

Londrina, PR / Outubro, 2024

Expurgo da semente de soja com fosfina e seu efeito na qualidade fisiológica

Francisco Carlos Krzyzanowski⁽¹⁾, Irineu Lorini⁽²⁾, José de Barros França-Neto⁽¹⁾, Fernando Augusto Henning⁽³⁾

⁽¹⁾ Engenheiro-agrônomo, Ph.D. em Tecnologia de Sementes, pesquisador da Embrapa Soja, Londrina, PR. ⁽²⁾ Engenheiro-agrônomo, Ph.D. em Manejo Integrado de Pragas de Grãos Armazenados, pesquisador aposentado da Embrapa Soja, consultor da IL Consultoria Empresarial Ltda., Florianópolis, SC. ⁽³⁾ Engenheiro-agrônomo, doutor em Ciências e Tecnologia de Sementes, pesquisador da Embrapa Soja, Londrina, PR.

Introdução

A evolução das cultivares de soja e o manejo populacional da lavoura para produção de grãos têm demandado a oferta de semente de soja de elevadas qualidades fisiológica, sanitária, física e genética. A manutenção da qualidade durante o período de armazenamento, além dos parâmetros fisiológico e sanitário, requer também o manejo de pragas.

Dentre as pragas de armazenamento, destacam-se em especial os besouros *Lasioderma serricornes* (Fabricius, 1792), *Oryzaephilus surinamensis* (Linnaeus, 1758), *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens, 1831) e a traça *Ephestia kuehniella* (Zeller, 1879), que podem ser responsáveis pela deterioração das sementes (Lorini, 2012).

O conhecimento do hábito alimentar de cada praga é um elemento importante para definir o manejo a ser implementado durante o período de armazenamento das sementes. Segundo o hábito alimentar, as pragas podem ser classificadas em primárias ou secundárias.

As pragas primárias são aquelas que atacam sementes sadias e, dependendo da parte que atacam, podem ser denominadas de primárias internas ou externas. As internas perfuram as sementes e nessas penetram para completar seu desenvolvimento; alimentam-se de toda semente e possibilitam a instalação de outros agentes de deterioração (Lorini et al., 2015). Um exemplo

desse grupo é a espécie *L. serricornes*. As primárias externas destroem a parte exterior da semente (tegumento) e, posteriormente, alimentam-se da parte interna sem, no entanto, se desenvolverem em seu interior. Há destruição da semente apenas para fins de alimentação (Lorini et al., 2015).

Pragas que dependem das sementes já danificadas ou quebradas para se alimentar são consideradas secundárias, pois não conseguem atacá-las quando intactas. Essas ocorrem nas sementes trincadas, quebradas ou mesmo danificadas por pragas primárias e, geralmente, infestam desde o período de recebimento ao de beneficiamento do produto. Possuem a característica de se multiplicar rapidamente e, na maioria das vezes, causam prejuízos elevados. Como exemplo desse grupo, citam-se as espécies *C. ferrugineus* e *O. surinamensis* (Lorini et al., 2015).

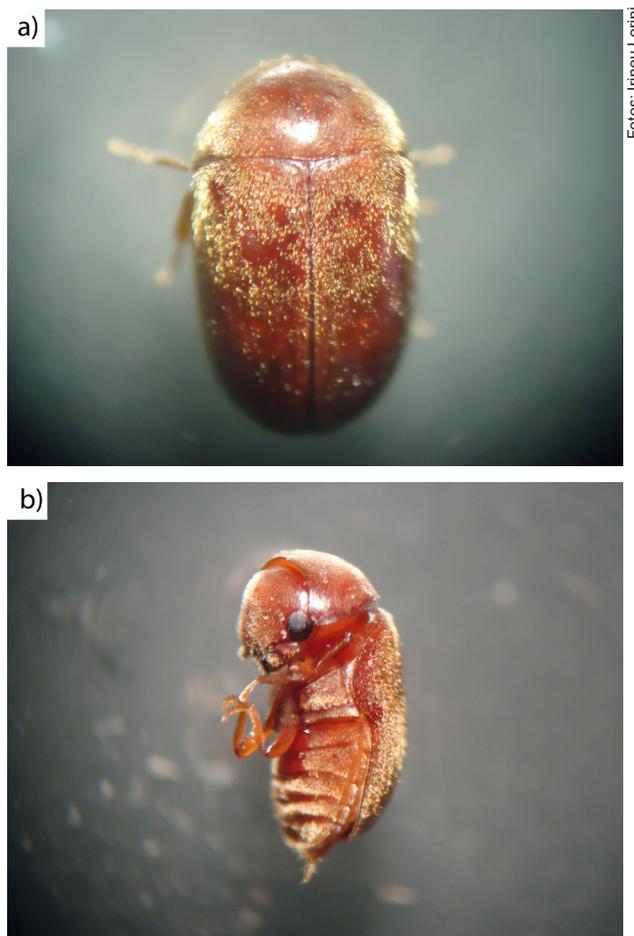
Pragas em soja armazenada podem representar uma preocupação para os armazenadores, em função de: a) a migração de insetos é facilitada pelo armazenamento de outras espécies de sementes na mesma unidade de beneficiamento; b) perda de qualidade da semente atacada por insetos; e c) perda de todo o trabalho e valor econômico da semente que deverá ser comercializada como grão para a indústria, portanto, é importante que seja efetuado o manejo integrado de pragas (Lorini et al., 2015). As principais espécies que atualmente causam prejuízos no armazenamento de soja são descritas a seguir.

Lasioderma serricorne (Coleoptera: Anobiidae)

Essa praga é originária do fumo armazenado, por isto é denominado besourinho-do-fumo e, recentemente, passou a ocorrer com frequência em grãos e sementes de soja durante o armazenamento. É cosmopolita, encontrada em praticamente todos os países, se alimentando de produtos secos armazenados. No Brasil, tem sido encontrada em todas as regiões e em todos os estados produtores, em armazenagem de cereais e de oleaginosas, como a soja (França-Neto et al., 2010; Lorini et al., 2010b).

