

**Controle de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae),
Tribolium castaneum (Coleoptera: Tenebrionidae) e *Cryptolestes ferrugineus*
(Coleoptera: Cucujidae) usando duas concentrações de gás fosfina
com diferentes períodos de exposição, em grãos de milho armazenados¹**

**Luidi Eric Guimarães Antunes², Edar Ferrari Filho³,
Patrícia Daniela da Silva Pires⁴, Priscila Correa Viebrantz⁵,
Roberto Gottardi⁶ e Rafael Gomes Dionello⁷**

Resumo – Estima-se que 10 % das perdas na pós-colheita de grãos estão relacionadas à infestação de insetos no armazenamento. Diversos métodos de controle são estudados, entre eles o uso de gás fosfina. Este trabalho objetivou o estudo da mortalidade de *Sitophilus zeamais* (50 insetos), *Tribolium castaneum* (20 insetos) e *Cryptolestes ferrugineus* (20 insetos) com uso de gás fosfina nas concentrações de 1 e 2 g m⁻³. Foram utilizadas câmaras cilíndricas para o armazenamento dos grãos de milho e frascos de vidro para armazenar os insetos. A duração do período de expurgo foi de cinco, sete e nove dias para cada tratamento. Além da mortalidade analisou-se também a concentração do gás fosfina no interior das câmaras e a emergência de insetos nos grãos expurgados. O tratamento testemunha ficou livre de fumigação. Em todos os períodos de expurgo foi obtido 100 % de mortalidade para as três espécies estudadas, em ambas as concentrações de fosfina. A concentração de gás fosfina diminuiu ao longo do tempo e não houve emergência de prole no período de 30 dias. Conclui-se que a fosfina nas concentrações de 1 e 2 g m⁻³ é eficaz no controle de *S. zeamais*, *T. castaneum* e *C. ferrugineus* sem produção de descendentes.

Palavras-chaves: gorgulho-do-milho, besouros-de-grãos, fumigação

**Control of *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae),
Tribolium castaneum (Coleoptera: Tenebrionidae) and *Cryptolestes*
ferrugineus (Coleoptera: Laemophloeidae) using two concentrations
of phosphine gas with different exposure time, in grains of corn stored**

Abstract – It is estimated that 10 % of post-harvest losses of grain are related to insect infestation in storage. Several control methods are studied, including the use of phosphine gas. This work aimed to study the mortality of *Sitophilus zeamais* (50 insects), *Tribolium castaneum* (20 insects) and *Cryptolestes ferrugineus* (20 insects) using phosphine gas at concentrations of 1 and 2 g m⁻³. Cylindrical chambers were used for the storage of corn and jars to hold the insects. The duration of the purge was five, seven and nine days for each treatment. Besides the mortality was also analyzed the concentration of phosphine gas inside the chambers and the emergence of insects in grain purged. The control treatment was free of fumigation. In all periods of purge, was obtained 100 % mortality for the three species studied, both concentrations of phosphine. The phosphine gas concentration has decreased over time and there was no emergence of offspring at 30 days. It is concluded that phosphine concentrations of 1 and 2 g m⁻³ is effective in controlling *S. zeamais*, *T. castaneum* and *C. ferrugineus* without producing offspring.

Key-words: maize weevil, grain beetles, fumigation

¹ Manuscrito submetido em 15/03/2011 e aceito para publicação em 1^o/10/2011.

Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Faculdade de Agronomia, Departamento de Fitossanidade. Av. Bento Gonçalves, 7712, Caixa Postal 15100, CEP 91540-000. Fone (51) 3308-7404.

² Mestrando em Fitotecnia/Bolsista Capes. luidieric.antunes@gmail.com.

³ Mestrando em Fitotecnia/Bolsista Capes. edarff@gmail.com.

⁴ Estudante de Graduação/Bolsista CNPq. patydpires@gmail.com.

