caneppele et al., 2010).

Segundo os fabricantes, a terra de diatomácea deve ser aplicada em grãos com umidade em torno de 13% e em dosagens de 1000 ou 2000 g t<sup>-1</sup>.

De acordo com o exposto, este trabalho objetivou avaliar a mortalidade e a emergência de adultos da espécie *S. zeamais* ao longo de 60 dias de armazenamento em grãos de milho tratados com terra de diatomácea, em diferentes dosagens, umidade dos grãos e períodos de infestação.

### **Material e Métodos**

O experimento foi realizado no Departamento de Fitossanidade da Faculdade de Agronomia/UFRGS em sala climatizada ( $25 \pm 5$  °C;  $60 \pm 5\%$  UR).

Os insetos utilizados neste experimento foram oriundos de criação em sala climatizada (mesmas condições do experimento) e mantidos em recipientes plásticos com tampa apresentando abertura vedada com tecido tipo voile para permitir as trocas gasosas.

Os indivíduos da espécie *S. zeamais* foram alimentados com grãos de milho (*Zea mays*, L.), estes oriundos de lavoura experimental localizada na Estação Experimental Agrônômica da UFRGS, situada na cidade de Eldorado do Sul, RS (km 146 da BR 290) e livres de tratamentos.

As trocas de dieta ocorreram em intervalos de 15 dias, com armazenagem dos grãos, que saíam do contato com os insetos, para permitir as possíveis emergências. Este procedimento ocorreu visando aumentar a população de gorgulhos na criação, pois

o período de duração do ciclo ovo-adulto na sala climatizada foi de aproximadamente 36 dias.

Os grãos utilizados, neste trabalho, foram de milho híbrido AS32, obtidos da safra 2010/2011.

Aplicou-se a TD em 18 kg de grãos de milho no total dos tratamentos, sendo 2 kg para cada tratamento. A aplicação ocorreu em bandejas retangulares, com homogeneização durante 3 min (Figura 3) e o armazenamento em recipientes plásticos de 2 L. Realizou-se esse procedimento manualmente com uso de luvas cirúrgicas, sendo um par para cada dosagem de TD e com o objetivo de evitar a presença de grãos sem o produto.



Figura 3. Homogeneização de grãos de milho com terra de diatomácea.

Os grãos de milho apresentavam, aproximadamente, umidades de 12, 14 e 17% em base umidade (b.u.) e cada uma foi tratada com 500, 1500 e 2500 g de TD por tonelada de grãos. O controle constou de grãos livres de TD. O produto utilizado foi da empresa Bernardo Química, com nome comercial Insecto® com 86,7% de dióxido de sílica.

Cada tratamento, as dosagens utilizadas mais a testemunha, foi composto por cinco repetições, onde se depositou 100 g de grãos de milho em recipientes plásticos de

300 mL fechados com tecido tipo voile, juntamente com 20 adultos de *S. zeamais*, com idades variando de 20 a 50 dias, sem padronização sexual. Estes insetos foram identificados, com tinta têmpera (Figura 4), para evitar problemas nas verificações devido às emergências de sua prole, ou mesmo da prole já existente nos grãos, já que estes não foram expurgados.



Figura 4. Adultos de *Sitophilus zeamais* identificado com tinta têmpera.

Para cada tratamento, foram realizadas três repetições para mensurar o teor de umidade dos grãos, conforme Brasil (2009).

As infestações ocorreram em dois tempos distintos: 1 hora e 15 dias após a aplicação do produto nos grãos de milho. Estes foram armazenados por um período de 60 dias, sendo as análises de mortalidade realizadas aos 30 e 60 dias após a infestação com os adultos.

Foi considerado morto o inseto que não se moveu durante 3 min de observação, pois, esta espécie apresenta tanatose, que é um mecanismo de defesa onde o inseto fica imóvel, simulando sua morte para se proteger.

Verificaram-se também a emergência e a sobrevivência dos adultos em cada recipiente, através da sua contagem. Considerou-se como emergência qualquer adulto sem marcação.

As médias obtidas foram analisadas com o programa estatístico BioEstat 5.0 (Ayres et al., 2007) e submetidas a análise de variância pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.

### Resultados e discussão

Quando analisadas as médias de mortalidade obtidas aos 30 dias após cada infestação, não se verificaram diferenças estatísticas entre as dosagens utilizadas, independente do período de infestação e do teor de umidade inicial dos grãos, sendo os tratamentos-controles os que apresentaram as menores taxas de mortalidade (Tabela 1).

**TABELA 1.** Número médio ( $\pm$  EP) de adultos de *Sitophilus zeamais* mortos avaliados aos 30 dias em função da umidade dos grãos de milho, do tempo de infestação, e das dosagens de terra de diatomácea. ( $25 \pm 5$  °C;  $60 \pm 5\%$  UR) (n=20)<sup>1</sup>.

Umidade do grão (%)	Tempo de infestação	Dosagens de terra de diatomácea (g t <sup>-1</sup> )				CV (%) <sup>2</sup>
		0	500	1500	2500	
12%	1 hora	0,2 $\pm$ 0,20 Ab	17,6 $\pm$ 1,35 Aa	19,2 $\pm$ 0,80 Aa	20,0 $\pm$ 0,00 Aa	0,582
	15 dias	0,8 $\pm$ 0,37 Ab	18,4 $\pm$ 1,56 Aa	20,0 $\pm$ 0,00 Aa	19,6 $\pm$ 0,40 Aa	0,553
14%	1 hora	0,2 $\pm$ 0,20 Ab	18,4 $\pm$ 1,60 Aa	19,4 $\pm$ 0,40 Aa	19,2 $\pm$ 0,80 Aa	0,584
	15 dias	2,2 $\pm$ 0,92 Ab	18,8 $\pm$ 0,80 Aa	19,6 $\pm$ 0,40 Aa	19,8 $\pm$ 0,20 Aa	0,501
17 %	1 hora	1,0 $\pm$ 0,32 Bb	17,4 $\pm$ 1,75 Aa	17,8 $\pm$ 1,43 Aa	20,0 $\pm$ 0,00 Aa	0,564
	15 dias	4,6 $\pm$ 1,17 Ab	14,0 $\pm$ 2,21 Aa	16,8 $\pm$ 2,06 Aa	19,8 $\pm$ 0,20 Aa	0,532

<sup>1</sup> Médias seguidas de mesma letra maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não diferem entre si, ao nível de 1%, pelo teste de Tukey.

<sup>2</sup> CV (%): coeficiente de variação.

Os elevados valores de mortalidade obtidos neste trabalho corroboram com o relatado por Massaro Junior et al. (2007), que obtiveram 100% de mortalidade de *S. zeamais* em grãos de milho tratados com 1000 g t<sup>-1</sup> de TD em sete dias de contato após a aplicação do produto. Esses autores não relatam a umidade dos grãos utilizados. Os resultados obtidos no tratamento 500 g t<sup>-1</sup> dos grãos com 14% de umidade, ambos os

períodos de infestação, são semelhantes aos registrados por Caneppele et al. (2010) os quais obtiveram 100% de mortalidade de *S. zeamais*, com 750 g t<sup>-1</sup> de TD aos 21 dias em milho com 14% de umidade.

Com exceção do lote com umidade de 17% e infestação aos 15 dias, as médias obtidas com a dosagem de 500 g t<sup>-1</sup> foram semelhantes ao relatado por Ceruti et al. (2008), os quais observaram mais de 90% na mortalidade de adultos de *S. zeamais*, quando tratados com 500 g t<sup>-1</sup> em grãos de milho com 13% de umidade, sendo a umidade relativa de 65 ± 5% e temperatura de 25 °C.

Analisando as médias de mortalidade aos 60 dias após cada período de infestação, percebe-se que não ocorreu aumento de mortalidade nos tratamentos 1500 e 2500 g t<sup>-1</sup> das umidades 17 e 12%, respectivamente, ambos com infestação aos 15 dias após a aplicação (Tabela 2).

**TABELA 2.** Número médio (± EP) de adultos de *Sitophilus zeamais* mortos avaliados aos 60 dias em função da umidade dos grãos de milho, do tempo de infestação, e das dosagens de terra de diatomácea. (25 ± 5 °C; 60 ± 5% UR) (n=20)<sup>1</sup>.

Umidade do grão (%)	Tempo de infestação	Dosagens de terra de diatomácea (g t <sup>-1</sup> )				CV (%) <sup>2</sup>
		0	500	1500	2500	
12%	1 hora	11,8 ± 3,63Ab	20,0±0,00 Aab	20,0±0,00 Aa	20,0±0,00 Aa	0,360
	15 dias	7,6±1,72 Bb	20,0±0,00 Aa	20,0±0,00 Aa	19,6±0,40 Aa	0,333
14%	1 hora	7,2±1,85 Bb	20,0±0,00 Aa	19,8±0,02 Aa	20,0±0,00 Aa	0,347
	15 dias	11,8±3,49 Ab	20,0±0,00 Aa	20,0±0,00 Aa	20,0±0,00 Aa	0,277
17 %	1 hora	16,8±1,85 Aa	20,0±0,00 Aa	20,0±0,00 Aa	20,0±0,00 Aa	0,120
	15 dias	15,0±2,09 Aa	16,6±2,13 Ba	16,8±2,06 Aa	20,0±0,00 Aa	0,244

<sup>1</sup> Médias seguidas de mesma letra maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não diferem entre si, ao nível de 1%, pelo teste de Tukey.

<sup>2</sup> CV (%): coeficiente de variação.

Os tratamentos que apresentaram aumento de mortalidade com o passar do tempo de contato dos insetos com os grãos tratados corroboram com o relatado por Kljajic et al. (2009), que registraram um aumento da mortalidade em *Sitophilus oryzae*

(Coleoptera: Curculionidae) e *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Bruchidae), tratados com TD e expostos por 7 e 21 dias.

Foi observado por Lorini (2008) que a TD confere longo período de proteção à massa de grãos, sem deixar resíduos em alimentos destinados ao consumo. Esse fato foi constatado neste trabalho, com o aumento da mortalidade nas avaliações realizadas com 30 e 60 dias após a infestação.

Estes valores de mortalidade obtidos aos 60 dias de contato corroboram com Antunes et al. (2011), que relataram que a umidade inicial dos grãos não interfere na eficiência da TD no controle do gorgulho do milho, sempre que ocorrer uma tendência do equilíbrio higroscópico dos grãos, ocorrer em umidades próximas a 13%.

Nas condições estudadas, somente aos 60 dias foi verificada a emergência de insetos (Tabela 3).

**TABELA 3.** Número médio ( $\pm$  EP) de adultos de *Sitophilus zeamais* emergidos aos 60 dias em função da umidade dos grãos de milho, do tempo de infestação, e das dosagens de terra de diatomácea. ( $25 \pm 5$  °C;  $60 \pm 5$  % UR) (n=20)<sup>1</sup>.

Umidade do grão (%)	Tempo de infestação	Dosagens de terra de diatomácea (g t <sup>-1</sup> )				CV (%) <sup>2</sup>
		0	500	1500	2500	
12%	1 hora	131,00 $\pm$ 47,35 Aa	50,00 $\pm$ 12,85 Ab	21,80 $\pm$ 4,64 Ab	24,40 $\pm$ 3,92 Ab	1,18
	15 dias	124,80 $\pm$ 12,81 Aa	51,80 $\pm$ 7,36 Ab	17,20 $\pm$ 6,45 Ab	13,80 $\pm$ 2,67 Ab	0,93
14%	1 hora	213,40 $\pm$ 14,02 Aa	105,40 $\pm$ 14,20 Ab	64,00 $\pm$ 8,94 Ab	30,80 $\pm$ 2,13 Ab	0,70
	15 dias	145,60 $\pm$ 16,49 Ba	45,00 $\pm$ 7,00 Bb	45,20 $\pm$ 9,78 Ab	22,60 $\pm$ 4,37 Ab	0,81
17 %	1 hora	140,20 $\pm$ 25,77 Aa	73,40 $\pm$ 19,76 Ab	38,60 $\pm$ 7,67 Ab	43,00 $\pm$ 4,69 Ab	0,72
	15 dias	148,60 $\pm$ 21,86 Aa	66,80 $\pm$ 8,22 Ab	43,60 $\pm$ 9,14 Ab	37,20 $\pm$ 7,10 Ab	0,70

<sup>1</sup>Médias seguidas de mesma letra, maiúsculas, na coluna e minúsculas na linha, não diferem entre si, ao nível de 1% pelo teste de Tukey.

<sup>2</sup>CV (%): coeficiente de variação.

Os tratamentos-controles, independente do teor de umidade e do período de infestação, apresentaram os maiores valores de insetos emergidos, diferindo estatisticamente dos demais. Isto se explica porque a TD inibe a postura de insetos

(Antunes et al., 2011), ocasionando, assim, maiores emergências em lotes livres de tratamentos.

Entre os lotes tratados com TD, apenas a dosagem de 500 g.t<sup>-1</sup> dos grãos com 14% ocorreu diferença estatística entre os períodos de infestação.

Independente da umidade dos grãos e do período de infestação, todas as médias obtidas com o uso da dosagem de 500 g t<sup>-1</sup> não corroboram com o relatado por Ceruti et al. (2008), que verificaram média inferior a 12 insetos emergidos com umidade de 65 ± 5% e temperatura de 25 °C.

Quando analisadas as médias de sobrevivência dos insetos emergidos, novamente os tratamentos-controles, independente do teor de umidade e do período de infestação, apresentaram os maiores valores de sobrevivência (Tabela 4).

**TABELA 4.** Número médio ( $\pm$  EP) de adultos de *Sitophilus zeamais* vivos aos 60 dias em função da umidade dos grãos de milho, do tempo de infestação, e das dosagens de terra de diatomácea. (25  $\pm$  5 °C; 60  $\pm$  5 % UR) (n=20)<sup>1</sup>.

Umidade do grão (%)	Tempo de infestação	Dosagens de terra de diatomácea (g t <sup>-1</sup> )				CV (%) <sup>2</sup>
		0	500	1500	2500	
12%	1 hora	139,00 $\pm$ 47,77 Aa	46,00 $\pm$ 11,43 Ab	6,00 $\pm$ 2,66 Ab	7,00 $\pm$ 2,07 Ab	1,47
	15 dias	137,20 $\pm$ 14,12 Aa	44,80 $\pm$ 8,77 Ab	13,60 $\pm$ 6,78 Ab	12,00 $\pm$ 2,30 Ab	1,04
14%	1 hora	233,40 $\pm$ 14,02 Aa	92,60 $\pm$ 15,64 Ab	54,40 $\pm$ 8,00 Ab	16,40 $\pm$ 1,72 Ab	0,86
	15 dias	148,80 $\pm$ 14,58 Ba	39,40 $\pm$ 6,74 Bb	34,40 $\pm$ 10,26 Ab	15,60 $\pm$ 4,30 Ab	0,94
17 %	1 hora	160,20 $\pm$ 25,77 Aa	64,20 $\pm$ 19,79 Ab	26,20 $\pm$ 6,52 Ab	17,40 $\pm$ 5,01 Ab	0,98
	15 dias	153,60 $\pm$ 20,15 Aa	61,00 $\pm$ 6,96 Ab	45,40 $\pm$ 9,90 Ab	26,60 $\pm$ 8,19 Ab	0,77

<sup>1</sup>Médias seguidas de mesma letra, maiúsculas, na coluna e minúsculas na linha, não diferem entre si, ao nível de 1% pelo teste de Tukey.

<sup>2</sup>CV (%): coeficiente de variação.

Observa-se na Tabela 4 que novamente constatou-se diferença estatística entre os lotes tratados com 500 g t<sup>-1</sup> dos grãos com 14% de umidade nos dois períodos de infestação.



As baixas médias de sobrevivência avaliadas para os insetos emergentes provavelmente estão relacionadas ao tempo necessário para a ação da TD, pois segundo Elias et al. (2010) após o contato com o inseto, a TD demora de dois a 14 dias para eliminar o mesmo.

*Sitophilus zeamais* é praga primária interna Elias et al. (2009), ou seja, as fases imaturas (ovo, larva e pupa) são vividas no interior do grão e, quando emerge o novo adulto, nem sempre este sai do interior do grão, pois a larva não consome toda a parte interna do mesmo. Tanto no experimento como na criação, verificou-se a presença de adultos no interior de grãos carunchados, facilitando assim a fuga do contato com a terra de diatomácea, podendo estar surgindo uma resistência comportamental desta praga a este produto.

A sala climatizada ( $25 \pm 5$  °C;  $60 \pm 5\%$  UR) utilizada neste experimento é a mesma onde se realiza a criação dos insetos e o tempo de duração do ciclo ovo-adulto varia de 35 a 40 dias. Nos lotes voltados para a criação, percebeu-se que nem sempre os adultos emergidos saem do interior do grão, pois permanecem neste, se alimentando dos nutrientes que não foram consumidos pela fase larval.

Em relação à variação da umidade obtida ao final do experimento, verificou-se que todos os tratamentos apresentaram diminuição em relação ao valor inicial e com diferenças estatísticas (Tabela 5).

**TABELA 5.** Teor de umidade (%) inicial e final de grãos de milho submetidos à infestação de adultos de *Sitophilus zeamais* avaliada aos 60 dias em função do tempo de infestação e das dosagens de terra de diatomácea. ( $25 \pm 5$  °C;  $60 \pm 5$  % UR).

Tempo de Infestação	Teor inicial de umidade dos grãos (%)	Teor de umidade final de grãos de milho (%) <sup>1</sup>				
		Dosagens de terra de diatomácea (g t <sup>-1</sup> )				
		0	500	1500	2500	CV (%) <sup>2</sup>
1 hora	12,57 a	11,87 b	11,03 c	11,23 c	11,09 c	0,037
15 dias	12,57 a	11,09 b	11,18 b	11,20 b	10,73 b	0,027
1 hora	14,01 a	13,00 b	11,36 c	10,53 d	11,08 c	0,083
15 dias	14,01 a	12,75 b	11,39 c	11,19 c	12,50 b	0,097
1 hora	17,50 a	10,83 c	11,52 b	11,20 bc	11,36 bc	0,033
15 dias	17,50 a	12,81 b	11,35 c	11,21 c	11,28 c	0,062

\* Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.

\*\* CV (%): coeficiente de variação

Observa-se uma tendência de ocorrer o equilíbrio higroscópico para a maioria dos tratamentos com umidades variando entre 11 e 12%. Segundo Brooker et al. (1992), grãos de milho em condições de temperatura de 25 °C e UR de 60% apresentam equilíbrio higroscópico com umidade de 12,3%, podendo variar em função da variedade. Estas foram as condições utilizadas durante o armazenamento dos grãos.

Isto pode ser explicado pela capacidade de adsorção/umedecimento e dessorção/secagem dos grãos, visto que a capacidade de dessorção, ou seja, secagem, é até sete vezes maior do que a capacidade de adsorção, ou seja, é mais fácil retirar água dos grãos do que reidratá-los. Este fato pode ser visto em todos os tratamentos, pois ocorreu uma redução da umidade, tendendo ao equilíbrio higroscópico, em função das condições do ambiente em que estão armazenados, conforme já observado por Brooker et al. (1992). Resultados estes que concordam com o encontrado por outros autores quando avaliaram a umidade de diferentes grãos ao longo do armazenamento (Alencar et al., 2009; Elias et al., 2008, 2009; Schuh et al., 2011). As trocas de calor e água entre os grãos armazenados e o ar ambiente são dinâmicas e contínuas até o limite de

obtenção do equilíbrio higroscópico em determinadas condições de temperatura e umidade relativa (Elias et al., 2009).

### Conclusões

A terra de diatomácea é eficiente no controle de adultos da espécie *S. zeamais*, mesmo quando aplicada em grãos com elevados teores de umidade, desde que estes grãos entrem em equilíbrio higroscópico com umidade inferior a 13%.

As três dosagens da terra de diatomácea, independente do período de infestação, são satisfatórias para o controle do gorgulho do milho, podendo, então ser utilizada a menor estudada.

Terra de diatomácea não consegue evitar a emergência de novos adultos do gorgulho do milho.

Grãos livres de tratamento tendem a apresentar maior número de insetos emergidos.

Ocorreu uma tendência dos grãos entrarem em equilíbrio higroscópico, em função da temperatura e da umidade relativa do local de armazenamento em umidades variando de 10,53 a 13,00% b.u.

### Referências

ALENCAR, E. R.; FARONI, L. R. D.; FILHO, A. F. L.; PETERNELLI, L. A.; COSTA, A. R. Qualidade dos grãos de soja armazenados em diferentes condições. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 5, p. 606-613, 2009.

ANTUNES, L. E. G.; FERRARI FILHO, E.; GOTTARDI, R.; SANT'ANA, J.; DIONELLO, R. G. Avaliação do uso de terra de diatomácea contra a infestação de grãos de milho. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.6, n.4, p.662-669, 2011.

AYRES, M.; AYRES, M. JR.; AYRES, D.L.; dos SANTOS, A.S. **BioEstat 5.0 Aplicações estatísticas nas áreas da ciências biológicas e médicas**. Belém: Sociedade civil Mamirauá/CNPq, 2007. 324p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF: Mapa/ACS, 2009. 395p.

BROOKER, D. B.; BAKKER-ARKEMA, F. W.; HALL, C. W. **Drying and storage of grains and oilseeds**. New York: van Nostrand Reinhold, 1992. 450 p.

CANEPPELE, M. A. B., ANDRADE, P. J., SANTAELLA, A. G. Diferentes dosagens de pó inerte e temperaturas em milho armazenado para controle de gorgulho-do-milho. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.11, p.343-347, 2010.

CHANBANG, Y., ARTHUR, F.H., WILDE, G.E. AND THRONE, J. E. Diatomaceous earth plus methoprene for control of the lesser grain borer, *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae) in rough rice. **Journal of Stored Products Research**, Amsterdam, v.43, p.396-401, 2007.

CERUTI, F. C.; LAZZARI, S. M. N.; LAZZARI, F. A.; PINTO JUNIOR, A. R. Efficacy of diatomaceous earth and temperature to control the maize weevil in stored maize. **Scientia agraria**, Curitiba, v.9, n.1, p.73-78, 2008.

ELIAS, M. C.; DIONELLO, R. G.; FORLIN, F. J.; OLIVEIRA, M.; GELAIN, J.; PETER, M. Z. Avaliação do uso de ácidos orgânicos na conservação de grãos de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) durante o armazenamento. **Revista Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 29, p. 35-46, 2008.

ELIAS, M. C.; LOPES, V.; GUTKOSKI, L. C.; OLIVEIRA, M.; MAZZUTTI, S.; DIAS, A. R. G. Umidade de colheita, métodos de secagem e tempo de armazenamento na qualidade tecnológica de grãos de trigo (cv. 'Embrapa 16'). **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.1, p.25-30, jan-fev, 2009.

ELIAS, M. C.; OLIVEIRA, M de. **Sistema nacional de certificação de unidades armazenadoras – Tecnologia e Legislação**. Pelotas: Ed. Santa Cruz, 2010. 477 p.

KLJAJIC, P., ANDRIC, G., ADAMOVIC, M., BODROZA-SOLAROV, M., MARKOVIC, M., PERIC, I. Laboratory assessment of insecticidal effectiveness of natural zeolite and diatomaceous earth formulations against three stored-product beetle pests. **Journal of Stored Products Research**, Amsterdam, p. 1-6, 2009.

LORINI, I. **Manejo Integrado de Pragas de Grãos de Cereais Armazenados**. EMBRAPA TRIGO, Passo Fundo, v.2, 2008. 72p. (Embrapa Trigo. Documentos 73).

LORINI, I., FERREIRA FILHO, A., BARBIERI, I., DEMAMAN, N. A., MARTINS, R. R., DALBELLO, O. Terra de diatomáceas como alternativa no controle de pragas de milho armazenado em propriedade familiar. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, Porto Alegre, v.2, p.32-36, 2001.

MASSARO JUNIOR, A. L., MOURÃO JR., 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: Ciências Agrárias e Ambientais**, Curitiba, v.5, p.27-32, 2007.

SCHUH, G.; GOTTARDI, R.; FERRARI, E. F.; ANTUNES, L. E. G.; DIONELLO, R. G. Efeitos de dois métodos de secagem sobre a qualidade físico-química de grãos de milho safrinha-RS, armazenados por 6 meses. **Semina**, Londrina, v. 32, n. 1, p. 235-244, 2011.

### 3.1.2 Eficiência do uso de terra de diatomácea na proteção de grãos de milho

Luidi Eric Guimarães Antunes<sup>1</sup>, Paulo André da Rocha Petry<sup>2</sup>, Paulo Ricardo de Jesus Rizzotto Junior<sup>3</sup>, Roberto Gottardi<sup>4</sup>, Rafael Gomes Dionello<sup>5</sup>

Engenharia na agricultura, Viçosa - MG, v.22 v.6, NOVEMBRO / DEZEMBRO 2014

1-Eng. Agrônomo, Doutorando em Fitotecnia, Professor Assistente, UERGS, Vacaria, RS.luidieric.antunes@gmail.com

2-Estudante de Agronomia, UFRGS, Porto Alegre, RS. rocha.petry@ufrgs.br

3-Estudante de Agronomia, UFRGS, Porto Alegre, RS. paulo\_rizzotto@hotmail.com,

4-Eng. Agrônomo, EMATER, Fontoura Xavier, RS.gottardi@yahoo.com.br,

5-Eng. Agrônomo, Professor Adjunto, UFRGS, Porto Alegre, RS. rafdionello@hotmail.com

#### RESUMO

Dentre os principais métodos de controle de insetos na pós-colheita de grãos, destaca-se o uso da terra de diatomácea. Desse modo, objetivou-se testar a eficiência de diferentes dosagens deste pó-inerte no controle de adultos de *Sitophilus zeamais* em grãos de milho, durante o armazenamento. Usaram-se cinco repetições com 100 g de grãos, com diferentes conteúdos de água (12, 14 e 17%), infestados com 20 insetos, tratados em diferentes dosagens (0, 500, 1500 e 2500 g. t-1) em 1 hora e 15 dias após a aplicação do produto. Verificou-se a mortalidade dos insetos nos grãos, e analisou-se dos grãos analisou a perda de peso, umidade e a análise tecnológica aos 60 dias após cada período de infestação. Não houve diferenças estatísticas entre as médias de mortalidade independente do tratamento e da umidade. Os tratamentos controles de todas as umidades apresentaram maiores perdas de peso em ambos os períodos de infestação.

Maior conteúdo de água final foi verificada em grãos sem tratamento com valor inicial de 17%. Maiores valores de grãos carunchados foram obtidos para grãos não tratados, independente do conteúdo de água e período de infestação. Conclui-se, assim, que o tratamento com terra de diatomácea é eficiente para o controle de *S. zeamais* e reduz os danos nos grãos de milho.

**Palavras-chave:** *Sitophilus zeamais*, pó-inerte, análise de defeitos

### **ABSTRACT**

#### **EFFICIENCY OF THE USE OF DIATOMACEOUS EARTH IN CORN GRAIN PROTECTION**

Among the main methods of insect control on post-harvest grain, highlighted is the use of diatomaceous earth. Thus, it was proposed to test the efficiency of different dosages of this inert powder on control of *Sitophilus zeamais* adults in maize grains during storage. Five repetitions were performed with 100 g of grains with different moisture contents (12, 14, and 17%), infested with 20 insects, and treated with different dosages (0, 500, 1500 and 2500 g. t-1) in h hours and 15 days after application of the product. Mortality of insects in the grains, loss of weight, humidity and technological analysis of grains was performed at 60 days after each period of infestation. There were no statistical differences between the averages of mortality regardless of the treatment and moisture content. The control treatments of all moistures presented greater weight losses in both periods of infestation. Higher moisture content was found in untreated grains with initial value of 17%. Higher values of rotten grains were obtained for untreated grains, independent of the moisture content and infestation period. It was therefore concluded that the treatment with diatomaceous earth is effective for the control of *S. zeamais* and reduces damage to corn grains.

**Keywords:** *Sitophilus zeamais*, inert-powder, defect analysis

## INTRODUÇÃO

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de milho, totalizando 69,48 milhões de toneladas na safra 2011/2012 (CONAB, 2013), com uma estimativa de colheita de aproximadamente 80 milhões de toneladas na safra 2012/2013. Foi o grão mais produzido no Brasil na safra de 2011/2012, ultrapassando a produção de soja, que vinha obtendo a maior produção no país nas últimas safras. Em função de sua ampla e diversa utilização e do grande impacto econômico e social, esta cultura representa grande parcela da produção de cereais no contexto mundial e atualmente é o cereal mais produzido no mundo (FAO/WHO, 2013). A produção mundial de milho triplicou entre os anos de 1960 e 2001, aumento que basicamente acompanhou o crescimento da população de suínos e aves, pois é um ingrediente básico das rações destes animais (USDA, 2011). Nos últimos seis anos a produção mundial média foi de 778,8 milhões de toneladas, enquanto que, na década de 1980, a média anual era de aproximadamente 450 milhões de toneladas, caracterizando um expressivo aumento na produção total deste grão no mundo (USDA, 2011; DEMARCHI, 2011).

Grãos podem ser infestados por insetos ainda no campo, durante o armazenamento, na industrialização, em armazéns, supermercados e em nível doméstico. A presença de insetos nos diferentes produtos agrícolas apresenta relevância econômica devido aos diferentes tipos de danos provocados ou pela contaminação de seus fragmentos, resultando em deságios e, em alguns casos, na recusa do produto na comercialização (PINTO JUNIOR, 2008).

Entre os principais insetos de grãos armazenados existe a espécie *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae), uma praga primária interna capaz de danificar o grão ainda sadio cujo desenvolvimento nas fases imaturas (ovo, larva e pupa) ocorre no interior do grão (LORINI, 2008).