Os adultos (Figura 1) vivem até 20 dias e não se alimentam. As larvas escavam os produtos e, no caso da semente de soja armazenada, fazem as galerias. Essa praga não é capaz de atacar plantas vivas, embora ataque um grande número de produtos em armazenamento, entre esses, frutos secos, fumo, condimentos, cereais, grãos oleaginosos, farelos, farinhas, massas, biscoitos e rações. Frequentemente é encontrada em produtos manufaturados de origem vegetal, como cigarros e charutos. (Mound, 1989; Booth et al., 1990; França-Neto et al., 2010; Lorini et al., 2010a).

Pesquisas desenvolvidas na Embrapa Soja evidenciaram que a praga consome, sobrevive e se desenvolve adequadamente em dieta de grãos de soja em laboratório (Lorini, 2012). Foi possível obter mais de 800 insetos adultos, após 140 dias do desenvolvimento em frascos de vidro com 220 gramas de grãos de soja. O consumo de grãos de soja aumentou conforme o aumento da infestação inicial, por causa da multiplicação da espécie, demonstrando sua ampla adaptação em grãos de soja durante o armazenamento. O consumo de grãos foi de 39% a 39,9%, no período de 140 dias de armazenamento, considerando uma infestação inicial de 150 ou 200 insetos adultos respectivamente, enquanto esse consumo foi de 20% com infestação inicial de 50 insetos adultos. Esses resultados evidenciaram o desenvolvimento de *L. serricorne* em grãos de soja durante o armazenamento, com elevado potencial de destruição e consumo do produto armazenado (Lorini, 2012).



Fotos: Irlneu Lorini

Figura 1. Inseto adulto de *Lasioderma serricorne* (A) dorso superior e (B) dorso inferior.

Oryzaephilus surinamensis (Coleoptera: Silvanidae)

É uma espécie cosmopolita (Figura 2) que ocorre em praticamente todas as regiões do mundo, sempre em produtos armazenados. No Brasil, a praga está presente em toda a região produtora de grãos, bem adaptada às regiões climáticas de produção, com preferência por climas quentes, onde tem sua maior ocorrência.

É considerada uma praga que infesta uma grande variedade de *commodities*, especialmente cereais, frutos secos e oleaginosas. Assim, grãos de milho, trigo, arroz, soja, cevada, aveia, entre outros, são os mais procurados pela espécie. Também é uma praga infestante de estruturas de armazenamento, como moegas, máquinas de limpeza, elevadores, secadores, túneis, fundos de silos e caixas de expedição.

A praga é considerada secundária pois ataca grãos quebrados, fendidos e restos de grãos. Pode danificar a massa do grão, sendo o dano expressivo quando ocorre em grande densidade populacional. Aparece praticamente em todas as unidades

armazenadoras, onde causa a deterioração dos grãos pela elevação acentuada da temperatura. É uma espécie muito tolerante a inseticidas químicos, sendo uma das primeiras a colonizar a massa de grãos após aplicação desses produtos (Lorini, 2012; Lorini et al., 2015).



Foto: Irineu Lorini

Figura 2. Inseto adulto de *Oryzaephilus surinamensis*.

Cryptolestes ferrugineus (Coleoptera: Cucujidae)

É uma espécie cosmopolita (Figura 3) encontrada em várias partes do mundo, onde existem produtos secos. No Brasil, ocorre em toda a região produtora de grãos e sementes. Geralmente associado a outras espécies pragas de produtos armazenados, nas regiões mais quentes do país.

Essa é uma praga secundária de maior importância na armazenagem de soja, milho, trigo, arroz, cevada e aveia, além de infestar frutos secos e nozes. Também é uma praga infestante de estruturas de armazenamento como moegas, máquinas de limpeza, elevadores, secadores, túneis, fundos de silos e caixas de expedição (Booth et al., 1990).

A praga pode destruir grãos fendidos, rachados e quebrados, neles penetrando e atacando o germe. Consome grãos quebrados e restos de grãos e de farinhas, causando elevação na temperatura da massa de grãos e sua deterioração. Da mesma forma que *O. surinamensis*, aparece em grande quantidade em armazéns, após o tratamento com inseticidas, pois é tolerante a esses tratamentos. É necessário estudar e determinar o potencial de dano desse inseto, tendo em vista a facilidade de reprodução em massas de grãos armazenados e o nível de resistência aos inseticidas empregados (Lorini, 2012).



Foto: Irineu Lorini

Figura 3. Inseto adulto de *Cryptolestes ferrugineus*.

Ephestia kuehniella (Lepidoptera: Pyralidae)

A traça-dos-cereais (Figura 4) ocorre em todas as regiões do mundo. No Brasil, está distribuída em toda região produtora de grãos de norte a sul e de leste a oeste do país. Ocorre no armazenamento de produtos durante o ano todo, desde que haja disponibilidade de alimento.

O inseto ataca o cacau, o fumo, os frutos secos, os vegetais desidratados, os cereais e as oleaginosas. Grãos e sementes de soja, milho, sorgo, trigo, arroz, cevada e aveia são preferidos, além de produtos elaborados, como biscoitos, barras de cereais e chocolates (Gallo et al., 1988).

É uma praga secundária, pois as larvas se desenvolvem sobre resíduos de grãos e de farinhas deixados pela ação de outras pragas. Seu ataque prejudica a qualidade dos grãos e das sementes armazenadas, por causa da formação de uma teia em sua superfície ou mesmo nas sacarias, durante o armazenamento. Penetra no interior dos lotes de sementes, fazendo a postura nas costuras da sacaria. É responsável pela grande quantidade de tratamentos em termonebulização nas unidades, durante o período de armazenamento dos lotes de semente.



Foto: Irineu Lorini

Figura 4. Inseto adulto de *Ephestia kuehniella*.

Expurgo de Sementes

O expurgo ou fumigação é uma técnica empregada para eliminar pragas infestantes em sementes e grãos armazenados mediante uso de gás. Deve ser realizado sempre que houver infestação no lote, silo ou armazém. Esse processo pode ser realizado nos mais diferentes locais, desde que observadas a vedação do local a ser expurgado e as normas de segurança para os produtos em uso. O gás liberado ou introduzido no interior do lote de sementes deve ficar nesse ambiente em concentração letal para as

pragas. Por isso, qualquer saída ou entrada de ar deve ser vedada sempre com materiais apropriados, como lona de expurgo, com no mínimo 150 micras de espessura e confeccionada com material impermeável a gases.