⁵ Estudante de Graduação. priscilac.viebrantz@gmail.com.

⁶ Estudante de Graduação/Bolsista CNPq. r.gottardi@yahoo.com.br.

⁷ Professor do Dep. de Fitossanidade, UFRGS. rafadionello@hotmail.com.

Introdução

De acordo com a FAO (2006), todos os anos milhões de toneladas de cereais, raízes, tubérculos, frutas e hortaliças não vão à mesa do consumidor em países em desenvolvimento devido à precariedade nas instalações de armazenamento e controle de pragas, aliadas a problemas de logística, transporte e comercialização. Segundo IBGE (2011), perde-se 10 % do total produzido na pós-colheita.

A espécie *S. zeamais* é praga primária interna com capacidade de infestar os grãos tanto no campo como no armazenamento; o dano é realizado por larvas ou por adultos, que têm elevado potencial de reprodução; possui muitos hospedeiros, como milho, trigo, arroz, cevada, etc. A espécie *T. castaneum* é praga secundária, dependendo do ataque de outras espécies para poder se instalar nos grãos armazenados, alimenta-se de vários tipos de grãos. Já a espécie *C. ferrugineus* é praga secundária que pode destruir grãos fendidos, rachados e quebrados, neles penetrando e atacando o germe. Consome grãos quebrados e restos de grãos e farinhas (ELIAS et al., 2009).

De acordo com Antunes et al. (2011), lotes de grãos de milho infestados com *S. zeamais*, sem nenhum tipo de controle, podem apresentar redução de até 17 % em relação ao peso inicial e 42,55 % em relação à gordura após 120 dias de infestação.

Uma das maneiras de reduzir as perdas na pós-colheita de grãos causada por insetos é a aplicação do gás fosfina (PH_3) (único a eliminar todas as fases de vida dos insetos), inseticidas organofosforados e piretróides (LORINI et al., 2001), com doses e tempos adequados.

Para eliminar a infestação de insetos presentes em um lote de grãos com uso do expurgo, deve-se observar a perfeita vedação do local a ser expurgado e as normas de segurança para os produtos em uso. É necessário verificar o período de exposição e a hermeticidade do local, evitando-se assim a presença de qualquer saída ou entrada de ar no local a ser expurgado, pois perdas de concentração do gás podem favorecer a sobrevivência dos insetos – o que acarreta em indivíduos tolerantes ao produto (ELIAS et al., 2009).

Segundo esse mesmo autor, o produto a ser utilizado para expurgo dos grãos, pela eficácia, facilidade de uso, segurança de aplicação e versatilidade, é a fosfina. Deve-se evitar a aplicação com temperaturas inferiores a 10 °C e umidade inferior a 25 %. Como a fosfina não deixa resíduo, os grãos expurgados podem ser reinfestados em pouco tempo após a abertura das vedações. Segundo Lorini

et al. (2007) estas três espécies já apresentam tolerância ao expurgo com gás fosfina.

Ao trabalharem com a espécie *T. castaneum*, Aguiar et al. (2010) verificaram que ao combinar fosfina (1 g m^{-3}) com controle de dióxido de carbono, as larvas com até cinco dias são mais suscetíveis ao controle.

Estudando a exposição de adultos de *S. zeamais* à fumigação com fosfina durante 10 dias, Pinto Junior et al., (2004), verificaram suscetibilidade para as doses de 1, 2, 3, 4 e 5 g m^{-3} .

Em função das perdas expressivas na pós-colheita causadas por insetos, o presente estudo visou avaliar a exposição ao gás fosfina de três espécies de coleópteros em grãos de milho, expostos a diferentes concentrações do gás e tempo de exposição.

Material e Métodos

Os testes foram realizados na Estação Experimental Agronômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, na cidade de Eldorado do Sul, km 47 da BR 290 ($30^{\circ}05'52'' \text{ S}$, $51^{\circ}39'08'' \text{ W}$ e altitude média de 46 m).

