

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

EFEITO DA DOSE E TEMPO DE EXPOSIÇÃO À TERRA DE DIATOMÁCEA E  
INSETICIDAS EM ADULTOS DE *Sitophilus zeamais* (Col., Curculionidae) E  
*Tribolium castaneum* (Col., Tenebrionidae) EM GRÃOS DE MILHO ARMAZENADO

Luidi Eric Guimarães Antunes  
Engenheiro Agrônomo/UFRGS

Dissertação apresentada como um dos requisitos  
à obtenção do Grau de Mestre em Fitotecnia  
Ênfase Entomologia

Porto Alegre (RS), Brasil  
Março de 2011

CIP - CATALOGAÇÃO INTERNACIONAL NA PUBLICAÇÃO  
Biblioteca Setorial da Faculdade de Agronomia da UFRGS

A636e Antunes, Luidi Eric Guimarães  
Efeito da dose e tempo de exposição à terra de diatomácea e inseticidas em adultos de *Sitophilus zeamais* (Col., Curculionidae) e *Tribolium castaneum* (Col., Tenebrionidae) em grãos de milho armazenado / Luidi Eric Guimarães Antunes. -- 2011.

x, 55 f.; il.

Dissertação (Mestrado – Ênfase Entomologia) – Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

1. Milho. 2. Praga de produto armazenado. I. Título.

CDD: 633.15

LUIDI ERIC GUIMARÃES ANTUNES  
Engenheiro Agrônomo - UFRGS

## DISSERTAÇÃO

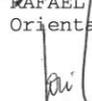
Submetida como parte dos requisitos  
para obtenção do Grau de

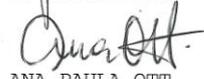
### MESTRE EM FITOTECNIA

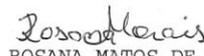
Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia  
Faculdade de Agronomia  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Porto Alegre (RS), Brasil

Aprovado em: 30.03.2011  
Pela Banca Examinadora

  
RAFAEL GOMES DIONELLO  
Orientador - PPG Fitotecnia

  
JOSUÉ SANT'ANA  
Co-orientador - PPG Fitotecnia

  
ANA PAULA OTT  
PPG Fitotecnia

  
ROSANA MATOS DE MORAIS  
Bolsista PRODOC/UFRGS

  
ALCI ENIMAR LOECK  
Faculdade de Agronomia  
UFPel

Homologado em: 16.05.2011  
Por

  
PAULO VITOR DUTRA DE SOUZA  
Coordenador do Programa de  
Pós-Graduação em Fitotecnia

  
PEDRO ALBERTO SELBACH  
Diretor da Faculdade de  
Agronomia

*Aos meus pais, José e Maria,  
Aos meus irmãos Luiz Eduardo, Leandro e Lucas,  
À minha vovó Lucila,  
À minha tia Marisa,  
À minha namorada Patrícia.*

*Com carinho,*

*Dedico*

## **AGRADECIMENTOS**

Ao meu orientador, Dr. Rafael Gomes Dionello, e ao meu co-orientador, Dr. Josué Sant'Ana, por toda ajuda dedicada para a realização deste projeto.

À Priscila Correa Viebrantz e Roberto Gottardi por toda a ajuda durante a realização deste projeto, assim como pela amizade.

Ao Dr. Irineu Lorini pelo auxílio em relação aos experimentos.

À minha família por todo o apoio, ajuda e incentivo para a realização deste projeto em minha vida. É muito bom pertencer a esta família que além de muito unida é maravilhosa.

À Patrícia Daniela da Silva Pires e sua família por todo o carinho e companheirismo dedicado a mim durante este período.

Ao professor Renar João Bender e demais colegas por toda a ajuda prestada.

À Protection Insumos pelo fornecimento dos produtos testados neste projeto.

À Capes pela bolsa de estudos concedida.

# EFEITO DA DOSE E TEMPO DE EXPOSIÇÃO À TERRA DE DIATOMÁCEA E INSETICIDAS EM ADULTOS DE *Sitophilus zeamais* (Col., Curculionidae) E *Tribolium castaneum* (Col., Tenebrionidae) EM GRÃOS DE MILHO ARMAZENADO<sup>1</sup>

Autor: Luidi Eric Guimarães Antunes

Orientador: Rafael Gomes Dionello

Co-orientador: Josué Sant'Ana

## RESUMO

As pragas de grãos armazenados causam danos que correspondem a 10% das perdas na pós-colheita do Brasil. Entre as principais pragas destacam-se as espécies *Sitophilus zeamais* e *Tribolium castaneum*. Entre as formas de controle destacam-se o uso de pós-inertes e produtos químicos. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a mortalidade de adultos de *S. zeamais* e *T. castaneum* com uso de terra de diatomácea (TD) e de dois inseticidas no controle de adultos de *S. zeamais*. Os tratamentos com TD foram: 1000 e 2000 g.t<sup>-1</sup> e controle (sem aplicação). Os insetos (10 de cada espécie) foram acondicionados em recipientes plásticos de 300 mL, contendo 100 g de grãos de milho com diferentes umidades (12, 14 e 16% b.u.). As infestações ocorreram em 1 hora, 10 e 20 dias após a aplicação da TD. Avaliou-se a mortalidade aos 30 e 60 dias. Foram realizadas cinco repetições/tratamento. No bioensaio com o inseticida piretróide utilizou-se as doses de 2,5; 3,5 e 4,5 ppm, e para o organofosforado, 4,0; 6,0 e 8,0 ppm, estas foram diluídas em 2 L de água com aplicação de 2 mL da calda produzida. No controle foi aplicado 2 mL de água. Essas aplicações foram realizadas com o uso de pipeta e pulverizador manual. Cada tratamento foi composto por cinco repetições constituídas de recipientes plásticos de 300 mL que acondicionaram 50 g de grãos tratados e 15 adultos de *S. zeamais*. As infestações ocorreram com 30, 60, 90, 120, 150 e 180 dias após a aplicação dos produtos. A mortalidade foi avaliada 15 dias após a infestação. Com uso de TD foi obtida maior mortalidade para a espécie *S. zeamais* do que *T. castaneum*, sendo que a mesma aumenta conforme o tempo de exposição dos insetos. A espécie *T. castaneum* apresenta-se mais tolerante ao uso de TD em relação ao gorgulho. Independente do modo de aplicação o inseticida Bergard® é 100% eficiente no controle de *S. zeamais*, por até 180 dias de armazenamento de grãos de milho, na dose de 4,0 ppm. O inseticida Starion® apresentou eficiência superior a 65,33%, 180 dias após a aplicação e a dose de 3,5 ppm foi a única a ser 100% eficiente no controle de *S. zeamais*, em ambos os modos de aplicação.

---

<sup>1</sup>Dissertação de Mestrado em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (55p.) Março, 2011.

# EFFECT OF DOSE AND TIME EXPOSURE DIATOMACEOUS EARTH AND INSECTICIDES IN INSECTS *Sitophilus zeamais* (Col., Curculionidae) and *Tribolium castaneum* (Col., Tenebrionidae) IN STORED MAIZE GRAINS<sup>1</sup>

Author: Luidi Eric Guimarães Antunes

Adviser: Rafael Gomes Dionello

Co-adviser: Josué Sant'Ana

## ABSTRACT

The stored grain pests that cause damage for 10% of post-harvest losses of Brazil. Among the main highlights were the pest species *Sitophilus zeamais* and *Tribolium castaneum*. Among the forms of control include the use of post-aggregates and chemicals. Therefore, the objective was to assess the mortality of adult *S. zeamais* and *T. castaneum* with the use of diatomaceous earth (DE) and two insecticides to control adults of *S. zeamais*. The treatments with DE were 1000 and 2000 g.t<sup>-1</sup> and control (no application). Insects (10 species) were placed in plastic containers of 300 ml, containing 100 g of corn kernels with different moisture contents (12, 14 and 16% wb). Infestations occurred in 1 hour, 10 and 20 days after the application of DE. We evaluated the mortality at 30 and 60 days. There were five replicates per treatment. The bioassay with the pyrethroid insecticide was used doses of 2.5, 3.5 and 4.5 ppm, and the organophosphate, 4.0, 6.0 and 8.0 ppm, these were diluted in 2 L application of water with 2 mL of the syrup produced. In the control was applied 2 mL of water. These applications were made with the use of manual pipettes and spray. Each treatment comprised five replicates consisting of 300 mL plastic containers which they contained 50 g of wheat treated and 15 adults of *S. zeamais*. The infestation occurred at 30, 60, 90, 120, 150 and 180 days after application of products. Mortality was assessed 15 days after infestation. With use of DE was obtained higher mortality for the species *S. zeamais* than *T. castaneum*, and the same increases as the exposure time of insects. The *T. castaneum* appears more tolerant to the use of DE in relation to the weevil. Regardless of the mode of application of insecticide Bergard ® is 100% effective in controlling *S. zeamais*, for 180 days of storage of maize grains at a dose 4.0 ppm. The insecticide Starion ® showed efficiencies higher than 65.33% at 180 days after application and the dose of 3.5 ppm was the only one to be 100% effective in controlling *S. zeamais* in both modes of application.

---

<sup>1</sup>Master of Science dissertation in Agronomy, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil. (55p.) March, 2011.

## SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1. Cultura do milho.....	3
2.2. Armazenagem.....	4
2.2.1. Insetos em grãos armazenados.....	6
2.2.1.1. <i>Sitophilus zeamais</i> (Coleoptera: Curculionidae).....	7
2.2.1.2. <i>Tribolium castaneum</i> (Coleoptera: Tenebrionidae)....	9
2.3. Manejo de insetos em grãos armazenados.....	12
2.3.1. Controle químico.....	13
2.3.1.1. Inseticidas piretróides.....	13
2.3.1.2. Inseticidas organofosforados.....	15
2.3.2. Terra de diatomácea.....	16
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	19
3.1. Milho ( <i>Zea mays</i> ).....	19
3.2. Criação dos insetos.....	19
3.3. Secagem dos grãos de milho.....	20
3.4. Bioensaios.....	20
3.4.1. Controle de <i>Sitophilus zeamais</i> e <i>Tribolium castaneum</i> com uso de terra de diatomácea.....	20
3.4.2. Controle de <i>Sitophilus zeamais</i> com inseticidas piretróide e organofosforado.....	24
3.5. Delineamento experimental e análise estatística.....	27
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	28
4.1. Controle de <i>Sitophilus zeamais</i> e <i>Tribolium castaneum</i> com uso de terra de diatomácea.....	28
4.2. Controle de <i>Sitophilus zeamais</i> com o uso de inseticidas piretróide e organofosforado.....	43
5. CONCLUSÕES.....	47
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	48
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	49

## RELAÇÃO DE TABELAS

	Página
1. Número médio ( $\pm$ EP) de adultos emergidos de <i>Sitophilus zeamais</i> após 60 dias em grãos de milho com diferentes umidades (12, 14 e 16%), tratados com terra de diatomácea (dosagens de 1000 e 2000 g.t <sup>-1</sup> ). (25 $\pm$ 5 °C; 60 $\pm$ 5% UR e fotofase de 16 horas) (n=10).....	28
2. Mortalidade média ( $\pm$ EP) de adultos de <i>Sitophilus zeamais</i> avaliados após 30 dias, em função do tempo de infestação, da umidade dos grãos de milho (12, 14 e 16%) e das dosagens de terra de diatomácea (1000 e 2000 g.t <sup>-1</sup> ). (25 $\pm$ 5 °C; 60 $\pm$ 5% UR e fotofase de 16 horas) (n=10).....	29
3. Mortalidade média ( $\pm$ EP) de adultos de <i>Sitophilus zeamais</i> avaliados após 60 dias, em função do tempo de infestação, da umidade dos grãos de milho (12, 14 e 16%) e das dosagens de terra de diatomácea (1000 e 2000 g.t <sup>-1</sup> ). (25 $\pm$ 5 °C; 60 $\pm$ 5% UR e fotofase de 16 horas) (n=10).....	31
4. Número médio ( $\pm$ EP) de adultos emergidos de <i>Tribolium castaneum</i> após 60 dias em grãos de milho com diferentes umidades (12, 14 e 16%), tratados com terra de diatomácea (dosagens de 1000 e 2000 g.t <sup>-1</sup> ). (25 $\pm$ 5 °C; 60 $\pm$ 5% UR e fotofase de 16 horas) (n=10).....	32
5. Mortalidade média ( $\pm$ EP) de adultos de <i>Tribolium castaneum</i> avaliados após 30 dias, em função do tempo de infestação, da umidade dos grãos de milho (12, 14 e 16%) e das dosagens de terra de diatomácea (1000 e 2000 g.t <sup>-1</sup> ). (25 $\pm$ 5 °C; 60 $\pm$ 5% UR e fotofase de 16 horas) (n=10).....	33
6. Mortalidade média ( $\pm$ EP) de adultos de <i>Tribolium castaneum</i> avaliados após 60 dias, em função do tempo de infestação, da umidade dos grãos de milho (12, 14 e 16%) e das dosagens de terra de diatomácea (1000 e 2000 g.t <sup>-1</sup> ). (25 $\pm$ 5 °C; 60 $\pm$ 5% UR e fotofase de 16 horas) (n=10).....	37
7. Valores médios (%) de defeitos em grãos de milho “in natura” (I) e tratados sem e com terra de diatomácea (1000 e 2000 g.t <sup>-1</sup> ), infestados com insetos adultos de <i>Sitophilus zeamais</i> e <i>Tribolium castaneum</i> 1 hora após a aplicação.....	38

	Página
8. Valores médios (%) de defeitos em grãos de milho “in natura” e tratados sem e com terra de diatomácea (1000 e 2000 g.t <sup>-1</sup> ), infestados com insetos adultos de <i>Sitophilus zeamais</i> e <i>Tribolium castaneum</i> 10 dias após a aplicação.....	40
9. Valores médios (%) de defeitos em grãos de milho “in natura” e tratados sem e com terra de diatomácea (1000 e 2000 g.t <sup>-1</sup> ), infestados com insetos adultos de <i>Sitophilus zeamais</i> e <i>Tribolium castaneum</i> 20 dias após a aplicação.....	42
10. Número médio ( $\pm$ EP) de adultos de <i>Sitophilus zeamais</i> mortos após infestarem grãos de milho tratados com bifentrina (doses de 2,5; 3,5 e 4,5 ppm, com aplicação via pipeta) armazenados por até 180 dias. (25 $\pm$ 5 °C; 60 $\pm$ 10% UR) (n=15).....	43
11. Número médio ( $\pm$ EP) de adultos de <i>Sitophilus zeamais</i> mortos após infestarem grãos de milho tratados com bifentrina (doses de 2,5; 3,5 e 4,5 ppm, com aplicação via pulverizador) armazenados por até 180 dias. (25 $\pm$ 5 °C; 60 $\pm$ 10% UR) (n=15).....	44
12. Eficiência (%) do inseticida piretróide (bifentrina) em ambas as formas de aplicação (pipeta e pulverizador) no controle de adultos de <i>Sitophilus zeamais</i> infestando grãos de milho armazenados por até 180 dias. (n = 15).....	45

## RELAÇÃO DE FIGURAS

	Página
1. Adulto de <i>Sitophilus zeamais</i> .....	7
2. Detalhe do formato do rostró de macho (A) e de fêmea (B) de <i>Sitophilus zeamais</i> .....	8
3. Larva de <i>Sitophilus zeamais</i> .....	8
4. Adulto de <i>Tribolium castaneum</i> .....	10
5. Pupa de <i>Tribolium castaneum</i> .....	11
6. Larva de <i>Tribolium castaneum</i> .....	11
7. Gaiolas de plástico e acrílico utilizados na criação das espécies <i>Sitophilus zeamais</i> e <i>Tribolium castaneum</i> .....	20
8. Aplicação de terra de diatomácea em grãos de milho.....	20
9. Homogeneização manual de grãos de milho com terra de diatomácea	21
10. Recipiente plástico de 300 mL contendo 100 gramas de grãos de milho tratados com terra de diatomácea e infestados com adultos de <i>Sitophilus zeamais</i> e <i>Tribolium castaneum</i> .....	22
11. Verificação da mortalidade de adultos de <i>Sitophilus zeamais</i> , infestando grãos de milho tratados com terra de diatomácea.....	23
12. Aplicação de inseticida via pulverização (A) e pipeta (B).....	25
13. Verificação da mortalidade de adultos de <i>Sitophilus zeamais</i> .....	26

## 1 INTRODUÇÃO

Em algumas regiões da África e América Latina, estima-se que as perdas possam chegar a 50% da quantidade colhida. No Brasil, calcula-se que as perdas nas etapas de pós-colheita de grãos, estejam entre 25 e 30% do que é produzido, sendo estas causadas principalmente por insetos-pragas, fungos e roedores. A perda de grãos armazenados devido ao ataque de insetos no Brasil foi estimada em cerca de 15% de peso total.