O expurgo com fosfina em lotes de sementes de soja deve ser feito com uso da lona plástica específica para expurgo. As Figuras 5 a 8 demonstram o processo e sequência de vedação dos lotes de sementes.

Fotos: Irineu Lorini



Figura 5. Lote de sementes a ser expurgado em bags (A) e lotes de sementes a ser expurgado em sacaria (B).

Fotos: Irineu Lorini



Figura 6. Lona de expurgo colocada sobre o lote de sementes (A) e detalhe da vedação na confluência das laterais na base do lote (B).

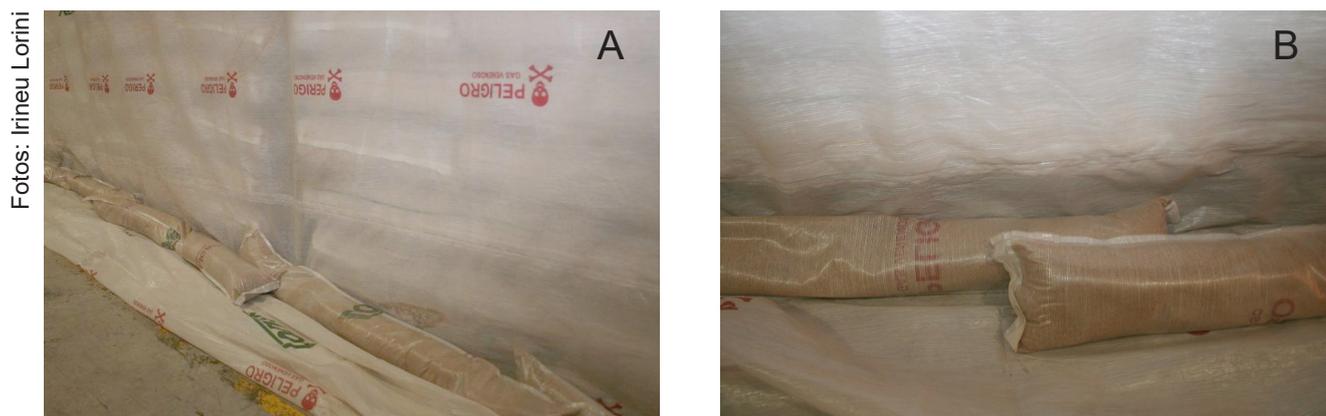


Figura 7. Detalhe da vedação da lona de expurgo junto a base com colocação de “cobras de areia” (A). Detalhe da transposição das “cobras de areia” (B)



Figura 8. Detalhe da sequência de colocação das “cobras de areia” (A) e aviso de expurgo (fumigação) do lote (B).

A fosfina (PH_3), um gás altamente tóxico, proveniente de fosfeto de alumínio ou de magnésio, é um biocida geral, que é liberado na presença de umidade do ar, sendo eficaz no controle de todas as fases (ovo, larva, pupa e adultos) das pragas de sementes armazenadas (Lorini, 2012). Embora seu uso em sementes esteja sendo feito há muitos anos, apenas recentemente passou a ser usado em sementes de soja, devido à presença de pragas durante o armazenamento. Todo manuseio da fosfina para realizar o expurgo deve ser feito com EPIs (Equipamentos de Proteção Individual) adequados, como máscaras de proteção respiratória para gases tóxicos, boas de borracha, luvas impermeáveis, macacão impermeável de mangas compridas, capacete, óculos, etc., seguindo procedimentos operacionais de segurança do operador como aqueles descritos por Celaro (2018), que aborda procedimento para operação de expurgo em silos e em graneleiros. Tanto no momento de colocar as pastilhas de fosfina, quanto no momento de liberar o expurgo (retirar a lona ou abrir o silo), as pessoas devem estar protegidas com os EPIs e o local deve estar ventilado. Especial cuidado deve-se ter ao retirar a lona do silo ou lote de sementes, pois existe alta concentração do gás fosfina,

que deve ser ventilado imediatamente para que o mesmo se dissipe e degrade na atmosfera com o oxigênio. O armazém deve estar com as portas abertas e com ventilação forçada para permitir a remoção do gás remanescente. É proibida a presença de pessoas sem EPI em armazéns onde estão sendo conduzidas operações de expurgo, devido o eminente risco de intoxicação.

Para a boa eficiência do expurgo, a distribuição do gás deve ser uniforme em todos os pontos da massa de grãos ou sementes a serem tratadas, controlando assim todas as pragas, nas suas diferentes formas do ciclo de vida (Lorini, 2002). A taxa de liberação do gás fosfina proveniente das pastilhas fumigantes determinará o tempo necessário para a mortalidade total das pragas e eficiência do processo de expurgo.

Em estudos de monitoramento da concentração de gás fosfina (Lorini et al., 2011), observou-se a liberação gradual e uniforme do gás fosfina ao longo do tempo, indicando que a reação de liberação do gás PH_3 , proveniente das pastilhas fumigantes, ocorreu atingindo concentrações elevadas até o final do experimento. Houve liberação de gás fosfina já a partir de meia hora após introdução das

pastilhas na câmara, aumentando lentamente até as 8 horas, e rapidamente após 24 horas de liberação, atingindo níveis superiores a 1.200 ppm de gás PH_3 após 72 horas. Essa concentração alta se manteve até o final do experimento após 240 horas da liberação das pastilhas fumigantes. As quatro formulações contendo fosfina (Phostek®, Gastoxin® B57, ®Phostoxin e Fertox®), foram semelhantes na liberação do gás PH_3 proveniente das pastilhas, indicando que todas liberam fosfina de igual maneira (Figura 9). A temperatura e umidade relativa do ar

durante todo período de avaliação foram de 24 ± 1 °C e de $40 \pm 5\%$, respectivamente, o que são consideradas de medianas a baixas para que ocorra a rápida liberação do gás fosfina proveniente das pastilhas fumigantes (Lorini et al., 2011).

Quando a temperatura do local a ser expurgado for inferior a 10 °C ou a umidade relativa do ar for inferior a 15%, desaconselha-se a realização do expurgo com formulações a base de pastilhas, devido à dificuldade de acontecer a reação de liberação do gás fosfina.