Foram utilizadas câmaras cilíndricas metálicas com altura de 0,79 m e diâmetro de 0,57 m ($0,2 \text{ m}^3$) contendo 70 kg de grãos de milho com teor de umidade de 12 % (b.u.). Esses grãos estavam a granel e devido à presença de insetos foram realizadas coletas para mensurar o nível de infestação, o qual acusou média de 250000 insetos por tonelada de grãos.

As concentrações do ingrediente ativo de fosfina da marca Gastoxin®B57 foram 1 e 2 g m^{-3} , sendo cada tratamento constituído por três repetições (câmaras cilíndricas). Os períodos de análise foram cinco, sete e nove dias após a colocação das pastilhas de gás fosfina. No tratamento controle, não se realizou aplicação de produto.

Foram utilizados adultos com idade variando entre 20 e 30 dias, não sexados, sendo 50 *S. zeamais*, 20 *T. castaneum* e 20 *C. ferrugineus*. Os insetos foram isolados em recipientes de vidro com volume variando de 200 a 500 mL fechados com tecido tipo *voile* para permitir as trocas gasosas. Cada recipiente recebeu 100 g de grãos de milho quebrado.

Os frascos com os insetos foram colocados entre os grãos de milho, no interior de cada câmara e na metade de sua altura, no lado oposto ao local de deposição da pastilha de fosfina e presos com fio de *nylon* para facilitar sua localização no momento de retirada dos mesmos.

Após a colocação das pastilhas, fecharam-se as câmaras na parte superior com sua respectiva

tampa e a abertura foi vedada com fita adesiva, obtendo-se assim um local hermético.

Em cada câmara foram adaptados canos metálicos para a medição da concentração de gás no interior. Para evitar perdas do gás durante a verificação, cada câmara contou com dois canos: um para a saída do gás até o medidor e outro para o retorno do gás após a medição.

A medição da concentração do gás foi realizada com equipamento modelo Porta Sens II. Inicialmente, mediu-se com duas e três horas após o fechamento das câmaras. A partir disso, as medições ocorreram com intervalos de 24 horas até o término de cada tratamento. Também foi monitorada a temperatura ($36,8 \pm 5,0$ °C) e a UR ($74,1 \pm 10,0$ %) do ar ambiente, com termohigrômetro.

Após a fumigação, dentro de cada período de exposição, abriram-se as câmaras e coletaram-se os recipientes plásticos contendo os insetos. Posteriormente analisaram-se a sobrevivência e mortalidade em cada repetição, conforme os autores Procópio et al., 2003, Pereira et al., 2003, Coitinho et al., 2006 e Martins & Oliveira, 2008. Optou-se por verificar a mortalidade dos insetos 4 horas após a retirada dos frascos, evitando-se assim qualquer contato com o gás.

Foram retiradas três amostras de grãos de milho, 500 g cada, utilizados no interior de cada câmara para verificar a emergência de novos adultos, já que esses grãos estavam infestados. Verificou-se a presença de insetos nessas repetições antes do armazenado. Essas amostras foram armazenadas

por 30 dias em sala climatizada (25 ± 5 °C; 60 ± 10 % UR; fotoperíodo de 16L:8E)

A análise de variância foi realizada com o programa Bioestat 5.0 e as médias analisadas com o teste Tukey a 1 % de probabilidade.

Resultados e Discussão

Em ambas as concentrações, 1 e 2 g m⁻³, bem como em todos os períodos de exposição ao gás fosfina, de cinco a nove dias, obteve-se 100 % de mortalidade para todas as espécies de insetos (Tabela 1). Não houve mortalidade de insetos nos tratamentos controle, sem aplicação da fosfina.

Pimentel et al. (2008) verificaram resistência de *S. zeamais* e *T. castaneum* à fosfina, o que não foi verificado neste experimento, onde as espécies foram suscetíveis às duas concentrações utilizadas.