De acordo com Antunes *et al.* (2011b), é comum o uso de produtos químicos no controle de insetos em grãos armazenados, sendo estes de alta periculosidade e período de carência específico. Também, existem os métodos físicos de controle, como temperatura, radiação, pós-inertes, onde se destaca a terra de diatomácea (TD) como tratamento protetor dos grãos.

A TD é um pó inerte obtido a partir de depósitos sedimentares de dióxido de sílica de águas doces e salgadas (CHANBANG *et al.*, 2007ab; LORINI, 2008). Entre as principais vantagens do uso de terra de diatomácea, pode-se citar que, quando utilizada na dosagem recomendada, não oferece riscos à saúde de quem consome os grãos ou outros seres vivos que venham a ter contato com os grãos tratados com este produto. Esse, por sua vez, fica livre de resíduos tóxicos e de contaminantes do meio ambiente. Por possuir ação inseticida altamente eficiente, a terra de diatomácea não compromete o controle de insetos ao longo do tempo. Este pó inerte é de fácil manuseio, não necessitando de equipamento específico quando aplicado (LORINI *et al.*, 2001; 2008).

Desta forma, objetivou-se com este trabalho verificar a eficiência da terra de diatomácea em diferentes concentrações, aplicada em grãos de milho com diferentes conteúdos de água, na inibição dos danos causados por adultos de *S. zeamais*, durante o armazenamento.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi realizado em sala climatizada ( $25 \pm 5$  °C;  $60 \pm 5\%$  UR) no Departamento de Fitossanidade da Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Os insetos utilizados neste experimento foram oriundos de criação, nas mesmas condições do experimento, e mantidos em recipientes plásticos com tampa apresentando

abertura vedada com tecido tipo voile, para permitir as trocas gasosas. Foram alimentados com grãos de milho (*Zea mays*, L.), com conteúdo de água de 13%.

Estes grãos foram oriundos de lavoura experimental da Estação Experimental Agronômica/UFRGS, localizada no km 47 da BR 290, em Eldorado do Sul, RS, 30°05'52" S, 51°39'08" W e altitude média de 46 m, sendo os mesmos livres de tratamentos com produtos químicos.

Os grãos utilizados, neste trabalho, foram de milho híbrido AS32, apresentando diferentes conteúdos de água.

Aplicou-se a TD em 18 kg de grãos de milho no total dos tratamentos, sendo 2 kg para cada tratamento. A aplicação ocorreu em bandejas retangulares, com homogeneização durante três minutos e o armazenamento em recipientes plásticos de 2 L. Realizou-se esse procedimento manualmente com uso de luvas cirúrgicas, sendo um par para cada dosagem de TD, com o objetivo de evitar a presença de grãos sem o produto.

Os grãos de milho com conteúdos de água de, aproximadamente, 12, 14 e 17% em base úmida (b.u.) foram tratados com 500, 1500 e 2500 g de TD por tonelada de grãos. O controle constou de grãos sem tratamentos, ou seja, livres de TD. O produto utilizado foi da empresa Bernardo Química, doado pela Protection Insumos, com nome comercial Insecto® contendo 86,7% de dióxido de sílica.

Cada tratamento foi composto por sete repetições, sendo colocados 100 g de grãos de milho em recipientes plásticos de 300 mL, fechados com tecido tipo voile, juntamente com 20 adultos de *S. zeamais*, com idades variando de 20 a 50 dias, sem padronização sexual. Estes insetos foram identificados, com tinta têmpera, para evitar problemas nas verificações, devido às emergências de sua prole, ou mesmo, da prole já existente nos grãos, já que estes não foram expurgados.

Das sete repetições, cinco foram utilizadas para verificar a mortalidade dos insetos e realização da análise tecnológica ou de defeitos, as outras duas para determinar o conteúdo de água.

As infestações ocorreram em dois tempos distintos: 1 hora e 15 dias após a aplicação do produto nos grãos, com o intuito de verificar se ocorre alteração na eficiência da TD com maior tempo de contato com os grãos em relação aos insetos.

Os tratamentos foram armazenados por um período de 60 dias. Ao final deste período, realizou-se a análise tecnológica, também realizada nos grãos “in natura”, para os três conteúdos de água estudados.

Cada lote de grãos apresentou inicialmente diferentes percentuais de grãos inteiros sendo 82,17%, 76,20 e 82,24% para os grãos com 12%, 14% e 17% de conteúdo de água, respectivamente.

A análise de defeitos compreende os parâmetros descritos na Portaria nº11 de 12 de abril de 1996, a qual se refere aos conceitos e classificação do milho (BRASIL, 1996). Os principais defeitos, segundo esta portaria, são: grãos carunchados, quebrados, chochos, fermentados, mofados, fragmentados, ardidos e brotados. Sendo que os cinco primeiros compreendem a categoria chamada grãos avariados.

A classificação quanto ao tipo de grãos compreende os seguintes parâmetros, conforme a mesma portaria:

- Tipo 1: constituído de milho seco com grãos regulares e conteúdo de água máximo de 14,5%. Tolerância máxima de 1,5% de matérias estranhas, impurezas e fragmentos; 11% de grãos avariados, com máximo de 3% de grãos ardidos e brotados (percentagem em peso);

- Tipo 2: constituído de milho seco, com grãos regulares e com umidade máxima de 14,5%; Tolerância máxima de 2% de matérias estranhas, impurezas e fragmentos;

18% de grãos avariados, com máximo de 6% de grãos ardidos e brotados (percentagem em peso);

- Tipo 3: constituído de milho seco, com grãos regulares e com conteúdo de água máximo de 14,5%. Tolerância máxima de 3% de matérias estranhas, impurezas e fragmentos; 27% de grãos avariados, com máximo de 10% de grãos ardidos e brotados (percentagem em peso).

- Abaixo do nível padrão de comercialização: mais de 27% de grãos avariados. O milho assim classificado poderá, conforme o caso, ser submetido ao rebeneficiamento.

Verificou-se também o peso inicial e final dos grãos de milho em cada repetição, com uso de balança de precisão de 0,01 g, a emergência e a sobrevivência dos adultos em cada recipiente, através da sua contagem. Considerou-se como emergência qualquer adulto sem marcação.

Os dados obtidos foram submetidas à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade, com uso do programa estatístico BioEstat 5.0 (AYRES *et al.*, 2007).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Com os grãos que apresentavam conteúdo de água de 12%, os tratamentos controle, de ambos os períodos de infestação, apresentaram maiores valores de grãos avariados e diferiram estatisticamente tanto entre si como dos demais tratamentos (Tabela 6).

**Tabela 6.** Valores médios de defeitos em grãos de milho (%), com 12% de conteúdo de água, tratados com terra de diatomácea (0, 500, 1500 e 2500 g.t<sup>-1</sup>) e infestados com insetos adultos de *Sitophilus zeamais*, 1 hora e 15 dias após a aplicação, e posteriormente armazenados por 60 dias (25 ± 5 °C; 60 ± 5% UR)\*.

Dose (g.t <sup>-1</sup> )/Danos (%)	Inicial	1 hora após a aplicação				15 dias após a aplicação			
		0	500	1500	2500	0	500	1500	2500
Grãos avariados	11,4cd	41,21a	19,88c	16,2cd	17,43cd	34,44b	16,59cd	12,80d	13,93cd
Fragmentado	3,66a	0,48b	0,68b	0,37b	0,43b	0,65b	0,33b	0,33b	0,09b
Ardido	0,76d	4,53bcd	10,16a	8,64ab	6,98abc	2,12cd	5,17abcd	3,76bcd	3,40cd
Brotado	0,64b	2,70ab	4,88a	3,67ab	3,15ab	3,93ab	6,10a	4,57a	5,67a
Impurezas	1,37ab	4,67a	1,40ab	0,70b	0,94b	1,06b	0,86b	0,53b	0,45b
Inteiro	82,17a	46,41e	63,00cd	70,42bc	71,07bc	57,80d	70,95bc	78,01ab	76,46ab

\*Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.

Os elevados valores de grãos carunchados, que se enquadram dentro dos grãos avariados, nos tratamentos controle, ou seja, sem uso de TD (31,75 e 25,66% para 1 h e 15 dias, respectivamente), corroboram com o relatado por Antunes *et al.* (2011a), que, ao infestarem grãos de milho com conteúdo de água de 11,97% e livres de tratamentos com adultos de *S. zeamais*, verificaram aumento de 9,77% para essa categoria ao final de 60 dias de armazenamento, mostrando claramente que o uso de TD reduz o carunchamento dos grãos de milho.

Em outro trabalho, Antunes *et al.* (2011b), ao submeterem grãos de milho, com 12% de conteúdo de água, ao contato com adultos do gorgulho do milho, verificaram que, nos tratamentos controle, a presença de grãos carunchados aumentou, aos 60 dias de contato, em 4,38% e 9,13% para 1 hora e 10 dias de infestação, após aplicação de TD, respectivamente. Desta forma, os dados obtidos neste trabalho foram superiores aos encontrados por Antunes *et al.* (2011b).

Esse fato, provavelmente, está relacionado à quantidade de insetos utilizados nos experimentos, enquanto os autores utilizaram 10 adultos por repetição com 100 g de grãos, neste trabalho utilizou-se 20 adultos para a mesma condição por repetição, ocasionando assim maiores médias de grãos carunchados. Mostrando claramente que quanto maior a quantidade de insetos infestando uma massa de grãos no

armazenamento, maiores serão as quantidades de grãos carunchados, por consequência, aumentando a percentagem de grãos avariados.

Em relação aos grãos fragmentados (Tabela 6), todos os tratamentos de ambos os períodos de infestação apresentaram queda nos valores em relação aos grãos “in natura”, 3,66%. Isto está relacionado à alimentação dos insetos, que mesmo sendo primários, consumiram os fragmentos de grãos presentes no recipiente, assim como ao aumento de grãos ardidos (ANTUNES *et al.*, 2011b). O fato de insetos primários atacarem os grãos inteiros não impede a sua alimentação, por grãos quebrados e/ou fragmentados.

As maiores médias de impurezas (Tabela 6) foram encontradas para os tratamentos “in natura”, controle e 500 g.t<sup>-1</sup> de TD, ambos para 1 hora após a infestação, e diferiram estatisticamente dos demais resultados.

A maior média de grãos inteiros, 82,17%, foi obtida no tratamento “in natura” e somente não diferiu estatisticamente dos tratamentos 1500 e 2500 g.t<sup>-1</sup> de TD, ambos com infestação 15 dias após a aplicação. Esse resultado mostra que mesmo os grãos sendo tratados com TD não é garantia que a qualidade será totalmente mantida.

Classificando-se esses grãos conforme BRASIL (1996), os grãos “in natura” são do Tipo 2; os tratamentos 1500 e 2500 g.t<sup>-1</sup> de TD, ambos com infestação 15 dias após a aplicação, são do Tipo 3 e os demais tratamentos são classificados como abaixo do nível padrão de comercialização.

A redução da qualidade dos grãos mostra que, mesmo recebendo tratamento preventivo, o lote não está livre de danos causados por insetos, se estes conseguirem infestá-lo, e da presença de fungos, pois os maiores danos foram de grãos ardidos, seguidos de mofado e fermentados, mostrando que a presença de insetos facilita a entrada de fungos de armazenamento.

De acordo com Antunes *et al.* (2011b), grãos com conteúdo de água de 12%, tratados com 1000 e 2000 g.t<sup>-1</sup> de TD, tendem a sofrer diminuições de 3 a 4% na categorias de grãos inteiros, podendo, assim, permanecer na mesma tipificação em relação aos grãos “in natura”, com a infestação ocorrendo 1 h após a aplicação.

Neste trabalho ocorreu uma diminuição de 14,30% para o tratamento 1500 g.t<sup>-1</sup> de TD, dose intermediária entre as utilizadas pelos autores (op. cit.), e 13,51% para o tratamento 2500 g.t<sup>-1</sup> de TD, dose superior às utilizadas pelos autores (op. cit.). Desta forma, a diferença observada pode estar relacionada à quantidade de insetos infestantes, 20 nesse experimento e 10 adultos no experimento dos autores.

Quando analisadas as médias obtidas para os grãos com 14% de conteúdo de água, verifica-se que os tratamentos controle, apresentaram os maiores valores para grãos carunchados (34,72 e 25,03% para 1 hora e 15 dias após a aplicação, respectivamente) e diferiram estatisticamente tanto entre si como dos demais tratamentos. Mostrando que ocorreu o efeito do tempo de infestação, ou seja, a terra de diatomácea apresenta um efeito ao longo do tempo de armazenamento dos grãos, conforme mencionado por Lorini (2008).

O tratamento “in natura” foi o que apresentou o maior valor de grãos fragmentados (4,00%) e diferiu estatisticamente dos demais, os quais não diferiram entre si. Esta redução no percentual de grãos fragmentados provavelmente está relacionada ao aumento dos grãos ardidos verificados nos tratamentos com e sem TD, mostrados na tabela 7. O Grão fragmentado apresenta uma maior possibilidade de ataque de fungos, e por consequência o aparecimento de grãos ardidos.

**Tabela 7.** Valores médios (%) de defeitos em grãos de milho, 14% de conteúdo de água, “in natura” e tratados sem e com terra de diatomácea (0, 500, 1500 e 2500 g.t<sup>-1</sup>), infestados com insetos adultos de *Sitophilus zeamais*, 1 hora e 15 dias após a aplicação, e posteriormente armazenados por 60 dias (25 ± 5°C; 60 ± 5% UR)\*.

Dose (g.t <sup>-1</sup> )/Danos (%)	Inicial	Infestação 1 hora após a aplicação				Infestação 15 dias após a aplicação			
		0	500	1500	2500	0	500	1500	2500
Grãos avariados	14,02e	47,57a	26,36bc	24,93bc	30,84b	30,93b	22,53cd	21,56cd	17,59de
Fragmentado	4,00a	0,55b	0,22b	0,22b	0,48b	0,52b	0,27b	0,24b	0,51b
Ardido	2,16c	10,81a	2,68bc	5,12bc	8,22abc	12,65a	8,60ab	12,35a	7,87ab
Brotado	0,00b	0,51ab	0,84ab	1,54a	1,51a	1,51a	1,08a	1,25a	0,70ab
Impurezas	3,62ab	4,61a	2,71ab	3,29ab	2,94ab	1,30b	1,20b	1,31b	1,57ab
Inteiro	76,20a	35,95d	67,19a	64,90a	56,01bc	53,09c	66,32a	63,29ab	71,76a

\*Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.

O tratamento 1500 g.t<sup>-1</sup> de TD, com a infestação sendo realizada 1 hora após a aplicação, apresentou a maior média, 2,76%, para grãos fermentados e diferiu de grãos “in natura” e o controle no mesmo tempo de infestação, apresentando valores de 0,00 e 0,42%, respectivamente.

Esse aumento de grãos fermentados não corrobora com o relatado por Antunes *et al.* (2011b), os quais não verificaram a presença de grãos fermentados ao término de 60 dias após o contato com os insetos. Esta diferença pode estar relacionada à quantidade de adultos utilizados, 20 por esses autores e 10 neste experimento.

Para a categoria impurezas, o maior valor, 4,61%, foi encontrado no tratamento controle, infestados 1 hora após a aplicação, diferindo dos tratamentos controle, 500 e 1500 g.t<sup>-1</sup> de TD, infestados 15 dias após a aplicação.

A menor média de grãos inteiros, 35,95%, foi verificada para o tratamento controle, infestados 1 hora após a aplicação, e diferiu estatisticamente dos demais tratamentos. Novamente, grãos “in natura” apresentaram a maior média, 76,20%, nesta categoria.

Classificando-se esses grãos conforme BRASIL (1996), os grãos “in natura” são do Tipo 3 e demais tratamentos são classificados como abaixo do nível padrão de comercialização. Esta classificação pode estar relacionada à forma como o lote foi



armazenado, na qual a umidade era elevada, o que pode explicar elevadas médias de grãos mofados em todos os tratamentos, assim como a ocorrência de fungos e o aumento de grãos ardidos, visto que o objetivo principal do uso de terra de diatomácea é o controle de insetos e não de fungos. Em geral, o uso de TD, diminui com o aumento da umidade relativa e o conteúdo de água dos grãos, mas aumenta com a temperatura (STATHERS, 2004).

De acordo com Antunes *et al.* (2011b), grãos com conteúdo de água de 14%, tratados com 1000 e 2000 g.t<sup>-1</sup> de TD, tendem a sofrer diminuições de 3 a 5% na categorias de grãos inteiros, podendo assim permanecer na mesma tipificação em relação aos grãos, “in natura”. Neste trabalho, a diminuição foi de 11,22% para o tratamento 1500 g.t<sup>-1</sup> de TD, dose intermediária entre as utilizadas pelos autores, e 20,11% para o tratamento 2500 g.t<sup>-1</sup> de TD, dose superior às utilizadas pelos autores. Desta forma, a diferença observada, está relacionada à quantidade de insetos infestantes, 20 nesse experimento e 10 adultos no experimento dos autores.

No lote de grãos apresentando 17% de conteúdo de água, as maiores médias de grãos carunchados (42,54 e 34,05% para 1 hora e 15 dias após a aplicação, respectivamente) foram verificadas para ambos os tratamentos controle, os quais diferiram estatisticamente tanto entre si como dos demais tratamentos (Tabela 8). Mostrando mais uma vez que ocorreu o efeito do tempo de infestação, conforme já observado por Lorini (2008).

**Tabela 8.** Valores médios (%) de defeitos em grãos de milho, 17% de conteúdo de água, “in natura” e tratados sem e com terra de diatomácea (0, 500, 1500 e 2500 g.t<sup>-1</sup>), infestados com insetos adultos de *Sitophilus zeamais* 1 hora e 15 dias após a aplicação, armazenados por 60 dias (25 ± 5°C; 60 ± 5% UR)\*.

Dose (g.t <sup>-1</sup> )/Danos (%)	Inicial	Infestação 1 hora após a aplicação				Infestação 15 dias após a aplicação			
		0	500	1500	2500	0	500	1500	2500
Grãos avariados	11,92 d	51,11 a	17,43 cd	15,85 cd	12,64 d	44,45 b	20,46 c	14,43 cd	16,16 cd
Fragmentado	3,88 a	1,01 b	0,82 b	0,52 b	1,01 b	0,84 b	0,69 b	0,81 b	0,41 b
Ardido	0,45 b	3,28 a	3,00 ab	3,06 ab	1,91 ab	1,16 ab	2,56 ab	1,06 ab	1,37 ab
Brotado	0,12 a	0,61 a	0,25 a	0,45 a	0,38 a	0,19 a	0,45 a	0,47 a	0,47 a
Impurezas	1,38 bc	3,96 a	2,78 b	1,45 bc	2,00 bc	1,26 bc	0,87 c	1,06 c	0,72 c
Inteiro	82,24 a	40,03 c	75,72 a	78,67 a	82,06 a	52,10 b	74,97 a	82,17 a	80,87 a

\*Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.

Conforme o verificado nos demais conteúdos de água testadas, grãos “in natura” apresentaram a maior média de grãos fragmentados (3,88%) e diferiu dos demais tratamentos. Novamente esse fato está relacionado ao aumento dos grãos ardidos nos tratamentos.

A maior média de grãos fermentados (5,68%) foi verificada no tratamento 500 g.t<sup>-1</sup> de TD infestados após 15 dias da aplicação e somente não diferiu dos tratamentos 1500 e 2500 g.t<sup>-1</sup> de TD infestados 1 hora e 15 dias após a aplicação, respectivamente. O tratamento controle, infestados 1 hora após a aplicação, apresentou a maior média de impurezas, 3,96%, e diferiu estatisticamente dos demais tratamentos. Os tratamentos controle de ambos os períodos de infestação apresentaram as menores médias de grãos inteiros (40,03 e 52,10% para 1 hora e 15 dias após a aplicação, respectivamente) e diferiram estatisticamente tanto entre si como dos demais tratamentos, os quais foram similares (Tabela 8). Classificando-se esses grãos conforme BRASIL (1996), os grãos “in natura”, 2500 g.t<sup>-1</sup> de TD para infestação de 1 hora e 1500 g.t<sup>-1</sup> de TD para infestação com 15 dias são do Tipo 2; 500 e 1500 g.t<sup>-1</sup> de TD para infestação de 1 hora, 500 e 2500 g.t<sup>-1</sup> de TD para infestação com 15 dias, são do Tipo 3; demais tratamentos são classificados como abaixo do nível padrão de comercialização.

Analisando as três conteúdos de água avaliados, percebe-se que a categoria de grãos carunchados sempre apresentou maior valor no tratamento controle para os grãos infestados com 1 hora após a aplicação. Esse fato pode estar relacionado à diferença de tempo entre as infestações, onde, sem a presença de insetos, a troca de água dos grãos com o ambiente é facilitada, ou seja, uma redução no conteúdo de água nos grãos em função da tendência de entrarem em equilíbrio higroscópico com o ambiente de armazenamento.

Analisando as médias de perda de peso para todos os lotes com a infestação ocorrendo 1 hora após a aplicação, observa-se que as menores médias, 88,15; 83,78 e 81,62 g, de peso final, ou seja, as maiores perdas, foram verificadas para o tratamento controle de cada conteúdo de água estudado, 12; 14 e 17%, respectivamente (Tabela 9).

**Tabela 9.** Médias de perda de peso (g) de grãos de milho infestados com adultos de *Sitophilus zeamais* avaliada após 60 dias, em função de infestação realizada 1 hora após a aplicação das dosagens de terra de diatomácea (0, 500, 1500 e 2500 g.t<sup>-1</sup>). (25 ± 5 °C; 60 ± 5% UR)\*.

Dose (g.t <sup>-1</sup> )	12%		14%		17%	
	Inicial (g)	Final (g)	Inicial (g)	Final (g)	Inicial (g)	Final (g)
0	100,05 A	88,15 Bb	100,07 A	83,78 BCb	100,05 A	81,62 Cb
500	100,04 A	95,03 Ba	100,04 A	91,91 Ba	100,05 A	92,69 Ba
1500	100,04 A	95,73 Ba	100,05 A	93,37 Ba	100,04 A	93,62 Ba
2500	100,05 A	97,14 Ba	100,04 A	94,83 BCa	100,05 A	92,40 Ca
CV** (%)	0,002	0,044	0,002	0,050	0,002	0,060

\*Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.

\*\* CV (%): coeficiente de variação.

Podemos observar que para os grãos infestados sem uso de TD, estas perdas em 60 dias de armazenamento variaram de 18,38%, para os grãos armazenados com conteúdo de água de 17% e 11,85%, para os grãos armazenados com umidade de 12%. Também se pode observar que quanto maior o conteúdo de água nos grãos, maiores são as perdas nos tratamentos testemunhas. Segundo Athié & Paula (2002), grãos com conteúdo de água de, aproximadamente, 12% dificultam o desenvolvimento de insetos, ou seja, o lote com 17% de conteúdo de água estaria favorecendo o ataque de insetos.

Nos três conteúdos de água estudados, se observou diferença estatística entre o controle e os tratamentos com TD, os quais não diferiram entre si dentro de cada conteúdo de água, mostrando que, mesmo ocorrendo aumento de danos nos grãos, a diminuição do peso dos grãos é estatisticamente igual. Porém, ao se comparar com o peso inicial, este apresentou sempre os maiores valores e diferiu de todos os tratamentos em todos os conteúdos de água avaliados.

O tratamento 2500 g.t<sup>-1</sup> de TD foi o único a apresentar diferença estatística entre os lotes 12 e 17%. Mesmo o lote 17% apresentando maior percentual de grãos inteiros (82,06%) do que o lote 12% (71,07%), ainda apresentou menor peso (92,40 g), isto pode estar relacionado ao interior dos grãos, que pode ter sido mais consumido por larvas de *S. zeamais*, já que apresentava maior conteúdo de água.

Analisando a perda de peso de sete variedades de milho, submetidas ao ataque de 20 adultos de *S. zeamais*, Almeida filho *et al.* (2002) verificaram que aos 60 dias após a infestação, as perdas variam de 2,68 a 4,96 g. Esses autores utilizaram grãos livres de tratamentos.

Com a infestação ocorrendo aos 15 dias após a aplicação dos produtos, novamente as menores médias foram verificadas para os tratamentos controle dos três conteúdos de água avaliados (92,27; 88,29 e 85,12 g para 12; 14 e 17%, respectivamente) (Tabela 10).

**Tabela 10.** Perda de peso (g) de grãos de milho infestados com adultos de *Sitophilus zeamais* avaliada após 60 dias, em função de infestação realizada 15 dias após a aplicação das dosagens de terra de diatomácea (0, 500, 1500 e 2500 g.t<sup>-1</sup>). (25 ± 5 °C; 60 ± 5% UR)\*.

Dose (g.t <sup>-1</sup> )	12%		14%		17%	
	Inicial (g)	Final (g)	Inicial (g)	Final (g)	Inicial (g)	Final (g)
0	100,04 A	92,27 Ab	100,05 A	88,29 Cb	100,03 A	85,12 Cb
500	100,00 A	94,37 Bab	100,04 A	93,02 BCa	100,02 A	90,41 Ca
1500	100,05 A	96,46 Ba	100,05 A	92,59 Ca	100,05 A	92,98 Ca
2500	100,05 A	96,93 Ba	100,05 A	94,50 Ba	100,02 A	91,23 Ca
CV** (%)	0,003	0,024	0,001	0,029	0,001	0,034

\*Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.

\*\* CV (%): coeficiente de variação.

Novamente verifica-se que as maiores perdas de peso ocorreram nos tratamentos controle, porém com 12% de conteúdo de água não ocorreu diferença estatística entre o controle e 500 g.t<sup>-1</sup> de TD.

Com esse período de infestação, ocorreram diferenças estatísticas entre todos os tratamentos do lote 12% com o de 17%, dentro das mesmas doses de TD. Este fato ocorreu em função do teor de água ter favorecido a presença de insetos no interior desses grãos, ocasionando uma maior perda em relação ao tratamento com conteúdo de água de 12%. Mais uma vez comprovando o que observaram Athié & Paula (2002), ou seja, grãos mais secos estão menos propícios ao ataque de pragas, e conseqüentemente as perdas de peso são menores que em grãos mais úmidos.

Em relação à variação no conteúdo de água obtido ao final do experimento, verificou-se que todos os tratamentos apresentaram diminuição em relação ao valor inicial e com diferenças estatísticas (Tabela 11).

**Tabela 11.** Conteúdo de água (%) inicial e final de grãos de milho submetidos à infestação de adultos de *Sitophilus zeamais*, avaliada após 60 dias, em função do tempo de infestação e das dosagens de terra de diatomácea (0, 500, 1500 e 2500 g.t<sup>-1</sup>). (25 ± 5 °C; 60 ± 5% UR).

Dose (g.t <sup>-1</sup> ) / Infestação	Inicial	0	500	1500	2500	CV** (%)
1 hora	12,57 a*	11,87 b	11,03 c	11,23 c	11,09 c	0,037
15 dias	12,57 a	11,09 b	11,18 b	11,20 b	10,73 b	0,027
1 hora	14,01 a	13,00 b	11,36 c	10,53 d	11,08 c	0,083
15 dias	14,01 a	12,75 b	11,39 c	11,19 c	12,50 b	0,097
1 hora	17,50 a	10,83 c	11,52 b	11,20 bc	11,36 bc	0,033
15 dias	17,50 a	12,81 b	11,35 c	11,21 c	11,28 c	0,062

\* Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.

\*\* CV (%): coeficiente de variação.

Pode-se observar que os grãos tenderam ao equilíbrio higroscópico para a maioria dos tratamentos em conteúdos de água variando entre 11 e 12%. Segundo Brooker *et al.* (1992), grãos de milho em condições de temperatura de 25 °C e UR de 60% apresentam equilíbrio higroscópico com conteúdo de água de 12,3%, podendo

variar em função da variedade. Estas foram às condições utilizadas durante o armazenamento dos grãos.

Este fato pode ser explicado pela capacidade de adsorção/umedecimento e dessorção/secagem dos grãos, visto que a capacidade de dessorção é até sete vezes maior do que a capacidade de adsorção, ou seja, é mais fácil retirar água dos grãos do que reidratá-los, o que pode ser visto em todos os tratamentos onde ocorreu uma redução no conteúdo de água, tendendo ao equilíbrio higroscópico, em função das condições do ambiente em que estão armazenados, conforme já observado por diversos autores (ALENCAR *et al.*, 2009; ELIAS *et al.*, 2008; ELIAS *et al.*, 2009; SCHUH *et al.*, 2011). As trocas de calor e água entre os grãos armazenados e o ar ambiente são dinâmicas e contínuas, até o limite de obtenção do equilíbrio higroscópico, em determinadas condições de temperatura e umidade relativa (ELIAS *et al.*, 2009).

Quanto maior for a temperatura e menor a umidade relativa do ar, menor será a umidade de equilíbrio dos grãos. Portanto grãos que estão armazenados em ambientes com tendência ao equilíbrio higroscópico em conteúdos de água variando de 10 a 13%, quando tratados com terra diatomácea apresentam alta taxa de mortalidade dos insetos, não importando o conteúdo de água inicial dos mesmos.

Analisando a mortalidade obtida ao final do experimento, verifica-se que todos os tratamentos diferiram estatisticamente dos controles, dentro de cada conteúdo de água avaliado, com exceção do tratamento 500 g.t<sup>-1</sup> de TD do lote com 12% de conteúdo de água e quando a infestação ocorreu aos 15 dias após a aplicação em todos os tratamentos (Tabela 12).

**Tabela 12.** Número médio ( $\pm$  EP) de adultos de *Sitophilus zeamais* avaliados mortos após 60 dias, em função do tempo de infestação, do conteúdo de água nos grãos de milho (12, 14 e 17%) e das dosagens de terra de diatomácea (500, 1500 e 2000 g.t-1). ( $25 \pm 5$  °C;  $60 \pm 5\%$  UR) (n=20).