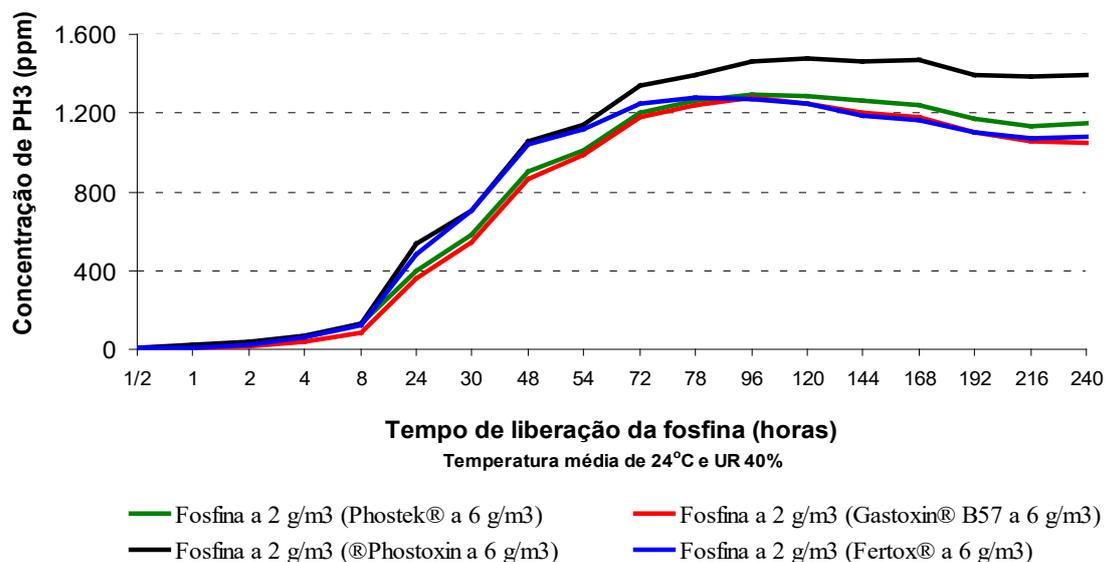


Figura 9. Monitoramento da concentração de gás fosfina (PH_3) liberado após exposição das pastilhas fumigantes provenientes de quatro formulações.

Fonte: Lorini et al. (2011).

Para que um expurgo seja eficiente, ou seja, para que todas as fases de vida do inseto (ovo, larva, pupa e adultos) sejam eliminadas, a concentração de fosfina deve ser mantida por no mínimo em 400 ppm por pelo menos 120 horas (Lorini et al., 2011), e a distribuição do gás no interior do silo deve ser uniforme. Conforme os autores, a concentração de fosfina, após a liberação das pastilhas, ficou acima de 400 ppm a partir das primeiras 24 horas e manteve-se em todas as formulações avaliadas nesse patamar, até o final do experimento as 240 horas (Figura 9).

Em pesquisas realizadas na Embrapa Soja com sementes de soja, estudou-se o efeito do expurgo em diferentes concentrações de fosfina sobre a qualidade fisiológica da semente. Para tanto, selecionaram-se duas cultivares com dois níveis de vigor por cultivar, determinado por meio do teste de tetrazólio.

Na cultivar Embrapa 48, os índices de vigor eram 93% e 82% e na cultivar CD202 os índices de vigor eram 69% e 62%, tendo sido usadas as concentrações de 1,0; 2,0 e 3,0 g de PH_3/m^3 , conseguidas pela aplicação de 3,0, 6,0 e 9,0 g do produto comercial Fertox®. Diariamente, durante sete dias, a concentração do gás fosfina no interior de cada câmara foi monitorada com o uso do medidor Silocheck (Figura 10) (Lorini et al., 2011; Krzyzanowski et al., 2013).

Nas Figuras 11 e 12, observa-se que a concentração de fosfina se manteve elevada nas câmaras durante todo o período do experimento, permitindo a exposição das sementes ao gás nas concentrações determinadas. Mesmo a dose mais baixa, manteve a concentração superior aos 400 ppm que é a referência técnica de concentração mínima para a eliminação de todas as fases dos insetos praga de sementes armazenadas (Daglish et al., 2002).

Fotos: Irineu Lorini

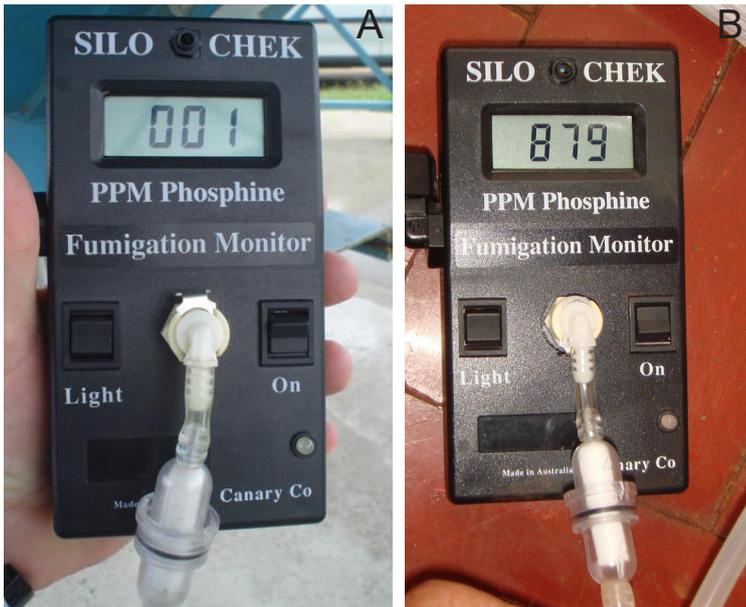


Figura 10. Medidor de fosfina Silochek usado para verificar a concentração do gás durante o expurgo das sementes; A) medidor de concentração de fosfina; B) medidor fazendo leitura do gás.