A obtenção de 100 % de mortalidade para as três espécies estudadas está relacionada à taxa de respiração dos mesmos; segundo esses autores populações com menor taxa respiratória apresentam menor mortalidade, o que está possivelmente relacionado ao mecanismo de resistência à fosfina.

Athié et al. (2001), estudando a quantificação de fosfina por cromatografia gasosa visando ao controle de *T. castaneum*, verificaram que em suas concentrações utilizadas, 0,2 a 0,4 mg L⁻¹, controlaram de 2,9 a 51,1 % das seis populações estudadas. Os autores relatam que uma pastilha apresenta 1,19 mg de fosfina, deste modo a concentração de 2 g m⁻³ seria equivalente a menor concentração utilizada

Tabela 1 - Porcentagem média (%) de mortalidade de adultos de *Sitophilus zeamais*, *Tribolium castaneum* e *Cryptolestes ferrugineus*, submetidos a diferentes períodos de fumigação (5, 7 e 9 dias) com duas concentrações de fosfina (1 e 2 g m⁻³ de i. a.) a $36,8 \pm 5,0$ °C e $74,1 \pm 10,0$ % UR.

Insetos	Tratamentos	Mortalidade (%) em diferentes períodos de fumigação		
		5 dias	7 dias	9 dias
<i>Sitophilus zeamais</i>	1 g. i.a.	100* Aa	100 Aa	100 Aa
	2 g. i.a.	100 Aa	100 Aa	100 Aa
	Controle	0 Ba	0 Ba	0 Ba
<i>Tribolium castaneum</i>	1 g. i.a.	100 Aa	100 Aa	100 Aa
	2 g. i.a.	100 Aa	100 Aa	100 Aa
	Controle	0 Ba	0 Ba	0 Ba
<i>Cryptolestes ferrugineus</i>	1 g. i.a.	100 Aa	100 Aa	100 Aa
	2 g. i.a.	100 Aa	100 Aa	100 Aa
	Controle	0 Ba	0 Ba	0 Ba

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

pelos autores, sendo assim os dados obtidos neste trabalho não corroboram os apresentados por esses autores – isto pode estar relacionado às populações serem de origens diferentes e por isso serem mais suscetíveis do que as utilizadas por esses autores. A hermeticidade do local de aplicação do expurgo também pode ter levado à menor mortalidade obtida pelos autores.

Os resultados de mortalidade de *S. zeamais* encontrados neste trabalho avigoram o que foi relatado por Pinto Junior et al. (2004), que submetem 10 adultos a 10 dias de exposição ao gás fosfina com concentração de 1, 2, 3, 4 e 5 g m⁻³, sendo em todas as concentrações obtido 100 % de mortalidade. Desta forma, pode-se afirmar que é possível eliminar todos os adultos presentes no lote a ser expurgado, em período de exposição inferior a 10 dias. O que também se pode verificar no presente trabalho, onde, com cinco dias de exposição e duas doses de aplicação, a mortalidade foi de 100 % em adultos das três espécies estudadas. Mostrando na menor dose e no menor período de tempo uma eficiência igual às demais.

Em relação à concentração de gás fosfina (ppm) no interior das câmaras, as médias obtidas para 5 dias foram de 379, 43 (1 g. i.a.) e 735,90 (2 g. i.a.), para 7 dias foram de 369,74 (1 g. i.a.) e 510,00 (2 g. i.a.), já para 9 dias foram de 202,39 (1 g. i.a.) e 456,88 (2 g. i.a.). Percebe-se a diminuição das concentrações do gás conforme aumenta o tempo de exposição (Figura 1 e Figura 2).