Devido às diversas operações realizadas (colheita, transporte, secagem e armazenamento) pelas quais passam os grãos de milho, 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 ao mínimo, 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. Dentre os insetos cletrófagos que atacam o milho destacam-se em importância *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae) e *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae).

Os danos ocasionados por estas espécies compreendem perda de peso e qualidade nos grãos, presença de fragmentos de insetos em subprodutos alimentares, deterioração da massa de grãos, contaminação fúngica levando a presença de micotoxinas, efeitos negativos na saúde humana e animal e dificuldade para exportação de produtos e subprodutos brasileiros devido ao potencial de risco de contaminação.

Para o controle destes insetos, faz-se o uso de inseticidas, os quais se utilizados de maneira incorreta, tanto em relação às doses, como ao tempo de exposição, acarretam na resistência dos insetos.

As principais causas desta resistência são problemas de não hermeticidade nos locais de expurgo e doses muito baixas ou muito altas na operação de fumigação e de aplicação dos inseticidas. Ainda são poucas as informações a respeito de métodos não químicos para o manejo destas pragas, assim como da influência da umidade dos grãos na eficiência do controle.

O uso de pós-inertes, principalmente a terra de diatomácea, vem crescendo devido à necessidade de produtos livres de resíduos maléficos à saúde dos consumidores. Esses produtos agem por abrasividade e rompem a camada de cera do tegumento dos insetos causando a morte por dissecação. O uso errôneo destes pós-inertes pode causar tolerância aos insetos, o que dificultará o seu controle.

De acordo com o exposto este trabalho objetivou avaliar:

1. Efeito de grãos de milho tratados com terra de diatomácea na mortalidade e emergência de insetos adultos das espécies *S. zeamais* e *T. castaneum*, em duas concentrações (1 e 2 kg.t<sup>-1</sup>), em três diferentes teores de água (12, 14 e 16%) e em três períodos diferentes de infestação (1 h, 10 e 20 dias). Ao término do período de 60 dias realizou-se a análise tecnológica;

2. Efeito dos inseticidas piretróide (bifentrina) nas doses de 2,5; 3,5 e 4,5 ppm e organofosforado (pirimifós-metil) nas doses de 4,0; 6,0 e 8,0 ppm aplicados de duas formas (pipeta e pulverização manual) no controle de insetos adultos de *S. zeamais*.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Cultura do milho

O milho (*Zea mays* L.) é uma planta anual, herbácea, pertencente à classe das monocotiledôneas (FEPAGRO, 1998).

De acordo com Gaut *et al.*(2000), este cereal possui idade estimada em 11 milhões de anos e o seu surgimento seria resultado de um evento de poliploidização. A sua origem é do território mexicano (Paterniani & Campos, 19999), onde foi cultivado por astecas e maias (FEPAGRO, 1998).

Segundo a CONAB (2011), o milho é o segundo grão mais produzido no Brasil, perdendo somente para a soja, chegando a aproximadamente 56 milhões de toneladas, na safra 2009/2010, com uma estimativa de colheita de aproximadamente 55 milhões para a safra 2010/2011, com uma redução de produção de 1,7% em relação à safra anterior. No Brasil, os estados de maior produção são Paraná, Mato Grosso, Minas Gerais e Rio Grande do Sul, com cerca de 10% da produção nacional e uma produtividade média de aproximadamente 5.000 kg.ha<sup>-1</sup>.

A cultura do milho é uma das mais importantes para o país, em razão de seu grande uso nas atividades agropecuárias e na indústria, constituindo 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 Armazenagem

O armazenamento caracteriza-se como um 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 (Filho *et al.*, 2000).

No Brasil, as novas áreas de ocupação agrícola, por serem construções relativamente recentes, já são próprias para grãos. O mesmo ocorre nos estados do Sul do país, graças à tradicional agricultura de grãos. De acordo com a CONAB (2010) a capacidade estática de armazenagem no Brasil é de 45% para sistemas convencionais e 55% para sistema a granel.

Mesmo que a capacidade estática de armazenagem no Brasil apresente-se relativamente compatível com a produção de grãos, as condições técnicas das estruturas de armazenamento e equipamentos, associados à baixa eficiência operacional e administrativa, à localização espacial concentrada na rede intermediária e terminal de armazenamento, conduzem ao estrangulamento da estrutura existente, refletindo-se em grande perda dos produtos (FEPAGRO, 1998; Lacerda Filho *et al.*, 2000; CONAB, 2010).

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). O que trará melhor remuneração e aproveitamento dos recursos disponíveis na propriedade para a secagem e o armazenamento adequados. Outra vantagem é a disponibilidade de um produto de melhor qualidade e melhor adaptado às condições de consumo e/ou

comercialização (Santos, 1977; Puzzi, 2000; Silva *et al.*, 1995; Filho *et al.*, 2000; Elias, 2002).

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

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, o teor de água, 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).

De acordo com Lorini & Schneider, 1994, depois de limpos e secos os grãos são colocados em armazéns graneleiros de grande capacidade estática. Nestes locais podem ocorrer problemas com o controle de temperatura e com o sistema de aeração. Nestas estruturas permanecem depositados até a retirada para comercialização e posterior consumo, sem que ocorra um monitoramento da massa de grãos para verificar temperatura, umidade e presença de insetos, situações que podem determinar perdas quantitativas e qualitativas.

Atualmente, a qualidade dos grãos 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.

### **2.2.1 Insetos em grãos armazenados**

Conforme Costa *et al.* (1980), os insetos causam sérios prejuízos aos produtos armazenados, sendo um dos maiores competidores do homem na luta por 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).

As espécies pragas de insetos cletrófagos de maior importância no milho armazenado são: os coleópteros *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Curculionidae), *Sitophilus oryzae* (Linné) (Curculionidae), *Rhyzopertha dominica* Fabrício (Bostrychidae), *Tribolium castaneum* (Herbst) (Tenebrionidae), *Oryzaephilus surinamensis* (Linnaeus) (Silvanidae), *Cryptolestes ferrugineus* Stephens (Cucujidae) e os lepidópteros *Sitotroga cerealella* Oliver (Gelechiidae), *Plodia interpunctella* Hubner (Pyralidae), *Ephestia kuehniella* Zeller (Pyralidae), *Ephestia elutella* Walker (Pyralidae) (Elias *et al.*, 2009).

De acordo com Loeck (2002), conforme o hábito alimentar os insetos recebem classificações. É classificado como primário todo o inseto que apresenta a capacidade de se alimentar de grãos ainda sadios, sendo subdividido em primário interno e externo. Primário interno é todo inseto cuja fase larval se desenvolve no interior do mesmo grão, enquanto no

primário externo a fase larval se desenvolve no interior de mais de um grão. É classificado como inseto secundário aquele que não apresenta a capacidade de consumir grãos sadios.

#### **2.2.1.1 *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae)**

O gorgulho do milho, *S. zeamais* Motschulsky (Figura 1), é uma das principais pragas de grãos armazenados de milho no Brasil, onde diversos inseticidas são utilizados para o seu controle (Guedes, 1991; Lorini, 2008). Este inseto cosmopolita é classificado quanto ao hábito alimentar como praga primária interna, devido à capacidade de danificar grãos ainda intactos. Os adultos medem 2,0 a 3,5 mm, são de coloração castanho-escura com manchas claras nos élitros (asas anteriores) e 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 (Figura 2) (Lorini & Schneider, 1994; Loeck, 2002).



FIGURA 1. Adulto de *Sitophilus zeamais*.



FIGURA 2. Detalhe do formato do rostró de macho (A) e fêmea (B) de *Sitophilus zeamais*.

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. Os machos apresentam longevidade de 142 dias (Athié & de Paula, 2002)

As larvas (Figura 3) são de coloração amarelo-claro, do tipo curculioniforme com a cabeça de cor marrom-escura e as pupas brancas (Mound, 1989; Booth *et al.*, 1990). Esta espécie apresenta elevado potencial biótico.

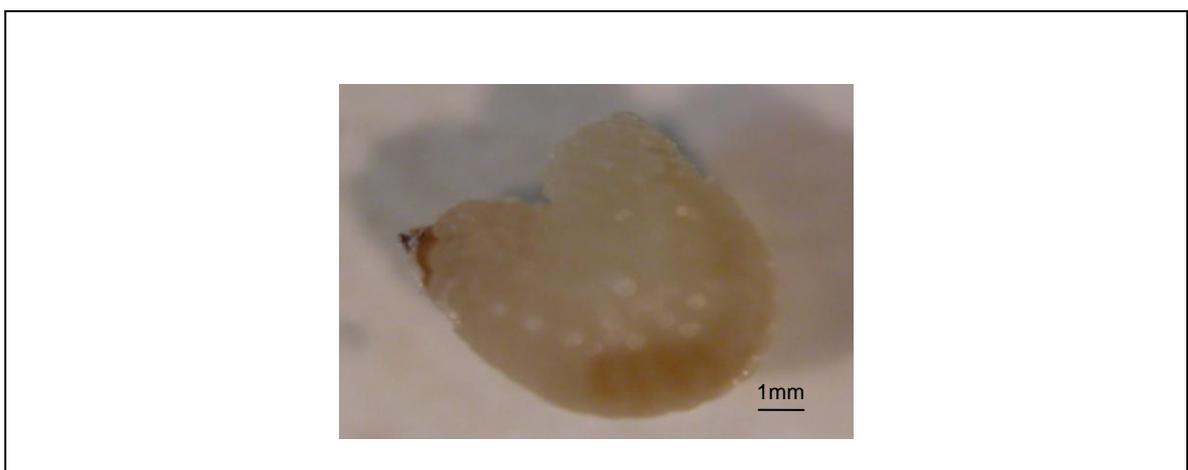


FIGURA 3. Larva de *Sitophilus zeamais*.

A postura é feita nos grãos, onde o inseto passa todo o ciclo em seu interior (Loeck, 2002). O período de incubação oscila entre 3 e 6 dias, sendo o ciclo evolutivo de ovo até a emergência dos adultos de 34 dias (Lorini & Schneider, 1994; Lorini, 2001a).

Antunes *et al.* (2010ab), avaliando as perdas qualitativas e quantitativas causadas pela infestação de 150 adultos da espécie *S. zeamais* em 600 g de grãos de milho, observaram perdas de aproximadamente 43% do teor de gordura (qualitativas) e 17% do peso de matéria seca (quantitativas) ao final dos 120 dias de armazenamento.

Existem diversas técnicas de controle de *S. zeamais* em grãos de milho, sendo as principais, uso de terra de diatomácea em diferentes dosagens (Massaro Jr *et al.*, 2007); uso de inseticidas piretróides e organofosforados em diferentes dosagens (Pereira *et al.*, 2003); uso de fosfina em diferentes doses (gramas de i.a./m<sup>3</sup>), associada com atmosfera controlada (Casella *et al.*, 1998).

#### **2.2.1.2 *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae)**

Além do gorgulho, o besouro da espécie *T. castaneum* (Figura 4) também se destaca como potencial praga do milho armazenado, devido a sua capacidade de multiplicação e adaptação, uma vez que poucos exemplares podem formar populações consideráveis em curto período de tempo (Lorini *et al.*, 2002). Tal espécie é classificada como praga secundária quanto ao hábito alimentar, pois ataca apenas grãos quebrados ou já perfurados pelos insetos primários, tendo preferência pelo endosperma (Elias *et al.*, 2009).



FIGURA 4. Adulto de *Tribolium castaneum*.

O besouro *T. castaneum* tem o milho como principal hospedeiro, porém pode atacar outros grãos como arroz (*Oryza sativa*, L.), trigo (*Triticum aestivum*, L.) e sorgo (*Sorghum bicolor*, L.). Os adultos de *T. castaneum* são de coloração castanha avermelhada e variam de 2 a 4 mm de comprimento. Segundo Athié & de Paula (2002), os adultos apresentam longevidade, geralmente, de 9 a 14 meses, podendo atingir até 4 anos.

O ciclo de vida pode ser completado em 21 dias sob condições ótimas de temperatura à 35°C e 75% de umidade relativa do ar, mas podem se desenvolver a 22 °C e 40 °C (Athié & de Paula, 2002; Booth *et al.*, 1990).

A oviposição é efetuada fora dos grãos, em média de duas a três vezes ao dia em sacarias, fendas ou alimentos. São depositados pelas fêmeas em média 400 a 500 ovos. Estes são pequenos, medindo aproximadamente 0,6 x 0,3 mm de comprimento, são claros e recobertos por substância viscosa. O período de incubação é de sete dias. As larvas (Figura 6) são branco amareladas, cilíndricas e finas, medindo até 7 mm de comprimento, apresentam o aspecto típico de larva arame, são móveis e se alimentam dos embriões dos cereais. É nesta fase que eles consomem maior quantidade de alimento (Lorini *et al.*, 2002; Elias, 2008).



FIGURA 5. Larva de *Tribolium castaneum*.