Infestação/ Dose (g.t <sup>-1</sup> )	12%		14%		17%	
	1 hora	15 dias	1 hora	15 dias	1 hora	15 dias
0	11,8 b* (EP $\pm$ 3,63)	7,6 b (EP $\pm$ 1,72)	7,2 b (EP $\pm$ 1,85)	11,8 b (EP $\pm$ 3,49)	16,8 a (EP $\pm$ 1,85)	15,0 a (EP $\pm$ 2,09)
500	15,8 a (EP $\pm$ 0,00)	20,0 a (EP $\pm$ 0,00)	20,0 a (EP $\pm$ 0,00)	20,0 a (EP $\pm$ 0,00)	20,0 a (EP $\pm$ 0,00)	16,6 a (EP $\pm$ 2,13)
1500	20,0 a (EP $\pm$ 0,00)	20,0 a (EP $\pm$ 0,00)	19,8 a (EP $\pm$ 0,02)	20,0 a (EP $\pm$ 0,00)	20,0 a (EP $\pm$ 0,00)	16,4 a (EP $\pm$ 2,22)
2500	20,0 a (EP $\pm$ 0,00)	19,6 a (EP $\pm$ 0,40)	20,0 a (EP $\pm$ 0,00)	20,0 a (EP $\pm$ 0,00)	20,0 a (EP $\pm$ 0,00)	20,0 a (EP $\pm$ 0,00)
CV** (%)	0,360	0,333	0,347	0,277	0,120	0,244

\* Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.

\*\* CV (%): coeficiente de variação.

Com o uso de TD, verifica-se que a média de mortalidade variou de 15,8 a 20,0 insetos, ou seja, de 79 a 100% em todos os tratamentos e conteúdos de água, porém sem ocorrência de diferenças estatísticas entre os mesmos (Tabela 12).

Desta forma, estes resultados não corroboram com os relatos por Antunes *et al.* (2011b), que verificaram decréscimo na eficiência da TD em adultos de *S. zeamais* conforme aumenta o tempo em que ocorre a infestação após a aplicação do produto. Esses autores utilizaram 10 adultos, enquanto neste trabalho foram utilizados 20, sendo assim, provavelmente essa diferença de insetos presentes influenciou nos resultados, pois na mesma quantidade de grãos, 100 g, havia diferentes quantidades de insetos, o que causa maior procura por alimento e assim facilita o contato com a TD. Mostrando claramente que quanto maior for à infestação maior é o controle.

Os resultados mostraram que indiferente do conteúdo de água nos grãos, ocorreu uma elevada mortalidade dos insetos, também devido à tendência de equilíbrio em conteúdos de água próximos a 12%, que são umidades onde se tem maior eficiência deste produto.

Os resultados de 100% de mortalidades obtidas neste trabalho, em alguns tratamentos, foram semelhantes, ao registrado por Caneppele *et al.* (2010), os quais

obtiveram 100% de mortalidade de *S. zeamais*, 30 insetos, com  $750 \text{ g.t}^{-1}$  de TD aos 21 dias em milho com 14% de conteúdo de água.

## CONCLUSÕES

Grãos livres de tratamentos de TD são facilmente danificados por insetos e aos 60 dias de contato são classificados como abaixo do nível padrão para comercialização. Maiores quantidades de grãos inteiros são verificadas nos lotes que tendem a perder mais água para entrar em equilíbrio higroscópico;

Quanto melhor a qualidade inicial do lote, melhor é a proteção com o uso da terra de diatomácea. Indiferente do conteúdo de água do grão e da concentração de produto, a mortalidade de insetos foi elevada;

Verificou-se tendência dos grãos entrarem em equilíbrio higroscópico, em função da temperatura e umidade relativa do local de armazenamento, em conteúdos de água variando de 10,53 a 13,00% b.u.;

Os grãos não tratados apresentaram as maiores perdas de peso e menores mortalidades após 60 dias de armazenamento;

O período de infestação não interfere no controle proporcionado pela terra de diatomácea nos adultos de *S. zeamais*.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALENCAR, E.R. DE; FARONI, L.R.D.; FILHO, A.F.L.; PETERNELLI, L.A.; COSTA, A.R. Qualidade dos grãos de soja armazenados em diferentes condições. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, n.5, p.606-613,2009.
- ALMEIDA FILHO, A. J.; FONTES, L. S.; ARTHUR, V. Determinação da perda de peso do milho (*Zea mays*) provocada por *Sitophilus oryzae* e *Sitophilus zeamais*. **Revista Ecosistema**, v.27, n.12, p.41-44, 2002.



- ANTUNES, L. E. G.; GATTARDI, R.; VIEBRANTZ, P. C.; DIONELLO, R. G. Características físico-químicas de grãos de milho atacados por *Sitophilus zeamais* durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.6, p.615-620, 2011a.
- ANTUNES, L. E. G.; FERRARI FILHO, E.; GATTARDI, R.; SANT'ANA, J.; DIONELLO, R. G. Avaliação do uso de terra de diatomácea contra a infestação de grãos de milho. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.6, n.4, p.662-669, 2011b.
- ATHIÉ, I.; de PAULA, C. **Insetos de Grãos Armazenados Aspectos Biológicos e Identificação**. São Paulo: Editora Varela, p. 28-34, 2002.
- AYRES, M.; AYRES, M. JR.; AYRES, D. L.; dos SANTOS, A. S. **BioEstat 5.0 Aplicações estatísticas nas áreas da ciências biológicas e médicas**. Belém: Sociedade civil Mamirauá/CNPq, 324p, 2007.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Portaria N° 11, de 12 de abril de 1996. Comissão Técnica de Normas e Padrões. Norma de Identidade, Qualidade, Embalagem e Apresentação do Milho. Brasília, 1996.
- BROOKER, D.B.; BAKKER-ARKEMA, F.W.; HALL, C.W. Drying and storage of grains and oilseeds. **New York: van Nostrand Reinhold**, 450p, 1992.
- CANEPPELE, M.A.B.; ANDRADE, P.J.; SANTAELLA, A.G. Diferentes dosagens de pó inerte e temperaturas em milho armazenado para controle de gorgulho-do-milho. **Scientia Agraria**, v.11, n.4, p.343-347, 2010.
- CHANBANG, Y.; ARTHUR, F. H.; WILDE, G. E.; THRONE, J. E. Efficacy of diatomaceous earth to control *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae) in rough rice: Impacts of temperature and relative humidity. **Crop Protection**, n.26, p.923-929, 2007a.
- CHANBANG, Y.; ARTHUR, F. H.; WILDE, G. E.; THRONE, J. E. Diatomaceous earth plus methoprene for control of the lesser grain borer, *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera:Bostrichidae) in rough rice. **Journal of Stored Products Research**, v.43, p.396-401, 2007b.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). Levantamentos de safra, 2013. Disponível em: < <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253&t=> >. Acesso em: 06/04/2013.
- DEMARCHI, M. Análise Da Conjuntura Agropecuária Safra 2011/12: Milho. Secretaria Da Agricultura E Do Abastecimento Departamento De Economia Rural. Disponível em: < [www.agricultura.pr.gov.br](http://www.agricultura.pr.gov.br) >. Acesso em: 05/04/2013.

ELIAS, M.C.; DIONELLO, R.G.; FORLIN, F.J.; OLIVEIRA, M.; GELAIN, J.; PETER, M.Z. Avaliação do uso de ácidos orgânicos na conservação de grãos de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) durante o armazenamento. **Revista Semina: Ciências Agrárias**, v.29, p.35-46, 2008.

ELIAS, M.C.; LOPES, V.; GUTKOSKI, L.C.; OLIVEIRA, M.; MAZZUTTI, S.; DIAS, A.R. G. Umidade de colheita, métodos de secagem e tempo de armazenamento na qualidade tecnológica de grãos de trigo (cv. 'Embrapa 16'). **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.1, p.25-30, jan-fev, 2009.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION – WORLD HEALTH ORGANIZATION (FAO/WHO). **FAO STAT-Agriculture Statistics 2013**. Disponível em: < <http://www.fao.org/corp/statistics/en/> >. Acesso em: 04/04/2013.

LORINI, I. **Manejo Integrado de Pragas de Grãos de Cereais Armazenados**. EMBRAPA TRIGO, Passo Fundo, v.2, 72p, 2008.

LORINI, I.; FERREIRA FILHO, A.; BARBIERI, I.; DEMAMAN, N. A.; MARTINS, R.R.; DALBELLO, O. Terra de diatomáceas como alternativa no controle de pragas de milho armazenado em propriedade familiar. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, v.2, p.32-36, 2001.

PINTO JUNIOR; A. R. Eficiência de terra de diatomáceas no controle de *Sitophilus oryzae* (L.), *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens), *Tribolium castaneum* (Herbst) em milho armazenado a granel. **Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia** (Uruguaiana), v.15, n.1, p. 61-70, 2008.

SCHUH, G.; GOTTARDI, R.; FERRARI, E.F.; ANTUNES, L.E.G.; DIONELLO, R.G. Efeitos de dois métodos de secagem sobre a qualidade físico-química de grãos de milho safrinha-RS, armazenados por 6 meses. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.32, n.1, p.235-244, 2011.

STATHERS, T. E.; DENNIFF, M.; GOLOB, P. The efficacy and persistence of diatomaceous earth admixed with commodity against four tropical stored product beetle pests. **Journal of Stored Products Research**, v. 40, n. 3, p. 113-123, 2004.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA) 2011. Disponível em: < <http://www.usda.gov/wps/portal/usda/usdahome> >. Acesso em: 03/04/2013.

### **3.1.3 Influência do teor de água de grãos de milho na eficiência da terra de diatomácea**

Luidi Eric Guimarães Antunes<sup>1</sup>, Paulo André da Rocha Petry<sup>2</sup>, Paulo Ricardo de Jesus Rizzotto Junior<sup>3</sup>, Roberto Gottardi<sup>4</sup>, Rafael Gomes Dionello<sup>5</sup>

1-Eng. Agrônomo, Doutorando em Fitotecnia, Professor Assistente, UERGS, Vacaria, RS. luidieric.antunes@gmail.com

2-Estudante de Agronomia, UFRGS, Porto Alegre, RS. rocha.petry@ufrgs.br

3-Estudante de Agronomia, UFRGS, Porto Alegre, RS. paulo\_rizzotto@hotmail.com,

4-Eng. Agrônomo, EMATER, Fontoura Xavier, RS.gottardi@yahoo.com.br,

5-Eng. Agrônomo, Professor Adjunto, UFRGS, Porto Alegre, RS. rafdionello@hotmail.com

(Submetido à Revista Brasileira de Ciências Agrárias)

#### **Resumo**

Uma das formas de controlar insetos em grãos armazenados é com o uso da terra de diatomácea que elimina os insetos por desidratação, porém pouco se sabe de sua influência na umidade dos grãos. O objetivo deste trabalho foi verificar a influência da terra de diatomácea no teor de água de grãos de milho ao longo de 60 dias de armazenamento. Foram utilizadas dosagens de 0, 500, 1500 e 2500 g t<sup>-1</sup> de grãos de milho, os quais apresentavam umidade de 12, 14 e 17%. Para análise de umidade foram utilizadas 12 repetições para cada dosagem, sendo quatro com insetos infestando 1 hora após a aplicação do produto, quatro com insetos infestando 15 após a aplicação do produto e quatro sem insetos. Para análise de mortalidade foram cinco repetições com os mesmos períodos de infestação. Verificou-se a variação do teor de umidade aos 30 e 60 dias, após aplicação do produto, já mortalidade apenas aos 60 dias após cada infestação. Obteve-se diminuição do teor de água em todos os tratamentos independente do período de infestação e a presença ou não dos insetos, com diferença estatística em relação ao valor inicial. A mortalidade média variou de 82,0 a 100%, sem diferença estatística entre as dosagens. Conclui-se que a terra de diatomácea não influencia a variação de umidade e é eficaz mesmo quando aplicada em grãos com altos teores de umidade.

**Palavras-chaves:** Gorgulho do milho, pó-inerte, *Sitophilus zeamais*

Influence of moisture content of corn kernels in efficacy of diatomaceous earth

#### Abstract

One way to control insects in stored grain is with the use of diatomaceous earth that eliminates insects by dehydration, but little is known of its influence on grain moisture. The objective of this work was to verify the influence of diatomaceous earth in water content of corn kernels during 60 days of storage. Dosages of 0, 500, 1500 and 2500 g t<sup>-1</sup> grain of corn, which had humidity of 12, 14 and 17% were used. For moisture analysis were used 12 repetitions for each dose, four with insects infesting 1 hour after application of the product, with four insects infesting 15 after applying the product and four no bugs. For mortality analysis were five replicates with the same periods of infestation. It is the change in moisture content at 30 and 60 days after application of the product, since only mortality at 60 days after each infestation. Obtained decreased moisture content in all treatments regardless of the period of infestation and the presence or absence of insects, with statistical difference from the initial value. The average mortality ranged from 82.0 to 100%, with no statistical difference between assays. We conclude that diatomaceous earth does not influence the variation of moisture and is effective even when applied to grains with high moisture content.

**Key words:** maize weevil, powder-inert, *Sitophilus zeamais*

#### Introdução

No armazenamento de grãos existem problemas relacionados à presença de insetos que consomem estes grãos, onde se destaca em importância a praga primária interna *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae) (Elias et al., 2009),

Além de consumir os grãos, os insetos ainda interferem na umidade e temperatura do lote. De acordo com Silva et al. (2003), a umidade dos grãos aumenta conforme também aumenta a população de insetos presentes no armazenamento. Estes autores ainda relatam que, em seu modelo utilizado no trabalho, resultaria um aumento

de umidade de 3,6 pontos percentuais em 90 dias de armazenamento para uma população de 7333 insetos por kg de grãos.

De acordo com Pinto et al. (2002) este aumento do teor de água se deve ao metabolismo dos insetos, ou seja, devido a sua respiração (Flinn & Hagstrum, 1990; Hagstrum & Flinn, 1990).

Entre as formas de controle dos insetos em produtos armazenados, destaca-se a terra de diatomácea (TD), que é um pó inerte de fácil manuseio, não necessitando de equipamento específico quando aplicado em doses pequenas (Lorini et al., 2001). Estes autores citam que a TD elimina o inseto por dessecação, ou seja, ao se aderir ao corpo do inseto destrói a camada de cera da epicutícula e desidrata o inseto.

Pouco se sabe sobre a influência da TD no teor de água dos grãos, se esta retira a água dos grãos, já que é um produto que age com retirada de água do corpo dos insetos (Massaro Junior et al., 2007; Ceruti et al., 2008; Kljajic et al., 2009; Caneppele et al., 2010).

Baseando-se nisso, este trabalho objetivou verificar a influência de três dosagens da TD no grau de umidade de grãos de milho ao longo de 60 dias de armazenamento com e sem a presença de insetos.

## Material e Métodos

O experimento foi realizado no Departamento de Fitossanidade da Faculdade de Agronomia/UFRGS em sala climatizada com  $25 \pm 5$  °C de temperatura e  $60 \pm 5\%$  de umidade relativa.

Os insetos utilizados neste experimento foram oriundos de criação em sala climatizada e mantidos em recipientes plásticos com tampa, apresentando abertura vedada com tecido tipo voil para permitir as trocas gasosas.

Os grãos de milho, híbrido AS32, foram usados tanto para o experimento quanto para a criação massal de *S. zeamais* em laboratório. Estes foram produzidos na lavoura experimental localizada na Estação Experimental Agronômica/UFRGS (EEA/UFRGS), situada na cidade de Eldorado do Sul, RS (km 146 da BR 290), onde não é realizada aplicação de inseticidas. Os tratamentos aplicados foram três dosagens de terra de diatomáceas (TD), 500, 1500 e 2500 g t<sup>-1</sup> de grãos, combinados com três umidades dos grãos de milho, 12, 14 e 17% (base úmida), além de um tratamento testemunha sem aplicação de terra de diatomáceas. A aplicação dos tratamentos ocorreu em bandejas retangulares, com homogeneização durante três minutos, e, posterior armazenamento

em recipientes plásticos de 2,0 L de capacidade na sala climatizada. A homogeneização foi realizada com auxílio de luvas descartáveis. Para os tratamentos foi usada a formulação comercial Insecto® que possui 86,7% de dióxido de sílica.

Cada dosagem foi constituída de 2,0 kg de grãos, das quais foram retiradas 12 repetições para análise de umidade e mais cinco para análise de mortalidade. Em cada repetição, utilizaram-se recipientes plásticos de 300 mL para a deposição de 100 g dos grãos tratados ou não (testemunha) juntamente com a infestação de 20 adultos de *S. zeamais*, com idades variando de 20 a 50 dias, sem padronização sexual.

Para a verificação da influência da TD na variação do teor de umidade dos grãos de milho, as 12 repetições de cada dosagem foram divididas em dois grupos: oito repetições contendo os grãos, insetos e TD (exceto testemunha) chamado de GITD e outras quatro contendo grãos e TD (exceto testemunha) chamado de GTD.

As infestações ocorreram em dois tempos distintos: 1 hora e 15 dias após a aplicação do produto no grão de milho, usou-se estes dois tempos com o intuito de verificar a eficiência da TD ficando mais tempo em contato com os grãos úmidos antes da presença dos insetos. As análises, conforme BRASIL (2009), foram realizadas aos 30 e 60 dias após a aplicação da TD. Já a análise de mortalidade foi realizada aos 60 dias após cada período de infestação.

O delineamento foi inteiramente casualizado, sendo o fatorial para análise de teor de umidade de 3 x 4 x 12 (três teores de umidade, três dosagens de TD e um controle, 12 repetições) e o fatorial para análise de mortalidade de 3 x 4 x 2 x 5 (três teores de umidade, três dosagens de TD e um controle, dois períodos de infestação, cinco repetições). As médias obtidas foram analisadas com o programa estatístico BioEstat 5.0 (AYRES et al., 2007) e submetidas ao teste de variância de Tukey a 1% de probabilidade.

## Resultados e Discussão

Aos 30 dias após cada aplicação de TD (Tabela 13), para os grãos com teor de água inicial de 12%, as médias de umidade variaram de 8,77 (1500 g t<sup>-1</sup> com a presença dos insetos, infestação 1 hora) até 10,94% (testemunha e 500 g t<sup>-1</sup> ambos com a presença dos insetos e infestação aos 15 dias). Grãos com teor inicial de 14%, os valores finais variaram de 9,66 (500 g t<sup>-1</sup> sem a presença dos insetos, infestação 1 hora) até 11,07% (2500 g t<sup>-1</sup> sem a presença dos insetos, infestação 1 hora). Com umidade inicial

de 17%, as médias variaram de 9,75 (2500 g t<sup>-1</sup> com a presença dos insetos, infestação 1 hora) até 11,79% (testemunha com a presença dos insetos e infestação aos 15 dias).

Tabela 13. Teor de água (%) dos grãos de milho tratados com diferentes dosagens de terra de diatomácea (0, 500, 1500 e 2500 g t<sup>-1</sup>), teores de umidade (12,57, 14,01 e 17,50%) e infestados com adultos de *Sitophilus zeamais* (1 hora e 15 dias após a aplicação) (GITD) e não infestados (GTD), após 30 dias de contato\*.

Dose (g t <sup>-1</sup> ) /Infestação	Teor de água dos grãos (%)								
	Inicial	0**		500		1500		2500	
		GITD	GTD	GITD	GTD	GITD	GTD	GITD	GTD
1 hora	12,57a	9,91*Bb	9,60Abc	9,62Bbc	9,63Abc	8,77Bc	9,49Ab	9,91Ab	9,49Ab
15 dias	12,57a	10,94Ab	9,60Ad	10,94Ab	9,63Ad	10,61Abc	9,49Ad	10,45Ac	9,49Ad
1 hora	14,01a	10,23Bc	10,63Abc	9,75Bd	9,66Ad	10,50Abc	10,72Ab	9,69Bd	9,81Ad
15 dias	14,01a	11,07Ab	10,63Abc	10,93Abc	9,66Ad	10,61Ac	10,72Abc	10,69Abc	9,81Ad
1 hora	17,50a	10,49Bb	10,04Ac	9,95Bcd	10,20Abc	9,78Bd	9,85Ad	9,75Bd	9,86Ad
15 dias	17,50a	11,79Ab	10,04Ade	10,79Ac	10,20Ade	10,55Acd	9,85Ae	10,84Ac	9,86Ae

\*Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna, para as mesmas umidades, e minúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.

\*\* Sem a aplicação de terra de diatomácea.

CV: variou de 0,01 a 0,05%.

Analisando as médias obtidas para o lote 12% de umidade inicial com a infestação de 1 hora, todos os tratamentos apresentaram redução nos valores e diferiram estatisticamente do inicial e não entre si, com exceção de 1500 g t<sup>-1</sup>, com a presença de insetos, que foi a menor média e diferiu de todos os demais. Isso demonstra, neste caso, que a TD não influenciou a umidade após 30 dias de contato com o produto.

No lote 14% de umidade inicial, verificou-se que a dose 2500 g t<sup>-1</sup>, infestação com 1 hora e sem a presença de insetos, não diferiu estatisticamente apenas do lote inicial, isto pode estar relacionado aos grãos entrarem em equilíbrio higroscópico com umidade próxima a 10-11%, nas condições estudadas (Antunes et al., 2011). O mesmo foi observado com a infestação ocorrendo aos 15 dias após a aplicação de TD, onde a dose 2500 g t<sup>-1</sup> sem insetos, apresentou média inferior apenas à inicial e diferindo estatisticamente de todos.

Nos grãos com 17% de teor umidade inicial, obtiveram-se maiores médias de umidade, com a infestação aos 15 dias após a aplicação com insetos, isto pode estar relacionado aos insetos vivos conseguirem elevar a umidade devido ao seu metabolismo (Pinto et al., 2002).

Trabalhando com grãos de milho com teor de água inicial igual a 13%, Alencar et al. (2011), verificaram diminuição desse teor para 12,7% aos 45 e 90 dias após a infestação com adultos de *S. zeamais*. Esses autores destacam que essa variação se deve

às condições de temperatura e umidade do ambiente que influenciam no teor de água dos grãos, onde o equilíbrio higroscópico é dependente dessas condições.

Em relação à variação da umidade obtida aos 60 dias após aplicação de TD, verificou-se que todos os tratamentos apresentaram diminuição em relação ao valor inicial e com diferenças estatísticas (Tabela 14).

Tabela 14. Teor de água (%) dos grãos de milho tratados com diferentes dosagens de terra de diatomácea (0, 500, 1500 e 2500 g t<sup>-1</sup>), teores de umidade (12,57, 14,01 e 17,50%) e infestados com adultos de *Sitophilus zeamais* (1 hora e 15 dias após a aplicação) (GITD) e não infestados (GTD), após 60 dias de contato.

Dose (g t <sup>-1</sup> ) /Infestação	Teor de água dos grãos (%)								
	Inicial	0**		500		1500		2500	
		GITD	GTD	GITD	GTD	GITD	GTD	GITD	GTD
1 hora	12,57a	11,87*Ab	11,18Ac	11,03Ac	10,80Acd	11,23Ac	10,51Ad	11,09Ac	10,89Acd
15 dias	12,57a	11,09Bbc	11,18Ab	11,18Ab	10,80Abc	11,20Ab	10,51Ab	10,73Ac	10,89Abc
1 hora	14,01a	13,00Ab	11,41Acd	11,36Acd	10,97Ade	10,53Ae	11,60Abc	11,08Bd	11,28Abc
15 dias	14,01a	12,75Ab	11,41Ac	11,39Ac	10,97Ad	11,19Acd	11,60Bc	12,50Ab	11,28Ac
1 hora	17,50a	10,83Bc	10,04Ad	11,52Ab	10,20Ad	11,20Abc	9,85Ad	11,36Ab	9,86Ad
15 dias	17,50a	12,81Ab	10,04Ad	11,35Ac	10,20Ad	11,21Ac	9,85Ad	11,28Ac	9,86Ad

\* Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna, para as mesmas umidades, e minúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.

\*\* Sem a aplicação de terra de diatomácea.

CV: variou de 0,03 a 1,15%.

Essa diminuição na umidade, verificada corrobora com o relatado por Ceruti et al. (2008), que verificaram diminuição de 11% para 10,2 e 9,5% para os grãos armazenados com temperatura ambiente de 25 e 30 °C, respectivamente. Esses autores relatam que no tratamento controle ocorreu aumento de umidade, mostrando que a TD mantém baixo este valor.

Observa-se uma tendência de ocorrer o equilíbrio higroscópico para a maioria dos tratamentos em umidades variando entre 11 e 12%, independente da presença ou não dos insetos e da TD. Segundo Brooker et al. (1992) grãos de milho em condições de temperatura de 25 °C e UR de 60%, apresentam equilíbrio higroscópico com umidade de 12,3%, podendo variar em função da variedade. Estas foram as condições utilizadas durante o armazenamento dos grãos, neste trabalho.

Isto pode ser explicado pela capacidade de adsorção/umedecimento e dessorção/secagem dos grãos, visto que a capacidade de dessorção, ou seja, secagem é até sete vezes maior do que a capacidade de adsorção, desta forma, é mais fácil retirar água dos grãos do que reidratá-los (Brooker et al., 1992).



Esse fato pode ser visto em todos os tratamentos e estes resultados concordam com o encontrado por outros autores quando avaliando a umidade de diferentes grãos ao longo do armazenamento (Alencar et al., 2009; Elias et al., 2008, 2009; Schuh et al., 2011).

Analisando as médias de mortalidade aos 60 dias após cada período de infestação, percebe-se que as médias de mortalidade nos tratamentos com uso de TD variaram de 82 a 100% (Tabela 15).

Tabela 15. Número médio (%) de adultos de *Sitophilus zeamais* mortos aos 60 dias, em função do tempo de infestação, da umidade dos grãos de milho (12, 14 e 17%) e das dosagens de terra de diatomácea (0, 500, 1500 e 2500 g t<sup>-1</sup>). (25 ± 5 °C; 60 ± 5% UR) (n=20) \*.

Tratamento	Dose (g t <sup>-1</sup> )	0	500	1500	2500	CV (%)**
	<b>/Infestação</b>					
12%	1 hora	59,0 Ab (EP ± 3,63)	100,0 Aa (EP ± 0,00)	100,0 Aa (EP ± 0,00)	100,0 Aa (EP ± 0,00)	36,0
	15 dias	38,0 Bb (EP ± 1,72)	100,0 Aa (EP ± 0,00)	100,0 Aa (EP ± 0,00)	98,0 Aa (EP ± 0,40)	33,0
14%	1 hora	36,0 Bb (EP ± 1,85)	100,0 Aa (EP ± 0,00)	99,0 Aa (EP ± 0,02)	100,0 Aa (EP ± 0,00)	34,0
	15 dias	59,0 Ab (EP ± 3,49)	100,0 Aa (EP ± 0,00)	100,0 Aa (EP ± 0,00)	100,0 aA (EP ± 0,00)	28,0
17 %	1 hora	84,0 Aa (EP ± 1,85)	100,0 Aa (EP ± 0,00)	100,0 Aa (EP ± 0,00)	100,0 Aa (EP ± 0,00)	12,0
	15 dias	75,0 Ab (EP ± 2,09)	83,0 Aab (EP ± 2,13)	82,0 Aab (EP ± 2,06)	100,0 Aa (EP ± 0,00)	24,0

\* Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 1%.

\*\* CV (%): coeficiente de variação.

Todos os tratamentos controle diferiram estatisticamente dos tratamentos com dosagens de TD, exceto o controle 17% com infestação de 1 hora após a aplicação. Em relação ao período de infestação, apenas os tratamentos controle dos grãos com 12 e 14% diferiram estatisticamente.

Esses valores de mortalidade obtidos aos 60 dias de contato corroboram com o relatado por Antunes et al. (2011), os quais relatam que a umidade inicial dos grãos não interferem na eficiência da TD no controle do gorgulho do milho, sempre que ocorrer uma tendência do equilíbrio higroscópico dos grãos ocorreram em umidades inferiores a 13%.

## Conclusões

Nas condições estudadas, de maneira geral, a TD não influencia na variação de umidade dos grãos de milho.

Tanto o período de infestação como o teor de água inicial, não interferem no controle proporcionado pela TD aos adultos de *S. zeamais*.

## Referências

- ALENCAR, E. R. de; FARONI, L. R. D.; FILHO, A. F. L.; PETERNELLI, L. A.; COSTA, A. R. Qualidade dos grãos de soja armazenados em diferentes condições. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 13, n.5, p. 606-613, 2009.
- ALENCAR, E. R. de.; FARONI, L. R. D.; FERREIRA, L. G.; COSTA, A. R.; PIMENTEL, M. A. G. Qualidade de milho armazenado e infestado por *Sitophilus zeamais* e *Tribolium castaneum*. *Engenharia na Agricultura*, Viçosa, v.19, n.1, p.09-18, 2011.
- ANTUNES, L. E. G.; FERRARI FILHO, E.; GOTTARDI, R.; SANT'ANA, J.; DIONELLO, R. G. Avaliação do uso de terra de diatomácea contra a infestação de grãos de milho. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.6, n.4, p.662-669, 2011.
- AYRES, M.; AYRES, JR. M.; AYRES, D. L.; SANTOS, A. S. dos. *BioEstat 5.0 Aplicações estatísticas nas áreas da ciências biológicas e médicas*. Belém: Sociedade civil Mamirauá/CNPq, 2007. 324p.
- BROOKER, D. B.; BAKKER-ARKEMA, F. W.; HALL, C. W. *Drying and storage of grains and oilseeds*. New York: van Nostrand Reinhold, 1992. 450p.
- CANEPPELE, M. A. B.; ANDRADE, P. J.; SANTAELLA, A. G. Diferentes dosagens de pó inerte e temperaturas em milho armazenado para controle de gorgulho-do-milho. *Scientia Agraria*, v.11, n.10, p.343-347, 2010.
- CERUTI, F. C.; LAZZARI, S. M. N.; LAZZARI, F. A.; PINTO JUNIOR, A. R. Efficacy of diatomaceous earth and temperature to control the maize weevil in stored maize. *Scientia agraria*, v.9, n.1, p.73-78, 2008.
- ELIAS, M. C.; DIONELLO, R. G.; FORLIN, F. J.; OLIVEIRA, M.; GELAIN, J.; PETER, M. Z. Avaliação do uso de ácidos orgânicos na conservação de grãos de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) durante o armazenamento. *Revista Semina: Ciências Agrárias*, v.29, p.35-46, 2008.
- ELIAS, M. C.; LOPES, V.; GUTKOSKI, L. C.; OLIVEIRA, M.; MAZZUTTI, S.; DIAS, A. R. G. Umidade de colheita, métodos de secagem e tempo de armazenamento

na qualidade tecnológica de grãos de trigo (cv. 'Embrapa 16'). *Ciência Rural*, v.39, n.1, p.25-30, jan-fev, 2009.