De acordo com Krzyzanowski et al. (2010), a recomendação técnica para o expurgo é a concen-

tração de gás fosfina ficar acima de 400 ppm para o controle de todas as fases dos insetos-pragas de grãos armazenado durante todo o período de realização do expurgo. Neste experimento a concentração ficou abaixo da recomendada a partir do terceiro dia para o tratamento de nove dias com 1 g m⁻³, já quando se utilizou a concentração de 2 g m⁻³ a concentração ficou abaixo de 400 ppm após o sexto dia. Mesmo que a concentração do gás fosfina tenha permanecido acima do recomendado (400 ppm) nas primeiras 48 horas, não recomenda-se o expurgo somente neste período, visto que é possível a resistência por parte das fases imaturas (ovo, larva e pupa) dos insetos, durante as quais a taxa de respiração é menor (fases de ovo e pupa).

Em relação às amostras de grãos retiradas do interior de cada câmara, não se observou emergências de insetos até 30 dias após a abertura das câmaras. Devido ao fato de a concentração detectada no interior das câmaras ter sido inferior à recomendada para a eliminação de todas as fases do ciclo de vida dos insetos, é possível que uma análise em um tempo superior a 30 dias de armazenamento possa detectar a presença de insetos vivos, pois os estágios de ovo e pupa são mais resistentes à ação do gás.

Conclusões

1. Adultos de *S. zeamais*, *T. castaneum* e *C. ferrugineus* são suscetíveis a concentração de 1 g m⁻³ do gás fosfina por 5 dias;

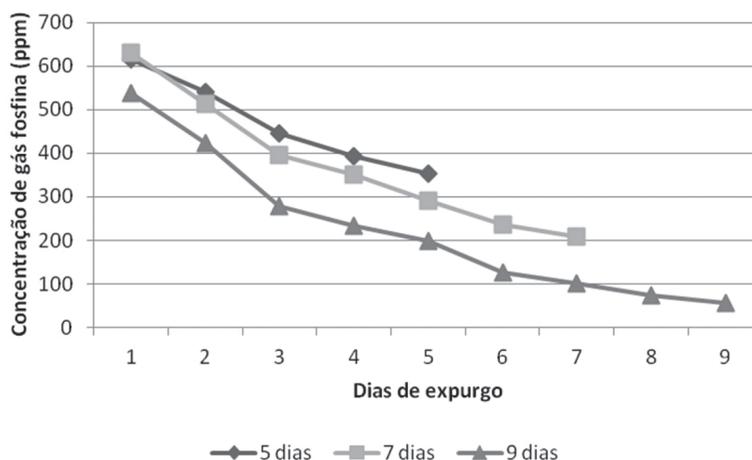


Figura 1. Monitoramento da concentração de gás fosfina (1 g m⁻³) no interior das câmaras cilíndricas durante o expurgo de milho infestado com adultos de *Sitophilus zeamais*, *Tribolium castaneum* e *Cryptolestes ferrugineus*, (36,8 ± 5,0°C e 74,1 ± 10,0 % UR).

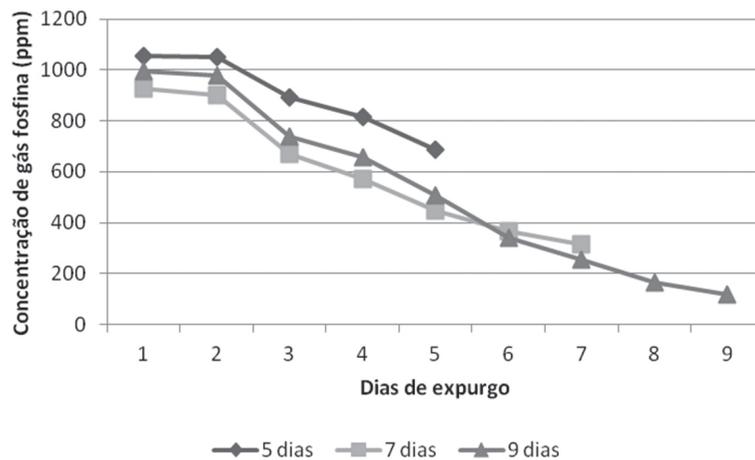


Figura 2. Monitoramento da concentração de gás fosfina (2 g m^{-3}) no interior das câmaras cilíndricas durante o expurgo de milho infestado com adultos de *Sitophilus zeamais*, *Tribolium castaneum* e *Cryptolestes ferrugineus*, ($36,8 \pm 5,0^\circ\text{C}$ e $74,1 \pm 10,0 \%$ UR).