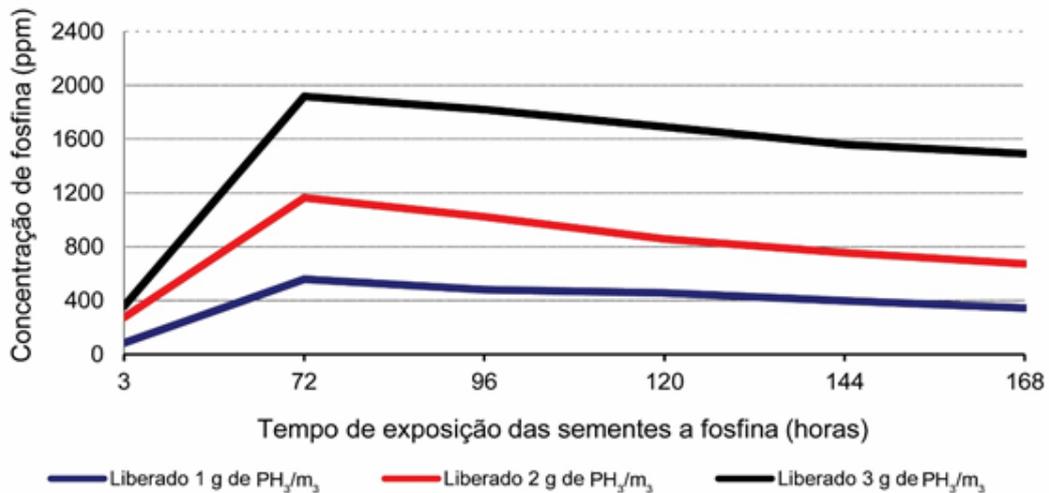


Figura 11. Monitoramento da concentração de fosfina (PH₃) durante o expurgo de sementes de soja cultivar Embrapa 48. Fonte: Krzyzanowski et al. (2013).

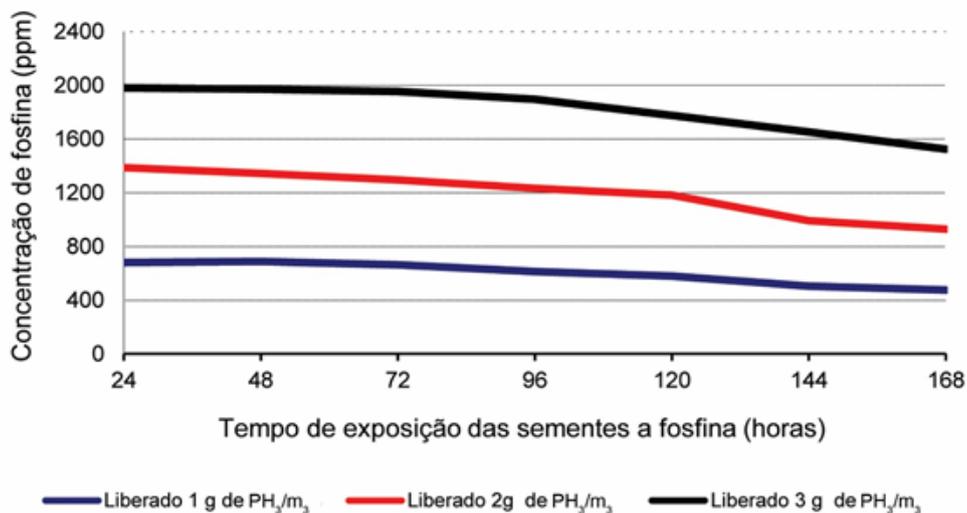


Figura 12. Monitoramento da concentração de fosfina (PH₃) durante o expurgo de sementes de soja cultivar CD 202. Fonte: Krzyzanowski et al. (2013).

Com relação à qualidade fisiológica da semente, avaliada por meio dos testes de germinação (Brasil, 2009), comprimento de plântulas, comprimento do hipocótilo e envelhecimento acelerado (Krzyzanowski et al., 1999), no referido estudo, os resultados relatados nas Tabelas 1 e 2 não detectaram efeitos deletérios entre os tratamentos aplicados, significando que a fosfina não prejudicou o desempenho fisiológico da semente.

Os testes de comprimento de plântulas e de hipocótilo, que indicariam se houvesse toxidez da fosfina no desenvolvimento das plântulas originadas de sementes das duas cultivares, em ambos os níveis de vigor, não detectaram nenhuma alteração deletéria no desenvolvimento das mesmas sob as concentrações de fosfina avaliadas.

Tabela 1. Efeito do expurgo com diferentes níveis de fosfina sobre o desempenho fisiológico de sementes de soja da cultivar Embrapa 48.

Tratamentos		Germinação (%)	Envelhecimento acelerado (%)	Comprimento de plântula (cm)	Comprimento do hipocótilo (cm)
Vigor TZ 82 %	Testemunha	77*	72	29,4	9,3
	1 Pastilha	75	67	28,1	9,3
	2 Pastilhas	73	69	27,0	9,0
	3 Pastilhas	77	70	28,6	9,8
	Teste F	1,95 ns	1,03 ns	0,76 ns	0,62 ns
C.V. (%)		4,0	4	7,84	8,67
Vigor TZ 93 %	Testemunha	84	84	28,5	9,1
	1 Pastilha	87	85	29,8	9,7
	2 Pastilhas	88	85	29,7	9,6
	3 Pastilhas	87	84	29,3	9,6
	Teste F	1,60 ns	0,98 ns	0,39 ns	0,22 ns
C. V. (%)		2,69	1,72	6,57	12,41

* As médias na coluna, no mesmo nível de vigor, não diferem entre si pelo teste F ($p \leq 0.05$).

Fonte: Krzyzanowski et al. (2013).

Tabela 2. Efeito do expurgo com diferentes níveis de fosfina sobre o desempenho fisiológico de sementes de soja da cultivar CD202.

Tratamentos		Germinação (%)	Envelhecimento acelerado (%)	Comprimento de plântula (cm)	Comprimento do hipocótilo (cm)
Vigor TZ 62 %	Testemunha	77*	72	24,9	7,7
	1 Pastilha	75	74	23,2	7,6
	2 Pastilhas	73	72	23,2	7,5
	3 Pastilhas	77	61	24,1	7,7
	Teste F	0,68 ns	1,41, ns	1,01 ns	0,08 ns
C.V. (%)		2,67	7,08	7,07	10,21
Vigor TZ 69 %	Testemunha	84	68	24,9	7,7
	1 Pastilha	87	69	26,1	8,5
	2 Pastilhas	88	71	26,7	8,4
	3 Pastilhas	88	70	25,6	8,4
	Teste F	0,52 ns	0,54 ns	0,82 ns	1,80ns
C. V. (%)		2,39	4,96	6,35	6,47

*As médias na coluna, no mesmo nível de vigor, não diferem entre si pelo teste F ($p \leq 0.05$).