FLINN, P. W.; HAGSTRUM, D. W. Simulations comparing the effectiveness of various stored-grain management practices used to control the lesser grain borer, *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae). *Environmental Entomology*, v.19, n.3, p.725-729, 1990.

HAGSTRUM, D. W.; FLINN, P. W. Simulations comparing insect species differences in response to wheat storage conditions and management practice. *Journal of Economic Entomology*, v.83, n.6, p.2469-2475, 1990.

IBGE. Banco de Dados Agregados. Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 22 out. 2012.

KLJAJIC, P.; ANDRIC, G.; ADAMOVIC, M.; BODROZA-SOLAROV, M.; MARKOVIC, M.; PERIC, I. Laboratory assessment of insecticidal effectiveness of natural zeolite and diatomaceous earth formulations against three stored-product beetle pests. *Journal of Stored Products Research*, p. 1-6, 2009.

LORINI, I.; FERREIRA FILHO, A.; BARBIERI, I.; DEMAMAN, N. A.; MARTINS, R. R.; DALBELLO, O. Terra de diatomáceas como alternativa no controle de pragas de milho armazenado em propriedade familiar. *Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável*, v.2, p.32-36, 2001.

MASSARO JR, A. L.; MOURÃO JR., 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: Ciências Agrárias e Ambientais*, v.5, p.27-32, 2007.

PINTO, U. M.; FARONI, L. R. D. A.; ALVES, W. M.; SILVA, A. A. L. Influência da densidade populacional de *Sitophilus zeamais* (Motsch.) sobre a qualidade do trigo destinado à panificação. *Acta Scientiarum*, v.24, n.5, p.1407-1412, 2002.

SILVA, A. A. L.; FARONI, L. R. D. A.; GUEDES, R. N. C.; MARTINS, J. H.; PIMENTEL, M. A. G. Modelagem das perdas causadas por *Sitophilus zeamais* e *Rhyzopertha dominica* em trigo armazenado. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.7, n.2, p.292-296, 2003.

SCHUH, G.; GOTTARDI, R.; FERRARI, E. F.; ANTUNES, L. E. G.; DIONELLO, R. G. Efeitos de dois métodos de secagem sobre a qualidade físico-química de grãos de milho safrinha-RS, armazenados por 6 meses. *Semina*, v. 32, n. 1, p. 235-244, 2011.

## 3.2 Artigos envolvendo grãos de trigo e terra de diatomácea

### 3.2.1 Uso de terra de diatomácea no controle de *Sitophilus zeamais* em grãos de trigo durante o armazenamento

#### Use of diatomaceous earth against *Sitophilus zeamais* on wheat grains during storage

Luidi Eric Guimarães Antunes<sup>1</sup>, Paulo André da Rocha Petry<sup>2</sup>, Paulo Ricardo de Jesus Rizzotto Junior<sup>3</sup>, Roberto Gottardi<sup>4</sup>, Rafael Gomes Dionello<sup>5</sup>

1-Eng. Agrônomo, Doutorando em Fitotecnia, Professor Assistente, UERGS, Vacaria, RS. luidieric.antunes@gmail.com

2-Estudante de Agronomia, UFRGS, Porto Alegre, RS. rocha.petry@ufrgs.br

3-Estudante de Agronomia, UFRGS, Porto Alegre, RS. paulo\_rizzotto@hotmail.com,

4-Eng. Agrônomo, EMATER, Fontoura Xavier, RS.gottardi@yahoo.com.br,

5-Eng. Agrônomo, Professor Adjunto, UFRGS, Porto Alegre, RS. rafdionello@hotmail.com

(Submetido à Revista Semina)

#### Resumo

Entre os métodos alternativos de controle de insetos em produtos armazenados, se destaca a terra de diatomácea por ser um pó-inerte não danoso ao ser humano e animais. Não se sabe a sua eficiência quando o seu contato com os grãos vai além de 30 dias. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi verificar a mortalidade de *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae) em grãos de trigo tratados com terra de diatomácea ao longo de 60 dias. Utilizaram-se grãos com teores de umidade de 12, 13 e 14%, tratamentos com 0, 500, 1500 e 2500 g t<sup>-1</sup> do produto, onde cada tratamento foi composto por cinco repetições com 100 g de grãos. Foram utilizados recipientes plásticos para deposição dos tratamentos e a infestação de 20 adultos de *S. zeamais* em cada repetição. As análises de mortalidade ocorreram aos 30 e 60 dias após a infestação, a qual ocorreu com 1 h e 15 dias após a aplicação do produto. Tanto aos 30 como aos 60 dias, não se obteve diferença estatística entre as dosagens utilizadas dentro de cada umidade e período de infestação. Ocorreram emergências em todos os tratamentos, sendo os maiores valores onde não houve aplicação do produto. Os resultados obtidos demonstram que a terra de diatomácea apresenta eficiência satisfatória no controle de *S. zeamais* infestantes em grãos de trigo, mesmo que o teor umidade inicial seja elevado.

**Palavras-chave:** Gorgulho do milho; Pó-inerte; Mortalidade.

### **Abstract**

Among the alternative methods of controlling insects in stored products, the use of the diatomaceous earth can be highlighted because it's a powder-inert product, not harmful to humans and animals. It's efficiency when in contact with the grains for beyond 30 days is not known, thus, the aim of this study was to determine the mortality of *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae) in wheat grain treated with diatomaceous earth over 60 days. We used grains with moisture contents of 12, 13 and 14% and treated with 0, 500, 1500 and 2500 g t<sup>-1</sup> of diatomaceous earth. Each treatment was composed by five replicates containing 100g of grains and was conducted in plastic containers for infestation with 20 *S. zeamais* adults. Analyses of mortality occurred at 30 and 60 days after infestation, which occurred at 1 h and 15 days after application of the product. In both 30 and 60 days analyses, there was no statistical difference between the dosages used within each moisture and infestation period. Emergencies occurred in all treatments, with higher values where there was no application of the product. The results showed that the diatomaceous earth has satisfactory efficiency in controlling *S. zeamais* in wheat grains, even if the initial moisture content is high.

**Key-words:** maize weevil; Powder-inert; Mortality.

### **Introdução**

É comum o uso de produtos químicos para a proteção dos grãos armazenados contra o ataque de pragas, onde destaca-se a espécie *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) (popularmente conhecida como gorgulho do milho), como inseticidas piretróides, organofosforados e fumigantes em geral, sendo todos de alta periculosidade e com período de carência específico. Porém, existem métodos de controle alternativos (temperatura, radiação, som) entre os quais está o uso de pós-inertes, como a terra de diatomácea que é obtida a partir de depósitos sedimentares de sílica em águas doces e salgadas (CHANBANG et al., 2007; LORINI, 2008),

De acordo com Lorini et al. (2001), entre as principais vantagens do uso de terra de diatomácea, quando utilizada na dosagem recomendada, é de não haver riscos a saúde de quem consome ou venha a ter contato com os grãos tratados com este produto. Esse por sua vez, fica livre de resíduos tóxicos e de contaminantes do meio ambiente. Por possuir ação inseticida altamente eficiente, a terra de diatomácea não compromete o controle de insetos ao longo do tempo. Este pó inerte é de fácil manuseio, não necessitando de equipamento específico quando aplicado em doses pequenas. Segundo o mesmo autor, a terra de diatomácea elimina o inseto por dessecação, ou seja, ao se aderir ao corpo do inseto ela começa a destruir a camada de cera da epicutícula e a desidratar o mesmo.

Mesmo não havendo descrição sobre o comprometimento do controle de insetos ao longo de tempo, não há relatos tanto de testes com duração superior a 30 dias (eliminar insetos emergidos) com uso de grãos de trigo, quanto sendo realizada após determinado período de contato da terra de diatomácea somente com os grãos, sendo estes com umidade superior a 14%, a qual poderia influenciar a eficiência do produto que age com retirada de água dos insetos (MASSARO JR et al., 2007; CERUTI et al., 2008; KLJAJIC et al., 2009; CANEPPELE et al., 2010; ANTUNES et al., 2012).

De acordo com o exposto este trabalho objetivou avaliar a mortalidade e emergência de adultos de *S. zeamais* ao longo de 60 dias de armazenamento, em grãos de trigo tratados com terra de diatomácea, em diferentes dosagens, umidade dos grãos e períodos de infestação.

### **Material e métodos**

O experimento foi realizado no Departamento de Fitossanidade da Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul em sala climatizada ( $25 \pm 5$  °C;  $60 \pm 5$  UR).

Aplicou-se a terra de diatomácea (TD) em 18 kg de grãos de trigo, obtidos da safra 2012, no total dos tratamentos, sendo 2 kg de grãos para cada tratamento. A aplicação ocorreu em bandejas retangulares, com homogeneização durante três minutos e o armazenamento em recipientes plásticos de 2 L. Realizou-se esse procedimento manualmente com uso de luvas cirúrgicas, sendo um par para cada dosagem de TD, com o objetivo de evitar a presença de grãos sem o produto.

Os grãos de trigo apresentavam, teores de umidades de 12, 13 e 14% em base úmida (b.u.), e nas quais foram aplicadas 500, 1500 e 2500 g de TD por tonelada de grãos. O controle constou de grãos livres de TD. O produto utilizado foi da empresa Bernardo Química, com nome comercial Insecto® com 86,7% de dióxido de sílica.

Cada tratamento foi composto por cinco repetições, onde se depositou 100 g de grãos de trigo em recipientes plásticos de 300 mL fechados com tecido tipo voile, juntamente com 20 adultos de *S. zeamais*, com idades variando de 20 a 50 dias, sem padronização sexual (Figura 5).



Figura 5. Recipiente de 300 mL contendo 100 gramas de grãos de trigo tratados com terra de diatomácea e infestados com 20 adultos de *Sitophilus zeamais*.

Estes insetos foram identificados, com tinta têmpera, para evitar problemas nas verificações devido às emergências de sua prole, ou mesmo da prole já existente nos grãos, já que estes não foram expurgados.

As infestações ocorreram em dois tempos distintos: 1 hora e 15 dias após a aplicação do produto nos grãos de trigo. Estes foram armazenados por um período de 60 dias, sendo as análises de mortalidade realizadas aos 30 e 60 dias após a infestação com os adultos.

Devido à tanatose apresentada pelos insetos, foi considerado morto o inseto que não se moveu durante três minutos de observação (ANTUNES et al., 2011).

Verificou-se também a emergência e a sobrevivência dos adultos em cada recipiente, através da sua contagem. Considerou-se como emergência qualquer adulto sem marcação.

Para cada tratamento, foram realizadas triplicatas para mensurar o teor de umidade dos grãos, conforme a Regras para Análises de Sementes (RAS) (BRASIL, 2009).

O delineamento foi inteiramente casualizado com esquema fatorial  $3 \times 4 \times 2 \times 5$ , ou seja, três teores de umidade, três dosagens de TD e um controle, dois períodos de infestação e cinco repetições. Os dados obtidos foram submetidas à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade com uso do programa estatístico BioEstat 5.0 (AYRES et al., 2007).

### **Resultados e discussão**

Ao término de 30 dias após cada infestação, as médias de mortalidade obtidas foram analisadas e não ocorreram diferenças significativas independente das dosagens de TD e teor de umidade inicial dos grãos. Os tratamentos controle apresentaram as menores taxas de mortalidade (Tabela 16).

Tabela 16. Número médio ( $\pm$  EP) de adultos de *Sitophilus zeamais* mortos avaliados aos 30 dias, em função do tempo de infestação, da umidade dos grãos de trigo (12, 13 e 14%) e das dosagens de terra de diatomácea (0, 500, 1500 e 2500 g.t<sup>-1</sup>). (25  $\pm$  5 °C; 60  $\pm$  5% UR) (n=20)\*.

Tratamento	Dose (g.t <sup>-1</sup> )	0	500	1500	2500	CV**
	/Infestação					(%)
12%	1 hora	2,0 Ab (EP $\pm$ 0,55)	18,6 Aa (EP $\pm$ 0,98)	19,0 Aa (EP $\pm$ 0,77)	18,4 Aa (EP $\pm$ 0,75)	51,0
	15 dias	2,6 Ab (EP $\pm$ 0,51)	19,8 Aa (EP $\pm$ 0,20)	19,8 Aa (EP $\pm$ 0,20)	20,0 Aa (EP $\pm$ 0,00)	46,4
13%	1 hora	2,0 Ab (EP $\pm$ 0,55)	20,0 Aa (EP $\pm$ 0,00)	19,2 Aa (EP $\pm$ 0,49)	20,0 Aa (EP $\pm$ 0,00)	50,5
	15 dias	2,6 Ab (EP $\pm$ 0,24)	20,0 Aa (EP $\pm$ 0,00)	20,0 Aa (EP $\pm$ 0,00)	20,0 Aa (EP $\pm$ 0,00)	47,1
14 %	1 hora	2,0 Ab (EP $\pm$ 0,55)	20,0 Aa (EP $\pm$ 0,00)	20,0 Aa (EP $\pm$ 0,00)	20,0 Aa (EP $\pm$ 0,00)	50,4
	15 dias	3,0 Ab (EP $\pm$ 0,84)	20,0 Aa (EP $\pm$ 0,00)	20,0 Aa (EP $\pm$ 0,00)	20,0 Aa (EP $\pm$ 0,00)	46,3

\* Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 1%.

\*\* CV (%): coeficiente de variação.

Os elevados valores de mortalidade obtidos nos grãos com grau de umidade inicial de 13 e 14% corroboram com o relatado por Pinto Junior et al. (2008), que obtiveram 100% de mortalidade de *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae) em grãos de trigo tratados com 750, 1000 e 1250 g t<sup>-1</sup> em 14 dias de contato após a aplicação do produto. Segundo os autores o teor de água variou de 13 a 13,5%.

Nos grãos contendo 12% de umidade inicial, a mortalidade, com 500 g t<sup>-1</sup> foi de 18,6 e 19,8, ou seja, 93 e 99%, enquanto Pinto Junior et al. (2008), obtiveram 67,5% de mortalidade de *S. oryzae* aos 14 dias de contato. Mostrando que o menor teor de umidade favoreceu a eficiência da TD, pois em ambos os experimentos a temperatura ficou em torno de 25 °C.

Athanassiou et al. (2007), num estudo avaliando a mortalidade de *S. oryzae* em grãos de trigo contendo 11,5  $\pm$  0,5% de umidade, tratados com terra de diatomácea da marca comercial Insecto, nas doses de 0,25; 0,5 e 0,75 g kg<sup>-1</sup>, observaram uma mortalidade de aproximadamente 45,6; 95,6 e 97,2%, respectivamente, o que está de acordo com o verificado no presente trabalho para a umidade de 12% e dose de 500 g ton<sup>-1</sup>. Os mesmos autores não observaram variações significativas em função da dose de aplicação, resultados semelhantes aos observados no presente estudo, para dose de aplicação.

Vayias e Stephou (2009) avaliando a mortalidade de *S. oryzae*, em seu trabalho com diferentes produtos agrícolas, dentre eles grãos de trigo, em dois períodos de avaliação (7 e 14 dias) e três doses de aplicação (50, 100 e 150 ppm ou 0,05; 0,1 e 0,15 g kg<sup>-1</sup>), observaram efeito significativo, tanto da dose quanto do tempo de exposição, apresentando um aumento



considerável na mortalidade quando do aumento da dose e do tempo de exposição, no presente trabalho não ocorreram diferenças entre a menor e a maior dose.

Analisando as médias de mortalidade aos 60 dias após cada período de infestação, percebe-se que todos os tratamentos onde ainda existiam insetos vivos, ocorreu aumento de mortalidade, independente do período de infestação. (Tabela 17).

Tabela 17. Número médio ( $\pm$  EP) de adultos de *Sitophilus zeamais* mortos avaliados aos 60 dias, em função do tempo de infestação, da umidade dos grãos de trigo (12, 13 e 14%) e das dosagens de terra de diatomácea (0, 500, 1500 e 2500 g.t<sup>-1</sup>). (25  $\pm$  5 °C; 60  $\pm$  5% UR) (n=20)\*.

Tratamento	Dose (g.t <sup>-1</sup> )	0	500	1500	2500	CV**
/Infestação						(%)
12%	1 hora	2,6 Ab (EP $\pm$ 0,51)	19,8 Aab (EP $\pm$ 0,20)	19,8 Aa (EP $\pm$ 0,20)	20,0 Aa (EP $\pm$ 0,00)	48,2
	15 dias	5,0 Bb (EP $\pm$ 1,64)	20,0 Aa (EP $\pm$ 0,00)	20,0 Aa (EP $\pm$ 0,00)	20,0 Aa (EP $\pm$ 0,00)	41,2
13%	1 hora	2,6 Bb (EP $\pm$ 0,24)	20,0 Aa (EP $\pm$ 0,00)	20,0 Aa (EP $\pm$ 0,00)	20,0 Aa (EP $\pm$ 0,00)	48,2
	15 dias	4,2 Ab (EP $\pm$ 1,56)	20,0 Aa (EP $\pm$ 0,00)	20,0 Aa (EP $\pm$ 0,00)	20,0 Aa (EP $\pm$ 0,00)	43,7
14%	1 hora	3,0 Ab (EP $\pm$ 1,85)	20,0 Aa (EP $\pm$ 0,00)	20,0 Aa (EP $\pm$ 0,00)	20,0 Aa (EP $\pm$ 0,00)	47,0
	15 dias	5,2 Ab (EP $\pm$ 0,73)	20,0 Aa (EP $\pm$ 0,00)	20,0 Aa (EP $\pm$ 0,00)	20,0 Aa (EP $\pm$ 0,00)	39,6

\* Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 1%.

\*\* CV (%): coeficiente de variação.

Os tratamentos que apresentaram aumento de mortalidade com o passar do tempo de contato dos insetos com os grãos tratados corroboram com o relatado por Kljajic et al. (2009), os quais observaram aumento da mortalidade em *S. oryzae* e *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Brustichidae), tratados com TD e expostos por 7 e 21 dias.

Estudando diferentes dosagens de TD em grãos de milho com diferentes teores de umidade, Antunes et al. (2012) verificaram aumento da mortalidade de *S. zeamais* conforme maior tempo de contato dos insetos com os grãos tratados. Desta forma, tanto o grão de milho como de trigo não influênciam a eficiência da TD quando estes permanecem em contato com a TD por um período de até 60 dias.

Esses valores de mortalidade obtidos aos 60 dias de contato corroboram com Antunes et al. (2011), que relataram que a umidade inicial dos grãos não interfere na eficiência da TD no controle do gorgulho do milho, sempre que ocorrer uma tendência do equilíbrio higroscópico dos grãos, ocorrer em umidades próximas a 13%.

Athanassiou et al. (2007) não observaram variações na mortalidade de *S. oryzae* em grãos de trigo em dosagens de 0,25; 0,5 e 0,75 g kg<sup>-1</sup>, o que também foi observado no presente estudo, nas doses de 0,5; 1,0 e 1,5 g kg<sup>-1</sup> em grãos de trigo aos sessenta dias de estocagem.

Stadler et al. (2012) em seu trabalho com uso de terra de diatomácea no controle de *S. oryzae*, em trigo na doses de 62,5; 125; 250; 500; 1000 ppm (0,0625; 0,125; 0,250; 0,5 e 1 g kg<sup>-1</sup>) e uma testemunha, sem aplicação de produto, nas umidades de 10,7; 12,6 e 14,7%, após 15 dias, observaram mortalidade maior nas umidades menores, para as mesma doses aplicadas, ou seja, na umidade de 10,7%, na dose de 125 ppm a mortalidade foi de 100%, enquanto que na umidade de 14,7%, somente na dose de 1000 ppm a mortalidade foi de 100%, neste resultado o presente trabalho difere do verificado pelos autores, onde ocorreu uma tendência da umidade dos grãos equilibrar abaixo de 13%.

No trabalho de Stadler et al. (2012) os grãos foram submetidos a diferentes umidades relativas durante todo o experimento, com uso de soluções saturadas de sais, o que fez com que a umidade do grão não variasse durante este período de armazenamento e a temperatura foi constante de 25 °C.

Somente aos 60 dias após cada período de infestação foi constatada a emergência de insetos (Tabela 18).

Tabela 18. Número médio ( $\pm$  EP) de adultos de *Sitophilus zeamais* emergidos aos 60 dias, em função do tempo de infestação, da umidade dos grãos de trigo (12, 13 e 14%) e das dosagens de terra de diatomácea (0, 500, 1500 e 2500 g.t<sup>-1</sup>). (25  $\pm$  5 °C; 60  $\pm$  5% UR) (n=20)\*.

Tratamento	Dose (g.t <sup>-1</sup> )	0	500	1500	2500	CV**
/Infestação						(%)
12%	1 hora	63,80 Aa (EP $\pm$ 13,91)	1,20 Ab (EP $\pm$ 0,73)	1,60 Ab (EP $\pm$ 1,12)	1,00 Ab (EP $\pm$ 1,00)	180,4
	15 dias	59,20 Aa (EP $\pm$ 13,07)	2,20 Ab (EP $\pm$ 1,74)	0,60 Ab (EP $\pm$ 0,40)	2,20 Ab (EP $\pm$ 0,73)	175,6
13%	1 hora	83,80 Aa (EP $\pm$ 3,48)	13,80 Bb (EP $\pm$ 3,68)	4,80 Ab (EP $\pm$ 1,43)	7,4 Ab (EP $\pm$ 3,96)	121,5
	15 dias	87,40 Aa (EP $\pm$ 2,87)	32,40 Ab (EP $\pm$ 6,76)	10,40 Ac (EP $\pm$ 2,01)	4,40 Ac (EP $\pm$ 1,03)	99,9
14%	1 hora	114,40 Aa (EP $\pm$ 14,15)	13,80 Bb (EP $\pm$ 2,84)	3,60 Ab (EP $\pm$ 0,40)	4,00 Ab (EP $\pm$ 1,30)	134,8
	15 dias	117,60 Aa (EP $\pm$ 4,85)	25,40 Ab (EP $\pm$ 11,35)	8,20 Ac (EP $\pm$ 2,15)	7,20 Ac (EP $\pm$ 1,46)	119,5

\* Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 1%.

\*\* CV (%): coeficiente de variação.

As maiores médias de insetos emergidos foram verificadas nos tratamentos controles independentes do teor de umidade e período de infestação. Segundo Antunes et al. (2011), este

fato está relacionado com ação inibidora que a TD exerce sobre a postura e assim maiores médias de emergência são verificadas em lotes sem tratamento.

Com o uso de TD, 500 g t<sup>-1</sup>, ocorreu diferença estatística entre os períodos de 1 h e 15 dias para as umidades de 13 e 14%. Em ambos os teores de umidade, foram os tratamentos infestados aos 15 dias após a aplicação de TD que apresentaram maiores taxas de emergências, isto pode estar relacionado ao fato que não houve tratamento prévio dos grãos e estes poderiam estar infestados internamente.

Com 12% de umidade inicial, 500 g t<sup>-1</sup>, tanto 1 h como 15 dias de infestação após aplicação, apresentaram médias inferiores a 10 insetos o que corrobora ao observado por Ceruti et al. (2008), que verificaram média inferior a 12 insetos emergidos com umidade relativa de 65 ± 5% e temperatura de 25 °C, em grãos de milho tratados com a mesma dosagem.

Também podemos observar na Tabela 17 que, apesar de não estarem sendo comparadas as diferentes umidades (12, 13 e 14%), ocorreu maior emergência, quanto mais alta a umidade dos grãos livres de tratamentos, isto pode ser explicado pela maior facilidade que esta espécie de insetos apresenta de atacar grãos mais úmidos, conforme observado por Antunes et al. (2012), onde grãos de milho livres de tratamentos e com umidade superior a 14% apresentaram maiores emergências.

Stadler et al. (2012) observaram, após 60 dias da aplicação, emergência maior nos grãos de trigo armazenados nas umidades maiores, o que está de acordo com o verificado no presente trabalho. Nas umidades de 12,6 e 14,7% o tratamento testemunha apresentou, as maiores emergências, semelhante ao observado no presente trabalho.

Vayias e Stephou (2009) observaram diferenças estatísticas para a emergência de insetos da espécie *S. oryzae* entre a testemunha e as doses de terra de diatomácea (50, 100 e 150 ppm) porém entre as doses não verificaram diferenças, o que está de acordo com o observado neste trabalho.

Quando analisadas as médias de sobrevivência dos insetos emergidos, novamente os tratamentos controles, independente do teor de umidade e período de infestação, apresentaram os maiores valores de sobrevivência (Tabela 19).

Tabela 19. Número médio ( $\pm$  EP) de adultos de *Sitophilus zeamais* totais aos 60 dias, em função do tempo de infestação, da umidade dos grãos de trigo (12, 13 e 14%) e das dosagens de terra de diatomácea (0, 500, 1500 e 2500 g.t<sup>-1</sup>). (25  $\pm$  5 °C; 60  $\pm$  5% UR) (n=20)\*.

Tratamento	Dose (g.t <sup>-1</sup> ) /Infestação	0	500	1500	2500	CV** (%)
12%	1 hora	81,20 Aa (EP $\pm$ 13,95)	0,20 Ab (EP $\pm$ 0,20)	0,20 Ab (EP $\pm$ 0,20)	0,00 Ab (EP $\pm$ 0,00)	185,2
	15 dias	83,80 Aa (EP $\pm$ 9,11)	0,20 Ab (EP $\pm$ 0,20)	0,00 Ab (EP $\pm$ 0,00)	0,00 Ab (EP $\pm$ 0,00)	104,2
13%	1 hora	99,20 Aa (EP $\pm$ 2,71)	1,00 Ab (EP $\pm$ 0,55)	0,20 Ab (EP $\pm$ 0,20)	0,00 Ab (EP $\pm$ 0,00)	85,8
	15 dias	104,00 Ba (EP $\pm$ 1,76)	8,60 Bb (EP $\pm$ 3,12)	0,00 Ab (EP $\pm$ 0,00)	0,00 Ab (EP $\pm$ 0,00)	93,7
14%	1 hora	133,40 Aa (EP $\pm$ 14,02)	2,20 Ab (EP $\pm$ 1,71)	0,00 Ab (EP $\pm$ 0,00)	0,00 Ab (EP $\pm$ 0,00)	98,1
	15 dias	136,40 Aa (EP $\pm$ 3,78)	3,00 Ab (EP $\pm$ 1,30)	0,00 Ab (EP $\pm$ 0,00)	0,20 Ab (EP $\pm$ 0,20)	76,5

\* Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 1%.

\*\* CV (%): coeficiente de variação.

Observa-se na Tabela 19 que novamente constatou-se diferença estatística entre ambos os períodos de infestação com 500 g t<sup>-1</sup> dos grãos com 13% de umidade. Com infestação aos 15 dias foi verificada a maior média de insetos emergidos e esses apresentaram maior média de sobreviventes, isto pode estar relacionado ao fato que a espécie estudada é praga primária interna, ou seja, as fases imaturas (ovo, larva e pupa) são vividas no interior do grão e quando emerge o novo adulto nem sempre este sai do interior do grão, pois a larva não consome toda a parte interna do mesmo (ELIAS et al., 2009; ANTUNES et al., 2012).

O experimento foi realizado em sala climatizada nas mesmas condições da criação (25  $\pm$  5 °C; 60  $\pm$  5% UR), onde o tempo do ciclo ovo-adulto varia de 35 a 40 dias, conforme verificado na criação realizada nas mesmas condições. Nos grãos voltados para a criação, percebeu-se que nem sempre os adultos emergidos saem do interior do grão, pois permanecem neste, se alimentando dos nutrientes que não foram consumidos pela fase larval.

Observa-se, como na Tabela 19, que apesar de não estarem sendo comparadas as diferentes umidades (12, 13 e 14%), ocorreu maior sobrevivência, quanto mais alta a umidade dos grãos, isto pode ser explicado pela maior facilidade que está espécie de insetos apresenta, de atacar grãos mais úmidos e de sobreviver nestes, o que também foi observado por Antunes et al. (2012), que verificaram maior sobrevivência de adultos de *S. zeamais* em grãos de milho cujo o teor de umidade era mais elevado do que os demais.

Stadler et al. (2012) também observaram menor mortalidade, ou seja, maior sobrevivência nos grãos mais úmidos de trigo (14,7%) em relação aos grãos mais secos (10,7%), principalmente nas menores doses de terra de diatomácea aplicada. Isto mostra que a condição de umidade dos grãos é um fator importante para o desenvolvimento dos insetos.

Em relação à variação da umidade obtida ao final do experimento, verificou-se que todos os tratamentos apresentaram diminuição em relação ao valor inicial e com diferenças estatísticas (Tabela 20).