As Pupas são amareladas no início e marrons no final (Figura 6), podendo ser encontradas soltas entre os substratos, em fendas e rachaduras das estruturas de armazenamento e nos maquinários. É possível realizar a sexagem nessa fase, devido os machos apresentarem o último segmento abdominal como uma depressão discóide achatada. Já nas fêmeas verificam-se dois apêndices cônicos (Athié & de Paula, 2002).



FIGURA 6. Pupa de *Tribolium castaneum*.

As fases de ovo e pupa apresentam maior resistência à ação dos inseticidas, fazendo com que *T. castaneum* seja uma das primeiras espécies a reinfestar os grãos após tratamento com estes produtos.

Existem diversas técnicas de controle deste inseto-praga, sendo uma das alternativas, o uso de terra de diatomácea (Pinto Jr., 2008) e o uso de inseticidas piretróides em diferentes dosagens aplicados em grãos de milho (Silveira *et al.*, 2006).

### **2.3 Manejo de insetos em grãos armazenados**

O Manejo Integrado de Pragas de Grãos Armazenados (MIP – Grãos) prevê conhecimento da situação dos grãos e da unidade armazenadora, identificação das espécies e das populações das pragas ocorrentes, limpeza e higienização das instalações. Assim como, a 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).

Para o controle das principais espécies pragas de produtos armazenados existem duas categorias de inseticidas que normalmente são aplicados: fumigantes e não fumigantes ou protetores de grãos ou preventivos.

Durante as últimas décadas, o fumigante, fosfina, têm sido usado com frequência no controle de diversas pragas de produtos armazenados (Shaaya *et al.*, 1997). O brometo de metila teve seu uso proibido no Brasil para expurgos em cereais e grãos armazenados pela Instrução Normativa Conjunta SDA/ANVISA/IBAMA Nº 1, DE 10 DE SETEMBRO DE 2002, pois essa substância é considerada como um contribuinte para a redução da camada de ozônio (Brasil, 2002).

A fosfina é um dos produtos mais utilizados, no entanto, muitos insetos tem

adquirido resistência a este produto devido a sua ampla aplicação e uso incorreto (Monro *et al.*, 1972; Bell *et al.*, 1977; Nakakita & Winks, 1981; Guedes *et al.*, 1997).

O tratamento preventivo, com inseticida, contra pragas pode ser feito quando os grãos forem armazenados por um período superior a três meses (Lorini, 2008).

O uso de métodos preventivos, os protetores de grãos, no manejo de pragas de grãos armazenados apresentam as seguintes vantagens: (a) pode ser aplicado facilmente sem equipamento especializado; (b) são compatíveis com o comércio internacional de cereais e as restrições globais para a tolerância zero de insetos; (c) são geralmente menos onerosos do que fumigantes ou biopesticidas e (d) são eficazes contra uma ampla variedade de pragas de armazenamento. Portanto, é provável que protetores de grãos continuem a constituir uma ferramenta valiosa nos programas de manejo de pragas (Arthur, 1996).

### **2.3.1 Controle químico**

#### **2.3.1.1 Inseticidas piretróides**

Os inseticidas piretróides tiveram sua origem nas piretrinas naturais e surgiram na década de 60 do século passado. São em geral ésteres dos ácidos ciclopropano-carboxílicos, sendo, também predominantemente degradados via hidrólise da ligação éster. Esses ésteres são isolados das flores das espécies *Chrysanthemum cinerariaefolium* (Santos *et al.*, 2007).

A ação destes inseticidas é 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 hidrolização (Gallo *et al.*, 2002).

Para tratamento de grãos armazenados, os inseticidas do grupo químico dos piretróides, prazo de carência de 30 dias, que estão liberados para comercialização e

aplicação no controle de pragas de grãos armazenados no país apresentam os seguintes ingredientes ativos: deltametrina, bifentrina e lambda-cialotrina (BRASIL, 2011).

Esses produtos são pouco ou moderadamente tóxicos aos animais de sangue quente e raramente estão envolvidos em intoxicações ocupacionais no campo, porém produzem frequentemente reações alérgicas. Apresentam degradação razoável no meio ambiente e por isso, não ocorre acumulação em tecidos gordurosos.

Os inseticidas piretróides atuam primariamente nos canais de  $\text{Na}^+$  das células nervosas, principalmente, do sistema periférico dos insetos. Os princípios ativos destes produtos localizam-se em algumas unidades dos sítios de ligação dos canais de  $\text{Na}^+$  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 hiperexcitabilidade (Gallo *et al.*, 2002).

Pimentel *et al.* (2005), verificaram que a eficácia do inseticida ProStore 25 CE (bifentrina), 0,4 ppm diluído em 1,5 L de água, elevou-se com o aumento da dose. Em relação à mortalidade de insetos das espécies *R. dominica*, *S. zeamais* e *T. castaneum* porém, essa eficácia diminui com o aumento da temperatura, no momento da pulverização e ao longo do período de armazenamento.

Pereira *et al.*, (2003), ao trabalharem com dois inseticidas piretróides, Starion (bifentrina) 16 e 32  $\text{mL.t}^{-1}$  e K-Obiol® (deltametrina) 15  $\text{mL.t}^{-1}$ , e dos organofosforados, Sumigran® (fenitrothion) 10  $\text{mL.t}^{-1}$  e Actellic 500 CE (pirimifós-metil) 10  $\text{mL.t}^{-1}$ , verificaram que o mesmo ingrediente ativo com a mesma dose apresentou grande diferença em sua eficiência no controle de *S. oryzae* e *R. Dominica*. De acordo com os dados desses autores, ambas as dosagens de bifentrina são eficazes no controle de *R. Dominica*, em relação a espécie *S. oryzae* são eficientes a bifentrina (32  $\text{mL.t}^{-1}$ ) e ambos os organofosforados utilizados.

O inseticida Prostore CE (bifentrina 14 e 16 mL.t<sup>-1</sup>) foi eficiente no controle de *S. zeamais* quando aplicado via líquido, com período de persistência de até seis meses. E esse produto, quando associado com o inseticida organofosforado pirimifós-metil (10 mL.t<sup>-1</sup>) controla também insetos da espécie *S. zeamais* que tenham resistência ao inseticida piretróide (Santos, 2005).

### **2.3.1.2 Inseticidas organofosforados**

Quimicamente estes inseticidas são ésteres derivados do ácido fosfórico (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>) 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).

Os inseticidas do grupo dos organofosforados, descobertos na década de 40, são inibidores da ação da enzima acetilcolinesterase. Devido as suas moléculas, os inseticidas organofosforados possuem uma 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, ocasionando acúmulo de moléculas de acetilcolina na sinapse, que leva à hiperexcitação do sistema nervoso (síndrome colinérgica) (Gallo *et al.*, 2002).

Para tratamento de grãos armazenados os inseticidas do grupo químico dos organofosforados, que estão liberados para comercialização e aplicação no controle de pragas de grãos armazenados no Brasil, apresentam os seguintes ingredientes ativos: pirimifós-metílico e fenitrotona (BRASIL, 2011).

Estudando o tratamento inseticida e 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 promoveram, de maneira similar, o controle de *S. zeamais* que ocorrem no armazenamento e não causaram fitotoxicidade às sementes.

### **2.3.2 Terra de diatomácea**

É comum o uso de produtos químicos para a proteção dos grãos armazenados contra o ataque de pragas, 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 (Lorini, 1998; Lorini, 2008).

A terra de diatomácea é proveniente de fósseis de algas diatomáceas, que possuem naturalmente uma fina camada de sílica amorfa hidratada (Banks & Fields, 1995). A maioria das terra de diatomáceas apresentam como componente principal o dióxido de sílica, variando de 70-90% (Korunic, 1997). 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). Assim, apenas um modo de ação física está envolvido, e de acordo com Golob (1997), o desenvolvimento da resistência fisiológica à terra diatomácea é improvável de ocorrer. No entanto, estudos mais recentes indicaram que a resistência pode ser desenvolvida, pelo menos no caso de algumas espécies (Korunic, 1998; Rigaux *et al.*, 2001).

Entre as principais 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.*, 2001b).

Existem marcas comerciais, como Insecto® e Keepdry®, que são produtos à base de terra de diatomácea, registradas no MAPA para serem comercializadas e utilizadas no controle de pragas de grãos armazenados no país (BRASIL, 2011).

A umidade exerce um papel importante na dinâmica populacional de pragas de produtos armazenados (Snelson, 1987; Fields & Korunic, 2000). Um aumento no teor de umidade de grãos resulta em diminuição da eficiência dos inseticidas sintéticos, pois eles se degradam mais rápido (Snelson, 1987). Alto conteúdo de umidade também reduz a eficiência da terra diatomácea porque o modo de ação deste produto é devido à dessecação ou desidratação dos insetos (Desmarchelier & Dines, 1987; Aldryhim, 1990, 1993). Além disso, foi observado que os insetos da mesma espécie, mas locais distintos apresentam diferentes níveis de susceptibilidade à este produto (Rigaux *et al.*, 2001).

Em um trabalho realizado por Martins & Oliveira (2008), utilizando terra de diatomácea para controle de *S. zeamais*, verificaram-se que dez dias de exposição desta espécie em grãos de milho tratados com terra de diatomácea na dose de 500 g.t<sup>-1</sup>, ocasionaram 100% de mortalidade.

Ao analisarem a eficiência de terra de diatomácea no controle de *S. zeamais* Massaro Jr. *et al.* (2007), verificaram que em todas as dosagens utilizadas (250, 500, 750 e 1000 g.t<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.

Em bioensaios com grãos de milho armazenados a granel, foi observado que é possível a utilização de terra de diatomácea para controle de *S. oryzae* e *C. ferrugineus*

com dosagens a partir de  $250 \text{ g.t}^{-1}$ , e que dosagens maiores são necessárias para o controle destas espécies (Pinto Jr., 2008). De acordo com o autor, tanto o tempo de exposição quanto a dose utilizada influenciaram a mortalidade dos insetos.

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Milho (*Zea mays*)**

Para a manutenção da criação e realização dos ensaios foram utilizados grãos de milho híbrido AS32, provenientes da Estação Experimental Agronômica (EEA) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGR)- RS, localizada no km 47 da BR 290 em Eldorado do Sul (30°05'52" S, 51°39'08" W e altitude média de 46 m), obtidas durante a safra agrícola 2008/2009 e 2009/2010.

#### **3.2 Criação dos insetos**

No departamento de fitossanidade da faculdade de agronomia da UFRGS, realizou-se a criação dos insetos em sala climatizada ( $25 \pm 5$  °C;  $60 \pm 5\%$  UR e fotofase de 16 horas). Estes foram mantidos em recipientes plásticos com tampa apresentando abertura vedada com tecido tipo voile para permitir as trocas gasosas (Figura 7).

Os indivíduos da espécie *S. zeamais* foram alimentados com grãos de milho híbrido AS32 cultivados na safra agrícola 2008/2009 na EEA. As trocas de dieta ocorreram em intervalos de 15 dias, com armazenagem dos grãos, que saiam do contato com os insetos, para permitir as possíveis emergências. A espécie *T. castaneum* foi mantida em dieta composta por farelo de trigo integral tostado, gérmen de trigo e levedo de cerveja, na mesma proporção. As fases de ovo, larva, pupa e adulto foram isoladas e mantidas em recipientes plásticos separados devido ao canibalismo.



FIGURA 7. Gaiolas de plástico e acrílico utilizadas na criação das espécies *Sitophilus zeamais* e *Tribolium castaneum*.

### 3.3 Secagem dos grãos de milho

Os grãos de milho foram secos em secador estacionário com ar natural (EEA), até teores de água de aproximadamente 13% em base úmida, exceto os grãos utilizados no experimento com terra diatomácea que apresentaram teores de água de 12, 14 e 16%. Após a secagem, estes foram expurgados em sacos, envoltos por lona plástica com espessura de 200 micras, utilizou-se gás fosfina (GASTOXIN), na concentração de  $2 \text{ g.m}^{-3}$ , conforme recomendação dos fabricantes.

### 3.4 Bioensaios

#### 3.4.1 Controle de *Sitophilus zeamais* e *Tribolium castaneum* com uso de terra de diatomácea

Bioensaio realizado no departamento de fitossanidade da faculdade de agronomia da UFRGS.

Aplicou-se a terra de diatomácea, nome comercial Insecto® com 86,7% de dióxido de sílica, em 12 kg de grãos de milho no total dos tratamentos, sendo 2 kg para cada

tratamento. A aplicação ocorreu em bandejas retangulares (Figura 8), com homogeneização durante dois minutos (Figura 9), e o armazenamento em recipientes plásticos de 2 L. Os grãos de milho apresentavam umidades de 12, 14 e 16% (b.u.) e cada uma destas foi tratada com 1000 e 2000 g de terra de diatomácea por tonelada de grãos de milho. O controle constou de grãos sem tratamentos, ou seja, livres de terra diatomácea.



FIGURA 8. Aplicação de terra de diatomácea em grãos de milho.



FIGURA 9. Homogeneização manual de grãos de milho com terra de diatomácea.

Cada tratamento foi composto por cinco repetições, sendo que para cada repetição foram colocados 100 g de grãos de milho, em recipientes plásticos de 300 mL, diâmetro de 7,4 cm e altura de 10,5 cm, fechados com tecido tipo voile, juntamente com 10 adultos de *S. zeamais* e de *T. castaneum*, com idades variando de 20 a 50 dias, sem padronização sexual (Figura 10). Esses insetos foram identificados, tinta têmpera, para evitar problemas nas verificações devido às emergências de novos insetos. As infestações ocorreram em três tempos distintos: 1 hora, 10 dias e 20 dias após a aplicação do produto nos grãos de milho. Os grãos foram armazenados por um período de 60 dias na mesma sala climatizada utilizada para a criação.



FIGURA 10. Recipiente plástico de 300 mL contendo 100 gramas de grãos de milho tratados com terra de diatomácea e infestados com adultos de *Sitophilus zeamais* e *Tribolium castaneum*.

Avaliou-se a mortalidade aos 30 e 60 dias (Figura 11). Ao final do período de 60 dias, tempo total de duração de cada infestação, foi realizada a análise tecnológica, também realizada nos grãos “in natura” (12% de umidade) (BRASIL, 1996). Denominamos de “in

natura” o lote de grãos secos e prontos para comercialização. Esses resultados são expressos em porcentagem. Também foi realizada a classificação quanto ao tipo de grão.



FIGURA 11. Verificação da mortalidade e sobrevivência de adultos de *Sitophilus zeamais*, infestando grãos de milho tratados com terra de diatomácea.