Fonte: Krzyzanowski et al. (2013).

Na continuidade dos estudos de expurgo com fosfina (Krzyzanowski et al., 2019), foram avaliados os efeitos nas qualidades fisiológica e sanitária da semente de soja expostas a três expurgos com fosfina durante o período de 210 dias de armazenamento. Duas cultivares de soja foram escolhidas segundo os seus níveis de vigor pelo teste de tetrazólio, sendo a BRS 232 com 92% de vigor e Embrapa 48 com 82% de vigor. Foram usadas as concentrações de 1,0; 2,0 e 3,0 g de PH_3/m^3 , conseguidas pela aplicação de 3,0; 6,0 e 9,0 g do produto comercial Fertox®. A testemunha não teve aplicação de fosfina.

Após o período do primeiro expurgo e início do período de armazenamento, a qualidade fisiológica das sementes foi avaliada através da germinação (Brasil, 2009), comprimentos de plântula, de hipocótilo e da raiz, vigor por meio do teste

de envelhecimento acelerado (Krzyzanowski et al., 1999), vigor e viabilidade por meio do teste de tetrazólio (França-Neto et al., 1998) e patologia, pelo método do papel de filtros (Henning, 2015).

As sementes foram guardadas em armazém convencional por um período de 210 dias, quando foram submetidas a três expurgos, o primeiro no início do armazenamento, o segundo aos 90 dias e o terceiro aos 210 dias, sendo as sementes avaliadas quanto às qualidades fisiológica e sanitária, pelos métodos descritos acima.

A concentração de fosfina nos três expurgos (Figuras 13 a 15), determinada ao longo das 216 horas de duração, permaneceu acima de 400 ppm nas primeiras 120 horas nas dosagens de 2g e 3g de PH_3/m^3 . A máxima liberação do gás ocorreu nas primeiras 48 horas.

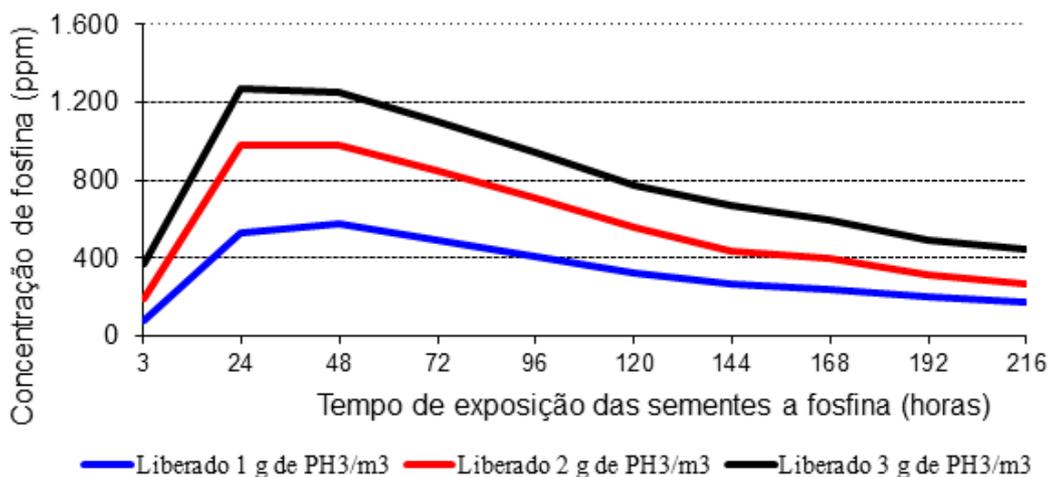


Figura 13. Monitoramento da concentração de fosfina (PH_3) durante o primeiro expurgo (início do período de armazenamento) de sementes de soja cultivares BRS 232 e Embrapa 48. Fonte: Krzyzanowski et al. (2019)

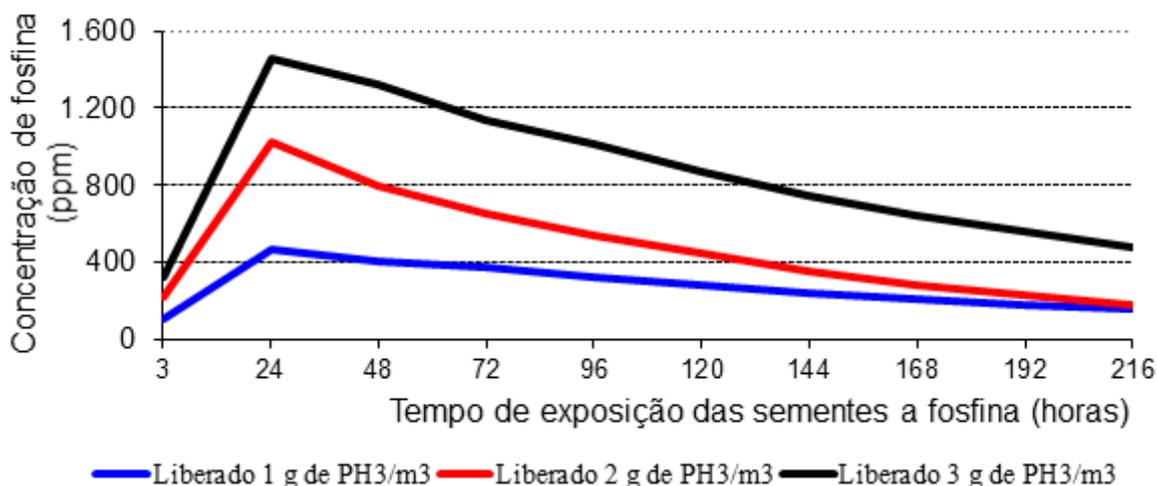


Figura 14. Monitoramento da concentração de fosfina (PH_3) durante o segundo expurgo (aos 90 dias de armazenamento) de sementes de soja cultivares BRS 232 e Embrapa 48. Fonte: Krzyzanowski et al. (2019)