Tabela 20. Teor de umidade (%) inicial e final de grãos de trigo submetidos à infestação de adultos de *Sitophilus zeamais* avaliada aos 60 dias, em função do tempo de infestação e das dosagens de terra de diatomácea (0, 500, 1500 e 2500 g.t<sup>-1</sup>). (25 ± 5 °C; 60 ± 5% UR) \*.

Dose (g.t <sup>-1</sup> ) /Infestação	Teor de umidade (%)					CV (%)
	Inicial	0	500	1500	2500	
1 hora	12,01 a	10,80 b	8,84 d	11,14 b	9,98 c	8,8
15 dias	12,01 a	10,21 b	9,79 c	9,30 d	9,00 d	4,0
1 hora	13,09 a	9,25 e	9,92 d	10,28 c	11,39 b	7,6
15 dias	13,09 a	10,74 b	9,88 c	9,67 c	9,72 c	4,5
1 hora	14,66 a	10,31c	11,47 b	9,87 d	11,26 b	6,8
15 dias	14,66 a	10,83 b	9,16 c	9,19 c	9,23 c	7,4

\* Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.

\*\* CV (%): coeficiente de variação.

Observa-se uma tendência de ocorrer o equilíbrio higroscópico para a maioria dos tratamentos com umidades variando entre 9,23 e 11,47%.

Isto pode ser explicado pela capacidade de adsorção/umedecimento e dessorção/secagem dos grãos, visto que a capacidade de dessorção, ou seja, secagem é até sete vezes maior, do que a capacidade de adsorção, ou seja, é mais fácil retirar água dos grãos do que reidratá-los. Esse fato pode ser visto em todos os tratamentos, pois ocorreu uma redução da umidade, tendendo ao equilíbrio higroscópico, em função das condições do ambiente em que estão armazenados, conforme já observado por Brooker et al. (1992). Resultados estes que concordam com o encontrado por outros autores quando avaliaram a umidade de diferentes grãos ao longo do armazenamento (ALENCAR et al., 2009; ELIAS et al., 2008, 2009; SCHUH et al., 2011). As trocas de calor e água entre os grãos armazenados e o ar ambiente são dinâmicas e contínuas até o limite de obtenção do equilíbrio higroscópico, em determinadas condições de temperatura e umidade relativa (ELIAS et al., 2009).

Conclui-se que a terra de diatomácea é eficiente no controle de adultos da espécie *S. zeamais* mesmo quando aplicada em grãos de trigo com elevados teores de umidade, desde que estes grãos entrem em equilíbrio higroscópico com umidade inferior a 13%.

As três dosagens da terra de diatomácea, independente do período de infestação, são satisfatórias para o controle de *S. zeamais*, podendo então ser utilizada a menor estudada. Terra de diatomácea não consegue evitar a emergência de novos adultos da mesma espécie. Grãos livres de tratamento tendem a apresentar maior número de insetos emergidos. Ocorreu uma tendência dos grãos de trigo entrarem em equilíbrio higroscópico, em função da temperatura e umidade relativa do local de armazenamento.

### **Agradecimentos**

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelas bolsas.

### **Referências bibliográficas**

- ALENCAR, E. R.; FARONI, L. R. D.; FILHO, A. F. L.; PETERNELLI, L. A.; COSTA, A. R. Qualidade dos grãos de soja armazenados em diferentes condições. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v. 13, n. 5, p. 606-613, 2009.
- ANTUNES, L. E. G.; FERRARI FILHO, E.; GOTTARDI, R.; SANT'ANA, J.; DIONELLO, R. G. Avaliação do uso de terra de diatomácea contra a infestação de grãos de milho. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.6, n.4, p.662-669, 2011.
- ANTUNES, L. E. G.; LEMCHEM, J. S.; PETRY, P. A. R.; GOTTARDI, R.; DIONELLO, R. G. Eficiência da terra de diatomácea no controle do gorgulho do milho ao longo do tempo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.11, n.3, p.217-224, 2012.
- ATHANASSIOU, C. G.; KAVALLIERATOS, N. G.; MELETSIS, C. M. Insecticidal effect of three diatomaceous earth formulations, applied alone or in combination, against three stored-product beetle species on wheat and maize. **Journal of Stored Products Research**, Amsterdam, p.330-334, 2007.
- AYRES, M.; AYRES, M. JR.; AYRES, D. L.; dos SANTOS, A. S. **BioEstat 5.0 Aplicações estatísticas nas áreas da ciências biológicas e médicas**. Belém: Sociedade civil Mamirauá/CNPq, 324p, 2007.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF: Mapa/ACS, 2009. 395p.
- BROOKER, D. B.; BAKKER-ARKEMA, F. W.; HALL, C. W. **Drying and storage of grains and oilseeds**. New York: van Nostrand Reinhold, 1992. 450p.
- CANEPPELE, M. A. B., ANDRADE, P. J., SANTAELLA, A. G. Diferentes dosagens de pó inerte e temperaturas em milho armazenado para controle de gorgulho-do-milho. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.11, p.343-347, 2010.

- CERUTI, F. C.; LAZZARI, S. M. N.; LAZZARI, F. A.; PINTO JUNIOR, A. R. Efficacy of diatomaceous earth and temperature to control the maize weevil in stored maize. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.9, n.1, p.73-78, 2008.
- CHANBANG, Y., ARTHUR, F.H., WILDE, G.E. AND THRONE, J. E. Diatomaceous earth plus methoprene for control of the lesser grain borer, *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae) in rough rice. **Journal of Stored Products Research**, Amsterdam, v.43, p.396-401, 2007.
- ELIAS, M. C.; DIONELLO, R. G.; FORLIN, F. J.; OLIVEIRA, M.; GELAIN, J.; PETER, M. Z. Avaliação do uso de ácidos orgânicos na conservação de grãos de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) durante o armazenamento. **Revista Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 29, p. 35-46, 2008.
- ELIAS, M. C.; LOPES, V.; GUTKOSKI, L. C.; OLIVEIRA, M.; MAZZUTTI, S.; DIAS, A. R. G. Umidade de colheita, métodos de secagem e tempo de armazenamento na qualidade tecnológica de grãos de trigo (cv. 'Embrapa 16'). **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 1, p. 25-30, jan-fev, 2009.
- KLJAJIC, P., ANDRIC, G., ADAMOVIC, M., BODROZA-SOLAROV, M., MARKOVIC, M., PERIC, I. Laboratory assessment of insecticidal effectiveness of natural zeolite and diatomaceous earth formulations against three stored-product beetle pests. **Journal of Stored Products Research**, Amsterdam, p. 1-6, 2009.
- LORINI, I. **Manejo Integrado de Pragas de Grãos de Cereais Armazenados**. EMBRAPA TRIGO, Passo Fundo, v.2, 2008. 72p.
- LORINI, I.; FERREIRA FILHO, A.; BARBIERI, I.; DEMAMAN, N. A.; MARTINS, R. R.; DALBELLO, O. Terra de diatomáceas como alternativa no controle de pragas de milho armazenado em propriedade familiar. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, Porto Alegre, v. 2, p. 32-36, 2001.
- MASSARO JUNIOR, A. L., MOURÃO JR., 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: Ciências Agrárias e Ambientais**, Curitiba, v.5, p.27-32, 2007.
- PINTO JUNIOR, A. R.; LAZZARI, F. A.; LAZZARI, S. M. N.; CERUTTI, F. 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, 2008.
- SCHUH, G.; GOTTARDI, R.; FERRARI, E. F.; ANTUNES, L. E. G.; DIONELLO, R. G. Efeitos de dois métodos de secagem sobre a qualidade físico-química de grãos de milho safrinha-RS, armazenados por 6 meses. **Semina**, Londrina, v. 32, n. 1, p. 235-244, 2011.
- STADLER, T.; BUTELER, M.; WEAVER, D. K.; SOFIE, S. Comparative toxicity of nanostructured alumina and a commercial inert dust for *Sitophilus oryzae* (L.) and *Rhyzopertha*

*dominica* (F.) at varying ambient humidity levels. **Journal of Stored Products Research**, Amsterdam, p.81-90, 2012.

VAYIAS, B. J.; STEPHOU, V. K. Factors affecting the insecticidal efficacy of an enhanced diatomaceous earth formulation against three stored-product insect species. **Journal of Stored Products Research**, Amsterdam, p.226-231, 2009.



### 3.2.2 Terra de diatomácea na qualidade de grãos de trigo armazenados

Luidi Eric Guimarães Antunes<sup>1</sup>, Paulo André da Rocha Petry<sup>2</sup>, Paulo Ricardo de Jesus Rizzotto Junior<sup>3</sup>, Roberto Gottardi<sup>4</sup>, Rafael Gomes Dionello<sup>5</sup>

1-Eng. Agrônomo, Doutorando em Fitotecnia, Professor Assistente, UERGS, Vacaria, RS. luidieric.antunes@gmail.com

2-Estudante de Agronomia, UFRGS, Porto Alegre, RS. rocha.petry@ufrgs.br

3-Estudante de Agronomia, UFRGS, Porto Alegre, RS. paulo\_rizzotto@hotmail.com,

4-Eng. Agrônomo, EMATER, Fontoura Xavier, RS.gottardi@yahoo.com.br,

5-Eng. Agrônomo, Professor Adjunto, UFRGS, Porto Alegre, RS. rafdionello@hotmail.com.

(Submetido à Revista Caatinga)

**RESUMO** - Entre as técnicas utilizadas para controle de insetos em grãos armazenados, destaca-se o uso de terra de diatomácea. Porém pouco se sabe sobre sua influência na qualidade de grãos de trigo. Objetivou-se analisar a influência de três dosagens de terra de diatomácea no teor de umidade, peso hectolítrico, análise tecnológica e perda de peso em grãos de trigo ao longo de 60 dias com diferentes períodos de infestação. Grãos de trigo colhidos com diferentes teores de umidade, 12, 13 e 14%, foram tratados com 0, 500, 1500 e 2500 g t<sup>-1</sup> de terra de diatomácea. Os tratamentos foram divididos em 22 unidades experimentais, sendo 12 para umidade e 10 para peso hectolítrico, análise tecnológica e perda de peso. Utilizaram-se 20 adultos de *Sitophilus zeamais*, sendo metade das repetições infestadas com 1 hora e a outra metade com 15 dias após a aplicação do produto. A variação da umidade foi avaliada aos 30 e 60 dias após a aplicação do produto, já o peso hectolítrico, análise tecnológica e perda de peso aos 60 dias. Independente do teor de umidade inicial, dosagem de terra de diatomácea e período de infestação, todos os tratamentos apresentaram redução, com diferenças estatísticas, tanto na análise de teor de umidade como peso hectolítrico. Maior perda de peso e diminuição de grãos inteiros foram verificados nos tratamentos controle. Conclui-se que a umidade dos grãos não influenciou a ação da terra de diatomácea no teor de água após 60 dias de armazenamento e o produto reduz o peso hectolítrico.

**Palavras-chave:** Pó-inerte. *Sitophilus zeamais*. Peso hectolítrico. Análise tecnológica, Perda de peso.

## **DIATOMACEOUS EARTH ON THE QUALITY OF WHEAT GRAIN STORED**

**ABSTRACT** - Among the techniques used to control insects in stored grain, there is the use of diatomaceous earth. But little is known about their influence on the quality of wheat grain. This study aimed to analyze the influence of three dosages of diatomaceous earth in moisture content, test weight, technological analysis and weight loss in wheat grains over 60 days with different periods of infestation. Wheat grains harvested with different moisture contents, 12, 13 and 14% were treated with 0, 500, 1500 and 2500 g t<sup>-1</sup> of diatomaceous earth. The treatments were divided into 22 experimental units, and 12 to 10 for moisture and test weight, technological analysis and weight loss. We used 20 adult *Sitophilus zeamais*, half of repetitions infested with 1 hour and the other half 15 days after application of the product. The variation of moisture was evaluated at 30 and 60 days after application of the product, since the test weight, technological analysis and weight loss at 60 days. Regardless of the initial moisture content, soil dosage diatom and infestation period, all treatments decreased, with differences in both the moisture content analysis as a test weight. Greater weight loss and reduction of whole grains were observed in the control treatments. It is concluded that the grain moisture did not influence the action of diatomaceous earth in water content after 60 days of storage and the product reduces the test weight.

**Key-words:** Powder-inert. *Sitophilus zeamais*. Test weight. Technological analysis. Weight loss.

## **INTRODUÇÃO**

A presença de insetos nos diferentes produtos agrícolas representa grande importância econômica devido aos diferentes tipos de danos provocados, resultando em deságios e em alguns casos, na recusa do produto durante a comercialização (PINTO JR., 2008).

Além de consumir os grãos, os insetos ainda interferem na umidade e temperatura do lote. De acordo com Silva et al. (2003), a umidade dos grãos aumenta conforme também aumenta a população de insetos presentes no armazenamento.

Para evitar estes problemas, segundo Chanbang et al. (2007) e Lorini (2008), é comum o uso de produtos químicos para a proteção dos grãos armazenados contra os insetos, onde destaca-se a espécie *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) (popularmente conhecida como gorgulho do milho). Normalmente são utilizados inseticidas piretróides, organofosforados e fumigantes em geral, sendo todos de alta periculosidade e com período de carência específico. Porém, existem os métodos de controle alternativos (temperatura, radiação, som) entre os quais está o uso de pós-inertes, como a terra de diatomácea que é obtida a partir de depósitos sedimentares de sílica em águas doces e salgadas, eliminando os insetos por dessecação.

O peso do hectolitro é um indicador que mostra o rendimento dos grãos em farinha ou sêmola. Esse rendimento será mais elevado quanto maior for o peso do hectolitro da amostra. Conforme a Instrução Normativa de classificação do trigo (BRASIL, 2010), existem valores mínimos estabelecidos, sendo que estes são utilizados para definir o tipo de trigo.

A análise tecnológica visa indicar a qualidade dos grãos de trigo em relação à presença de matérias estranhas e impurezas, danos por insetos, mofados e ardidos, chochos, triguilhos e quebrados. Quanto menor são os valores, melhor é a classificação de acordo com a Instrução Normativa de classificação do trigo (BRASIL, 2010).

Não existem na literatura relatos sobre a influência da terra de diatomácea no teor de umidade, peso hectolítrico e análise tecnológica de grãos de trigo ao longo de 60 dias com a presença de insetos.

De acordo com o exposto, o objetivo deste trabalho foi analisar a influência de três dosagens de terra de diatomácea no teor de umidade, peso hectolítrico, análise tecnológica e perda de peso de grãos de trigo, ao longo de 60 dias de armazenamento com diferentes períodos de infestação.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi realizado no Departamento de Fitossanidade da Faculdade de Agronomia, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, em sala climatizada ( $25 \pm 5$  °C;  $60 \pm 5\%$  UR).

Aplicou-se a terra de diatomácea (TD) em 19,8 kg de grãos de trigo, livres de outros tratamentos, obtidos na safra 2011, no total dos tratamentos, sendo 2,2 kg para cada tratamento. A aplicação ocorreu em bandejas retangulares, com homogeneização durante três minutos e o armazenamento em recipientes plásticos de 2 L. Realizou-se esse procedimento manualmente, com o objetivo de evitar a presença de grãos sem o produto.

Os grãos de trigo apresentavam, aproximadamente, teores de umidades de 12, 13 e 14% em base úmida (b.u.) nas quais foram aplicados 500, 1500 e 2500 g de TD por tonelada de grãos de trigo. O controle constou de grãos sem aplicação, ou seja, livres de TD. O produto utilizado foi da empresa Bernardo Química, com nome comercial Insecto® com 86,7% de dióxido de sílica.

Cada tratamento foi composto por 22 unidades experimentais, sendo colocados 100 g de grãos de trigo em recipientes plásticos de 300 mL, fechados com tecido tipo voile, juntamente com 20 adultos de *S. zeamais*, com idades variando de 20 a 50 dias, sem padronização sexual.

As infestações, em todos os tratamentos, ocorreram em dois tempos distintos: 1 hora e 15 dias após a aplicação do produto nos grãos. Tecido tipo voile foi utilizado para fechar os recipientes permitindo assim as trocas gasosas.

Para a verificação da influência da TD no teor de umidade dos grãos de trigo, cada tratamento apresentou dois grupos: um contendo os grãos, insetos e TD (exceto testemunha) chamado de GITD e outro contendo grãos e TD (exceto testemunha) chamado de GTD. Desta forma, foram utilizadas 12 unidades experimentais para cada tratamento em função de cada grupo (umidade de 12, 13 e 14% e dosagem de 0, 500, 1500 e 2500 g t<sup>-1</sup>) e período de infestação (1 hora e 15 dias), ou seja, quatro repetições com insetos infestando 1 hora após a aplicação do produto, quatro repetições com insetos infestando aos 15 dias após a aplicação de TD e outras quatro para o grupo sem insetos.

As análises de umidade seguiram o método recomendado por BRASIL (2009).

Para a análise tecnológica (AT), perda de peso e de peso hectolítrico (PH), realizado no sistema Schoper, cada tratamento foi composto, em cada período de infestação, por 10 unidades experimentais, cinco para infestação 1 hora e outras cinco para infestação 15 dias após a aplicação do produto, e seguiram a recomendação de BRASIL (2010), onde o valor mínimo de PH de trigo do tipo 1 é de 78, Tipo 2 o valor

entre 77 e 75, tipo 3 o valor entre 74 e 72 e fora do padrão para comercialização abaixo de 72. Já a AT possui diferentes valores conforme a característica analisada.

Os grãos foram armazenados por um período de 60 dias, sendo as análises de teor de umidade realizadas aos 30 e 60 dias após a aplicação da TD, já a AT, perda de peso e o PH foram avaliados aos 60 dias após cada período de infestação.

O delineamento foi em blocos casualizados seguindo o fatorial para análise do teor de umidade de 3 x 4 x 3 x 4 (três teores de umidade, três dosagens de TD e um controle, dois períodos de infestação e um sem infestação, quatro unidades experimentais) e para análise do peso hectolítrico de 3 x 4 x 2 x 5 (três teores de umidade, três dosagens de TD e um controle, dois períodos de infestação, cinco unidades experimentais). Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey ( $p < 0,01$ ) com uso do programa estatístico BioEstat 5.0 (AYRES et al., 2007).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após 30 dias da aplicação da TD nos grãos de trigo, o lote com teor de umidade inicial de 12% apresentou médias de umidade entre 10,6 e 11,2%. Os grãos com teor de umidade inicial de 13%, a umidade variou entre 10,9 e 11,3%. Já os grãos com o maior teor de umidade inicial, 14%, a umidade variou entre 10,9 e 11,6%. Com diferenças estatísticas dentro do período de infestação (Tabela 21).

**Tabela 21.** Teor de água (%) dos grãos de trigo tratados com diferentes dosagens de terra de diatomácea (0, 500, 1500 e 2500 g t<sup>-1</sup>), diferentes teores de umidade inicial e infestados com adultos de *Sitophilus zeamais* (1 hora e 15 dias após a aplicação) (GITD) e não infestados (GTD), após 30 dias de contato\*.

Infestação	Dosagens de TD (g t <sup>-1</sup> ) e teor de água dos grãos (%)								
	Inicial	0		500		1500		2500	
		GITD	GTD**	GITD	GTD	GITD	GTD	GITD	GTD
1 hora	12,1a	11,0Abc	11,0Abc	11,3Ab	10,9Ac	11,2Ab	11,0Abc	10,9Bc	10,9Ac
15 dias	12,1a	11,2Ab	11,0Ab	10,6Bc	10,9Ab	11,1Ab	11,0Ab	11,2Ab	10,9Ab
1 hora	13,1a	11,3Ab	11,0Ac	11,0Bc	11,1Ac	11,4Ab	10,9Ac	11,0Ac	10,9Ac
15 dias	13,1a	11,5Ab	11,0Ac	11,3Abc	11,1Ac	11,4Ab	10,9Ac	11,0Ac	10,9Ac
1 hora	14,6a	10,9Ac	10,9Acd	11,6Ab	11,1Ac	11,1Ac	10,8Ad	11,4Ab	10,7Ad
15 dias	14,6a	11,1Ac	10,9Ad	11,5Ab	11,1Ac	11,2Ac	10,8Ad	11,2Ac	10,7Ad

\*Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna, para as mesmas umidades, e minúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.

\*\* Sem a aplicação de terra de diatomácea.

Quando comparadas as médias entre os períodos de infestação dentro da mesma dosagem de TD, houve diferenças estatísticas na umidade dos grãos, entre os tratamentos 500 e 2500 g t<sup>-1</sup> com teor de umidade inicial 12% e no tratamento 500 g t<sup>-1</sup> cujo teor de umidade inicial era de 13%.

Aos 60 dias de contato dos grãos de trigo com a TD, as variações foram entre 8,8 e 11,1% para umidade inicial de 12%, entre 9,2 e 11,4% para umidade inicial de 13% e entre 9,2 e 11,5% para a umidade inicial de 14%. Com diferenças estatísticas dentro do período de infestação (Tabela 22).

**Tabela 22.** Teor de água (%) dos grãos de trigo tratados com diferentes dosagens de terra de diatomácea (0, 500, 1500 e 2500 g t<sup>-1</sup>), diferentes teores de umidade inicial e infestados com adultos de *Sitophilus zeamais* (1 hora e 15 dias após a aplicação) (GITD) e não infestados (GTD), após 60 dias de armazenamento\*.

Infestação	Dosagens de TD (g t <sup>-1</sup> ) e teor de água dos grãos (%)								
	Inicial	0		500		1500		2500	
		GITD	GTD**	GITD	GTD	GITD	GTD	GITD	GTD
1 hora	12,1a	10,8Ab	9,6Ac	8,8Bd	9,8Ac	11,1Ab	9,4Ac	10,0Ac	10,7Ab
15 dias	12,1a	10,2Bbc	9,6Acd	9,8Acd	9,8Acd	9,3Bd	9,4Ad	9,3Bd	10,7Ab
1 hora	13,1a	9,2Bd	9,4Ad	9,1Bd	11,2Ab	10,3Ac	10,8Abc	11,4Ab	10,6Ac
15 dias	13,1a	10,7Ab	9,4Ad	9,9Ad	11,2Ab	9,7Ad	10,8Abc	9,7Bd	10,6Ac
1 hora	14,6a	10,3Ac	10,0Ac	11,5Ab	9,8Ac	9,9Ac	9,8Ac	11,2Ab	9,7Ac
15 dias	14,6a	10,8Ab	10,0Ac	9,1Bf	9,8Acd	9,2Be	9,8Acd	9,2Be	9,7Acde

\*Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna, para as mesmas umidades, e minúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.

\*\* Sem a aplicação de terra de diatomácea.

Ao serem comparadas as médias de umidade obtidas nos diferentes períodos de infestação, ocorreram diferenças estatísticas em todos os tratamentos do lote com teor de umidade inicial de 12%. Com os grãos cujo teor de umidade inicial fora de 13% somente a dosagem 1500 g t<sup>-1</sup> não apresentou diferença estatística. Já os grãos que apresentavam inicialmente 14% de umidade, somente o tratamento controle, não apresentou diferença estatística.

Em todos os tratamentos ocorreu diminuição do teor de umidade em relação ao seu valor inicial, diferindo estatisticamente. Assim, verifica-se que tanto a TD quanto a presença dos insetos, não influenciaram em aumento no teor de água dos grãos.

Esta diminuição está relacionada à umidade relativa do ar que foi de  $60 \pm 5\%$ , durante a realização do trabalho, pois de acordo com Ferrari Filho et al. (2012), grãos de trigo quando submetidos a umidade relativa do ar superior a 88% tendem a aumentar o seu teor de umidade, ou seja, quando mais seco for o ar, menor é a umidade de equilíbrio destes grãos. Segundo os mesmos autores, quando os grãos de trigo estão armazenados em um local com controle de temperatura e umidade relativa (UR%), e UR baixa ( $<70\%$ ), as trocas de calor e água são menos intensas e o equilíbrio higroscópico ocorrem em umidades menores.

Esta tendência dos grãos entrarem em equilíbrio higroscópico, dependendo da temperatura e umidade relativa do ambiente, já foi verificada por outros pesquisadores (ALENCAR et al., 2009; ELIAS et al., 2009; SCHUH et al., 2011; TIECKER et al., 2014).

A diminuição das médias verificadas nos tratamentos controle, sem a presença de insetos não corroboram com o relatado por Elias et al. (2009), os quais constataram aumento do teor de água dos grãos de trigo, sem a presença de insetos e tratamentos. Provavelmente as condições controladas de temperatura e umidade ( $25 \pm 5\text{ }^\circ\text{C}$ ;  $60 \pm 5\%$  UR, respectivamente), aliadas ao uso de TD, influenciaram nessa diminuição.

Aos 30 dias após a aplicação de TD, a menor variação do teor de umidade verificada nas dosagens  $1500\text{ g t}^{-1}$  com infestação 1 hora e nas dosagens controle e  $2500\text{ g t}^{-1}$  com infestação 15 dias. Já aos 60 dias, a menor variação da umidade em relação ao inicial, 7,5%, ocorreu na dosagem  $1500\text{ g t}^{-1}$  com a presença de insetos e 12% inicial.

Esses resultados corroboram com Simioni et al. (2010), que constataram uma diminuição de 7 e 8% aos 21 e 42 dias, respectivamente, após o armazenamento de grãos de trigo com e sem tratamento com TD. Quando esses autores verificaram a umidade aos 63 dias de armazenamento, as diminuições de umidade foram de 9 e 11%, respectivamente, para grãos tratados e não tratados com TD cujo teor de umidade inicial era 15,6%. Segundo os autores essas taxas de diminuição de umidade não interferem na qualidade final do produto.

Quando analisadas as médias de PH nos três teores de umidade estudados, verifica-se que no lote 12% apenas a dosagem  $500\text{ g t}^{-1}$ , em ambas as infestações, foi classificado como tipo 3 e os demais ficaram abaixo do nível padrão para comercialização (Tabela 23).

**Tabela 23.** Peso hectolítrico ( $\text{kg hL}^{-1}$ ) dos grãos de trigo tratados com diferentes dosagens de terra de diatomácea (0, 500, 1500 e  $2500 \text{ g t}^{-1}$ ), diferentes teores de umidade inicial e infestados com adultos de *Sitophilus zeamais* (1 hora e 15 dias após a aplicação) após 60 dias de contato\*.

Umidade	Infestação	Dosagens de TD ( $\text{g t}^{-1}$ ) e peso hectolítrico ( $\text{kg hL}^{-1}$ )				
		Inicial	0	500	1500	2500
12%	1 hora	74,74a	70,32Ab	70,13Ab	69,88Ab	68,58Ab
	15 dias	74,74a	67,94Bb	69,84Ab	67,28Bc	66,90Ac
13%	1 hora	76,04a	67,10Ac	71,01Ab	70,60Ab	71,75Ab
	15 dias	76,04a	64,77Bc	69,56Ab	69,25Ab	69,74Ab
14%	1 hora	77,22a	67,56Ac	71,08Ab	67,80Ac	70,19Ab
	15 dias	77,22a	64,60Bc	67,26Bb	65,91Abc	66,94Bb

\*Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna, para as mesmas umidades, e minúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade. Dados convertidos para mesma base de 13% de teor de umidade em base úmida (b.u.).

Nos grãos com 13% de umidade todos os tratamentos com TD e infestação 1 hora, ficaram classificados como tipo 3 e os demais ficaram abaixo do nível padrão para comercialização (Tabela 23).

Já os grãos com umidade inicial de 14% somente o tratamento  $500 \text{ g t}^{-1}$ , infestação 1 hora, ficou classificado como tipo 3, os demais não atingiram o mínimo exigido pela normativa (Tabela 23). No início do experimento, os três teores de umidade apresentam grãos com PH tipo 2.

Também podemos observar que ocorreu redução no PH, para todos os tratamentos, ao longo do armazenamento, independente da aplicação ou não de TD.

Existem dois fatores que podem ter levado a esta redução de PH nos grãos de trigo. A própria TD diminui o PH em grãos de trigo, o que roborava com FREO et al. (2014) e nos grãos de trigo que não foram tratados, o ataque de insetos também reduz o PH, o que corrobora com Ferrari Filho et al. (2012). Esta redução no PH nos sem dosagens de TD ocorreu em função do ataque de insetos, e isto pode ser confirmado se observar nas tabelas 23, 24 e 25, para os grãos sem TD, que o defeito dano por insetos (DI), foi maior que nos grãos com TD, variando de 3,4 a 7,96%.

Segundo Freo et al. (2014), ocorre redução do PH de grãos de trigo tratados com TD, porque esta diminui a fluidez e a densidade dos grãos. Isto acontece porque os grãos de trigo são lisos e a TD se adere mais facilmente.



De acordo com Ferrari Filho et al. (2012), num trabalho envolvendo armazenamento de grãos de trigo em sacaria, silo metálico, hermético e silo rotomoldado, ocorre diminuição de PH ao longo do armazenamento, porém em diferentes proporções. Segundo os autores, a armazenagem em sacaria e silo metálico facilita o ataque por parte de insetos o que diminui o PH. Pois os insetos se alimentam da parte interna dos grãos, reduzindo massa, e mantendo o mesmo volume, o que leva a uma redução do PH.

Os baixos teores de umidade no momento da colheita e a redução do PH corroboram com Elias et al. (2009), que, ao trabalharem com grãos de trigo colhidos com 14, 16 e 18% de teor de umidade e sem uso de TD, verificaram diminuição do PH ao longo do armazenamento, sendo os menores valores para os grãos colhidos com menor teor de umidade, conforme observado neste trabalho.

Ao comparar os períodos de infestação, dentro de cada tratamento, percebe-se que os melhores resultados, nos três teores iniciais de água estudados, ocorreram com infestação logo após a aplicação da TD. Os insetos ao se locomoverem pela massa de grãos, passam a ter TD aderida ao seu corpo e assim, diminuem o contato do produto com os grãos e conseqüentemente a influência na fluidez e na densidade dos grãos.