A análise tecnológica, de acordo com BRASIL (1996), compreende os seguintes conceitos:

- Grãos inteiros: são os grãos sadios, livres de qualquer problema.
- Grãos ardidos: são grãos ou pedaços de grãos que perderam a coloração ou cor característica, por ação do calor e umidade ou fermentação em mais de 1/4 (um quarto) do tamanho do grão.
- Grãos quebrados: são os pedaços de grãos sadios, que ficaram retido na peneira de crivos circulares de 5mm de diâmetro ou 12/64".
- Grãos chochos: são os grãos enrugados, por deficiência de desenvolvimento
- Grãos brotados: são os grãos ou pedaços de grãos que apresentarem germinação visível.
- Grãos carunchados: são os grãos ou pedaços de grãos furados ou infestados por insetos vivos ou mortos.

- Grãos fragmentados: são os pedaços de grãos sadios, que vazaram na peneira de crivos circulares de 5mm de diâmetro ou 12/64".

- Grãos mofados: considerar como mofado o grão inteiro ou quebrado que apresentar no todo ou em parte, fungo (bolor), visível a olho nu.

- Grãos fermentados: Considerar como fermentado até  $\frac{1}{4}$ , o grão que apresentar pontos de coloração escura de qualquer tamanho, desde que sejam visíveis a olho nu em até  $\frac{1}{4}$  da área do grão.

- Impurezas: são consideradas as do próprio produto, bem como os grãos ou fragmentos de grãos que vazarem numa peneira de crivos circulares de 5mm de diâmetro ou 12/64".

A classificação quanto ao tipo de grãos compreende os seguintes conceitos:

- Tipo 1: até 11% de grãos avariados.

- Tipo 2: até 18% de grãos avariados.

- Tipo 3: até 27% de grãos avariados.

- Abaixo do nível padrão de comercialização: mais de 27% de grãos avariados.

Considerou-se morto o inseto que não apresentou movimentos durante dois minutos de observação. Verificou-se também a emergência e a sobrevivência dos insetos em cada recipiente, através da sua contagem.

### **3.4.2 Controle de *Sitophilus zeamais* com inseticidas piretróide e organofosforado**

Bioensaio realizado na faculdade de agronomia da UFRGS em sala climatizada com controle de temperatura e umidade relativa ( $25 \pm 3$  °C e  $70 \pm 15$  % UR). A medição foi realizada com termohigrômetro da marca Incoterm.

Foram aplicados os inseticidas da empresa Bernardo Química do grupo químico dos piretróides, com nome comercial Starion® 25CE (ingrediente ativo bifentrina),

registrado para tratamento de grãos armazenados (BRASIL, 2011) e grupo químico dos organofosforados com nome comercial Bergard® (ingrediente ativo pirimifós-metílico), não registrado para tratamento de grãos armazenados (BRASIL, 2011). Foram aplicados em três doses: 2,5; 3,5 e 4,5 ppm para o Starion® e 4,0; 6,0 e 8,0 ppm para o Bergard®.

Essas doses foram diluídas em 2 litros de água com aplicação de  $2 \text{ mL.kg}^{-1}$  de grãos da solução com uso de pipeta de 10 mL e pulverizador uni-spray modelo US-1500 A da marca Gifor (Figura 12). Para cada dose utilizou-se uma pipeta e um pulverizador.

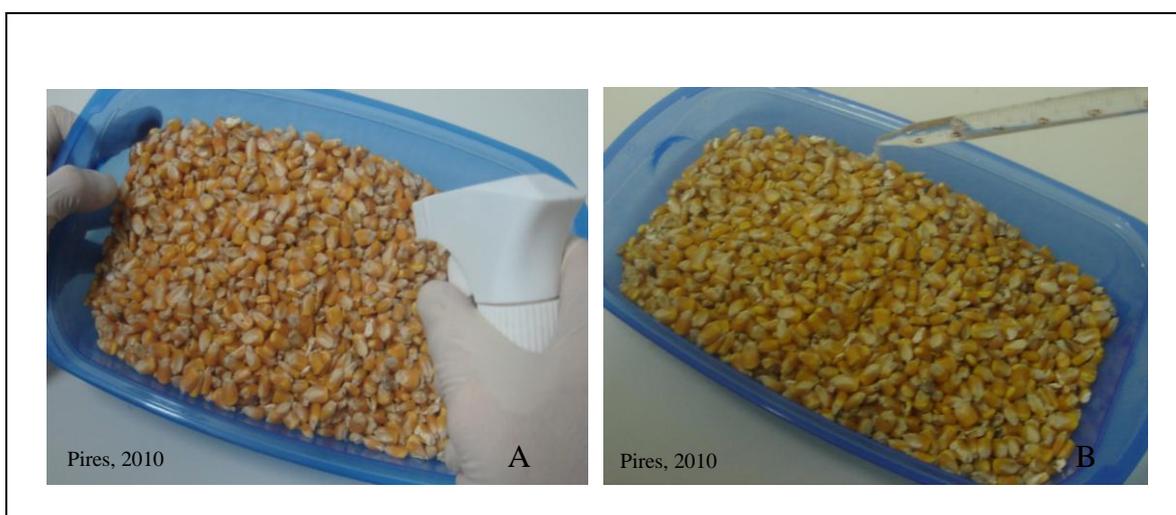


FIGURA 12. Aplicação de inseticida via pulverização (A) e pipeta (B).

Ao usar pulverizador manual, a aplicação foi realizada com quatro borrifadas, 0,5 mL cada, 2 mL por aplicação, com o revolvimento dos grãos após a segunda borrifada, visando à melhor homogeneização possível. Com o uso de pipeta, aplicou-se 1 mL, em movimento zig-zag, com revolvimento do lote para aplicação do restante da calda nos grãos que estavam embaixo.

Os fabricantes recomendam 16 ml diluídos em 1 a 2 litros de água para o inseticida Starion®. Para o Bergard® é indicado, pelo fabricante, 100 mL diluídos em 10 litros de água para aplicação em superfícies de aproximadamente  $200 \text{ m}^2$ , visto que o mesmo não está registrado para tratamento de grãos armazenados.

O tratamento controle compreendeu a dosagem de 2 mL de água em cada método de aplicação. Após cada aplicação procedeu-se a homogeneização durante dois minutos para evitar a presença de grãos sem contato com os inseticidas.

A aplicação ocorreu em recipientes plásticos onde os grãos, com 12% de umidade (b.u.), permaneceram armazenados e para cada dose utilizou-se um novo par de luvas cirúrgicas. Cada tratamento foi composto por cinco repetições, sendo estas constituídas por 50 gramas de grãos de milho que foram colocados em recipientes plásticos de 300 mL, juntamente com 15 insetos adultos de *S. zeamais*.

As infestações ocorreram em seis períodos distintos: 30, 60, 90, 120, 150 e 180 dias após a aplicação dos produtos. Os grãos tratados permaneceram armazenados no mesmo local de realização do experimento em recipientes plásticos com volume para 5 L.

Sempre se procedeu à retirada de nova quantidade de 50 gramas de grãos de milho, do lote onde se realizou a aplicação, quando uma nova infestação foi realizada. Os recipientes plásticos foram fechados com tecido tipo voile para que permitir as trocas gasosas e evitar a fuga dos insetos.

As avaliações de mortalidade ocorreram com 15 dias após a entrada dos insetos nos recipientes plásticos contendo os grãos de milho com o produto utilizado (Figura 13).



FIGURA 13. Adultos de *Sitophilus zeamais* em grãos de milho tratados com inseticida.

Considerou-se morto o inseto que não apresentou movimentos durante dois minutos de observação. Verificou-se também a emergência e a sobrevivência dos insetos em cada recipiente.

### 3.5 Delineamento experimental e análise estatística

O experimento foi conduzido segundo o delineamento inteiramente casualizado, onde a análise dos resultados compreendeu dois esquemas sendo para o experimento A: Esquema fatorial 3 x 3 x 3, ou seja, duas concentrações de terra de diatomácea e uma testemunha (1 e 2 kg.t<sup>-1</sup>), três teores de umidade dos grãos de milho (12, 14 e 16%) e três períodos de infestações (1 h, 10 e 20 dias), sendo cinco repetições para cada tratamento.

Para o experimento B, temos o seguinte: Esquema fatorial 2 x 2 x 4 x 6, ou seja, dois inseticidas (Starion e Bergard), dois modos de aplicação (pipeta e pulverizador), quatro concentrações de inseticida e um controle e seis tempos de avaliação (30, 60, 90, 120, 150 e 180 dias), sendo cinco repetições para cada tratamento.

Analisaram-se os dados por meio de análise de variância. As médias dos tratamentos foram comparadas aplicando-se o teste de Tukey, adotando-se o nível de 1% de probabilidade (p<0,01). Utilizou-se o programa estatístico BioEstat 5.0 (Ayres *et al.*, 2005). A Fórmula de Abbott (1925) foi utilizada para verificar a eficiência de cada tratamento e está descrita abaixo:

$$E(\%) = \left( 1 - \frac{\text{n no T ao final do experimento}}{\text{n no C ao final do experimento}} \right) * 100$$

Onde: n = população de insetos; T = tratamento; C = controle

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Controle de *Sitophilus zeamais* e *Tribolium castaneum* com uso de terra de diatomácea

Em relação aos valores obtidos para emergência de *S. zeamais* (Tabela 1), verifica-se que as menores médias ocorreram nos tratamentos onde foi utilizada a terra de diatomácea (TD) independente do teor de umidade dos grãos e período de infestação. Percebe-se assim inibição de postura de ovos por parte da TD.

TABELA 1. Número médio ( $\pm$  EP) de adultos emergidos de *Sitophilus zeamais* após 60 dias em grãos de milho com diferentes umidades (12, 14 e 16%), tratados com terra de diatomácea (dosagens de 1000 e 2000 g.t<sup>-1</sup>). (25  $\pm$  5 °C; 60  $\pm$  5% UR e fotofase de 16 horas) (n=10).

Umidade	Tratamentos	Período de infestação de <i>Sitophilus zeamais</i> após aplicação do produto			CV**
		1 hora	10 dias	20 dias	
12%	1000 g.t <sup>-1</sup>	6,8 cA ( $\pm$ 3,87)*	0,6 cA ( $\pm$ 0,50)	3,4 bA ( $\pm$ 2,27)	1,15
	2000 g.t <sup>-2</sup>	5,6 cA ( $\pm$ 3,36)	1,0 cA ( $\pm$ 0,59)	2,0 bA ( $\pm$ 1,58)	1,14
	Controle	34,8 bcA ( $\pm$ 18,00)	25,0 cA ( $\pm$ 15,22)	21,6 bA ( $\pm$ 13,95)	0,43
14%	1000 g.t <sup>-1</sup>	14,4 cA ( $\pm$ 7,70)	0,0 cB ( $\pm$ 0,00)	7,2 bB ( $\pm$ 4,44)	1,02
	2000 g.t <sup>-2</sup>	8,2 cA ( $\pm$ 5,04)	3,8 cA ( $\pm$ 2,38)	4,6 bA ( $\pm$ 2,64)	0,81
	Controle	74,4 bB ( $\pm$ 37,82)	188,0 aA ( $\pm$ 93,16)	123,8 aAB ( $\pm$ 73,70)	0,54
16%	1000 g.t <sup>-1</sup>	5,0 cA ( $\pm$ 3,17)	8,8 cA ( $\pm$ 4,92)	2,8 bA ( $\pm$ 1,97)	0,81
	2000 g.t <sup>-2</sup>	6,4 cA ( $\pm$ 4,03)	2,0 cA ( $\pm$ 1,45)	0,8 bA ( $\pm$ 0,71)	1,30
	Controle	158,0 aA ( $\pm$ 83,44)	101,4 bA ( $\pm$ 55,26)	107,0 aA ( $\pm$ 52,66)	0,45

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

\*\*C.V. = coeficiente de variação a 99% de probabilidade.

Com relação aos tratamentos controles, estes apresentaram médias superiores aos tratamentos com uso de TD. Nos grãos com teores de umidade igual a 12%, verificaram-se

menores médias independente do período de infestação, isto está relacionado ao fato que grãos com teores de umidade iguais ou inferiores a 12,5% inibem a postura (Athié & de Paula, 2002).

As médias obtidas para a mortalidade de *S. zeamais*, após 30 dias de infestação, estão descritas na Tabela 2.

TABELA 2. Mortalidade média ( $\pm$  EP) de adultos de *Sitophilus zeamais* avaliados após 30 dias, em função do tempo de infestação, da umidade dos grãos de milho (12, 14 e 16%) e das dosagens de terra de diatomácea (1000 e 2000 g.t<sup>-1</sup>). (25  $\pm$  5 °C; 60  $\pm$  5% UR e fotofase de 16 horas) (n=10).

Dose. (g.t <sup>-1</sup> )/Infestação	12%			14%			16%		
	1000	2000	0	1000	2000	0	1000	2000	0
1 hora	7,6 aAB* ( $\pm$ 1,17)	9,4 aA ( $\pm$ 0,40)	2,0 aC ( $\pm$ 0,84)	4,2 aBC ( $\pm$ 0,73)	4,6 aBC ( $\pm$ 0,87)	1,4 aC ( $\pm$ 0,40)	5,4 aB ( $\pm$ 0,68)	6,4 aAB ( $\pm$ 0,93)	1,2 aC ( $\pm$ 0,58)
10 dias	9,4 aA ( $\pm$ 0,40)	10,0 aA ( $\pm$ 0,00)	1,0 aC ( $\pm$ 0,45)	4,4 aBC ( $\pm$ 0,81)	2,8 aBC ( $\pm$ 1,16)	1,4 aC ( $\pm$ 0,40)	3,4 aBC ( $\pm$ 1,03)	5,2 aB ( $\pm$ 0,80)	1,4 aC ( $\pm$ 0,40)
20 dias	1,2 bC ( $\pm$ 0,38)	5,8 bAB ( $\pm$ 0,49)	2,6 aBC ( $\pm$ 0,45)	2,8 aBC ( $\pm$ 1,11)	4,0 aBC ( $\pm$ 0,32)	1,6 aC ( $\pm$ 0,68)	5,2 aAB ( $\pm$ 0,37)	7,4 aA ( $\pm$ 1,21)	1,8 aC ( $\pm$ 0,58)
CV**	0,63	0,24	0,73	0,51	0,49	0,70	0,37	0,34	0,74

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

\*\*C.V. = coeficiente de variação a 99% de probabilidade.

A maior mortalidade média de indivíduos de *S. zeamais* foi observada em grãos de milho com 12% de umidade, sendo que as maiores mortalidades ocorreram 1 hora e 10 dias após a aplicação, tanto na dose de 1000 quanto na de 2000 g.t<sup>-1</sup> de TD.

Na comparação das médias de mortalidade dentro das dosagens utilizadas ao longo dos três períodos de infestação, somente ocorreram diferenças estatísticas em ambas as dosagens de TD dos grãos com 12% de umidade.