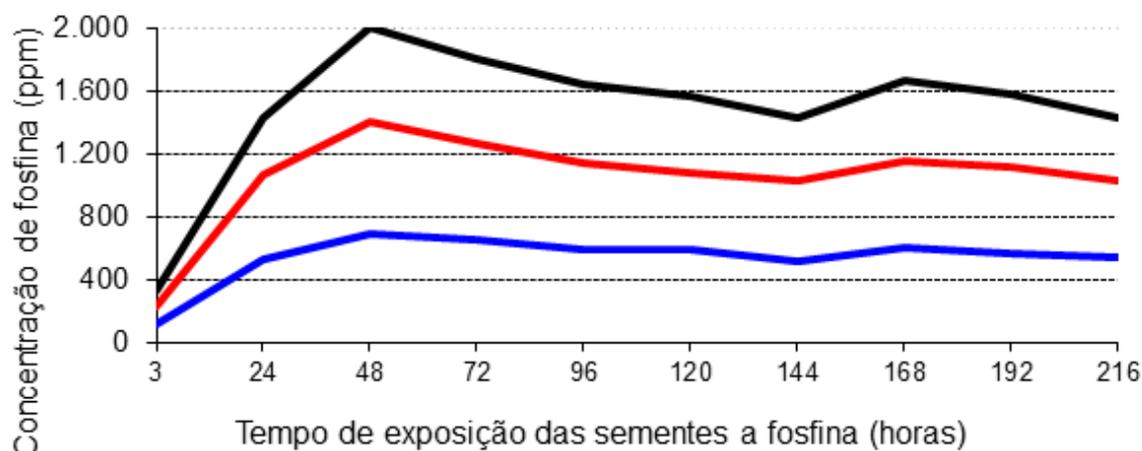


Figura 15. Monitoramento da concentração de fosfina (PH_3) durante o terceiro expurgo (aos 210 dias de armazenamento) de sementes de soja cultivares BRS 232 e Embrapa 48. Fonte: Krzyzanowski et al. (2019)

Os resultados relatados na Tabela 3 não detectaram efeitos deletérios quanto ao vigor e à germinação das sementes entre os tratamentos aplicados, significando que a fosfina não prejudicou o desempenho fisiológico da semente. Quanto ao comprimento de plântula das cultivares avaliadas, apesar de mostrar em algumas situações diferenças (reduções) estatísticas significantes, os valores observados representam plântulas com bom comportamento, não comprometendo o seu desempenho fisiológico.

Na avaliação da qualidade sanitária das sementes de ambas cultivares o principal fungo detectado foi *Cercospora kikuchi*, causador da mancha púrpura na semente, cuja ocorrência foi de 5% na cultivar BRS 232, entretanto, esse fungo perde gradualmente sua viabilidade ao longo do período de armazenamento, com ou sem expurgo.

Considerações finais

As principais pragas de armazenamento, responsáveis pela deterioração das sementes e que se destacam-se em especial são: os besouros *Lasioderma serricorne*, *Oryzaephilus surinamensis*, *Cryptolestes ferrugineus*, e a traça *Ephestia kuehniella*.

O responsável técnico pelo armazenamento das sementes de soja deve seguir as recomendações técnicas preconizadas pelo Manejo Integrado de Pragas de Sementes Armazenadas - MIPSEMENTES, usando, quando necessário, o expurgo das sementes com fosfina. O expurgo deverá obedecer a concentração mínima de 400 ppm de fosfina em todos os locais onde foi realizado o tratamento, e um período mínimo nunca inferior a 120 horas de exposição ao gás que é considerado eficiente, ou seja, para que todas as fases de vida do inseto (ovo, larva, pupa e adultos) sejam eliminadas.

O expurgo pode ser feito ao longo do período de 210 dias de armazenamento com três sessões de expurgos num intervalo de 90 dias cada uma, sem que haja prejuízos significativos nas qualidades fisiológica e sanitária da semente de soja.

A medição da concentração do gás fosfina durante o expurgo deverá ser feita com auxílio de equipamentos específicos para a medição da concentração de fosfina, já disponíveis no mercado brasileiro.

Tabela 3. Efeitos do expurgo com diferentes níveis de fosfina sobre o desempenho fisiológico de sementes de soja durante o armazenamento.

Cultivar	Tratamento Concentração de fosfina (g/m ³)	Tetrazolio		Envelhecimento Acelerado (%)	Germinação (%)	Comprimento de plântula (cm)		
		Vigor (%)	Viabilidade (%)			Total	Hipocótilo	Raiz
Primeiro expurgo (início do armazenamento):								
BRS 232	Testemunha	92 ¹	96 ¹	92b	961	19.0 1	6.0 1	16.7 1
Alto Vigor	1.0	90	96	92b	96	17.9	5.4	12.0
TZ 92%	2.0	91	95	94a	97	17.5	5.6	11.2
	3.0	93	97	94a	97	17.9	5.8	11.5
C.V.%		1.72	2.07	0.66	0.87	6.28	7.80	7.12
Primeiro expurgo (início do armazenamento):								
Embrapa 48	Testemunha	82 ¹	90 ¹	83 ¹	901	24.6 a	7.8 1	16.7 a
Alto Vigor	1.0	81	89	80	90	19.6 b	7.5	12.0 b
TZ 82%	2.0	82	90	83	91	18.7 b	7.4	11.2 b
	3.0	80	88	81	92	19.0 b	7.5	11.5 b
C.V.%		4.24	2.88	2.57	1.67	4.90	3.55	7.27
Segundo expurgo (aos 90 dias de armazenamento):								
BRS 232	Testemunha	94 ¹	96 ¹	93 ¹	911	16.5 b	5.4 b	11.0 b
Alto Vigor	1.0	91	96	91	90	16.3 b	5.6 b	10.7 bc
TZ 92%	2.0	92	95	94	88	17.7 a	5.4 b	12.3 a
	3.0	93	98	94	87	16.2 b	6.4 a	9.7 c
C.V.%		1.79	1.65	1.89	2.53	3.17	8.21	4.72
Segundo expurgo (aos 90 dias de armazenamento):								
Embrapa 48	Testemunha	76 ¹	89 ¹	70 ¹	871	26.9 a	8.3 a	18.5 a
Alto Vigor	1.0	75	87	72	91	23.2 b	7.9 ab	15.3 b
TZ 82%	2.0	75	88	76	90	18.8 d	7.4 b	11.4 d
	3.0	76	89	73	88	21.8 c	8.6 a	13.1 c
C.V.%		4.00	2.52	5.26	2.53	3.87	6.14	4.78
Terceiro expurgo (aos 210 dias de armazenamento):								
BRS 232	Testemunha	87 ¹	93 b	89 ¹	93 ¹	15.1 ¹	5.0 ¹	10.0 ¹
Alto Vigor	1.0	85	93 b	87	94	15.8	5.2	10.6
TZ 92%	2.0	91	96 a	94	94	15.6	5.0	10.5
	3.0	88	93 b	90	93	16.1	5.1	10.9
C.V.%		2.58	1.73	3.23	1.78	4.82	7.92	6.39
Terceiro expurgo (aos 210 dias de armazenamento):								
Embrapa 48	Testemunha	61 ¹	84 ¹	40 b	761	18.3 a	7.1 a	11.2 a
Alto Vigor	1.0	65	83	54 a	82	14.9 b	6.0 b	8.9 b
TZ 82%	2.0	56	82	53 a	83	15.3 b	6.2 b	9.05 b
	3.0	60	83	48 a	82	16.8 ab	6.7 a	10.1 ab
C.V.%		14.56	4.20	9.42	3.86	5.96	3.35	9.14