Demorando a ocorrer o contato da TD com os insetos, o produto pode facilitar a diminuição do PH, pois foi constatada uma diminuição máxima de 10% no PH, dosagem  $1500 \text{ g t}^{-1}$  com 14% inicial, enquanto os autores Ferrari Filho et al. (2012) verificaram 5% de diminuição em grãos de trigo não tratados e sem contato com insetos.

Como os grãos não receberam tratamentos prévios e a colheita foi tardia, é possível que insetos estivessem no interior dos grãos se alimentando. Pois, segundo Fleurat-Lessard (2002), a redução do PH, quando a colheita é tardia, pode estar relacionada aos processos metabólicos dos grãos, assim como dos organismos a eles associados, que ocasionam o consumo das reservas nutritivas durante o armazenamento, neste caso insetos e fungos.

Independente do período de infestação, teor de umidade inicial e dosagem de TD utilizada, os menores valores de grãos inteiros foram encontrados nos tratamentos controle e diferiram estatisticamente dos demais (Tabela 24, 25, 26). Logo o consumo por parte dos insetos foi maior nestes, conseqüentemente menor valor de PH, e a TD apesar de proteger os grãos de trigo dos insetos, ocasiona diminuição de PH, pois

mesmo os tratamentos apresentando maior número de grãos inteiros houve diminuição do seu PH.

**Tabela 24.** Valores médios (%) de defeitos em grãos de trigo, 12% de conteúdo de água, “in natura” e com e sem terra de diatomácea (0, 500, 1500 e 2500 g t<sup>-1</sup>), infestados com insetos adultos de *Sitophilus zeamais* 1 hora e 15 dias após a aplicação, armazenados por 60 dias (25 ± 5 °C; 60 ± 5% UR) \*.

Dose (g.t <sup>1</sup> ) Danos (%)	Inicial	1 hora após a aplicação				15 dias após a aplicação			
		0	500	1500	2500	0	500	1500	2500
M.E.I.	0,12b	0,48ab	0,69a	0,61a	0,60a	0,55a	0,28ab	0,58a	0,40ab
D.I.	0,00b	3,40a	0,01b	0,06b	0,03b	3,56a	0,14b	0,01b	0,04b
M.A.	0,20a	0,29a	0,18a	0,18a	0,31a	0,41a	0,24a	0,28a	0,13a
C.T.Q.	0,66a	0,01b	0,34ab	0,46a	0,29ab	0,28ab	0,52a	0,68a	0,62a
Inteiro	99,02a	95,82b	98,78a	98,69a	98,77a	95,20b	98,82a	98,45a	98,81a

M.E.I. = matérias estranhas e impurezas. D.I. = danificados por insetos. M.A. = mofados e ardidos. C.T.Q. = chochos, triguilhos e quebrados.

\*Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.

**Tabela 25.** Valores médios (%) de defeitos em grãos de trigo, 13% de conteúdo de água, “in natura” e com e sem terra de diatomácea (0, 500, 1500 e 2500 g t<sup>-1</sup>), infestados com insetos adultos de *Sitophilus zeamais* 1 hora e 15 dias após a aplicação, armazenados por 60 dias (25 ± 5 °C; 60 ± 5% UR) \*.

Dose (g.t <sup>1</sup> ) Danos (%)	Inicial	1 hora após a aplicação				15 dias após a aplicação			
		0	500	1500	2500	0	500	1500	2500
M.E.I.	0,40a	0,14b	0,04b	0,02b	0,08b	0,13b	0,08b	0,13b	0,07b
D.I.	0,00c	5,66a	0,86b	1,31b	1,34b	7,96a	1,46b	1,34b	1,21b
M.A.	0,13a	0,29a	0,10a	0,12a	0,12a	0,07a	0,11a	0,09a	0,12a
C.T.Q.	0,53a	0,14b	0,24b	0,18b	0,13b	0,04b	0,21b	0,25b	0,18b
Inteiro	98,94a	93,77b	98,76a	98,37a	98,33a	91,80b	98,14a	98,19a	98,42a

M.E.I. = matérias estranhas e impurezas. D.I. = danificados por insetos. M.A. = mofados e ardidos. C.T.Q. = chochos, triguilhos e quebrados.

\*Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.

**Tabela 26.** Valores médios (%) de defeitos em grãos de trigo, 14% de conteúdo de água, “in natura” com e sem terra de diatomácea (0, 500, 1500 e 2500 g t<sup>-1</sup>), infestados com insetos adultos de *Sitophilus zeamais* 1 hora e 15 dias após a aplicação, armazenados por 60 dias (25 ± 5 °C; 60 ± 5% UR)\*.

Dose (g.t <sup>-1</sup> ) Danos (%)	Inicial	1 hora após a aplicação				15 dias após a aplicação			
		0	500	1500	2500	0	500	1500	2500
M.E.I.	0,06b	0,08b	0,09b	0,07b	0,05b	0,45a	0,43a	0,38a	0,56a
D.I.	0,00e	6,72a	1,30c	0,92cd	0,77d	6,65a	1,77b	0,94cd	0,68d
M.A.	0,85a	0,12b	0,28b	0,18b	0,20b	0,15b	0,12b	0,11b	0,12b
C.T.Q.	0,07a	0,08a	0,28a	0,23a	0,26a	0,10a	0,27a	0,28a	0,32a
Inteiro	99,02a	93,00b	98,05a	98,60a	98,72a	92,65b	97,41a	98,29a	98,32a

M.E.I. = matérias estranhas e impurezas. D.I. = danificados por insetos. M.A. = mofados e ardidos. C.T.Q. = chochos, triguilhos e quebrados.

\*Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.

Ao classificar os grãos, para consumo humano, independente do teor de umidade inicial percebeu-se que todos os tratamentos devem ser rebeneficiados para poderem ser comercializados como tipo 1, pois em todas as categorias, estabelecidas pela Normativa, os grãos necessitam estar na mesma tipificação.

Conforme a Normativa Brasileira, os valores de classificação, tipo 1, 2, 3 e fora do padrão, são respectivamente: M.E.I. de 0,30; 0,50; 0,70 e acima de 1,00; D.I. de 0,30; 0,70; 1,00 e acima de 2,00; M.A. de 0,10; 0,20; 0,50 e acima de 1,00; C.T.Q. de 0,75; 1,50; 2,50 e acima de 5,00.

Nos grãos com teor de umidade inicial 12% obtiveram-se: para M.E.I. como tipo 1 o inicial e 500 g t<sup>-1</sup> 15 dias, como tipo 2, sem TD 1 hora e 2500 g t<sup>-1</sup> 15 dias, demais tipo 3; para D.I. como fora do padrão os controles, demais tipo 1; para M.A. como tipo 2 inicial, 500 e 2500 g t<sup>-1</sup> 1 hora e 2500 g t<sup>-1</sup> 15 dias, demais tipo 3; para C.T.Q. todos tipo 1 (Tabela 27).

**Tabela 27.** Tipos de grãos de trigo com 12% de teor de umidade, “in natura” e com e sem terra de diatomácea (0, 500, 1500 e 2500 g t<sup>-1</sup>), infestados com insetos adultos de *Sitophilus zeamais* 1 hora e 15 dias após a aplicação, armazenados por 60 dias (25 ± 5 °C; 60 ± 5% UR).

Dose (g.t <sup>1</sup> ) <sup>1</sup> )Danos (%)	Tipos de grãos para comercialização								
	Inicial	1 hora após a aplicação				15 dias após a aplicação			
		0	500	1500	2500	0	500	1500	2500
M.E.I.	1	2	3	3	3	3	1	3	2
D.I.	1	F.P.*	1	1	1	F.P.	1	1	1
M.A.	2	3	2	3	2	3	3	3	2
C.T.Q.	1	1	1	1	1	1	1	1	1

\* F.P.: Fora do padrão de comercialização.

Os grãos com 13% de teor de umidade inicial foram classificados: para M.E.I. como tipo 1 todos, menos inicial tipo 2; para D.I. como fora do padrão os controles, demais tipo 3, exceto 500 g t<sup>-1</sup> 1 hora, que ficou como tipo 2; para M.A. como tipo 1 todos, exceto controle 1 hora que ficou como tipo 3; para C.T.Q. todos como tipo 1 (Tabela 28).

**Tabela 28.** Tipos de grãos de trigo com 13% de teor de umidade, “in natura” e com e sem terra de diatomácea (0, 500, 1500 e 2500 g t<sup>-1</sup>), infestados com insetos adultos de *Sitophilus zeamais* 1 hora e 15 dias após a aplicação, armazenados por 60 dias (25 ± 5 °C; 60 ± 5% UR).

Dose (g.t <sup>1</sup> ) <sup>1</sup> )Danos (%)	Tipos de grãos para comercialização								
	Inicial	1 hora após a aplicação				15 dias após a aplicação			
		0	500	1500	2500	0	500	1500	2500
M.E.I.	2	1	1	1	1	1	1	1	1
D.I.	3	F.P.	2	3	3	F.P.	3	3	3
M.A.	1	3	1	1	1	1	1	1	1
C.T.Q.	1	1	1	1	1	1	1	1	1

\* F.P.: Fora do padrão de comercialização.

Já os tratamentos com teor de umidade inicial 14% foram classificados: para M.E.I. como tipo 1 inicial e todos 1h, como tipo 2, 0, 500 e 1500 g t<sup>-1</sup> 15 dias e como tipo 3, 2500 g t<sup>-1</sup> 15 dias; para D.I. como fora do padrão os controles, tipo 1, inicial, tipo 2, 1500 e 2500 g t<sup>-1</sup> 1 hora e 15 dias, tipo 3, 500 g t<sup>-1</sup> 1 hora e 15 dias; para M.A. tipo 1, 0 e 1500 1h e todos do 15 dias, tipo 2, 500 e 2500 1h, tipo 3, inicial; para C.T.Q. todos tipo 1 (Tabela 29).

**Tabela 29.** Tipos de grãos de trigo com 14% de teor de umidade, “in natura” e com e sem terra de diatomácea (0, 500, 1500 e 2500 g t<sup>-1</sup>), infestados com insetos adultos de *Sitophilus zeamais* 1 hora e 15 dias após a aplicação, armazenados por 60 dias (25 ± 5 °C; 60 ± 5% UR).

Dose (g.t <sup>-1</sup> ) <sup>1</sup> )Danos (%)	Tipos de grãos para comercialização								
	Inicial	1 hora após a aplicação				15 dias após a aplicação			
		0	500	1500	2500	0	500	1500	2500
M.E.I.	1	1	1	1	1	2	2	2	3
D.I.	1	F.P.	3	2	2	F.P.	3	2	2
M.A.	3	1	2	1	2	1	1	1	1
C.T.Q.	1	1	1	1	1	1	1	1	1

\* F.P.: Fora do padrão de comercialização.

Percebe-se que em todas as dosagens de TD ocorreu baixa redução da quantidade de grãos inteiros. Essa baixa redução está relacionada, além do uso de TD no controle de insetos, aos baixos valores de grãos mofados e ardidos, pois segundo ANTUNES et al. (2014) o aumento de grãos mofados e ardidos contribui para a diminuição de grãos inteiros independente do teor de umidade inicial.

A alimentação por parte dos insetos, além de diminuir o número de grãos inteiros e tipificação do produto, aumenta as perdas de peso conforme verificadas nos tratamentos controles em ambos os períodos de infestação e nos três teores iniciais de umidade (Tabela 30, 31).

**Tabela 30.** Perda de peso (g) de grãos de trigo infestados com adultos de *Sitophilus zeamais* avaliada após 60 dias, em função de infestação realizada 1 hora após a aplicação das dosagens de terra de diatomácea (0, 500, 1500 e 2500 g t<sup>-1</sup>). (25 ± 5 °C; 60 ± 5% UR)\*.

Dose (g.t <sup>-1</sup> )	12%		13%		14%	
	Inicial (g)	Final (g)	Inicial (g)	Final (g)	Inicial (g)	Final (g)
0	100,01A	95,25Bb	100,02A	91,65Cc	100,01A	88,92Db
500	100,01A	99,02Ba	100,02A	97,76ABa	100,01A	96,72Ba
1500	100,01A	99,02ABa	100,01A	97,88ABa	100,01A	97,14Ba
2500	100,00A	98,80Aa	100,00A	97,50Aa	100,01A	97,40Aa
CV** (%)	0,0210	0,0214	0,0210	0,0219	0,0210	0,0221

\*Médias seguidas de mesma letra na maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.

\*\* CV (%): coeficiente de variação

**Tabela 31.** Perda de peso (g) de grãos de trigo infestados com adultos de *Sitophilus zeamais* avaliada após 60 dias, em função de infestação realizada 15 dias após a aplicação das dosagens de terra de diatomácea (0, 500, 1500 e 2500 g t<sup>-1</sup>). (25 ± 5 °C; 60 ± 5% UR)\*.

Dose (g.t <sup>-1</sup> )	12%		13%		14%	
	Inicial (g)	Final (g)	Inicial (g)	Final (g)	Inicial (g)	Final (g)
0	100,01A	92,89Ba	100,01A	89,67Cc	100,02A	90,48BCb
500	100,01A	98,64Aa	100,01A	97,75Aa	100,02A	97,00Aa
1500	100,01A	98,99Aa	100,01A	98,27Aa	100,02A	97,47Aa
2500	100,00A	99,18Aa	100,02A	98,26Aa	100,01A	97,49Aa
CV** (%)	0,0210	0,0216	0,0210	0,0219	0,0210	0,0220

\*Médias seguidas de mesma letra na maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.

\*\* CV (%): coeficiente de variação

Podemos observar que para os grãos sem uso de TD, as perdas em 60 dias de armazenamento variaram de 4,75%, para os grãos armazenados com conteúdo de água de 12%, e 11,08%, para os grãos armazenados com conteúdo de água de 14% com infestação de 1 hora. Já quando a infestação de 15 dias, as perdas variaram 7,11%, para os grãos armazenados com conteúdo de água de 12% e 10,33%, para os grãos armazenados com conteúdo de água de 14%.

Todos os controles diferiram estatisticamente das dosagens de TD em ambos os períodos de infestação, mostrando que a TD diminui os danos causados por insetos. Desta forma é possível aliar menor perda de peso com maior quantidade de grãos inteiros em um lote de grãos de trigo armazenados, assim como que a diminuição do PH está relacionada ao uso da TD nos tratamentos estudados.

Os menores valores em grãos sem TD corroboram com o verificado por Santos et al. (2002), os quais trabalharam com grãos de trigo livres de tratamento e obtiveram maiores perdas de peso conforme o tempo de contato dos insetos com os grãos.

## CONCLUSÃO

A umidade dos grãos não influenciou a ação da terra de diatomácea no teor de água, após 60 dias de armazenamento, nas condições de temperatura e umidade relativa deste trabalho;

Os grãos de trigo apresentaram redução no teor de umidade após 30 e 60 dias de armazenamento, em função das condições de temperatura e umidade relativa do ar;

A terra de diatomácea interfere na diminuição do peso hectolítrico dos grãos de trigo armazenados, independente do teor de umidade inicial;

Grãos de trigo danificados pela espécie *Sitophilus zeamais*, ao longo de 60 dias, apresentam redução de peso hectolítrico, grãos inteiros e tipificação;

Quanto menor o número de grãos inteiros maior é a perda de peso dos grãos.

Quanto menor o teor de umidade de armazenamento e maior a dosagem de terra de diatomácea, menor a perda de peso.

## REFERÊNCIAS

ALENCAR, E. R.; FARONI, L. R. D.; FILHO, A. F. L.; PETERNELLI, L. A.; COSTA, A. R. Qualidade dos grãos de soja armazenados em diferentes condições. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, p. 606-613, 2009.

ANTUNES, L. E. G.; PETRY, P. A. R.; RIZZOTTO JUNIOR, P. R. J.; GOTTARDI, R. DIONELLO, R. G. Eficiência do uso de terra de diatomácea na proteção de grãos de milho. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 22, n. 6, p.509-519, 2014.

AYRES, M.; AYRES, JR. M.; AYRES, D. L.; SANTOS, A. S. dos. **BioEstat 5.0 Aplicações estatísticas nas áreas da ciências biológicas e médicas**. Belém: Sociedade civil Mamirauá/CNPq, 2007. 324p.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília, Secretaria de Defesa Agropecuária. - Mapa/ACS, 399 p. 2009.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução normativa nº 38, de 30 de novembro de 2010. Regulamento técnico para classificação oficial do trigo**. Brasília: MAPA, 2010.

CHANBANG, Y., ARTHUR, F.H., WILDE, G.E. AND THRONE, J. E. Diatomaceous earth plus methoprene for control of the lesser grain borer, *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae) in rough rice. **Journal of Stored Products Research**, Amsterdam, v.43, p.396-401, 2007.

ELIAS, M. C.; LOPES, V.; GUTKOSKI, L. C.; OLIVEIRA, M.; MAZZUTTI, S.; DIAS, A. R. G. Umidade de colheita, métodos de secagem e tempo de armazenamento na qualidade tecnológica de grãos de trigo (cv. 'Embrapa 16'). **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.1, p.25-30, jan-fev, 2009.

FERRARI FILHO, E.; ANTUNES, L. E. .G.; GOTTARDI, R.; PETRY, P. A. R.; BARRETO, G. P.; DIONELLO, R. G. Qualidade de grãos de trigo submetidos a diferentes condições de armazenamento. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v.18, n.1, p.25-35, 2012.

FLEURAT-LESSARD, F. Qualitative reasoning and integrated management of the quality of stored grain: a promising new approach. **Journal of Stored Products Research**, v.38, p.191-218, 2002.

FREO, J. D.; MORAIS, L. B. D.; SANTETTI, G. S.; GOTTMANNSHAUSEN, T. L.; ELIAS, M. C.; GUTKOSKI, L. C. Physicochemical characteristics of wheat treated with diatomaceous earth and conventionally stored. **Ciência e Agrotecnologia**, Larvas, v.38, n.6, p.546-553, 2014.

LORINI, I. **Manejo Integrado de Pragas de Grãos de Cereais Armazenados**. EMBRAPA TRIGO, Passo Fundo, v.2, 2008. 72p.

PINTO JR., A. R. Eficiência de terra de diatomáceas no controle de algumas pragas de milho armazenado a granel. **Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia**, Uruguaiana, v.15, n.1, p. 61-70, 2008.

SANTOS, A. K.; FARONI, L. R. D.; GUEDES R. N. C.; SANTOS, J. P.; ROZAZDO, A. F. Nível de dano econômico de *Sitophilus zeamais* (M.) em trigo armazenado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e ambiental**. Campina Grande, v. 6, n. 2, p. 273-279, 2002.

SCHUH, G.; GOTTARDI, R.; FERRARI, E. F.; ANTUNES, L. E. G.; DIONELLO, R. G. Efeitos de dois métodos de secagem sobre a qualidade físico-química de grãos de



milho safrinha-RS, armazenados por 6 meses. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, p. 235-244, 2011.

SIMIONI, N. R.; NÓBREGA, L. H. P.; AFONSO, A. D. L.; ROSA, D. M.; MAULI, M. M. Propriedades físicas de grãos de milho e trigo tratadas com terra de diatomácea. **Revista Varia Scientia Agrárias**. v.1, n.2, p.131-140, 2010.

SILVA, A. A. L.; FARONI, L. R. D. A.; GUEDES, R. N. C.; MARTINS, J. H.; PIMENTEL, M. A. G. Modelagem das perdas causadas por *Sitophilus zeamais* e *Rhyzopertha dominica* em trigo armazenado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, n.2, p.292-296, 2003.

TIECKER JUNIOR, A.; ANTUNES, L. E. G.; FERRARI FILHO, E.; CASTRO, B. DE; DEL PONTE, E. M.; DIONELLO, R. G. Qualidade físico-química de grãos de milho armazenados com diferentes umidades em ambientes hermético e não hermético. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.13, n.2, p. 174-186, 2014.

### 3.3 Artigo envolvendo grãos de arroz e terra de diatomácea

#### 3.3.1 Avaliação do uso de terra de diatomácea na proteção de grãos de arroz com casca

Evaluation of diatomaceous earth use in protecting shelled rice grains

Luidi Eric Guimarães Antunes<sup>1</sup>, Paulo André da Rocha Petry<sup>2</sup>, Paulo Ricardo de Jesus Rizzotto Junior<sup>3</sup>, Roberto Gottardi<sup>4</sup>, Rafael Gomes Dionello<sup>5</sup>

1-Eng. Agrônomo, Doutorando em Fitotecnia, Professor Assistente, UERGS, Vacaria, RS. luidieric.antunes@gmail.com

2-Estudante de Agronomia, UFRGS, Porto Alegre, RS. rocha.petry@ufrgs.br

3-Estudante de Agronomia, UFRGS, Porto Alegre, RS. paulo\_rizzotto@hotmail.com,

4-Eng. Agrônomo, EMATER, Fontoura Xavier, RS.gottardi@yahoo.com.br,

5-Eng. Agrônomo, Professor Adjunto, UFRGS, Porto Alegre, RS. rafdionello@hotmail.com

(Submetido à Revista Ciência Agronômica)

**RESUMO** - Objetivou-se avaliar o uso da terra de diatomácea em grãos de arroz com casca quando infestados por adultos do *S. zeamais*. Foram utilizados grãos de arroz com casca com teor de umidade inicial de 12 e 14%, sendo cada umidade tratada com dosagens de 0, 500, 1500 e 2500 g t<sup>-1</sup> e com dois períodos de infestação: 1 hora e 15 dias após a aplicação. Cada período e dosagem constaram de cinco repetições compostas de 100 g de grãos tratados ou não (controle) e 20 adultos de *S. zeamais*. Aos 30 e 60 dias após cada período de infestação, a mortalidade e emergência foram analisadas. Já perda de peso dos grãos e teor de umidade foram verificados somente aos

60 dias. Grãos livres de tratamento apresentaram menores valores de mortalidade diferindo estatisticamente dos demais, independente dos períodos de infestação. Independente do período de infestação e teor de umidade inicial, os tratamentos 1500 e 2500 g t<sup>-1</sup> apresentaram mortalidade entre 98 e 100%. Maiores perdas de peso foram verificadas nos tratamentos dos grãos com maior teor de umidade inicial. Todos os tratamentos tenderam a entrar em equilíbrio higroscópico abaixo de 12%. Conclui-se que a terra de diatomácea apresenta ação satisfatória no controle de *S. zeamais* em grãos de arroz com casca quando estes entram em equilíbrio higroscópico abaixo de 12%.

**Palavras-chave:** *Sitophilus zeamais*. Pó-inerte. Perda de peso. Mortalidade.

**ABSTRACT** - The objective was to evaluate the use of diatomaceous earth in rice grains in shell when infested by adults of *S. zeamais*. Grains of rice hulls were used with an initial moisture content of 12 and 14%, each moisture treated with doses of 0, 500, 1500 and 2500 g t<sup>-1</sup> and two periods of infestation: 1 hour and 15 days after application. Each period consisted of five repetitions and dosage composed of 100 g of grain treated or not (control) and 20 adults of *S. zeamais*. At 30 and 60 days after each infestation period, mortality and emergency were analyzed. Have weight loss of grain and moisture content were observed only at 60 days. Grain free treatment had lower mortality values statistically different from the others, regardless of infestation periods. Regardless of the infestation and initial moisture content period, treatments 1500 and 2500 g t<sup>-1</sup> had mortality between 98 and 100%. Larger weight losses were observed in the treatment of grains with higher initial moisture content. All treatments tended to come into equilibrium moisture content below 12%. It was concluded that diatomaceous earth has satisfactory action control of the corn grain *S. zeamais* shell when they come into equilibrium moisture content below 12%.

**Keywords:** *Sitophilus zeamais*. Inert-powder. Weight loss. Mortality.

## INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa* L.) se destaca por ser um dos cereais mais cultivados do mundo, sendo base da alimentação de boa parte da população mundial (COPATTI; GARCIA e BALDISSEROTTO, 2009). De acordo com Ribeiro *et al.* (2012), o ambiente onde se encontram os grãos de arroz influencia na sua capacidade de resistência ao ataque de pragas de grãos armazenados.

Entre os insetos que se destacam pela ação direta aos grãos de arroz, ou seja, pela capacidade de danificar os grãos ainda sadios, se encontra *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) (Mots. 1855) (COPATTI; MARCON e MACHADO 2013).

Segundo Lorini (2008), *S. zeamais* é uma praga primária interna capaz de danificar o grão ainda sadio e o desenvolvimento das fases imaturas (ovo, larva e pupa) ocorre no interior do mesmo grão. Segundo o mesmo autor existem, entre os métodos de controle de insetos de grãos armazenados, métodos físicos como temperatura, radiação, pós-inertes, onde se destaca a terra de diatomácea (TD), como tratamento protetor dos grãos.

A TD é um pó inerte obtido a partir de depósitos sedimentares de dióxido de sílica de águas doces e salgadas. Entre as suas principais vantagens, quando utilizada na dosagem recomendada, a TD não oferece riscos à saúde de quem consome os grãos ou outros seres vivos que venham a ter contato com os grãos tratados. Esse, por sua vez, fica livre de resíduos tóxicos e de contaminantes do meio ambiente (LORINI, 2008). Por possuir ação inseticida altamente eficiente, a terra de diatomácea não compromete o controle de insetos ao longo do tempo e, segundo os fabricantes, deve ser aplicada em grãos com umidade em torno de 13% e em dosagens de 1000 a 2000 g t<sup>-1</sup>.

Baseado no exposto objetivou-se verificar a eficiência da TD, quando aplicada em diferentes dosagens em grãos com diferentes teores de umidade e períodos de infestação, no controle de *S. zeamais*, para a proteção dos grãos de arroz ao longo de 60 dias.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os grãos utilizados foram de arroz com casca, cultivar IRGA 424, obtidos da safra 2011/2012 cultivado na Estação Experimental do Arroz do IRGA, em Cachoeirinha – RS.

Aplicou-se a TD em 18 kg de grãos de arroz com casca no total dos tratamentos, sendo 2 kg para cada tratamento. A aplicação ocorreu em bandejas retangulares, com homogeneização durante três minutos e o armazenamento em recipientes plásticos de 2 L. Realizou-se esse procedimento manualmente, com o objetivo de evitar a presença de grãos sem o produto.

Os grãos de arroz apresentavam, aproximadamente, umidades de 12 e 14% em base úmida (b.u.), onde foram aplicados 500, 1500 e 2500 g de TD por tonelada de grãos. O controle constou de grãos livres de TD. O produto utilizado foi da empresa Bernardo Química, com nome comercial Insecto® com 86,7% de dióxido de sílica.

Para cada tratamento, as dosagens utilizadas e a testemunha, foram compostas por cinco repetições, onde se depositou 100 g de grãos de arroz em recipientes plásticos de 300 mL fechados com tecido tipo voile, juntamente com 20 adultos de *S. zeamais*, com idades variando de 20 a 50 dias, sem padronização sexual (Figura 6). Estes insetos foram identificados, com tinta têmpera, para evitar problemas nas verificações devido às emergências de sua prole, ou mesmo da prole já existente nos grãos, já que estes não foram expurgados.

Figura 6. Recipientes de 300 mL contendo 100 gramas de grãos de arroz com casca tratados com terra de diatomácea e infestados com 20 adultos de *Sitophilus zeamais*.



As infestações ocorreram em dois tempos distintos: 1 hora e 15 dias após a aplicação do produto nos grãos de arroz. Estes foram armazenados por um período de 60 dias, sendo as análises de mortalidade realizadas aos 30 e 60 dias após a infestação com os adultos. Devido à tanatose apresentada pelos insetos, foi considerado morto aquele que não se moveu durante três minutos de observação (ANTUNES *et al.*, 2011b).

Verificou-se a emergência e a sobrevivência dos adultos, em cada recipiente, através da sua contagem. Considerou-se como emergência qualquer adulto sem marcação.

Aos 60 dias após cada período de infestação, também, foram analisados a umidade e perda de peso.

O delineamento foi inteiramente casualizado com esquema fatorial 2 x 4 x 2 x 5, ou seja, dois teores de umidade, três dosagens de TD e um controle, dois períodos de infestação e cinco repetições. Os dados obtidos foram submetidas à análise de variância e as médias

comparadas pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade com uso do programa estatístico BioEstat 5.0 (AYRES *et al.*, 2007).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quando analisadas as médias de mortalidade obtidas aos 30 dias após cada infestação, não se verificaram diferenças estatísticas entre as dosagens utilizadas, independente do período de infestação e do teor de umidade inicial dos grãos, exceção para 500 g t<sup>-1</sup> 14%, sendo os tratamentos controle os que apresentaram as menores taxas de mortalidade (Tabela 32).

**Tabela 32** - Número médio ( $\pm$  EP) de adultos de *Sitophilus zeamais* mortos avaliados aos 30 dias em função do tempo de infestação (1 hora e 15 dias), da umidade dos grãos de arroz com casca (12 e 14%) e das dosagens de terra de diatomácea (0, 500, 1500 e 2500 g t<sup>-1</sup>). (25  $\pm$  5 °C; 60  $\pm$  5% UR) (n=20).\*

Umidade do grão (%)	Tempo de infestação	Dosagens de terra de diatomácea (g t <sup>-1</sup> )				CV** (%)
		0	500	1500	2500	
12	1 hora	6,4 $\pm$ 1,43Ab	17,4 $\pm$ 0,75Aa	20,0 $\pm$ 0,00Aa	20,0 $\pm$ 0,00Aa	36,6
	15 dias	6,2 $\pm$ 1,60Ab	19,8 $\pm$ 0,20Aa	19,8 $\pm$ 0,20Aa	20,0 $\pm$ 0,00Aa	37,2
14	1 hora	8,2 $\pm$ 1,43Ac	15,8 $\pm$ 1,24Ab	19,8 $\pm$ 0,20Aa	19,6 $\pm$ 0,24Aa	32,0
	15 dias	9,4 $\pm$ 1,50Ab	17,6 $\pm$ 0,24Aa	19,6 $\pm$ 0,40Aa	20,0 $\pm$ 0,00Aa	27,4

\* Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 1%.