A menor mortalidade dos gorgulhos nos grãos com 12% de umidade, infestados 20 dias após a aplicação, mostra que o tempo prolongado pode ter levado a uma menor eficiência, ou seja, a TD retira água dos grãos, e quando ocorre a infestação não consegue ter a mesma eficiência. Isso é observado no tratamento 14%, em que a mortalidade foi inferior a 40%. O aumento de eficácia em condições de produto mais seco é devido ao aumento da dessecação, que é o modo de ação da TD e a tendência dos grãos entrarem em

equilíbrio higroscópico (Ebeling, 1971). Conforme Brooker et al. (1992) a umidade de equilíbrio do milho em condições de 25 °C e 60% de UR, é de 12,3%, o que levou a um aumento na mortalidade destes insetos.

Massaro Jr *et al.* (2007), também obtiveram 100% de mortalidade de *S. zeamais* em grãos de milho tratados com 1000 g.t<sup>-1</sup> de TD (86 g.kg<sup>-1</sup> de dióxido de sílica). Esse resultado ocorreu com sete dias de contato após a aplicação do produto. Esses autores não relatam a umidade dos grãos utilizados. Cada repetição utilizada foi composta de 100 g de grãos infestadas com 30 adultos.

Resultado semelhante foi registrado por Caneppele *et al.* (2010) os quais obtiveram 100% de mortalidade de *S. zeamais*, 30 insetos, com 750 g.t<sup>-1</sup> de TD aos 21 dias em milho com 14% de umidade.

Fields & Korunic (2000) ao avaliarem a mortalidade da espécie *S. oryzae*, 25 insetos, em grãos de trigo tratados com TD com nome comercial Protect-It, na dosagem de 300 g.t<sup>-1</sup>, em temperatura de 25 °C, aplicados na forma de pó, em umidades de 11,8; 13,9 e 15% observaram mortalidade de 95; 74 e 53%, durante 5 dias de avaliação e de 97; 99 e 99%, respectivamente, quando avaliados por 9 dias. Segundo os autores houve um aumento na mortalidade quando se aumentou o tempo de exposição de 5 para 9 dias, resultados semelhantes aos encontrados neste trabalho, quando se aumentou o tempo de 1 para 10 dias de exposição, na umidade de 12%.

O efeito da TD (Insecto<sup>®</sup>) foi avaliado por Fields & Korunic (2000) em insetos da espécie *S. Oryzae*, 25 insetos, na dosagem de 400 ppm ou 400 g.t<sup>-1</sup>, em grãos de trigo, nas umidades de 12 e 14%, em temperatura de 30 °C. Os autores observaram mortalidade de 96% e de 32%, respectivamente para 12 e 14%, e constataram que diferentes fontes de TD tiveram eficácias diferentes, mostrando que em umidades mais baixas, independentemente da fonte, existe uma maior eficiência do produto.

Quando a mortalidade de *S. zeamais* foi analisada aos 60 dias após a infestação, verificou-se a existência de padrão de mortalidade para ambas as dosagens de TD utilizadas nos três teores de umidade dos grãos (Tabela 3).

Em seu trabalho, Vayias & Stephou (2009) observaram que o aumento no tempo de exposição de 7 para 14 dias incrementou a mortalidade de *S. oryzae* e *T. castaneum*, 30 insetos de cada espécie.

TABELA 3. Mortalidade média ( $\pm$  EP) de adultos de *Sitophilus zeamais* avaliados após 60 dias, em função do tempo de infestação, da umidade dos grãos de milho (12, 14 e 16%) e das dosagens de terra de diatomácea (1000 e 2000 g.t<sup>-1</sup>). (25  $\pm$  5 °C; 60  $\pm$  5% UR e fotofase de 16 horas) (n=10).

Dose. (g.t <sup>-1</sup> ) Infestação	12%			14%			16%		
	1000	2000	0	1000	2000	0	1000	2000	0
1 hora	10,0 aA* ( $\pm$ 0,00)	9,4 aA ( $\pm$ 0,40)	2,0 aB ( $\pm$ 0,32)	9,4 aA ( $\pm$ 0,40)	9,0 abA ( $\pm$ 0,77)	1,8 aB ( $\pm$ 0,28)	8,8 aA ( $\pm$ 0,58)	9,6 aA ( $\pm$ 0,25)	3,2 aB ( $\pm$ 1,56)
10 dias	9,4 aAB ( $\pm$ 0,44)	10,0 aA ( $\pm$ 0,00)	2,0 aD ( $\pm$ 0,44)	8,2 aAB ( $\pm$ 0,73)	5,6 bBCD ( $\pm$ 1,47)	1,6 aD ( $\pm$ 0,20)	7,0 aABC ( $\pm$ 1,30)	7,8 aAB ( $\pm$ 1,07)	3,2 aCD ( $\pm$ 0,60)
20 dias	6,8 bA ( $\pm$ 0,97)	8,8 aA ( $\pm$ 0,73)	3,0 aB ( $\pm$ 1,30)	9,0 aA ( $\pm$ 0,32)	9,8 aA ( $\pm$ 0,20)	2,4 aB ( $\pm$ 0,40)	7,8 aA ( $\pm$ 0,58)	8,8 aA ( $\pm$ 0,49)	3,0 aB ( $\pm$ 0,40)
CV**	0,21	0,12	0,68	0,13	0,33	0,35	0,25	0,18	0,64

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

\*\*C.V. = coeficiente de variação a 99% de probabilidade.

O mesmo foi constatado por Kljajic *et al.* (2009), os quais registraram um aumento da mortalidade em *S. oryzae* e *T. castaneum*, 25 insetos de cada espécie, tratados com TD e expostos por 7 e 21 dias.

Neste período de análise, com exposição de 60 dias após infestação, ocorreram as maiores médias de mortalidade. Isto pode estar relacionado ao fato de que a partir do 35º dia iniciou a emergência da prole dos insetos infestantes, diminuindo a quantidade de alimento disponível e forçando a locomoção dos insetos.

Quando a quantidade inicial (10 insetos), estava presente, poucos se movimentavam dificultando desta forma o contato com a TD. Nas análises os gorgulhos geralmente foram encontrados aderidos aos grãos ou dentro dos mesmos. Esta menor mobilidade devido ao número inicial de insetos levou a uma menor mortalidade. Esses resultados corroboram

com o observado por Lorini (2008) o qual constatou que a TD confere longo período de proteção à massa de grãos, sem deixar resíduos em alimentos destinados ao consumo.

Ao analisar as médias obtidas dentro de cada dose de TD, nos diferentes períodos de infestação se percebe diferenças estatísticas no tratamento 1000 g.t<sup>-1</sup>, com 12% de umidade, infestados após 20 dias com os demais períodos de infestação, já no tratamento com 2000 g.t<sup>-1</sup> de TD, com 14% de umidade, é o período de 10 dias após a aplicação que difere dos demais.

As outras médias tiveram comportamento igual, nos três períodos de infestação, comprovando o longo período de proteção contra insetos que a TD propicia aos grãos (Lorini, 2008).

Em relação às médias obtidas para a emergência de *T. castaneum*, verificou-se menores valores para os tratamentos com uso de TD independente do teor de umidade e momento de infestação (Tabela 4). Percebe-se assim inibição de postura de ovos por parte da TD.

TABELA 4. Número médio ( $\pm$  EP) de adultos emergidos de *Tribolium castaneum* após 60 dias em grãos de milho com diferentes umidades (12, 14 e 16%), tratados com terra de diatomácea (dosagens de 1000 e 2000 g.t<sup>-1</sup>). (25  $\pm$  5 °C; 60  $\pm$  5% UR e fotofase de 16 horas) (n=10).

Umidade	Tratamentos	Período de infestação de <i>Sitophilus zeamais</i> após aplicação do produto			CV**
		1 hora	10 dias	20 dias	
12%	1000 g.t <sup>-1</sup>	0,0 bA ( $\pm$ 0,00)	0,0 aA ( $\pm$ 0,00)	0,4 bA ( $\pm$ 0,32)	2,55
	2000 g.t <sup>-2</sup>	0,0 bA ( $\pm$ 0,00)	0,0 aA ( $\pm$ 0,00)	0,2 bA ( $\pm$ 0,22)	3,74
	Controle	0,0 bB ( $\pm$ 0,00)	0,0 aB ( $\pm$ 0,00)	2,0 aA ( $\pm$ 5,71)	1,61
14%	1000 g.t <sup>-1</sup>	0,0 bA ( $\pm$ 0,00)	0,0 aA ( $\pm$ 0,00)	0,0 bA ( $\pm$ 0,00)	0,00
	2000 g.t <sup>-2</sup>	0,0 bA ( $\pm$ 0,00)	0,0 aA ( $\pm$ 0,00)	0,0 bA ( $\pm$ 0,00)	0,00
	Controle	4,8 aA ( $\pm$ 3,67)	0,0 aB ( $\pm$ 0,00)	0,6 bB ( $\pm$ 0,67)	2,18
16%	1000 g.t <sup>-1</sup>	0,0 bA ( $\pm$ 0,00)	0,0 aA ( $\pm$ 0,00)	0,0 bA ( $\pm$ 0,00)	0,00
	2000 g.t <sup>-2</sup>	0,0 bA ( $\pm$ 0,00)	0,0 aA ( $\pm$ 0,00)	0,0 bA ( $\pm$ 0,00)	0,00
	Controle	0,0 bA ( $\pm$ 0,00)	0,0 aA ( $\pm$ 0,00)	0,2 bA ( $\pm$ 0,22)	2,71

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

\*\*C.V. = coeficiente de variação a 99% de probabilidade

Um fator importante que deve ser levado em consideração para esses valores de emergência de *T. castaneum* é o hábito canibal desta espécie. O canibalismo pode ocorrer em todas as fases de desenvolvimento, ocorrendo inclusive as larvas se alimentarem de adultos jovens (Athié & de Paula, 2002).

Ao ser avaliada a média de mortalidade obtida com 30 dias após a infestação, obteve-se melhores resultados nos grãos com teor de umidade igual a 12%, sendo que o maior valor não ultrapassou 50% de mortalidade (Tabela 5).

TABELA 5. Mortalidade média ( $\pm$  EP) de adultos de *Tribolium castaneum* avaliados após 30 dias, em função do tempo de infestação, da umidade dos grãos de milho (12, 14 e 16%) e das dosagens de terra de diatomácea (1000 e 2000 g.t<sup>-1</sup>). (25  $\pm$  5 °C; 60  $\pm$  5% UR e fotofase de 16 horas) (n=10).

Dose (g.t <sup>-1</sup> ) Exposição	12%			14%			16%		
	1000	2000	0	1000	2000	0	1000	2000	0
1 hora	2,0 abA* ( $\pm$ 0,83)	1,2 bAB ( $\pm$ 0,58)	0,6 aB ( $\pm$ 0,25)	2,2 aA ( $\pm$ 0,79)	2,2 aA ( $\pm$ 1,20)	0,4 aB ( $\pm$ 0,25)	1,2 aAB ( $\pm$ 0,37)	1,6 aAB ( $\pm$ 0,68)	1,2 aAB ( $\pm$ 0,73)
10 dias	4,4 aAB ( $\pm$ 1,69)	5,0 aA ( $\pm$ 1,10)	1,2 aBC ( $\pm$ 0,68)	0,0 bC ( $\pm$ 0,00)	0,6 bC ( $\pm$ 0,49)	0,0 aC ( $\pm$ 0,00)	0,0 bC ( $\pm$ 0,00)	0,6 aC ( $\pm$ 0,40)	0,6 aC ( $\pm$ 0,60)
20 dias	0,0 bA ( $\pm$ 0,00)	1,0 bA ( $\pm$ 0,55)	0,8 aA ( $\pm$ 0,80)	0,2 bA ( $\pm$ 0,20)	0,0 bA ( $\pm$ 0,00)	0,0 aA ( $\pm$ 0,00)	0,4 abA ( $\pm$ 0,25)	0,2 bA ( $\pm$ 0,20)	0,4 aA ( $\pm$ 0,40)
CV**	1,32	1,01	1,51	1,78	1,81	2,55	1,35	1,38	1,67

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

\*\*C.V. = coeficiente de variação a 99% de probabilidade.

Ao serem comparadas as médias obtidas dentro de cada tratamento ao longo dos três períodos de infestação, somente não ocorreram diferenças estatísticas entre os tratamentos controles dos três teores de umidade utilizados.

Os dados de mortalidade obtidos neste trabalho com umidade de 12% nos grãos corroboram os obtidos por Pinto Jr. (2008), o qual observou que, até 40 dias após a infestação, nenhuma das três doses de TD (250, 500 e 750 g.t<sup>-1</sup>) apresentou mais de 50% de mortalidade para adultos de *T. castaneum*.

A baixa mortalidade de *T. castaneum* está relacionada ao fato deste inseto permanecer no interior dos grãos danificados, ficando menos expostos a TD. No presente

estudo não foram encontrados insetos mortos no interior de grãos e a presença dos mesmos foi observada no interior do mesmo grão durante diversas avaliações.

Outro fato importante é com relação à mobilidade, visto que, insetos da espécie *Tribolium* se movimentam pouco no interior da massa de grãos, dificultando o contato com a TD. Rigaux *et al.* (2001) verificaram que, adultos de *T. castaneum* menos ágeis foram mais tolerantes à TD (Protect-It). Assim, a baixa mortalidade pode levar a resistência, considerada resistência comportamental e não resistência fisiológica, uma vez que baseia-se, principalmente, na diminuição do contato com as partículas do produto (Vayias *et al.*, 2008).

Resultados de baixa mortalidade e resistência de *Tribolium* também foram relatados por Fields & Korunic (2000). Conforme estes autores, embora existam classificações diferentes entre os estudos com resistência a TD, os rankings são globais indo dos insetos mais sensíveis aos menos sensíveis, conforme segue: *Cryptolestes* spp., *Oryzaephilus* spp., *Sitophilus* spp., *R. dominica* e *Tribolium* spp.

Poucos estudos têm abordado a existência de diferença na susceptibilidade entre as espécies. Porém os mais resistentes são insetos das espécies *Tribolium*. Fields & Korunic (2000) em bioensaios com *T. castaneum*, 25 insetos, em grãos de trigo tratados com 600 g.t<sup>-1</sup> de TD, com nome comercial Insecto<sup>®</sup>, em temperatura de 30 °C, em umidades de 12 e 14%, observaram uma mortalidade de 66% e de 30%, respectivamente, para as duas umidades estudadas.

Outros fatores que podem explicar as diferenças na suscetibilidade de insetos à terra de diatomácea relacionam-se ao tamanho do organismo (volume e razão de área de superfície), diferenças quantitativas ou qualitativas em lipídios cuticulares, reação comportamental à TD e níveis de dessecação (Korunic, 1997; Field & Korunic, 2000).

Ebeling (1971) considera que a resistência genética TD é improvável devido ao modo de ação física do produto. No entanto, Korunic (1998) e Korunic & Ormesher (1999)

descobriram susceptibilidade reduzida (1,3 - 2,2 vezes), de *T. castaneum*, *C. ferrugineus* e *R. dominica* adultos expostos a TD por 5-7 gerações, em comparação com linhagens de laboratório não selecionadas. Isto significa que os insetos podem ser capazes de desenvolver mecanismos de resistência fisiológica ou comportamental ao produto.