2. A concentração de gás fosfina, mesmo abaixo da recomendada, mostrou-se eficaz no controle de adultos das três espécies estudadas;
3. Até 30 dias após o término dos expurgos não foi observada a emergência de insetos adultos nos grãos de milho utilizados para preencher as câmaras cilíndricas e que estavam infestados por *Sitophilus zeamais*.

Referências

- AGUIAR, R. W. S.; FARONI, L. R. D. A.; GUEDES, R. N. C.; SOUZA, A. H.; ROZADO, A. F. Toxicidade da combinação de dióxido de carbono e fosfina sob diferentes temperaturas para *Tribolium castaneum*. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 14, n. 8, p. 881-886, 2010.
- ANTUNES, L. E. G.; VIEBRANTZ, P. C.; GOTTARDI, R.; DIONELLO, R. G. Características físico-químicas de grãos de milho atacados por *Sitophilus zeamais* durante o armazenamento. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 15, n. 6, p. 615-620, 2011.
- ATHIÉ, I.; OLIVEIRA, J. J. V.; CASTRO, M. F. P. M.; BARBIERI, M. K. Resistência à fosfina de insetos de grãos armazenados por cromatografia gasosa. Brazilian Journal of Food Technology, v. 4, p. 43-47, 2001.
- 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. 324 p.
- COITINHO, R. L. B. C.; OLIVEIRA, J. V.; JUNIOR, M. G. C. G.; CÂMARA, C. A. G. Atividade inseticida de óleos vegetais sobre *Sitophilus zeamais* mots. (coleoptera: curculionidae) em milho armazenado. Revista Caatinga, Mossoró, v.19, n.2, p.176-182, abril/junho 2006.
- 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. 430 p.
- FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations Better information sharing could reduce post-harvest food losses – New database launched (2006). FAO. Rome. Disponível em: <www.fao.org/es/>. Acesso em: 02 de dezembro de 2010.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/>>. Acesso em: 30 de maio de 2011.
- KRZYZANOWSKI, F. C.; LORINI, I.; FRANÇA-NETO, J. B.; HENNING, A. A. Efeito do expurgo com fosfina na qualidade fisiológica da semente de soja. In: Anais da 5ª Conferência Brasileira de Pós-Colheita, Foz do Iguaçu, p. 159-161, 2010.
- LORINI, I.; COLLINS, P. J.; DAGLISH, G. J.; NAYAK, M. K.; PAVIC, H. Detection and characterization of strong resistance to phosphine in Brazilian *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrychidae). Pest Management Science, v. 63, p. 358-364, 2007.
- 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.
- 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.
- 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* (F.) (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.; BATISTA, M. D.; SILVA, F. H. Resistance of stored-product insects to phosphine. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 43, n. 12, p. 1671-1676, 2008.

PINTO JUNIOR, A. R.; PEREIRA, P. R. V.; FURIATTI, R. S. Eficácia de fosfina no controle de pragas de produtos armazenados em farelo de soja. Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais, Curitiba, v. 2, n. 2, p. 53-57, 2004.

PROCÓPIO, S. O.; VENDRAMIM, J. D.; JÚNIOR, J. I. R.; SANTOS, J. B. Bioatividade de diversos pós de origem vegetal em relação a *Sitophilus zeamais* Mots. (Coleoptera: Curculionidae). Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v. 27, n. 6, p. 1231-1236, nov./dez., 2003.