\*\* CV (%): coeficiente de variação.

Os elevados valores de mortalidade obtidos neste trabalho se assemelham com o relatado por Antunes *et al.* (2012), que verificaram mortalidade acima de 88% de *S. zeamais* em grãos de milho tratados com as mesmas dosagens de TD, teores de umidade inicial e condições de armazenamento.

Utilizando 1000 g t<sup>-1</sup> de TD em grãos de arroz sem casca, Wille *et al.* (2013) verificaram mortalidade de 4%, arroz sem casca, e 99 a 100%, arroz com casca, de adultos de *S. zeamais* após 10 dias de contato. Os autores creditam a baixa mortalidade à hipótese de baixa aderência da TD aos grãos de arroz sem casca, o que não foi

verificado neste experimento, onde se obteve uma mortalidade superior a 79%, mesmo na dosagem 500 g t<sup>-1</sup>, inferior a utilizada pelos autores.

O percentual de mortalidade acima de 79% está relacionado a aderência da TD aos grãos de arroz com casca, pois, segundo Kavallieratos *et al.* (2005) ocorre aderência acima de 70% das partículas de TD em grãos de arroz com casca. Quanto mais partículas do produto estiverem em aderidas aos grãos, maior será o contato do produto com os insetos.

Analisando as médias de mortalidade aos 60 dias após cada período de infestação, percebe-se que aumento na mortalidade de *S. zeamais* no tratamento 500 g t<sup>-1</sup> com infestação 1 hora após a aplicação (Tabela 33).

**Tabela 33** - Número médio ( $\pm$  EP) de adultos de *Sitophilus zeamais* mortos avaliados aos 60 dias em função do tempo de infestação (1 hora e 15 dias), da umidade dos grãos de arroz com casca (12 e 14%) e das dosagens de terra de diatomácea (0, 500, 1500 e 2500 g t<sup>-1</sup>). (25  $\pm$  5 °C; 60  $\pm$  5% UR) (n=20).\*

Umidade do grão (%)	Tempo de infestação	Dosagens de terra de diatomácea (g t <sup>-1</sup> )				CV** (%)
		0	500	1500	2500	
12	1 hora	12,4 $\pm$ 1,03Bb	19,6 $\pm$ 0,40Aa	20,0 $\pm$ 0,00Aa	20,0 $\pm$ 0,00Aa	19,0
	15 dias	15,2 $\pm$ 2,24Ab	20,0 $\pm$ 0,00Aa	19,8 $\pm$ 0,20Aa	20,0 $\pm$ 0,00Aa	16,2
14	1 hora	18,2 $\pm$ 1,32Aa	18,8 $\pm$ 0,37Aa	20,0 $\pm$ 0,00Aa	20,0 $\pm$ 0,00Aa	8,2
	15 dias	17,2 $\pm$ 1,32Aa	19,8 $\pm$ 0,20Aa	20,0 $\pm$ 0,00Aa	20,0 $\pm$ 0,00Aa	9,3

\* Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 1%.

\*\* CV (%): coeficiente de variação.

Os tratamentos que apresentaram aumento de mortalidade corroboram com o relatado por Kljajic *et al.* (2009), que registraram um aumento da mortalidade em *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae) e *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Bruchichidae), tratados com TD e expostos por 7 e 21 dias.

Entre o período de 30 e 60 dias de armazenamento o menor percentual de mortalidade passou de 79 para 94% e esse aumento de mortalidade também foi verificado por Antunes *et al.* (2012), os quais obtiveram incremento de 88 para 98% da mortalidade de *S. zeamais* em grãos de milho nas mesmas condições deste trabalho.



Segundo Lorini (2008) a TD consegue proteger por um longo período à massa de grãos, sem deixar resíduos em alimentos destinados ao consumo. Este fato foi constatado neste trabalho, com o aumento da mortalidade nas avaliações realizadas com 30 e 60 dias após a infestação.

Nas condições em que foram armazenados os grãos de milho, somente aos 60 dias ocorreram emergências (Tabela 34).

**Tabela 34** - Número médio ( $\pm$  EP) de adultos de *Sitophilus zeamais* emergidos aos 60 dias em função do tempo de infestação, da umidade dos grãos de arroz com casca (12 e 14%) e das dosagens de terra de diatomácea (0, 500, 1500 e 2500 g t<sup>-1</sup>). (25  $\pm$  5 °C; 60  $\pm$  5% UR) (n=20).\*

Umidade do grão (%)	Tempo de infestação	Dosagens de terra de diatomácea (g t <sup>-1</sup> )				CV** (%)
		0	500	1500	2500	
12	1 hora	8,2 $\pm$ 2,35Bb	9,8 $\pm$ 2,80Bb	5,2 $\pm$ 0,37Ac	33,2 $\pm$ 9,26Ba	106,0
	15 dias	23,2 $\pm$ 6,9Ab	13,4 $\pm$ 3,79Ac	5,4 $\pm$ 0,75Ac	64,2 $\pm$ 4,42Aa	91,8
14	1 hora	5,2 $\pm$ 1,93Bb	0,4 $\pm$ 0,40Bc	10,6 $\pm$ 1,44Aa	9,6 $\pm$ 7,17Aa	133,1
	15 dias	11,4 $\pm$ 1,94Aa	4,4 $\pm$ 0,81Ab	3,8 $\pm$ 1,77Bbc	1,0 $\pm$ 0,32Ac	91,8

\* Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 1%.

\*\* CV (%): coeficiente de variação.

Os maiores valores de insetos emergidos para o lote com 12% de teor de umidade inicial foram verificados no tratamento 2500 g t<sup>-1</sup> em ambos os períodos de infestação diferindo estatisticamente dos demais. Já para o lote com 14% de teor de umidade inicial a maior média para infestação com 1 hora após a aplicação da TD ocorreu no tratamento 1500 g t<sup>-1</sup> e aos 15 dias no tratamento controle com diferença estatística dos demais.

Os valores verificados não corroboram com o relatado por Antunes *et al.* (2012) e Ceruti *et al.* (2008), os quais, trabalhando com grãos de milho, verificaram maiores médias de emergência nos tratamentos controle, o que foi justificado pelo uso de TD nos demais tratamentos.

Como os grãos não receberam tratamento prévio é possível que estes grãos já estivessem infestados, pois segundo Antunes *et al.* (2011a), a TD inibi a postura e de

acordo com Elias *et al.* (2009), ocorre inibição de postura em grãos com teores de umidade inferiores a 12%, desta maneira provavelmente os grãos já estivessem infestados internamente.

A sala climatizada ( $25 \pm 5$  °C;  $60 \pm 5\%$  UR) utilizada neste experimento é a mesma onde se realiza a criação dos insetos e o tempo de duração do ciclo ovo-adulto varia de 35 a 40 dias. Nos grãos voltados para a criação, percebeu-se que nem sempre os adultos emergidos saem do interior do grão, pois permanecem neste, se alimentando dos nutrientes que não foram consumidos pela fase larval, logo insetos que já estivessem infestando os grãos saíram após 30 dias de armazenamento.

Analisando os valores de sobrevivência dos insetos, os tratamentos controles apresentaram os maiores valores e diferiram estatisticamente dos demais, independente do teor de umidade inicial e período de infestação (Tabela 35).

**Tabela 35** - Número médio ( $\pm$  EP) de adultos de *Sitophilus zeamais* totais aos 60 dias em função do tempo de infestação, da umidade dos grãos de arroz com casca (12 e 14%) e das dosagens de terra de diatomácea (0, 500, 1500 e 2500 g t<sup>-1</sup>). ( $25 \pm 5$  °C;  $60 \pm 5\%$  UR) (n=20).\*

Umidade do grão (%)	Tempo de infestação	Dosagens de terra de diatomácea (g t <sup>-1</sup> )				CV** (%)
		0	500	1500	2500	
12	1 hora	13,8 $\pm$ 1,39Ba	6,2 $\pm$ 0,97Ab	1,0 $\pm$ 0,54Ac	3,8 $\pm$ 1,02Abc	83,4
	15 dias	37,0 $\pm$ 5,72Aa	7,8 $\pm$ 1,20Ab	0,2 $\pm$ 0,20Ac	3,0 $\pm$ 0,63Ac	126,2
14	1 hora	8,2 $\pm$ 0,66Ba	0,8 $\pm$ 0,58Bc	5,2 $\pm$ 1,24Ab	1,6 $\pm$ 0,51Ac	85,3
	15 dias	12,2 $\pm$ 1,96Aa	3,4 $\pm$ 0,98Ab	1,0 $\pm$ 0,63Bc	0,6 $\pm$ 0,40Ac	121,9

\* Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 1%.

\*\* CV (%): coeficiente de variação.

Nenhum tratamento apresentou 100% de mortalidade dos insetos emergentes e isto pode estar relacionado ao tempo necessário para ação do produto, o qual, segundo Elias e Oliveira (2010), é de dois a 14 dias após o contato da TD com o inseto.

A mortalidade dos insetos que emergiram variou de 22,72 a 96,30%, para o tratamento 500 g t<sup>-1</sup> 14% infestação 15 dias e tratamento 1500 g t<sup>-1</sup> 12% infestação 15 dias, mostrando assim que mesmo a TD não eliminando as fases imaturas (ovo, larva e

pupa), os adultos que entrarem em contato com ela irão morrer, mesmo o contato longínquo entre a TD e os grãos.

Segundo Elias *et al.* (2009) espécie *S. zeamais* é praga primária interna, ou seja, as fases imaturas (ovo, larva e pupa) são vividas no interior do grão e, quando emerge o novo adulto, nem sempre este sai do interior do grão, pois a larva não consome toda a parte interna do mesmo.

Tanto no experimento como na criação, verificou-se a presença de adultos no interior de grãos carunchados, fato que, segundo Antunes *et al.* (2012), facilita a fuga do contato com a terra de diatomácea, podendo estar surgindo uma resistência comportamental desta praga a este produto.

Ao término dos 60 dias de armazenamento, todos os tratamentos apresentaram redução no teor de umidade e diferiram estatisticamente do inicial (Tabela 36).

**Tabela 36** - Teor de umidade (%) inicial e final de grãos de arroz com casca submetidos à infestação de adultos de *Sitophilus zeamais* avaliada aos 60 dias em função do tempo de infestação e das dosagens de terra de diatomácea. ( $25 \pm 5$  °C;  $60 \pm 5$  % UR).

Tempo de infestação	Teor inicial de umidade dos grãos (%)	Teor de umidade final dos grãos de arroz com casca (%)				
		Dosagens de terra de diatomácea ( $\text{g t}^{-1}$ )				
		0	500	1500	2500	CV (%)
1 hora	12,50a	11,59b	11,13b	11,15b	11,37b	2,1
	14,19a	11,72b	10,15c	11,63b	11,57b	12,1
15 dias	12,50a	11,38b	11,34b	11,51b	11,46b	9,0
	14,19a	11,61b	11,98b	11,94b	11,31b	3,3

\* Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 1%.

\*\* CV (%): coeficiente de variação.

Observa-se uma tendência da maioria dos grãos entrarem em equilíbrio higroscópico com o teor de umidade variando entre 11-12%. Conforme Castro *et al.* (1999), quando a temperatura do ar é de 25 °C e a umidade relativa é de 60%, o grão de arroz entra em equilíbrio com o ambiente quando atinge 12,1% de umidade. Estes resultados estão de acordo no observado neste trabalho. Se a temperatura mantivera-se em 25 °C, porém a umidade relativa aumentar para 75 ou 90%, os teores de umidade de

equilíbrio do grão de arroz serão, respectivamente, de 14,6 e 18,4%. Sempre que variarem as condições de temperatura e umidade relativa do ar ambiente, também será variável o teor de umidade de equilíbrio do grão. É importante salientar que quanto menor a umidade relativa do ar, maior o seu poder de secagem. Conforme Brooker, Bakker-Arkema e Hall (1992), o arroz com casca em temperatura de 24 °C e umidade relativa de 60%, entra em equilíbrio higroscópico em umidade de 11,9%, o que também está de acordo com os resultados obtidos neste trabalho.

Isto pode ser explicado pela capacidade de adsorção/umedecimento e dessorção/secagem dos grãos, visto que a capacidade de dessorção, ou seja, secagem é até sete vezes maior do que a capacidade de adsorção, ou seja, é mais fácil retirar água dos grãos do que reidratá-los (ANTUNES *et al.*, 2012). Este fato pode ser visto em todos os tratamentos, pois ocorreu uma redução da umidade, tendendo ao equilíbrio higroscópico, em função das condições do ambiente em que estão armazenados, ou seja, temperatura e umidade relativa.

A redução verificada corrobora com o encontrado por outros autores quando avaliaram a umidade de diferentes grãos ao longo do armazenamento (ALENCAR *et al.*, 2009; ELIAS *et al.*, 2008, 2009; SCHUH *et al.*, 2011).

Segundo Elias *et al.* (2009), as trocas de calor e água que ocorrem entre os grãos armazenados e o ar ambiente são dinâmicas e contínuas até o limite de obtenção do equilíbrio higroscópico conforme as condições de temperatura e umidade relativa.

Segundo Antunes *et al.* (2011a) e Antunes *et al.* (2012), ambos trabalhos com grãos de milho, a TD não sofre influência do teor de umidade inicial quando os grãos tendem a entrar em equilíbrio higroscópico abaixo de 13%. Como neste experimento foram utilizados grãos de arroz com casca, percebe-se que o teor de umidade e o tipo de grão não influenciam na ação do produto.

Analisando as médias de perda de peso para todos os lotes com a infestação ocorrendo 1 hora após a aplicação, observa-se que as menores médias, 97,94 e 95,18 g, de peso final, ou seja, as maiores perdas, foram verificadas para o tratamento controle de cada conteúdo de água estudado, 12 e 14%, respectivamente (Tabela 37).

**Tabela 37** - Perda de peso (g) de grãos de arroz com casca infestados com adultos de *Sitophilus zeamais* avaliada após 60 dias, em função de infestação realizada 1 hora após a aplicação das dosagens de terra de diatomácea (0, 500, 1500 e 2500 g t<sup>-1</sup>). (25 ± 5 °C; 60 ± 5% UR).

Dose (g t <sup>-1</sup> )	12%		14%	
	Inicial (g)	Final (g)	Inicial (g)	Final (g)
0	100,04A	97,94Bb	100,05A	95,18Cb
500	100,04A	98,12Bb	100,03A	95,57Cab
1500	100,03A	99,38Aa	100,05A	95,69Bab
2500	100,02A	98,45Bab	100,06A	96,34Ca
CV** (%)	2,0	9,0	2,0	7,0

\*Médias seguidas de mesma letra na maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, a 1% de probabilidade.

\*\* CV (%): coeficiente de variação.

O maior consumo verificado, 2,06 e 4,82 g, 12 e 14% respectivamente, ambos controles, foram superiores ao verificado por Fontes; Almeida Filho e Arthur (2003) que, ao trabalharem com 10 variedades de arroz sem casca, constataram perda de peso de 0,70 até 1,65 g. Os autores não informaram a umidade inicial dos grãos.

Comparando cada tratamento entre os teores iniciais de umidade, as maiores perdas de peso ocorreram nos grãos com maior conteúdo de água (14%) e com diferenças estatísticas. O maior consumo está relacionado ao maior teor de umidade nos grãos, pois segundo Athie e Paula (2002) quanto mais úmido estiver o grão, no momento do contato, maiores são os danos causados pelos insetos.

Com a infestação sendo realizada aos 15 dias após a aplicação da TD, novamente os grãos com teor de umidade inicial 14% apresentaram os menores valores e diferiram estatisticamente dos grãos com 12% dentro da mesma dosagem (Tabela 38).

**Tabela 38** - Perda de peso (g) de grãos de arroz com casca infestados com adultos de *Sitophilus zeamais* avaliada após 60 dias, em função de infestação realizada 15 dias após a aplicação das dosagens de terra de diatomácea (0, 500, 1500 e 2500 g t<sup>-1</sup>). (25 ± 5 °C; 60 ± 5% UR).

Dose (g t <sup>-1</sup> )	12%		14%	
	Inicial (g)	Final (g)	Inicial (g)	Final (g)
0	100,05A	98,21Ba	100,05A	94,71Cb
500	100,03A	98,60Ba	100,04A	95,20Cab
1500	100,18A	98,65Ba	100,04A	95,77Cab
2500	100,02A	98,71Ba	100,04A	96,24Ca
CV** (%)	3,0	5,0	1,0	1,0

\*Médias seguidas de mesma letra na maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, a 1% de probabilidade.

\*\* CV (%): coeficiente de variação.

A maior perda de peso, 5,33%, foi verificada no tratamento controle dos grãos com 14% de umidade inicial. Esse resultado não corroborou com o verificado por Copatti; Marcon e Machado (2013), que constataram 32,76% de perda de peso de grãos de arroz livres de tratamento após 14 dias de contato com 20 adultos de *S. zeamais*. Os autores utilizaram 20 grãos por repetição e ao final do experimento somente pesaram os grãos intactos ou com predação mínima (inferior a 5% de dano). No presente trabalho foram pesados todos os grãos que estavam na repetição.

Já Antunes *et al.* (2014), relatam que quanto maior o conteúdo de água nos grãos de milho, maiores são as perdas nos tratamentos testemunhas. Os autores encontraram diferenças estatísticas entre os tratamentos com TD e a testemunha, diferença que não foi verificada neste trabalho. Porém percebe-se que lotes de grãos de arroz com casca,

em teores de umidade mais elevados, tendem a apresentar menor peso quando comparados com lotes com menores teores.

### CONCLUSÃO

1. A terra de diatomácea é eficiente no controle de adultos da espécie *S. zeamais* em grãos de arroz com casca, mesmo sendo aplicada em grãos com 14% de umidade em base úmida, porém os grãos devem entrar em equilíbrio higroscópico com umidade inferior a 12%;
2. A dosagem de 500 g da terra de diatomácea, independente do período de infestação, é satisfatória para o controle do *Sitophilus zeamais*, podendo ser utilizada.
3. Maiores perdas de peso dos grãos de arroz com casca ocorrem quando o teor de umidade inicial é 14%.

### REFERÊNCIAS

- ALENCAR, E. R.; FARONI, L. R. D.; FILHO, A. F. L.; PETERNELLI, L. A.; COSTA, A. R. Qualidade dos grãos de soja armazenados em diferentes condições. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 5, p. 606-613, 2009.
- ANTUNES, L. E. G.; FERRARI FILHO, E.; GOTTARDI, R.; SANT'ANA, J.; DIONELLO, R. G. Avaliação do uso de terra de diatomácea contra a infestação de grãos de milho. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 6, n. 4, p. 662- 669, 2011a.
- ANTUNES, L. E. G.; GOTTARDI, R.; VIEBRANTZ, P. C.; DIONELLO, R. G. Características físico-químicas de grãos de milho atacados por *Sitophilus zeamais* durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 6, p. 615-620, 2011b.

ANTUNES, L. E. G.; LEMCHEN, J. S.; PETRY, P. A. R.; GOTTARDI, R.; DIONELLO, R. G. Eficiência da terra de diatomácea no controle do gorgulho do milho ao longo do tempo. **Revista brasileira de milho e sorgo**, v. 11, n. 3, p. 217-224, 2012.

ANTUNES, L. E. G.; PETRY, P. A. R.; RIZZOTTO JUNIOR, P. R. J.; GOTTARDI, R.; DIONELLO, R. G. Eficiência do uso de terra de diatomácea na proteção de grãos de milho. **Engenharia na Agricultura**, v. 22, n. 6, p. 509-519, 2014.

ATHIÉ, I.; PAULA, C. **Insetos de Grãos Armazenados Aspectos Biológicos e Identificação**. São Paulo: Editora Varela, p.28-34, 2002.

AYRES, M.; AYRES, M. J.R.; AYRES, D.L.; dos SANTOS, A.S. **BioEstat 5.0 Aplicações estatísticas nas áreas da ciências biológicas e médicas**. Belém: Sociedade civil Mamirauá/ CNPq, 324p, 2007.

BROOKER, D.B., BAKKER-ARKEMA, F.W.; HALL, C.W. Grain equilibrium moisture content. In: BROOKER, D.B., BAKKER-ARKEMA, F.W.; HALL, C.W. **Drying and storage of grains and oilseeds**, New York: Van Nostrand Reinhold Company, 1992, p.67-86.

CASTRO, E. da M. de; VIEIRA, N.R. de A.; RABELO, R.R.; SILVA, S.A. da. Qualidade de grãos em arroz. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. 30p. (Embrapa Arroz e Feijão. Circular Técnica, 34).

CERUTI, F. C.; LAZZARI, S. M. N.; LAZZARI, F. A.; PINTO JUNIOR, A. R. Efficacy of diatomaceous earth and temperature to control the maize weevil in stored maize. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 9, n. 1, p. 73-78, 2008.

COPATTI, E. C.; GARCIA, L. O.; BALDISSEROTTO, B. Uma importante revisão sobre o impacto de agroquímicos da cultura de arroz em peixes. **Biodiversidade Neotropica**, v. 9, p. 235-242, 2009.



COPATTI, E. C.; MARCON, R. K; MACHADO, M. B. Avaliação de dano de *Sitophilus zeamais*, *Oryzaephilus surinamensis* e *Laemophloeus minutus* em grãos de arroz armazenado. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, v. 17, n. 8, p. 855-860, 2013.

ELIAS, M. C.; DIONELLO, R. G.; FORLIN, F. J.; OLIVEIRA, M.; GELAIN, J.; PETER, M. Z. Avaliação do uso de ácidos orgânicos na conservação de grãos de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) durante o armazenamento. **Revista Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 29, p. 35-46, 2008.

ELIAS, M. C.; LORINI, I.; MALLAMANN, C. A.; DILKIN, P.; OLIVEIRA, M.; MALLMANN, A. O. Manejo integrado no controle de pragas de grãos e derivados. In: OLIVEIRA, M.; ELIAS, M. C. (Orgs.). **Aspectos tecnológicos e legais na formação de auditores técnicos do sistema nacional de certificação de unidades armazenadoras**. Pelotas: Super Cópias Santa Cruz, 2009. p.305-354.

ELIAS, M. C.; OLIVEIRA, M. **Sistema nacional de certificação de unidades armazenadoras – Tecnologia e Legislação**. Pelotas: Santa Cruz, 2010. 477 p.

FONTES, L. S.; ALMEIDA FILHO, A. J.; ARTHUR, V. Danos causados por *Sitophilus oryzae* (Linné, 1763) e *Sitophilus zeamais* Motschulsky, 1855 (Coleoptera: Curculionidae) em cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.). *Arquivos do Instituto Biológico*, v.70, p.303-307, 2003.

KAVALLIERATOS, N. G.; ATHANASSIOU, C. G.; PASHALIDOU, F. G.; ANDRIS, N. S.; TOMANOVIC, Z. Influence of grain type on the insecticidal efficacy of two diatomaceous earth formulations against *Rhyzopertha dominica* (F) (Coleoptera: Bostrychidae). **Pest Management Science**, v. 61, p. 660-666. 2005.

KLJAJIC, P.; ANDRIC, G.; ADAMOVIC, M.; BODROZA-SOLAROV, M.; MARKOVIC, M.; PERIC, I. Laboratory assessment of insecticidal effectiveness of

natural zeolite and diatomaceous earth formulations against three stored-product beetle pests. **Journal of Stored Products Research**, Amsterdam, v. 46, n. 1, p. 1-6, 2009.

LORINI, I. **Manejo Integrado de Pragas de Grãos de Cereais Armazenados**. EMBRAPA TRIGO, Passo Fundo, v.2, 72p, 2008.

RIBEIRO, C. S. N.; MARTINS, G. V.; GUIMARÃES, J. F. R.; SILVA, E. F. Resistência de genótipos de arroz a pragas de grãos armazenados. **Revista Caatinga**, v. 25, p. 183-187, 2012.

SCHUH, G.; GOTTARDI, R.; FERRARI, E. F.; ANTUNES, L. E. G.; DIONELLO, R. G. Efeitos de dois métodos de secagem sobre a qualidade físico-química de grãos de milho safrinha-RS, armazenados por 6 meses. **Semina**, Londrina, v. 32, n. 1, p. 235-244, 2011.

WILLE, P. E.; PEREIRA, B. A.; FRANCO, C. R.; BOFF, M. I. C.; HOFFER, H.. Eficiência da Terra de Diatomácea proveniente do resíduo da indústria cervejeira como método alternativo para o controle de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) em diferentes grãos. **Cadernos de Agroecologia**, v. 8, n. 2, p. 1-5, 2013.

### 3.4 Artigo envolvendo grãos de milho e inseticidas

#### 3.4.1 Eficiência de inseticidas durante o armazenamento de grãos de milho

##### Efficiency pesticides during storage of maize grains

Luidi Eric Guimarães Antunes<sup>1</sup>, Paulo André da Rocha Petry<sup>2</sup>, Paulo Ricardo de Jesus Rizzotto Junior<sup>3</sup>, Rafael Gomes Dionello<sup>4</sup>

1-Eng. Agrônomo, Doutorando em Fitotecnia, Professor Assistente, UERGS, Vacaria, RS. luidieric.antunes@gmail.com

2-Estudante de Agronomia, UFRGS, Porto Alegre, RS. rocha.petry@ufrgs.br

3-Estudante de Agronomia, UFRGS, Porto Alegre, RS. paulo\_rizzotto@hotmail.com,

4-Eng. Agrônomo, Professor Adjunto, UFRGS, Porto Alegre, RS. rafdionello@hotmail.com

(Submetido à Revista Ciência Rural)

## RESUMO

O objetivo foi verificar a mortalidade de adultos de *Sitophilus zeamais* infestando grãos de milho tratados com diferentes inseticidas ao longo de 240 dias de armazenamento. Foram utilizados dois inseticidas, um piretróide líquido da marca Starion® 25 CE (Bifentrina) e outro organofosforado líquido da marca Actellic® (Pirimifós metílico), sendo as doses de 6 e 8 mL do produto, diluído em 2 litros de água, com aplicação de 2 mL da solução por quilo de grãos. Para o tratamento controle usou-se 2mL de água. Cada dosagem foi aplicada em três lotes de 1 kg, com uso de pulverizador uni-spray, com três repetições para cada tratamento, sendo avaliados em duplicata de 50 g, em delineamento inteiramente casualizado. A cada período de 30 dias após as aplicações, ocorreram as infestações com 20 adultos de *S. zeamais*, sendo a mortalidade verificada após 15 dias de contato. Às infestações ocorreram 30, 60, 90,

120, 150, 180, 210 e 240 dias após a aplicação dos produtos. Até 60 dias após a aplicação, ambas as dosagens de Pirimifós metílico causaram mortalidade acima de 80%, porém após esse período apenas a dosagem de 8 mL ficou acima de 88%. Já a dosagem de 8mL de Bifentrina, aos 30 dias, apresentou 51,04% de mortalidade, sendo a maior nos tratamentos com este inseticida. Resistência e degradação dos inseticidas são possíveis causas da baixa mortalidade. Conclui-se que Pirimifós metílico com dosagem de 8mL representa a melhor forma de controle de *S. zeamais*.

**Palavras-chave:** *Sitophilus zeamais*, Bifentrina, Pirimifós metílico.

#### **ABSTRACT**

The objective was to assess the mortality of *Sitophilus zeamais* adults infesting corn grain treated with different insecticides over 240 days of storage. Two insecticides used, a liquid pyrethroid brand Starion® 25CE (Bifenthrin) and other liquid organophosphate the Actellic® mark (Pirimiphos methyl), with doses of 6 and 8 ml of the diluted product in 2 liters of water, applying 2 mL of solution per pound of beans. For the control treatment used 2 ml of water. Each dose was administered to three lots of 1 kg with use of spray uni-spray, with three replicates for each treatment and were analyzed in duplicate 50 g in a completely randomized design. Every 30 days after treatment, occurred infestations with 20 adult *S. zeamais*, with the rate observed after 15 days of contact. Infestations occurred 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 and 240 days after application of the products. 60 days after the application, both Pirimiphos methyl dosages caused mortality above 80%, but only after this period of 8 ml dose was above 88%. Have the dosage of 8 ml of Bifenthrin at 30 days showed 51.04% of mortality, and higher in the treatments with this insecticide. Resistance and degradation of insecticides are possible causes of low mortality. It is concluded that with 8 ml Pirimiphos methyl dosage is the best way to control *S. zeamais*.

**Key words:** *Sitophilus zeamais*, Bifenthrin, Pirimiphos methyl.

## INTRODUÇÃO

Um dos entraves na armazenagem do milho está relacionado à presença e aos danos de insetos-praga. Dentre os insetos cletrófagos que atacam o milho, destaca-se, em importância, a praga primária interna *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae), comumente chamada de gorgulho-do-milho (ELIAS et al., 2009).

De acordo com BENHALIMA et al.(2004), até meados dos anos 2000 o uso de fumigantes (fosfeto de alumínio e de magnésio) e inseticidas protetores (piretróides e organofosforados) era a prática mais utilizada para controle deste inseto. Porém, o uso indiscriminado dos inseticidas protetores e fumigantes para controlar os insetos-praga de produtos armazenados, aliado às técnicas inadequadas de uso, têm favorecido a seleção de populações resistentes (PIMENTEL et al., 2007).

Segundo GUEDES et al. (2006) e NATH et al. (2000) as populações resistentes podem sofrer modificações nas células do corpo gorduroso, favorecendo o armazenamento de reservas energéticas e a mobilização de enzimas envolvidas na degradação de moléculas tóxicas.

Os fabricantes de inseticidas recomendam período de carência de 30 dias, porém não existem informações sobre o tempo de ação dos inseticidas, após esse período de carência, no controle de insetos.