Já consta na literatura a informação sobre determinada população de *T. Castaneum*, que nunca tinha estado em contacto com TD, foi naturalmente tolerante à formulação do produto com nome comercial Protect-It (Rigaux *et al.*, 2001). Portanto, encontrar uma fórmula eficaz contra uma população de uma espécie não permite a extrapolação dos resultados para todas as populações das espécies examinadas.

Arnaud *et al.* (2005), observaram a mortalidade de adultos de sete populações distintas de *T. Castaneum*, 50 insetos, a quatro diferentes produtos comerciais a base de TD, aplicados em grãos de trigo, com umidade de 13-14%, nas concentrações de 100, 200, 400, 600, 800 e 1000 ppm (mg de TD por kg de grão). Após 21 dias os insetos foram contados, sendo observado que, no produto Insecto<sup>®</sup> a mortalidade foi de 100% para três das sete populações tratadas com 400 ppm, a menor média foi de 12% para uma população. Já com 600 ppm apenas duas populações não foram controladas completamente, 23 e 96% de mortalidade. Ao usarem 1000 ppm, os autores obtiveram 100% de mortalidade em seis populações e 97% em uma população, mostrando mais uma vez que dependendo da origem da população teremos diferente eficiência no controle (Rigaux *et al.*, 2001).

O uso da TD em *T. castaneum* não é maior devido à necessidade de grandes concentrações, variando de 1000 - 3500 ppm (1000 – 3500 g.t<sup>-1</sup>) para se alcançar uma boa eficiência, o que reduz significativamente a densidade e fluidez de grãos, e cria resíduos de poeira visíveis, aumentando os custos de aplicação (Golob, 1997).

Outro fator importante que pode estar relacionada a baixa mortalidade observada nesta espécie, no presente trabalho, esta relacionado com o tipo de grão utilizado. Foi

observado que TD foi mais eficiente quando aplicada sobre trigo do que quando aplicada em outros grãos, tais como, arroz polido, milho, aveia e cevada (Vayias & Stephou, 2009). Estes autores estudando a mortalidade de insetos da espécie *S. oryzae* e *T. castaneum* em grãos de cevada, trigo, arroz e milho, após tratamento por 14 dias com um produto a base de TD, observaram menor mortalidade das duas espécies quando o produto foi aplicado em milho, do que nos outros grãos.

De acordo com Arnaud *et al.* (2005), provavelmente a dosagem de TD terá ser aumentada em determinados grãos para obter um controle semelhante ao do trigo. Athanassiou *et al.* (2003) relataram que no milho existem grandes espaços entre os grãos, que permitem que os insetos ao andar através destes espaços evitam entrar em contato com as áreas onde a quantidade de TD é mais alta. Segundo o mesmo autor, a porosidade em grãos de milho é maior que em outros grãos.

Além disso, variações nas características físico-químicas entre os grãos poderia explicar a diferente eficiência de TD. Por exemplo, a quantidade de produto que é retida na superfície de grãos é diferente entre os grãos, e poderia levar a diferenças na eficiência do produto (Vayias & Stephou, 2009).

Esses resultados destacam a necessidade de estudar a suscetibilidade de diversas populações de diferentes espécies com uso de TD, a fim de desenvolver formulações eficazes contra a maioria das espécies de insetos e das populações.

Ao verificar a presença de *T. castaneum* 60 dias após a infestação, observou-se que os melhores resultados foram obtidos nos grãos com teor de umidade igual a 12% (Tabela 6).

TABELA 6. Mortalidade média ( $\pm$  EP) de adultos de *Tribolium castaneum* avaliados após 60 dias, em função do tempo de infestação, da umidade dos grãos de milho (12, 14 e 16%) e das dosagens de terra de diatomácea (1000 e 2000 g.t<sup>-1</sup>). (25  $\pm$  5 °C; 60  $\pm$  5% UR e fotofase de 16 horas) (n=10).

Dose. (g.t <sup>-1</sup> ) Infestação	12%			14%			16%		
	1000	2000	0	1000	2000	0	1000	2000	0
1 hora	5,2 abA* ( $\pm$ 1,02)	4,2 aAB ( $\pm$ 1,24)	2,4 aAB ( $\pm$ 0,40)	2,8 aAB ( $\pm$ 1,16)	3,6 aAB ( $\pm$ 0,93)	0,4 aB ( $\pm$ 0,25)	2,8 aAB ( $\pm$ 0,85)	2,8 aAB ( $\pm$ 1,11)	1,8 aAB ( $\pm$ 0,73)
10 dias	7,4 aA ( $\pm$ 0,87)	6,8 aA ( $\pm$ 1,14)	2,0 aB ( $\pm$ 1,26)	0,0 bB ( $\pm$ 0,00)	0,6 bB ( $\pm$ 0,25)	2,2 aB ( $\pm$ 1,36)	0,6 aB ( $\pm$ 0,40)	1,4 aB ( $\pm$ 0,51)	1,4 aB ( $\pm$ 0,60)
20 dias	4,0 bA ( $\pm$ 0,55)	3,8 aA ( $\pm$ 0,66)	1,0 aB ( $\pm$ 0,71)	0,4 bB ( $\pm$ 0,25)	0,2 bB ( $\pm$ 0,20)	0,4 aB ( $\pm$ 0,40)	1,0 aB ( $\pm$ 0,55)	1,5 aB ( $\pm$ 0,58)	0,4 aB ( $\pm$ 0,40)
CV**	0,40	0,49	1,04	1,73	1,29	1,86	1,05	0,96	1,11

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

\*\*C.V. = coeficiente de variação a 99% de probabilidade.

As baixas médias de mortalidade estão relacionadas ao fato de *T. castaneum* permanecer no interior de grãos já avariados, quebrados ou carunchados principalmente, e ali, se alimentarem continuamente, evitando-se assim a locomoção e conseqüentemente o contato com a TD.

Resultados esses que corroboram os obtidos por Fields & Korunic (2000) os quais obtiveram sempre maior mortalidade de *T. castaneum*, 25 insetos, nas menores umidades estudadas em grãos de trigo tratados com Insecto<sup>®</sup>.

Ao comparar as médias de mortalidade em cada dose de TD avaliada, na mesma umidade, nos três períodos de infestação estudados, podemos observar que ocorreram diferenças estatísticas do período 20 dias com o de 10 dias na umidade de 12% com 1000 g.t<sup>-1</sup> de TD. Já com 14% de umidade, em ambos os tratamentos, ocorreram diferenças entre 1 hora de infestação com os demais períodos.

De acordo com os resultados, quanto maior o tempo que o grão permanecer com o produto sem a presença dos insetos, menor é a eficiência do mesmo. Isto ocorre, provavelmente, porque a TD irá retirar água dos grãos perdendo o seu poder de ação contra o inseto.

Na análise tecnológica dos grãos infestados com 1 hora após a aplicação da TD, obtiveram-se médias significativamente maiores de grãos carunchados somente para os tratamentos controle com teor de umidade de 14 e 16%, sendo essas médias de 23,98 e 23,50%, respectivamente (Tabela 7).

TABELA 7. Valores médios (%) de defeitos em grãos de milho “in natura” (I) e tratados sem e com terra de diatomácea (1000 e 2000 g.t<sup>-1</sup>), infestados com insetos adultos de *Sitophilus zeamais* e *Tribolium castaneum* 1 hora após a aplicação.

Dose (g.t <sup>-1</sup> ) <sup>1</sup> /Danos (%)	I		12 %		14%		16%			
	---	0	1000	2000g	0g	1000g	2000g	0g	1000g	2000g
Carunchado	0,26 b*	4,64 b	0,14 b	0,42 b	23,98 a	0,99 b	1,51 b	23,50 a	1,11 b	0,67 b
Quebrado	4,36 ab	2,83 b	3,99 ab	4,33 ab	6,52 a	5,54 a	5,21 ab	2,79 b	4,10 ab	4,93 ab
Fragmentado	1,15 bc	2,39 b	4,26 a	3,23 a	2,38 b	2,37 b	2,40 b	0,24 c	1,31 bc	0,73 bc
Ardido	1,44 b	0,67 c	0,94 c	0,89 c	0,70 c	1,18 c	1,69 a	0,86 c	1,63 ab	1,38 b
Brotado	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,15 a	0,06 a	1,18 a	0,00 a	0,27 a	0,47 a
Chocho	0,39 a	0,32 a	0,00 a							
Fermentado	0,00 a									
Mofado	0,00 a									
Impurezas	0,05 a	1,39 a	1,04 a	1,66 a	0,30 a	0,81 a	0,95 a	0,22 a	0,43 a	0,90 a
Inteiro	92,35 a	87,86 a	89,63 a	89,47 a	65,97 b	89,05 a	87,06 a	72,39 b	91,15 a	90,92 a

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

Em um estudo realizado em grãos de milho infestados por *S. zeamais*, Antunes *et al.* (2010a), observaram um índice de carunchamento aos 60 dias de armazenamento de 9,77%, sem aplicação de nenhum produto para controle.

As maiores médias de grãos carunchados estão relacionadas à maior umidade dos grãos, o que favorece os danos nos grãos. Grãos com altos teores de água tornam-se muito vulneráveis a serem atacados por grandes populações de insetos e fungos (Kawamoto *et al.*, 1992; Lorini, 2002).

Os tratamentos com aplicação de TD, não diferiram do produto “in natura”, mostrando que a TD não permitiu o aumento de grãos carunchados.

Na categoria grão quebrado a maior média foi no controle dos grãos com teor de umidade igual a 14% (6,52%), diferindo estatisticamente dos demais controles.

As maiores médias de grãos fragmentados ocorreram nos tratamentos 1000 e 2000 g.t<sup>-1</sup> dos grãos com 12% de umidade e diferiram dos demais tratamentos. Esse aumento de grãos fragmentados em relação ao produto “in natura”, na umidade de 12%, ocorreu, provavelmente, devido à redução dos grãos quebrados, pois *T. Castaneum* é considerada uma praga secundária, tendo maior preferência por grãos quebrados e fragmentados, não atacando grãos inteiros. *S. Zeamais* é uma praga primária interna, que ataca tanto grãos inteiros quanto os quebrados (Lorini, 2002; Lorini *et al.*, 2009).

Nos tratamentos com umidades de 14 e 16%, os danos causados foram maiores tanto para os defeitos de grãos quebrados, quanto para os fragmentados, mostrando mais uma vez que grãos mais úmidos são atacados com maior facilidade pelos insetos.

Em relação aos grãos inteiros, a maior média ocorreu nos grãos “in natura” (92,35%), com 12 % de umidade, diferindo estatisticamente dos tratamentos controle, dos grãos com umidade de 14 e 16%, os demais tratamentos foram iguais estatisticamente.

Ao realizar a classificação desses lotes conforme BRASIL (1996), permanecem como Tipo 1 os tratamentos: 1000 e 2000 g.t<sup>-1</sup> com 12% de umidade, 1000 g.t<sup>-1</sup> com 14% de umidade e 1000 e 2000 g.t<sup>-1</sup> com 16% de umidade, além do lote “in natura”. Como grãos Tipo 2 ficou o tratamento com aplicação de 2000 g.t<sup>-1</sup> com 14% de umidade. Já os tratamentos controle dos grãos com 14 e 16% de umidade ficaram classificados como abaixo do nível padrão de comercialização, mostrando a utilização de terra de diatomácea diminui a infestação proporcionando uma melhor qualidade dos grãos.

O percentual de grãos inteiros do tratamento controle da umidade de 12% foi igual estatisticamente aos tratamentos com aplicação de TD, mostrando que a secagem de grãos para umidades iguais ou inferiores a 12%, dificulta o ataque de insetos (Elias, 2009).

Na análise tecnológica realizada nos grãos infestados com 10 dias após a aplicação, novamente os maiores valores percentuais de grãos carunchados (44,15 e 16,30%) foram

verificadas nos tratamentos controle dos grãos com 14 e 16% de umidade, respectivamente (Tabela 8).

TABELA 8. Valores médios (%) de defeitos em grãos de milho “in natura” (I) e tratados sem e com terra de diatomácea (1000 e 2000 g.t<sup>-1</sup>), infestados com insetos adultos de *Sitophilus zeamais* e *Tribolium castaneum* 10 dias após a aplicação.

Dose (g.t <sup>-1</sup> ) Danos (%)	I		12 %		14%			16%		
	---	0	1000	2000	0	1000	2000	0	1000	2000
Carunchado	0,26 c*	9,39 bc	0,06 c	0,15 c	44,15 a	1,90 c	0,90 c	16,30 ab	1,53 c	0,73 c
Quebrado	4,36 ab	3,14 b	5,46 ab	4,30 ab	6,39 a	6,58 a	6,17 ab	3,47 b	4,10 ab	3,76 b
Fragmentado	1,15 ab	2,79 a	2,32 ab	2,60 ab	1,39 ab	2,61 ab	2,35 ab	0,08 b	0,41 ab	0,63 ab
Ardido	1,44 ab	1,97 a	2,24 a	2,45 a	0,78 b	0,96 b	2,25 a	2,60 a	1,30 ab	2,01 a
Brotado	0,0 a	0,00 a	0,0 a	0,31 a	0,00 a	0,24 a	0,40 a	0,00 a	0,19 a	0,32 a
Chocho	0,39 a	0,32 a	0,00 a	0,53 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a
Fermentado	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a
Mofado	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,36 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a
Impurezas	0,05 b	1,58 a	0,93 ab	1,01 ab	0,15 b	0,25 b	0,46 b	0,09 b	0,20 b	0,30 b
Inteiro	92,35 a	80,81 bc	88,99 abc	88,28 ab	47,14 d	87,46 ab	87,47 ab	77,42 c	92,27 a	92,25 a

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

A maior média de grãos carunchados nos tratamentos controles ocorreu provavelmente devido à maior emergência de insetos da espécie *S. zeamais* (188,0) nesse tratamento.

A maior média para grãos quebrados foi observada no tratamento 1000 g.t<sup>-1</sup> com 14% de umidade (6,58%) e diferiu estatisticamente dos tratamentos controle dos grãos com 12 e 16% de umidade, assim como do tratamento 2000 g.t<sup>-1</sup> dos grãos com 16% de umidade. Essa diferença com os controles está relacionada a maior quantidade de grãos carunchados nos controles, já o tratamento 16% apresentou um maior valor de grãos ardidos.

Na categoria grãos fragmentados, a maior média foi de 2,79%, tratamento controle dos grãos com 12% de umidade, e diferiu estatisticamente apenas do tratamento controle dos grãos com 16% de umidade, 0,08%.

A maior média de impurezas, 1,58%, foi verificada no tratamento controle dos grãos com 12% de umidade e somente não diferiu dos demais tratamentos de grãos com a mesma umidade.