Médias seguidas da mesma letra na coluna e mesmo período de expurgo e cultivar não são diferentes entre si por meio do teste de Tukey a 5% de probabilidade. ¹ Não significativa.

Fonte: Krzyzanowski et al. (2019).

Referências

BOOTH, R. G.; COX, M. L.; MADGE, R. B. **IIE guides to insects of importance to man: 3. Coleoptera**. London: CAB International, 1990. 384 p.

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

CELARO, J. C. Métodos curativos de controle de pragas de grãos armazenados. In: LORINI, I.; MIIKE, L. H.; SCUSSEL, V. M.; FARONI, L. R. D. (ed.). **Armazenagem de grãos**. Jundiaí: IBG, 2018. p. 455-484.

DAGLISH, G. J.; COLLINS, P. J.; PAVIC, H.; KOPITKE, R. Effects of time and concentration on mortality of phosphine-resistant *Sitophilus oryzae* (L.) fumigated with phosphine. **Pest Management Science**, v. 58, p. 1015-1021, 2002.

FRANÇA-NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; COSTA, N. P. da. **O teste de tetrazólio em sementes de soja**. Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 1998. 72 p. (EMBRAPA-CNPSo. Documentos, 116).

FRANÇA-NETO, J. B.; LORINI, I.; KRZYZANOWSKI, F. C.; HENNING, A. A.; MALLMANN, C. A. Ocorrência de contaminantes em grãos e sementes de soja armazenados em diversas regiões brasileiras. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 31., 2010, Brasília, DF. **Resumos...** Londrina: Embrapa Soja, 2010. p. 467-469.

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. **Manual de Entomologia Agrícola**. 2. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1988. 649 p.

HENNING, A. A. **Guia prático para identificação de fungos mais frequentes em sementes de soja**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. 33 p.

KRZYZANOWSKI, F. C.; LORINI, I.; FRANÇA-NETO, J. B.; HENNING, A. A. Effects of phosphine fumigation on the quality of soybean seeds. **Journal of Seed Science**, v. 35, n. 2, p. 179-182, 2013.

KRZYZANOWSKI, F. C.; LORINI, I.; HENNING, A. A.; FRANÇA-NETO, J. B. Physiological and sanitary performance of soybean seeds during storage after phosphine fumigation. **Journal of Seed Science**, v. 41, n. 3, p. 280-285, 2019. DOI: 10.1590/2317-1545v41n3205560.

KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA-NETO, J. B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. 219 p.

LORINI, I. Insetos que atacam grãos de soja armazenados. In: HOFFMANN-CAMPO, C. B.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; MOSCARDI, F. (ed.). **Soja: manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga**. Brasília, DF: Embrapa, 2012. p. 421-444.

LORINI, I.; FERRI, G. C.; FREITAS, A. de M.; ROSSATO, C. Desenvolvimento de *Lasioderma serricorne* (F.) (Coleoptera: Anobiidae) em grãos de soja armazenada. In: CONFERÊNCIA BRASILEIRA DE PÓS-COLHEITA, 5., 2010, Foz do Iguaçu. **Anais...** Londrina: Abrapos, 2010a. p. 363-366.

LORINI, I.; KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA-NETO, J. B.; HENNING, A. A. Monitoramento da liberação do gás PH₃ por pastilhas de fosfina usadas para expurgo de sementes. **Informativo Abrates**, v. 21, n. 3, p. 57-60, 2011.

LORINI, I.; KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA-NETO, J. B.; HENNING, A. A. **Principais pragas e métodos de controle em sementes durante o armazenamento - Série Sementes**. Londrina: Embrapa Soja, 2010b. 12 p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 73).

LORINI, I.; KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA-NETO, J. B.; HENNING, A. A.; HENNING, F. A. **Manejo integrado de pragas de grãos e sementes armazenadas**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. 81 p.

MOUND, L. **Common insect pests of stored food products**. London: British Museum of Natural History, 1989. 68 p.

Embrapa Soja
Rod. Carlos João Strass, s/n, Acesso Orlando Amaral, Distrito da Warta
CEP 86065-981 | Caixa Postal 4006 | Londrina, PR
Fone: (43) 3371 6000
www.embrapa.br/soja
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações

Presidente: *Roberta Aparecida Carnevalli*

Secretária-executiva: *Regina Maria Villas Bôas de Campos Leite*

Membros: *Claudine Dinali Santos Seixas, Clara Beatriz Hoffmann-Campo, Fernando Augusto Henning, Ivani de Oliveira Negrão Lopes, Leandro Eugênio Cardamone Diniz, Maria Cristina Neves de Oliveira, Mônica Juliani Zavaglia Pereira e Norman Neumaier*

Circular Técnica 209
ISSN 2176-2864 | Outubro, 2024

Edição executiva: *Vanessa Fuzinato Dall'Agnol*

Revisão de texto: *Regina Maria Villas Bôas de Campos Leite*

Normalização: *Valéria de Fátima Cardoso*
(CRB-9/1188)

Projeto gráfico: *Leandro Sousa Fazio*

Diagramação: *Marisa Yuri Horikawa*

Publicação digital: PDF

Todos os direitos reservados à Embrapa.