Baseando-se no exposto, foi verificada a mortalidade de adultos de *S. zeamais* infestando grãos de milho tratados com diferentes inseticidas ao longo de 240 dias de armazenamento.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Departamento de Fitossanidade da Faculdade de Agronomia da UFRGS em sala climatizada ( $25\pm 5$  °C;  $60\pm 5\%$  UR).

Os insetos utilizados neste experimento foram oriundos de criação em sala climatizada (mesmas condições do experimento) e mantidos em recipientes plásticos com tampa apresentando abertura vedada com tecido tipo voile para permitir as trocas gasosas.

Os indivíduos da espécie *S. zeamais* foram alimentados com grãos de milho (*Zea mays* L.), estes oriundos de lavoura experimental localizada na Estação Experimental Agrônômica da UFRGS situada na cidade de Eldorado do Sul, RS (km 146 da BR 290) e livres de agrotóxicos.

Os grãos utilizados neste trabalho foram de milho híbrido AS32, obtidos da safra 2010/2011.

Foram utilizados dois inseticidas, um piretróide líquido da marca Starion® 25CE (Bifentrina, classe toxicológica III e classe ambiental II) e um organofosforado líquido da marca Actellic® (Pirimifós metílico, classe toxicológica III e classe ambiental II), sendo as doses de 6 e 8mL do produto diluído em 2 litros de água, com aplicação de 2mL da solução por quilo de grãos. Ambos apresentam período de carência de 30 dias. Para o tratamento controle usou-se 2mL de água. Cada dosagem foi aplicada em três lotes de 1kg, com uso de pulverizador uni-spray modelo US-1500, da marca Gifor.

As aplicações ocorreram em recipientes plásticos com dimensões de 60 x 20cm, sendo um recipiente e um par de luvas para cada dosagem, e a homogeneização do produto com os grãos ocorreu através de mistura manual durante três minutos.

Após as aplicações os grãos de milho foram armazenados em recipientes de vidro (6L) fechado com tecido voile para evitar possíveis infestações e permitir as trocas gasosas.

A cada período de 30 dias após as aplicações, ocorreram as infestações com 20 adultos de *S. zeamais* em três repetições para cada dosagem, avaliados em duplicata de 50g, sendo a mortalidade verificada após 15 dias de contato. Às infestações ocorreram 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 e 240 dias após a aplicação dos produtos. Utilizaram-se recipientes plásticos de 300mL fechados com tecido voile para evitar a fuga dos insetos.

O delineamento foi inteiramente casualizado com esquema fatorial 4x8x3x2, ou seja, quatro doses de inseticidas, oito períodos de infestação, três repetições e duas duplicatas. As médias obtidas foram analisadas com o programa estatístico BioEstat 5.0 (AYRES et al., 2007) e submetidas a análise de variância pelo teste de Tukey a 1 % de probabilidade.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Ao longo dos 240 dias de experimento, em todas as análises ocorreram emergências (Tabela 39).

Tabela 39. Número total de adultos de *Sitophilus zeamais* emergidos ao longo de 240 dias de armazenamento em grãos de milho tratados com Bifentrina e Pirimifós metílico com dosagem de 6 e 8 mL. ( $25 \pm 5$  °C;  $60 \pm 5$  % UR) (n=20).

Infestação (dias)	Bifentrina		Pirimifósmetílico		Controle
	8mL	6mL	8mL	6mL	Água
30	72Aa	43Ab	34Abc	18Bc	47Ab
60	38Ba	36ABa	2Bb	9Bb	50Aa
90	10Cb	12Bb	2Bb	5Bb	41Aa
120	21BCb	22BCb	2Bb	12Bb	52Aa
150	3Cb	31ABa	1Bb	45Aa	10Bb
180	1Cb	8Cb	0Bb	40Aa	5Bb
210	11Cb	43Aa	11Bb	6Bb	1Bb
240	2Cb	13BCab	1Bb	12Bb	33Aa
CV <sup>2</sup>	1,406	1,230	2,404	1,565	1,435

<sup>1</sup>Médias seguidas de mesma letra, maiúsculas, na coluna e minúsculas na linha, não diferem entre si, ao nível de 1% pelo teste de Tukey.

<sup>2</sup>CV (%): coeficiente de variação.

Com a ocorrência de emergências, podemos perceber que os inseticidas não impedem que os insetos saiam do interior dos grãos, lembrando que estes não sofreram nenhum tipo de tratamento prévio, logo é possível que adultos já estivessem presentes nos grãos nas primeiras análises.

Em todas as análises, os tratamentos com Pirimifós-metílico apresentaram maior mortalidade diferindo estaticamente dos demais (Tabela 40). Foram contabilizados todos os insetos que estavam mortos, pois não havia como identificar os insetos infestantes dos que já estavam no interior dos grãos.



Tabela 40. Percentagem média ( $\pm$  EP) de adultos de *Sitophilus zeamais* mortos avaliados durante 240 dias em grãos de milho tratados com Bifentrina e Pirimifós metílico com dosagem de 6 e 8 mL. ( $25 \pm 5$  °C;  $60 \pm 5\%$  UR) (n=20)<sup>1</sup>.

Infestação (dias)	Bifentrina		Pirimifós metílico		Controle
	8mL	6mL	8mL	6mL	Água
30	51,04 $\pm$ 0,71Ab	11,66 $\pm$ 1,69Bc	80,52 $\pm$ 1,62Aa	97,10 $\pm$ 0,70Aa	5,99 $\pm$ 0,62Bc
60	40,50 $\pm$ 1,34ABb	16,67 $\pm$ 0,99Bc	99,16 $\pm$ 0,66Aa	92,25 $\pm$ 1,08Aa	2,94 $\pm$ 0,27Bc
90	27,34 $\pm$ 1,55BCbc	15 $\pm$ 0,68Bbc	99,17 $\pm$ 0,26Aa	35,00 $\pm$ 2,09Bb	11,69 $\pm$ 1,29ABc
120	23,57 $\pm$ 0,49BCb	19,01 $\pm$ 0,80Bb	96,52 $\pm$ 0,98Aa	21,77 $\pm$ 0,72BCb	12,21 $\pm$ 0,33ABb
150	26,72 $\pm$ 1,06BCb	17,36 $\pm$ 1,06Bb	99,13 $\pm$ 0,58Aa	21,38 $\pm$ 1,24BCb	28,34 $\pm$ 0,48Ab
180	29,52 $\pm$ 1,18BCb	7,26 $\pm$ 0,42Bc	92,92 $\pm$ 0,66Aa	10,69 $\pm$ 0,31BCbc	13,93 $\pm$ 0,79ABbc
210	25,41 $\pm$ 1,25BCb	3,31 $\pm$ 0,34Bc	88,28 $\pm$ 0,76Aa	14,52 $\pm$ 0,91BCbc	9,57 $\pm$ 0,48ABbc
240	13,68 $\pm$ 0,38Cb	28,03 $\pm$ 2,16Ab	94,21 $\pm$ 0,88Aa	9,77 $\pm$ 0,33Cb	24,34 $\pm$ 4,71ABb
CV <sup>2</sup>	0,679	1,013	0,115	0,954	1,389

<sup>1</sup>Médias seguidas de mesma letra, maiúsculas, na coluna e minúsculas na linha, não diferem entre si, ao nível de 1% pelo teste de Tukey.

<sup>2</sup>CV (%): coeficiente de variação.

Com a infestação realizada aos 30 dias após a aplicação, as aplicações com Pirimifós metílico apresentaram as maiores médias de mortalidade: 80,52% para a dose de 8mL e 97,10% para dose de 6mL.

Esse resultado se assemelha ao relatado por SANTOS et al. (2009), que testaram a eficiência de inseticidas Bifentrina e Pirimifós metílico contra 17 populações diferentes de *S. zeamais* 24 horas após a aplicação. Com Bifentrina a mortalidade variou de 0 a 100%, já com Pirimifós metílico de 98,33 a 100%. Segundo os autores, os resultados obtidos indicam que *S. zeamais* apresenta resistência ao inseticida Bifentrina e é suscetível ao Pirimifós metílico, o que pode ser observado na tabela 40.

Ocorrência de resistência a piretróides foi observada por RIBEIRO et al. (2003) em diferentes populações de *S. zeamais*, as quais foram expostas às concentrações discriminantes de piretróides, baseada na  $CL_{95}$ . Os autores constataram resistência a deltametrina, permetrina e cipermetrina em população oriunda do Paraná (Jacarezinho). Já populações oriundas de Goiás (Cristalina), Mato Grosso do Sul (Nova Andradina) e São Paulo (Penápolis e São José do Rio Preto), demonstraram maior suscetibilidade a deltametrina e permetrina.

Aos 60 dias após a aplicação, o valor de mortalidade do tratamento Bifentrina dose 6 mL corroborou com o relatado por SILVEIRA et al. (2006), os quais verificaram menos de 20% dos adultos de *S. zeamais* mortos após 60 dias de contato com grãos de milho contendo Bifentrina na dosagem recomendada pelo fabricante, mostrando resistência desta praga a este produto

A redução da mortalidade nos tratamentos com Bifentrina, em ambas as dosagens, também foi verificada por SILVEIRA et al. (2006), os quais relatam que quando ocorre diminuição de 60% da concentração inicial, a mortalidade de *S. zeamais* é nula. Em nenhuma avaliação houve mortalidade nula e isto pode estar relacionado à temperatura dos grãos no momento de aplicação dos inseticidas, pois segundo os mesmos autores, pode-se inferir que a temperatura do grão, no momento da pulverização, pode contribuir para a redução da eficácia de Bifentrina.

A partir da terceira contagem, apenas o tratamento Pirimifós metílico dose de 8mL apresentou suscetibilidade dos insetos. Nesta situação, o uso de dose abaixo do recomendado pelo fabricante não foi compatível com eficácia da recomendada. Neste caso não é necessariamente resistência por parte dos insetos e sim baixa concentração do produto em contato com os mesmos.

Os resultados obtidos com aplicação de Pirimifós metílico corroboram com SGARBIERO et al. (2003), uso de Pirimifós metílico com 12 mg.kg<sup>-1</sup> (ppm) de princípio ativo, que obtiveram 100% de mortalidade dos adultos do gorgulho do milho até 150 dias após a aplicação e de 180 a 240 dias variou de 96,00 a 99,50%. Desta forma, se verifica que *S. zeamais* apresenta suscetibilidade ao princípio ativo em questão, ao contrário dos inseticidas Piretróides, onde a mortalidade é mais baixa (GUEDES et al., 1995; SGARBIERO et al., 2003; SILVEIRA et al., 2006).

De acordo com SANTOS et al. (2009), a baixa suscetibilidade de insetos a determinado princípio ativo é devido ao uso de técnicas inadequadas de aplicação e dosagens incorretas de inseticidas.

A redução da eficiência verificada, além de possível resistência, pode estar relacionada ao fato dos tratamentos terem sido armazenados de forma a permitir as trocas gasosas com o meio externo, deste modo favorecendo a degradação dos inseticidas.

## CONCLUSÃO

Pode-se concluir que o inseticida Pirimifós metílico, aplicado com dosagem mínima de 8mL, é o mais eficiente no controle de *Sitophilus zeamais*.

Após 60 dias, aplicações de 6 e 8mL de Bifentrina e 6 mL de Pirimifós metílico causam mortalidade inferior a 40% no controle de *Sitophilus zeamais*.

## AGRADECIMENTO

Os autores agradem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsas.

**REFERÊNCIAS**

AYRES, M. et al. **BioEstat 5.0 Aplicações estatísticas nas áreasda ciências biológicas e médicas**. Belém: Sociedade Civil Mamirauá/CNPq, 2007. 324 p. Disponível em: <<http://www.mamiraua.org.br/pt-br/downloads/programas/bioestat-versao-53/>>. Acesso em: 20 fev. 2015.

BENHALIMA, H.; CHAUDHRY, M. Q.; MILLS, K. A.; PRICE, N. R. Phosphine resistance in stored-product insects collected from various grain storage facilities in Marocco. **Journal Stored Products Research**, Oxford, v. 40, n. 3, p. 241-249, 2004. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022474X03000122>>. Acesso em: 10 jan. 2015. doi: 10.1016/S0022-474X(03)00012-2.

ELIAS, M. C. et al. Umidade de colheita, métodos de secagem e tempo de armazenamento na qualidade tecnológica de grãos de trigo (cv. 'Embrapa 16'). *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 39, n.1, p. 25-30, 2009. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-84782009000100005](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782009000100005)>. Acesso em: 16 abril 2011. doi: 10.1590/S0103-84782009000100005.

GUEDES, R. N. C. et al. Resistance to DDT and pyrethroids in Brazilian populations of *Sitophilus zeamais* Motsch. (Coleoptera: Curculionidae). **Journal of Stored Products Research**, Oxford, v. 31, n. 2, p. 145-150, 1995. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0022474X9400043S>>. Acesso: 10 jan. 2015. doi: 10.1016/0022-474X(94)00043-S.

GUEDES, R. N. C. et al. Cost and mitigation of insecticide resistance in the maize weevil, *Sitophilus zeamais*. **Physiological Entomology**, Oxford, v. 31, n. 1, p. 30-38, mar. 2006. Disponível em: < <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365->

3032.2005.00479.x/epdf>. Acesso em: 20 fev. 2015. doi: 10.1111/j.1365-3032.2005.00479.x.

NATH, B. S. Changes in carbohydrate metabolism in hemolymph and fat body of the silkworm, *Bombyxmori*L. exposed to organophosphorus insecticides. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, San Diego, v. 68, n. 3, p. 127-137, Nov. 2000.

Disponível em: <  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048357500925094>>. Acesso em: 23 fev. 2015. doi: 10.1006/pest.2000.2509.

PIMENTEL, M. A.G. et al. Phosphine resistente, respiration rate and fitness consequences in stored-product insects. **Pest Management Science**, West Sussex, v. 63, n. 9, p. 876-881, Set. 2007. Disponível em: <  
<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ps.1416/full>>. Acesso em: 22 fev. 2015. doi: 10.1002/ps.1416.

RIBEIRO, B. M. et al. Insect resistance and synergism in Brazilian populations of *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). **Journal of Stored Products Research**, Oxford, v. 39, n. 1, p. 21-31, 2003. Disponível em: <  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022474X02000140>>. Acesso em: 20 fev. 2015. doi: 10.1016/S0022-474X(02)00014-0.

SANTOS, J. C. et al. Toxicidade de inseticidas piretróides e organofosforados para populações brasileiras de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 25, n. 6, p.75-81, 2009. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/7014>. Acesso em: 22 fev. 2015.

SGARBIERO, E. et al. Pirimiphos-Methyl Residues in Corn and Popcorn Grains and Some of their Processed Products and the Insecticide Action on the Control of

*Sitophilus zeamais* Mots. (Coleoptera: Curculionidae). Neotropical Entomology, Londrina, v. 32, n. 4, p. 707-711, 2003. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1519-566X2003000400024](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-566X2003000400024)>.

Acesso em: 21 fev. 2015. doi: 10.1590/S1519-566X2003000400024.

SILVEIRA, R. D. et al. Eficácia biológica e persistência de Bifentrina pulverizada em grãos de milho com diferentes temperaturas. Neotropical Entomology, Londrina, v. 35, n. 2, p. 264-268, 2006. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1519-566X2006000200017](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-566X2006000200017)>.

Acesso em: 22 fev. 2015. doi: 10.1590/S1519-566X2006000200017.

## 4 CONCLUSÕES

Independente do grão utilizado, milho trigo ou arroz com casca, teor de umidade inicial, período de infestação e dosagem, a terra de diatomácea controla satisfatoriamente *Sitophilus zeamais*.

A terra de diatomácea não impede que ocorra diminuição da qualidade dos grãos, porém quanto melhor a qualidade inicial do lote de grãos, melhor será a eficiência da terra de diatomácea.

Nas condições de umidade relativa do ar e temperatura estudados, os grãos de milho, trigo e arroz com casca tratados com terra de diatomácea, tendem a entrar em equilíbrio higroscópico com teor de umidade abaixo de 13%.

Pirimifós metílico, aplicação de 8 mL, apresenta controle acima de 90% dos adultos de *Sitophilus zeamais* ao longo de 240 dias.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALONÇO et al. **Importância Econômica, Agrícola e Alimentar**, 2006. Disponível em:<<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/ArrozIrigadoBrasil/ca/p01.htm>>. Acesso em: 16 jul. 2012.

ANNIS, P. C. Requeriments for fumigation and controlled atmospheres as options for pest and quality control in stored grain. In: CHAMP, B. R.; HIGHLEY, E.; BANKS, H. J. (Eds). **Fumigation and controlled atmosphere storage of grain**. Singapore, ACIAR, 1990. p.25-28. (Proceedings, 25)

ARTHUR, F. H.; THRONE, J. E. Efficacy of Diatomaceous Earth to Control Internal Infestations of Rice Weevil and Maize Weevil (Coleoptera: Curculionidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanham, n.92, v.2, p.510-513, 2003.

BANKS, H. J.; FIELDS, P. G. Physical methods for insect control in stored-grain ecosystems. In: JAYAS, D. S.; WHITE, N. D. G.; MUIR, W. E. **Stored-grain ecosystems**. New York: Marcell Dekker, 1995. p. 353-409.

BOOTH, R. G.; COX, M. L.; MADGE, R. B. **IIE Guides to insects of importance to man. 3. COLEOPTERA**. London: C.A.B.International, 1990. 384 p.

BROOKER, D.B.; BAKKER-ARKEMA, F.W.; HALL, C.W. Drying and storage of grains and oilseeds. New York: van Nostrand Reinhold, 1992. 450p.

CASELLA, T. L. C. et al. Dióxido de carbono associado à fosfina no controle do gorgulho do milho (*Sitophilus zeamais*). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 2, n. 2, p. 179-185, 1998.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Indicadores da agropecuária**. Brasília: Conab, 2015. Disponível em:<<http://www.conab.org.br>>. Acesso em: 05 mar. 2015.

COSTA, J. M. et al. **Pragas dos produtos armazenados e meios de controle**. Salvador: EPABA, 1980. 18p.

ELIAS, M.C. **Armazenamento e conservação de grãos, em médias e pequenas escalas**. 3ªed. Pelotas, RS: Editora Universitária da UFPEL, 2002. 218p.

ELIAS, M.C. **Pós-colheita de arroz: secagem, armazenamento e qualidade**. Editora Universitária da UFPEL. Pelotas, RS. 2007. 422p.



ELIAS, M. C. et al. Manejo integrado no controle de pragas de grãos e derivados. In: ELIAS, M. C.; OLIVEIRA, M. (Ed.) **Aspectos tecnológicos e legais na formação de auditores técnicos do sistema nacional de certificação de unidades armazenadoras**. Pelotas: Ed. Santa Cruz, 2009. Cap. 10, p. 430

EMBRAPA. [Embrapa trigo]. 2012. Disponível em: <<http://www.cnpt.embrapa.br/culturas/trigo/index.htm>>. Acesso em: 16 jul. 2012.

EMBRAPA. Milho história e arte. **Jornal Eletrônico da Embrapa Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, ano 02, edição 07, maio 2008. Disponível em: <[http://www.cnpm.embrapa.br/grao/7\\_edicao/grao\\_em\\_grao\\_materia\\_03.htm](http://www.cnpm.embrapa.br/grao/7_edicao/grao_em_grao_materia_03.htm)>. Acesso em: 18 mar. 2015.

FAO. **Better information sharing could reduce post-harvest food losses**. Rome, 2006. (New database launched) Disponível em: <[www.fao.org/es/](http://www.fao.org/es/)>. Acesso em: 10 nov. 2011.

FEPAGRO; EMATER/RS; FECOTRIGO. **Recomendações técnicas para a cultura do milho no Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: FEPAGRO, 1998. (Boletim técnico, 3)

LACERDA FILHO, A. F. et al. Estruturas para Armazenagem de Grãos. In: SILVA, J.S. (Ed.). **Secagem e Armazenagem de Produtos Agrícolas**. Viçosa: Editora Aprenda Fácil, 2000, p.107-138.

FREITAS, T. F. S. **Densidade de semeadura e adubação nitrogenada em cobertura na época de semeadura tardia de arroz irrigado**. 2007. 72 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007

GALLO, D. et al. 2002. **Entomologia agrícola**. Piracicaba, FEALQ, 920p.

IBGE - **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. 2012. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 10 dez. 2013.

LAZZARI, F. N. **Controle de *Zabrotes subfasciatus* (Boheman, 1833) (Coleoptera, Chrysomelidae, Bruchinae) e qualidade do feijão (*Phaseolus vulgaris* Linnaeus, 1753) tratado com terra de diatomácea**. 2005. 79 p. Dissertação (Pós-Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2005.

LOECK, A. E.; **Pragas de produtos armazenados**. Pelotas: EGUFPEL, 2002. 113p.

LORINI, I. **Controle integrado de pragas de grãos armazenados**. Passo Fundo, RS: EMBRAPA – CNPT, 1998.

LORINI, I. **Manejo integrado de pragas de grãos de cereais armazenados**. EMBRAPA TRIGO, Passo Fundo, RS. 2008. v. 2, p. 71.

LORINI, I. et al. Terra de diatomáceas como alternativa no controle de pragas de milho armazenado em propriedade familiar. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável** Porto Alegre, v.2, n.4, p. 32- 36,2001.

LORINI, I. et al. Armazenagem de Grãos. Campinas, SP: Instituto Biogeneziz, 2002. v. 1. 1000 p.

LORINI, I. et al. Tratamento de sementes armazenadas com Pós Inertes à Base de Terra de Diatomácea. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Passo Fundo, RS: 2003. Comunicado técnico on line (EMBRAPA) n. 113. Acesso em: 02 jul. 2009.

LORINI, I.; SCHNEIDER, S. **Pragas de grãos armazenados: resultados de pesquisa**. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1994. 47 p.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2015. Disponível em: <[http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons)> Acesso em: 28 mar. 2015.

MARIANO, F. D. et al. Utilização de terra de diatomácea como alternativa no controle de insetos em grãos de trigo armazenados. **Revista analytica**. n. 24. Agosto/Setembro. 2006.

MARTINS, T. Z.; OLIVEIRA, N. C. Controle de *sitophilus zeamais* (coleoptera: curculionidae) no milho pipoca (*zea mays* l.) tratado com terra de diatomácea. **Campo Digital**, Campo Mourão, v.1, n.2, p.79-85, jan/out. 2008.

MASSARO JUNIOR, A. L. et al. Eficiência da terra de diatomácea no controle de *Sitophilus zeamais* em milho armazenado. **Revista acadêmica**, v. 5, n. 1, p. 27 – 32. Curitiba, PR, 2007.

MONTROSS, J. E. et al.. **Grain storage**. In: Bakker-Arkema, F. W. (ed.). CIGR handbook of agricultural engineering. St. Joseph: ASAE, 1999. v.4, p.46-59.

MOUND, L. (Ed.). **Common Insect Pests of Stored Food Products. A guide to their identification**. British Museum (Natural History), 1989. 68p. (Economic Series, 15).

NOVARROZ. Disponível em <<http://novarroz.pt/mundo-do-arroz/historia-do-arroz/a-origem-da-cultura-do-arroz-asia-neolitica/>>. Acesso em: 28 fev. 2014.

PAULA, M. C. Z. **Manutenção da qualidade do arroz armazenado: monitoramento e controle de insetos**. 2001. 74f. Tese (Doutorado em Entomologia) - Departamento de Zoologia, Universidade Federal do Paraná.

PEREIRA, P. R. V. S. et al. Eficiência de inseticidas no controle de *Sitophilus oryzae* (l.) (coleoptera: curculionidae) e *Rhyzopertha dominica* (fab.) (Coleoptera: Bostrichidae) em cevada armazenada. **Revista Acadêmica: ciências agrárias e ambientais**, Curitiba, v.1, n.3, p. 65-71, jul./set. 2003.

PIMENTEL, M. A. G. et al. Eficácia biológica de Bifentrina aplicado em milho em milho armazenado em diferentes temperaturas. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**. vol. 9, n. 2. Campina Grande, 2005.

PINTO JUNIOR, A. R. et al. Eficácia de fosfina no controle de pragas de produtos armazenados em farelo de soja. **Revista acadêmica: ciências agrárias e ambientais**. Curitiba, v2, n2, p. 53-57. 2004.

PINTO JUNIOR., A. R. Eficiência de terra de diatomácea no controle de algumas pragas de milho armazenado a granel. Revista da FZVA. Uruguaiiana, v. 15, n. 1, p. 61-70. 2008.

PINTO JUNIOR, V.R. et al. Avaliação de inseticidas no controle de *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae), e *Rhyzopertha dominica* (Fab.) (Coleoptera: Bostrichidae) em arroz armazenado. **Anais da Sociedade de Entomologia**, Piracicaba, v.26, n.2, p.285-290, 1997.

PLAZAS, I. H. A. Z. et al. Viabilidade de sementes de trigo tratadas com fenitrothion e infestadas por *sitophilus oryzae* (L.) (coleoptera: curculionidae) durante o armazenamento. **Bragantia**, v.62, n.2, p.315-327, 2003.

PUZZI, D.. **Abastecimento e armazenamento de grãos**. Ed. atualizada. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 666p., 2000.

REZENDE, A. C. et al. Avaliação prática de K-obiol no tratamento de grãos armazenados em armazéns graneleiros. In: Congresso Brasileiro de Entomologia, 9., Londrina, 1984. **Resumos**. Londrina: SEB, 1984. P.251.

SANTOS, D. Armazenamento de grãos e cereais a nível de fazenda. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE ARMAZENAGEM, 2, Brasília, 1977. **Anais...**, Brasília, CIBRAZEN, 1977 p.55-61.

SANTOS, J. P. Novo produto piretróide para o controle de *Sitophilus zeamais* em grãos de milho armazenado. **Comunicado técnico EMBRAPA**, Sete Lagoas, Minas Gerais, dezembro 2005.

SARTORI, J. A. **Qualidade dos Grãos de Milho após o Processo de Secagem**. Campinas, UICAMP, Faculdade de Engenharia Agrícola, 2001. Tese (dissertação de Mestrado).

SAUER, D.B. **Storage of cereal grains and their products**. St. Paul: American Association of Cereal Chemists, 1992. 615p.

SEEDNEWS (2002). Disponível em <http://www.seednews.inf.br/portugues/seed62/milho62.shtml>. Acesso em: 28 fev. 2014.

SILVA, J. S. et al. Estudos dos métodos de Secagem. In: Silva, J.S., **Pré-processamento de Produtos Agrícolas**. Instituto Maria, Juiz de Fora, 1995, p.105-143.

SMIDERLE, O. J.; CICERO, S. M. Tratamento inseticida e qualidade de sementes de milho durante o armazenamento. **Scientia agricola**, vol. 56, n. 4, s. 0, Piracicaba, 1999.

SOSBAI. **Arroz Irrigado: Recomendações da pesquisa para o Sul do Brasil**. Santa Maria: Sosbai, 2005. p 89-92.

SOUZA, P. M.; BRAGA, M. J. A cultura do milho no Brasil: evolução e perspectivas. In: GALVÃO, J. C. C. et al. **A cultura do milho no Brasil**. Viçosa: UFV, 2002.

TREVIZAN, L. R. P.; BAPTISTA, R. C. Resíduos de deltametrina em grãos de trigo e em seus produtos processados, determinados por cromatografia gasosa. **Scientia agrícola**, v.57, n.2, p.199-203, 2000.

USDA. **United States Department of Agriculture**. 2015. Disponível em: <<http://www.usda.gov/wps/portal/usda/usdahome>>. Acessado em: 30 mar. 2015.

VIEIRA, M. G. G. C. et al. **Controle de Qualidade de Sementes**. Lavras, UFLA/FAEPE, 1999, p. 1, 4.

WILLE, P. E. et al. Eficiência da Terra de Diatomácea proveniente do resíduo da indústria cervejeira como método alternativo para o controle de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) em diferentes grãos. **Cadernos de Agroecologia**, v. 8, n. 2, p. 1-5, 2013.

WHITE, N. D. G.; LEESCH, J. G. Chemical control. In: **SUBRAMANYAM, B.; HAGSTRUM, D. Integrated management of insects in stored products**. New York: Marcel Dekkers, 1996. p.287-330.

## 6 VITA

Luidi Eric Guimarães Antunes é filho de José Sturn Antunes e Maria do Horto Guimarães Antunes. Nasceu em Uruguaiana-RS em 19 de janeiro de 1984.

Cursou o ensino fundamental na Escola Estadual de 1º Grau Rio de Janeiro e Colégio Militar de Porto Alegre, ambos em Porto Alegre, RS. O ensino médio cursou no Colégio Militar de Porto Alegre, Porto Alegre, RS.

Em 2003 ingressou no Curso de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), em Porto Alegre, RS, onde se graduou Engenheiro Agrônomo em agosto de 2008. Em 2009 ingressou no Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia (PPG-Fitotecnia) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), em Porto Alegre, RS, onde obteve o grau de Mestre em Fitotecnia, Ênfase em Entomologia, em março de 2011. Em agosto do mesmo ingressou no Curso de Doutorado do PPG-Fitotecnia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), em Porto Alegre, RS.

Em janeiro de 2013 assumiu como professor assistente do quadro permanente da Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS) na unidade de Vacaria-RS. Foi coordenador do Curso Superior de Tecnologia em Agropecuária Integrada de agosto de 2013 a dezembro de 2014. Durante o ano de 2014 foi membro da Comissão de Elaboração do Projeto Pedagógico do Curso de Licenciatura em Ciências Agrárias e idealizador do Curso, o qual iniciou suas atividades na UERGS pela unidade de

Vacaria, no ano de 2015, sob sua coordenação. Em janeiro do mesmo ano foi designado como membro da Comissão de Reformulação do Projeto Pedagógico do Curso Superior de Tecnologia em Horticultura.