Na categoria grãos inteiros, a maior média foi verificada nos grãos “in natura”, 92,35%, diferindo estatisticamente dos tratamentos controle nas três umidades estudadas.

Ao classificar esses lotes estudados conforme BRASIL (1996), os tratamentos “in natura”, 1000 e 2000 g.t<sup>-1</sup> dos grãos com 16% de umidade são classificados como grãos tipo 1. Tipo 2 são os tratamentos 1000 e 2000 g.t<sup>-1</sup> dos grãos com teores de umidade de 12 e 14%. Tipo 3 os tratamentos controle dos grãos com 12 e 16% de umidade. O tratamento controle dos grãos com 14% de umidade fica classificado como abaixo do nível padrão para comercialização.

Na última infestação realizada, 20 dias, novamente a maior média de grãos carunchados, 34,87%, foi observada no tratamento controle dos grãos com 14% de umidade e diferiu estatisticamente dos demais tratamentos (Tabela 9). Esse resultado está relacionado ao fato desse tratamento apresentar a maior média de emergência, evidenciando, mais uma vez, que umidades mais altas sem aplicação de TD levaram a um maior ataque das pragas.

TABELA 9. Valores médios (%) de defeitos em grãos de milho “in natura” (I) e tratados sem e com terra de diatomácea (1000 e 2000 g.t<sup>-1</sup>), infestados com insetos adultos de *Sitophilus zeamais* e *Tribolium castaneum* 20 dias após a aplicação.

Dose (g.t <sup>-1</sup> ) Danos (%)	I	12 %			14%			16%		
	---	0	1000	2000	0	1000	2000	0	1000	2000
Carunchado	0,26 d*	5,78 c	0,56 d	0,37 d	34,87 a	1,29 cd	1,25 d	24,55 b	0,48 d	0,11 d
Quebrado	4,36 a	5,09 a	5,05 a	5,68 a	5,18 a	5,05 a	6,21 a	3,34 a	4,14 a	4,00 a
Fragmentado	1,15 ab	3,24 a	2,45 ab	2,63 ab	3,24 a	2,64 ab	3,43 a	0,11 b	0,05 b	0,42 b
Ardido	1,44 ab	2,06 ab	2,26 ab	2,65 ab	0,78 b	1,76 ab	0,71 b	1,50 ab	2,68 ab	3,32 a
Brotado	0,0 a	0,00 a	0,48 a	0,28 a	0,00 a	0,27 a	0,68 a	0,04 a	0,46 a	0,38 a
Chocho	0,39 a	0,00 a	0,46 a	0,25 a	0,00 a					
Fermentado	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a
Mofado	0,00 a	0,00 a	0,01 a	0,18 a	0,00 a					
Impurezas	0,05 b	1,26 a	1,32 a	1,60 a	0,34 b	0,30 b	0,47 b	0,12 b	0,35 b	0,10 b
Inteiro	92,35 a	82,57 ab	87,41 a	86,36 a	55,59 c	88,69 a	87,35 a	70,34 b	91,84 a	91,67 a

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

A maior média de grãos fragmentados, 3,43%, foi verificada no tratamento 2000 g.t<sup>-1</sup> dos grãos com 14% de umidade. Essa média diferiu estatisticamente de todos os tratamentos dos grãos com 16% de umidade.

O tratamento com 2000 g.t<sup>-1</sup> de TD em grãos com 12% de umidade apresentaram as maiores médias de impurezas. Estas não diferiram em grãos com este teor de umidade, mas foram diferentes dos demais.

Novamente os grãos “in natura” apresentaram as maiores médias de grãos inteiros, diferindo estatisticamente dos tratamentos controle dos grãos com 14 e 16% de umidade.

Na classificação deste lote, são classificados como tipo 1 os tratamentos “in natura”, 1000 e 2000 g.t<sup>-1</sup> dos grãos com 16% de umidade. Tipo 2 são os tratamentos 1000 e 2000 g.t<sup>-1</sup> dos grãos com teor de umidade de 12 e 14%, assim como o tratamento controle dos grãos com 12% de umidade. Já os tratamentos controle dos grãos com 14 e 16% de umidade são classificados como abaixo do nível padrão para comercialização. Neste período nenhum lote foi classificado como Tipo 3.

Esta classificação dos grãos em tipo 1, com 16% de umidade provavelmente tenha ocorrido pelo fato de que o produto foi aplicado e só ocorreu a infestação 10 e 20 dias

após, permitindo que a terra diatomácea retirasse umidade dos grãos, dificultando o ataque de insetos, 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%.

#### 4.2. Controle de *Sitophilus zeamais* com uso de inseticidas piretróide e organofosforado

O inseticida piretróide (bifentrina), na dosagem de 2,5 ppm via aplicação com pipeta, foi o único a não apresentar 100% de mortalidade a partir de 120 dias de armazenamento (Tabela 10). Ao usar o pulverizador manual, os tratamentos apresentaram o mesmo padrão de resultados verificados com a forma de aplicação interior. Entretanto, o tratamento na dosagem de 4,5 ppm obteve-se a menor mortalidade em grãos armazenados aos 180 dias (Tabela 11).

TABELA 10. Número médio ( $\pm$  EP) de adultos de *Sitophilus zeamais* mortos após infestarem grãos de milho tratados com bifentrina (doses de 2,5; 3,5 e 4,5 ppm, com aplicação via pipeta) armazenados por até 180 dias. (25  $\pm$  5 °C; 60  $\pm$  10% UR) (n=15).

	Dose (ppm)	30	60	90	120	150	180	CV**
Pipeta	2,5	15,0 aA* ( $\pm$ 0,00)	15,0 aA ( $\pm$ 0,00)	15,0 aA ( $\pm$ 0,00)	13,4 aA ( $\pm$ 1,12)	14,6 aA ( $\pm$ 0,25)	13,8 aA ( $\pm$ 0,73)	0,14
	3,5	15,0 aA ( $\pm$ 0,00)	15,0 aA ( $\pm$ 0,00)	15,0 aA ( $\pm$ 0,00)	15,0 aA ( $\pm$ 0,00)	15,0 aA ( $\pm$ 0,00)	15,0 aA ( $\pm$ 0,00)	0,00
	4,5	15,0 aA ( $\pm$ 0,00)	15,0 aA ( $\pm$ 0,00)	15,0 aA ( $\pm$ 0,00)	15,0 aA ( $\pm$ 0,00)	15,0 aA ( $\pm$ 0,00)	15,0 aA ( $\pm$ 0,00)	0,00
Controle	2	0,0 aB ( $\pm$ 0,00)	1,0 aB ( $\pm$ 0,63)	1,0 aB ( $\pm$ 0,63)	1,0 aB ( $\pm$ 0,45)	2,2 aB ( $\pm$ 1,16)	0,2 aB ( $\pm$ 0,35)	0,72

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

\*\*C.V. = coeficiente de variação a 99% de probabilidade.

TABELA 11. Número médio ( $\pm$  EP) de adultos de *Sitophilus zeamais* mortos após infestarem grãos de milho tratados com bifentrina (doses de 2,5; 3,5 e 4,5 ppm, com aplicação via pulverizador) armazenados por até 180 dias. ( $25 \pm 5$  °C;  $60 \pm 10\%$  UR) (n=15).

	Dose (ppm)	30	60	90	120	150	180	CV**
Pulverizador	2,5	14,8 aA* ( $\pm 0,20$ )	15,0 aA ( $\pm 0,00$ )	15,0 aA ( $\pm 0,00$ )	15,0 aA ( $\pm 0,00$ )	13,4 aA ( $\pm 0,81$ )	15,0 aA ( $\pm 0,00$ )	0,06
	3,5	15,0 aA ( $\pm 0,00$ )	15,0 aA ( $\pm 0,00$ )	15,0 aA ( $\pm 0,00$ )	15,0 aA ( $\pm 0,00$ )	15,0 aA ( $\pm 0,00$ )	15,0 aA ( $\pm 0,00$ )	0,00
	4,5	15,0 aA ( $\pm 0,00$ )	15,0 aA ( $\pm 0,00$ )	15,0 aA ( $\pm 0,00$ )	14,4 aA ( $\pm 0,60$ )	15,0 aA ( $\pm 0,00$ )	9,8 bB ( $\pm 1,60$ )	0,17
Controle***	2	1,0 aB ( $\pm 0,00$ )	0,0 aB ( $\pm 0,00$ )	1,0 aB ( $\pm 0,37$ )	1,2 aB ( $\pm 0,97$ )	1,4 aB ( $\pm 0,93$ )	0,0 aC ( $\pm 0,00$ )	1,26

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

\*\*C.V. = coeficiente de variação a 99% de probabilidade.

É possível que os insetos tenham permanecido aderidos ao tecido durante todo o período de infestação, exceto no momento da entrada nos potes onde todos os insetos foram colocados em contato com os grãos tratados. Também é válido salientar que os sobreviventes podem ser tolerantes ao inseticida piretróide, diferentemente dos insetos colocados nos grãos tratados com o inseticida organofosforado, onde foram suscetíveis em todas as análises.

Conforme Lorini (2008) preferencialmente devem ser utilizados inseticidas com princípio ativo pirimifos-methyl e fenitrothion para espécies pragas do gênero *Sitophilus*, resultados que estão de acordo com os apresentados neste estudo. Segundo o autor, inseticidas piretróides devem ser utilizados preferencialmente no tratamento de *R. dominica*.

Ribeiro *et al.* (2003), avaliando a mortalidade de *S. zeamais*, 20 insetos, em grãos de milho, também obtiveram mortalidade de 100% quando utilizaram o pirimifós-metílico, e observaram alguma resistência quando aplicaram inseticidas piretróides.

Foi observada em todas as avaliações realizadas e nas dosagens utilizadas (4,0; 6,0 e 8,0 ppm) em ambos os métodos de aplicação (pipeta e pulverização manual), mortalidade

de 100% de adultos de *S. zeamais* com uso do inseticida organofosforado com princípio ativo pirimifós-metílico.

Em relação à eficiência do inseticida piretróide, o menor valor no controle de *S. zeamais*, 65,33%, foi encontrado na dosagem de 4,5 ppm, aplicada via pulverizador (Tabela 12).

TABELA 12. Eficiência (%) do inseticida piretróide (bifentrina) em ambas as formas de aplicação (pipeta e pulverizador) no controle de adultos de *Sitophilus zeamais* infestando grãos de milho armazenados por até 180 dias. (n = 15).

	Dose (ppm)	30	60	90	120	150	180
Pipeta	2,5	100,0*	100,0	100,0	88,57	96,88	91,89
	3,5	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	4,5	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Pulverizador	2,5	99,33	100,0	100,0	100,0	88,24	100,0
	3,5	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	4,5	100,0	100,0	100,0	95,71	100,0	65,33

\*Eficiência obtida através da fórmula de Abbott.

Santos (1988) relatou falhas no controle com uso de piretróide deltametrina, quando utilizado em populações do gorgulho-do-milho nos Estados do Paraná e Rio Grande do Sul. De acordo com o autor, *S. zeamais* foi controlado com sucesso pelo inseticida organofosforado malatiom e pirimifós-metil.

Resistência a inseticidas organofosforados foi detectada em populações brasileiras de insetos de grãos armazenados por Pacheco *et al.* (1990). De acordo com Santos (1988), a resistência a piretróides não foi relatada até o final da década de 80 do século passado.

Já o inseticida organofosforado apresentou 100% de eficiência em todas as análises. Esses resultados corroboram os de Santos *et al.* (2009) que utilizaram 17 populações de *S. zeamais*, 15 insetos, oriundas de diversas localidades do país. Esses autores utilizaram as doses comerciais dos inseticidas de principio ativo bifentrina (16 mL) e primifós-metílico (20 mL). A mortalidade foi avaliada após 24 horas de contato dos insetos com os grãos de milho tratados. Com bifentrina as médias variaram de 0 a 100% de mortalidade, sendo

somente uma população com controle acima de 75%. Já com pirimifós-metílico apenas uma população não foi controlada totalmente (98,33%).

Esses autores utilizaram marcas comerciais e forma de aplicação, que ocorreu em correia montada para o experimento com uso de bico hidráulico, diferentes das utilizadas neste estudo.

O organofosforado utilizado neste estudo, apesar de não estar registrado para uso preventivo de grãos, mostrou-se uma ótima alternativa para controlar o gorgulho do milho, já que muitas espécies apresentam resistência a determinados inseticidas.

Em relação aos resultados obtidos com o inseticida piretróide (bifentrina), estes não confirmam os dados relatados por Silveira *et al.* (2006), que ao trabalharem com *S. zeamais* e *T. castaneum*, obtiveram médias decrescente quanto a mortalidade dessas espécies com as infestações ocorrendo por um período de 48 horas, de 15 em 15 dias, até 90 dias de armazenamento.

Esses autores utilizaram aplicação via pulverização em correia transportadora, com uso de bico hidráulico, de 0,4 g de princípio ativo de bifentrina em grãos de milho.

## 5 CONCLUSÕES

Através dos dados obtidos nesse trabalho, podemos concluir que:

1. A mortalidade de *S. zeamais* e *T. castaneum* aumenta nas menores umidades dos grãos, com o incremento no tempo de exposição dos insetos e a dose de aplicação não influencia;
2. A espécie *T. castaneum* apresenta maior nível de tolerância as doses de Terra de Diatomácea utilizadas;
3. Grãos de milho sem Terra de Diatomácea são danificados por *S. zeamais* e *T. castaneum* e em dois meses podem passar da classificação tipo 1 para a classificação abaixo do nível padrão de comercialização;
4. Independente do modo de aplicação e dose, o inseticida Bergard® é eficiente no controle de *S. zeamais*, por até 180 dias de armazenamento de grãos de milho;
5. O Inseticida Starion® é eficiente no controle de *S. zeamais* até 150 dias após a aplicação.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

1. Dosagens maiores de Terra de Diatomácea contra *T. castaneum* devem ser utilizadas em experimentos futuros;

2. Inseticida Bergard® pode ser usado como futura alternativa no controle de *S. zeamais*, desde que seja registrado no MAPA para estes fins;

3. Estudos futuros com diversas populações de *S. zeamais* e outros insetos com esse inseticida devem ser feitos.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBOTT, W. S. A method of computing the effectiveness of an insecticide. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 18, p. 265-267, 1925.

ALDRYHIM, Y. N. Efficacy of the amorphous silica dust, Dryacide, against *Tribolium confusum* Duv. and *Sitophilus granarius* (L.) (Coleoptera: Tenebrionidae and Curculionidae). **Journal of Stored Products Research**, Amsterdam, v. 26, p. 207-210, 1990.

ALDRYHIM, Y. N. Combination of classes of wheat and environmental factors affecting the efficacy of amorphous silica dust, Dryacide, against *Rhyzopertha dominica* (F.). **Journal of Stored Products Research**, Amsterdam, v. 29, p. 271-275, 1993.

ANTUNES, L. E. G.; VIEBRANTZ, P. C.; GOTTARDI, R.; DIONELLO, R. G. Análise de danos químicos e variação populacional em grãos de milho armazenado causados pela infestação de *Sitophilus zeamais* Motschulsky 1885 (Coleoptera: Curculionidae) durante o armazenamento. In: Conferência Brasileira de Pós-Colheita, 5. **Anais ...** Foz do Iguaçu, PR, p. 206-209, 2010b.

ANTUNES, L. E. G.; VIEBRANTZ, P. C.; GOTTARDI, R.; DIONELLO, R. G. Avaliação de danos físicos causados pela infestação de *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae) em grãos de milho armazenado. In: Conferência Brasileira de Pós-Colheita, 5. **Anais ...** Foz do Iguaçu, PR, p. 210-214, 2010a.

ARNAUD, L.; LAN, H. T. T.; BROSTAU, Y.; HAUBRUGE, E. Efficacy of diatomaceous earth formulations admixed with grain against populations of *Tribolium castaneum*. **Journal of Stored Products Research**, Amsterdam, v. 41, p. 121-130, 2005.

ARTHUR, F. H. Grain protectants: current status and prospects for the future. **Journal of Stored Products Research**, Amsterdam, v. 32, p. 293-302, 1996.

ATHANASSIOU, C. G.; KAVALLIERATOS, N. G.; TSAGANOU, F. C.; VAYIAS, B. J.; DIMIZAS, C. B.; BUCHELOS, C. T. H. Effect of grain type on the insecticidal efficacy of diatomaceous earth against *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae). **Crop Protection**, Amsterdam, v. 22, p. 1141-1147, 2003.

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

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.

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.

BELL, C. H.; HOLE, B. D.; EVANS, P. H. The occurrence of resistance to phosphine in adult and egg stages of strains of *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae). **Journal of Stored Products Research**, Amsterdam, v. 13, p. 91-94, 1977.

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. 384p.

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.

BRASIL. INSTRUÇÃO NORMATIVA CONJUNTA SDA/ANVISA/IBAMA N° 1, DE 10 DE SETEMBRO DE 2002. **Proíbe uso do Brometo de Metila para expurgos em cereais e grãos armazenados e no tratamento pós-colheita das culturas mencionadas, e dá outras providências**. D.O.U. de 11/09/2002, 2002.

BRASIL - MAPA - MINISTÉRIO AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – AGROFIT. Acesso em janeiro de 2011. <[http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons)>. Acesso em: 31 jan. 2011.

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.; FARONI, L. R. D.; BERBERT, P. A.; CECON, P. R. 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.

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, n. 4, p. 343-347, 2010.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Indicadores da Agropecuária**. Brasília: Conab [on line]. Disponível em:<<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 10 dez. 2010.

COSTA, J. M.; SANTOS, Z. F. de A. F.; CORREIA, J. F. **Pragas dos Produtos Armazenados e Meios de Controle**. Salvador: EPABA, 1980. 18 p.

DESMARCHELIER, J. M.; DINES, J. C. Dryacide treatment of stored wheat: its efficacy against insects, and after processing. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Collingwood, v. 27, p. 309-312, 1987.

EBELING, W. Sorptive dusts for pest control. **Annual Review of Entomology**, Danvers, v. 16, p. 123-158, 1971.

ELIAS, M. C. **Armazenamento e Conservação de Grãos, em Médias e Pequenas Escalas**. 3ª Edição. UFPEL, COREDE-SUL. Pólo de Modernização Tecnológica em Alimentos da Região Sul. Pelotas: Editora Universitária da UFPEL, 2002. 218 p.

ELIAS, M. C. **Pós-Colheita de Arroz: Secagem, Armazenamento e Qualidade**. Pelotas, RS: Editora Universitária da UFPEL, 2007. 422 p.

ELIAS, M. C. **Manejo Tecnológico da Secagem e do Armazenamento de Grãos**. Pelotas: Ed. Santa Cruz, 2008. 457 p.

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. Cap. 10. In: ELIAS, M. C.; OLIVEIRA, M. **Aspectos Tecnológicos e Legais na Formação de Auditores Técnicos do Sistema Nacional de Certificação de Unidades Armazenadoras**. Pelotas: Ed. Santa Cruz, 2009. 430p.

FEPAGRO, EMATER/RS, FECOTRIGO. Recomendações técnicas para a cultura do milho no Rio Grande do Sul. In: **Programa multi-institucional de difusão de tecnologia em milho**. Porto Alegre, 1998. 148p.

FIELDS, P. G., KORUNIC, Z. The effect of grain moisture content and temperatures on the efficacy of diatomaceous earths from different geographical locations against stored-products beetles. **Journal of Stored Products Research**, Amsterdam, v. 36, p. 1-13, 2000.

GALLO, D., NAKANO O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R. P. L.; BATISTA, G. C.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B.; VENDRAMIM, J. D.; MARCHINI, L. C.; LOPES, J. R. S.; OMOTO, C. **Entomologia Agrícola**. 3. ed. Piracicaba: FEALQ, 2002. 920p.

GAUT, B. S.; MAUD, L. T.; PEEK, A.; SAWKINS, M. C. Maize as a model for the evolution of plant nuclear genomes. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, Washington, v. 97, n. 13, p. 7008-7015, 2000.

GOLOB, P. Current status and future perspectives for inert dusts for control of stored product insects. **Journal of Stored Products Research**, Amsterdam, v. 33, p. 69-79, 1997.

GUEDES, R. N. C. Manejo integrado para a proteção de grãos armazenados contra insetos. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v. 15, p. 3-48, 1991.

GUEDES, R. N. C.; LIMA, J. O. G.; SANTOS, J. P.; CRUZ, C. D. Resistance to DDT and pyrethroids in Brazilian populations of *Sitophilus zeamais* Motsch. (Coleoptera: Curculionidae). **Journal of Stored Products Research**, Amsterdam, v. 31, p. 145-150, 1995.

GUEDES, R. N. C.; KAMBHAMPATI, S.; DOVER, B. A. Organophosphate resistance and its biochemical mechanisms in Brazilian and U.S. populations of the lesser grain borer, *Rhyzopertha dominica*. **Resistant Pest Management Newsletter**, East Lansing, v. 9, p. 24-25, 1997.

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.

KAWAMOTO, H.; SINHA, R. N.; MUIR, W. E. Computer simulation modelling for stored-grain pest management. **Journal of Stored Product Research**, Amsterdam, v. 28, n. 2, p. 139-145, 1992.

KORUNIC, Z. Rapid assessment of the insecticidal value of diatomaceous earths without conducting bioassays. **Journal of Stored Products Research**, Amsterdam, v. 33, p. 219-229, 1997.

KORUNIC, Z. Diatomaceous earths, a group of natural insecticides. **Journal of Stored Products Research**, Amsterdam, v. 34, p. 87-97, 1998.

KORUNIC, Z.; ORMESHER, P. Evaluation and standardised testing of diatomaceous earth. In: ZUXUN, J., QUAN, L., YONGSHENG, L., XIANCHANG, T., LIANGHUA, G. (Eds). International Working Conference on Stored-product Protection, 7, 1998, Beijing, P.R. China. **Proceedings ...** Sichuan Publishing House of Science and Technology, Chengdu, P.R. China, p. 738-744, 1999.

LACERDA FILHO, A. F.; SILVA, J. S.; REZENDE, R. C. Estruturas para Armazenagem de Grãos. In: Silva, J.S., **Secagem e Armazenagem de Produtos Agrícolas**. Viçosa: Editora Aprenda Fácil, 2000. p. 107-138.

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 f. Dissertação (Mestrado) Faculdade de Biologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

LOECK, A. E.; **Pragas de Produtos Armazenados**. Pelotas: EGUFPEL, 2002. 113p.

LORINI, I.; SCHNEIDER, S. **Pragas de Grãos Armazenados: Resultados de Pesquisa**. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1994. 47p.

LORINI, I. **Controle Integrado de Pragas de Grãos Armazenados**. Passo Fundo, RS: EMBRAPA – CNPT, 1998. 52p.

LORINI, I. **Manual Técnico para o Manejo Integrado de Pragas de Grãos de Cereais Armazenados**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2001, 80p.

LORINI, I.; MIIKE, L. H.; SCUSSEL, V. M. **Armazenagem de Grãos**. Campinas: Instituto Biogenziz, 2002. Vol. 1, 1000p.

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

LORINI, I.; FERREIRA, A. F.; BARBIERI, I.; DEMAMAN, N. A.; MARTINS, R. R. D.; OSVALDIR. 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.; MORÁS, A.; BECKEL, H. Tratamento de sementes armazenadas com Pós Inertes à Base de Terra de Diatomácea. **Comunicado Técnico on line (EMBRAPA) n. 113**. Passo Fundo: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2003. Disponível em: < [http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/co/p\\_co113.htm](http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/co/p_co113.htm)>. Acesso em: 02 jul. 2009.

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, 2008.

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**, Curitiba, v. 5, n. 1, p. 27-32, 2007.

MONRO, U. A. H.; UPITIS, E.; BOND, J. E. Resistance of a laboratory strain of *Sitophilus granarius* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) to phosphine. **Journal of Stored Products Research**, Amsterdam, v. 8, p. 199-207, 1972.

MONTROSS, J. E.; MONTROSS, M. D.; BAKKER-ARKEMA, F. W. **Grain storage**. In: Bakker-Arkema, F. W. (ed.). CIGR handbook of agricultural engineering. St. Joseph: ASAE, 1999. Vol. 4, p. 46-59.

MOUND, L. (Ed.). Common Insect Pests of Stored Food Products. A guide to their identification. Londres: Editora **British Museum** (Natural History), 1989. 68p.

NAKAKITA, H.; WINKS, R. G. Phosphine resistance in immature stages of a laboratory selected strain of *Tribolium castaneum* (Herbst). **Journal of Stored Products Research**, Amsterdam, v. 17, p. 43-52, 1981.

PACHECO, I. A.; SARTORI, M. R.; BOLONHEXI, S. Resistance to malathion, pirimiphos-methyl and fenitrothion in Coleoptera from stored grains. In: International Working Conference of Stored Product Protection, 5. **Proceedings ...** Bordeaux, France, 1990, p. 1029-1037.

PATERNIANI, E.; CAMPOS, M. S. Melhoramento de milho. In: BORÉM, A. **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa: UFV, 1999. 817p.

PEREIRA, P. R. V. S.; JUNIOR, A. R. P.; FURIATTI, A. R. 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, 2003.

PIMENTEL, M. A. G.; FARONI, L. R. D.; GUEDES, R. N. C.; GONÇALVES, J. R.; OLIVEIRA, C. F. R. Eficácia biológica de Bifentrina aplicado em milho em milho armazenado em diferentes temperaturas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 2, p. 263-267, 2005.

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

PUZZI, D. **Abastecimento e Armazenamento de Grãos**. Ed. atualizada. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 2000, 666 p.

RIBEIRO, B. M., GUEDES, R. N. C., OLIVEIRA, E. E., SANTOS, J. P. Insecticide resistance and synergism in Brazilian populations of *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). **Journal of Stored Products Research**, Amsterdam, v. 35, p. 21-31, 2003.

RIGAUX, M., HAUBRUGE, E., FIELDS, P.G. Mechanisms for tolerance to diatomaceous earth between strains of *Tribolium castaneum*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Amsterdam, v. 101, n. 1, p. 33-39, 2001.

SANTOS, D. Armazenamento de grãos e cereais a nível de fazenda. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE ARMAZENAGEM, 2, Brasília, 1977. **Anais...** Brasília: CIBRAZEN, p.55-61, 1977.

SANTOS J. P. Comparação entre populações de *Sitophilus zeamais* quanto a resistência a inseticidas piretróides e fosforados. In: Congresso Nacional Milho e Sorgo, 17. **Resumos ...** Piracicaba, SP, Brazil, 1988. 71 p.

SANTOS, J. P. Novo produto piretróide para o controle de *Sitophilus zeamais* em grãos de milho armazenado. **Comunicado Técnico EMBRAPA**. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 2005. 2p.

SANTOS, J. P.; CAJUEIRO, I. V. M.; FONTES, R. A. Avaliação de perdas causadas por insetos no milho armazenado ao nível de fazenda, em três estados. In: Paiva, E. (Ed.), **Relatório Técnico Anual do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo**. Sete Lagoas: CNPMA/EMBRAPA., 1986. P. 65-66.

SANTOS, J. C., FARONI, L. R. A., SIMÕES, R. O., PIMENTEL, M. A. G., SOUZA, A. H. 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.

SANTOS, M. A. T.; AREAS, M. A.; REYES, F. G. R. Piretróides – uma visão geral. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 18, n. 3, p. 339-349, 2007.

SARTORI, J. A. **Qualidade dos Grãos de Milho após o Processo de Secagem**. 2001. 79 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2001.

SAUER, D.B. **Storage of Cereal Grains and Their Products**. St. Paul: American Association of Cereal Chemists, 1992. 615p.

SHAAYA, E.; KOSTJUKOVSKI, M.; EILBERG, J.; SUKPRAKARN, C. Plant oils as fumigants and contact insecticides for the control of stored-product insects. **Journal of Stored Products Research**, Amsterdam, v. 33, p. 7-15, 1997.

SILVA, J. S.; AFONSO, A. D. L.; GUIMARÃES, A. C. Estudos dos métodos de Secagem. In: Silva, J.S., **Pré-processamento de Produtos Agrícolas**. Juiz de Fora: Instituto Maria, 1995. P.105-143.

SILVEIRA, R. D. S., FARONI, L. R. A., PIMENTEL, M. A. G., PETERNELLI, L. A., ZOCCOLO, G. J. Eficácia biológica e persistência de bifentrina pulverizada em grãos de milho com diferentes temperaturas. **Neotropical Entomology**, Piracicaba, v. 35, n. 2, p. 164-168, 2006.

SMIDERLE, O. J.; CICERO, S. M. Tratamento inseticida e qualidade de sementes de milho durante o armazenamento. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 56, n. 4, p. 1245-1254, 1999.

SNELSON, J. T. Grain Protectants. In: Monograph No. 3. **Australian Centre for International Agricultural Research**, Canberra, Australia, 1987, 448 p.

VAYIAS, B. J.; ATHANASSIOU, C. G.; BUCHELOS, C. T. Evaluation of resistance development by *Tribolium confusum* Du Val (Coleoptera: Tenebrionidae) to diatomaceous earth under laboratory selection. **Journal of Stored Products Research**, Amsterdam, v. 44, p. 162-168, 2008.

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, v. 45, p. 226-231, 2009.

VIEIRA, M. G. G. C.; CARVALHO, M. L. M. de; MACHADO, J. C. **Controle de Qualidade de Sementes**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1999. 113 p.