

CIRCULAR TÉCNICA

267

Sete Lagoas, MG
Novembro, 2020

Inseticidas recomendados, limites de resíduos e indicações técnicas para aplicação no controle de pragas durante o armazenamento de grãos de milho

Marco Aurélio Guerra Pimentel
Ivênio Rubens de Oliveira
Camila Alves Normando
Christiano Lima de Oliveira

OBJETIVOS DE
DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL

12 CONSUMO E
PRODUÇÃO
RESPONSÁVEIS



Inseticidas recomendados, limites de resíduos e indicações técnicas para aplicação no controle de pragas durante o armazenamento de grãos de milho¹

1. Introdução

A qualidade dos grãos na pós-colheita, especialmente na fase de armazenagem, pode ser afetada por diversos fatores, com destaque para as infestações por insetos-pragas, que podem causar deteriorações e perdas, e consequente enquadramento do produto comercializado em tipos de menor qualidade, afetando os preços de comercialização e gerando barreiras não tarifárias, reduzindo a lucratividade do produtor, e a massa dos grãos em até mais de 18% em apenas 70 dias de armazenamento (Santos et al., 2011; Pimentel et al., 2018, 2019).

Assim, o uso de inseticidas na proteção de grãos de milho durante a armazenagem é uma das formas de controle de insetos-pragas mais utilizadas no Brasil, dentre as diferentes táticas e estratégias preconizadas pelo Manejo Integrado de Pragas (MIP) de grãos armazenados (Lorini 2018; Hommel; Feuerbach, 2018).

Historicamente, nota-se que uma das razões para o amplo uso dos inseticidas no Brasil deve-se principalmente por ser a tática de controle mais viável economicamente dentro de nossas condições de armazenamento (Campos, 2005; Faroni et al., 2014). Além dessa vantagem econômica, são produtos facilmente disponíveis aos produtores e responsáveis por armazéns, têm persistência prolongada nos grãos, aplicação mais segura que os inseticidas

¹ Marco Aurélio Guerra Pimentel, Eng. Agrôn., DSc em Entomologia, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo; Ivênio Rubens de Oliveira, Eng. Agrôn., DSc em Fitotecnia, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo; Camila Alves Normando, Bolsista de IC e estudante de Engenharia Agrônômica, Universidade Federal de São João del-Rei – Campus Sete Lagoas; Christiano Lima de Oliveira, Bolsista de IC e estudante de Engenharia Agrônômica, Universidade Federal de São João del-Rei – Campus Sete Lagoas

fumigantes e não demandam equipamentos especiais ou metodologia sofisticada de aplicação (Arthur, 1996; White; Leesch, 1996).

Apesar de todas as vantagens descritas quanto ao uso de inseticidas no controle de insetos-pragas de grãos armazenados, os usuários devem estar atentos às indicações técnicas para aplicação e sempre consultar um profissional para ter as recomendações de uso (Faroni et al., 2014). O controle químico só será efetivo quando seguidas orientações como uso de produtos registrados para a cultura no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) (Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2020b; Brasil, c2003), aplicação de doses e volume de calda recomendados pelos fabricantes, finalidade do tratamento conforme o alvo, se para proteção residual ou curativo para conter infestações presentes nos grãos, observação das condições de umidade e de limpeza dos lotes de grãos e as condições ambientais no momento da aplicação. Além da atenção a esses fatores para o sucesso e a efetividade das aplicações, deve-se sempre observar o treinamento dos aplicadores e a atenção aos equipamentos de proteção individual (EPI), além dos locais de preparação das caldas e manuseio dos produtos, a fim de se evitar contaminação ambiental.

A observação a todas essas orientações é fundamental para se atingir a efetividade do controle dos insetos-pragas e para que os inseticidas não gerem resíduos nos grãos acima dos Limites Máximos de Resíduos (LMR) estabelecidos pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) (Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2020a), no Brasil, ou em atendimento aos LMR estabelecidos internacionalmente como os do *Codex Alimentarius*, que é um programa conjunto da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) e da Organização Mundial da Saúde (OMS) (FAO, 2020), e os LMR estabelecidos pela União Europeia (União Europeia, 2020).

O atendimento a estes LMR constitui barreiras não tarifárias no comércio de grãos para exportação e em determinados consumidores nacionais, especialmente as indústrias que processam grãos para consumo humano (Baptista; Trevizan, 2007). A maior atenção aos LMR reflete não apenas as questões econômicas envolvidas no comércio de grãos, mas também a maior preocupação dos consumidores quanto às questões sanitárias, especialmente no cenário pós-pandemia de covid-19 (Brasil, 2020; Seixas, 2020).

Diante do exposto, esta publicação tem como objetivo orientar técnicos, produtores, extensionistas, operadores agroindustriais e demais agentes das cadeias produtivas quanto aos inseticidas registrados para controle de insetos-praga que atacam os grãos de milho durante o armazenamento, sobre os LMR permitidos e as recomendações para aplicação de inseticidas. Estas orientações poderão auxiliar os produtores no armazenamento dos grãos de milho com mais qualidade, reduzindo as perdas e evitando a contaminação dos grãos por resíduos acima dos LMR permitidos nos mercados nacional e internacional.

O trabalho contribui para o atendimento do ODS 12: “Assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis”, e mais especificamente o tópico 12.3: “Até 2030, reduzir pela metade o desperdício de alimentos per capita mundial, nos níveis de varejo e do consumidor, e reduzir as perdas de alimentos ao longo das cadeias de produção e abastecimento, incluindo as perdas pós-colheita”, por apresentar indicações sobre o uso de inseticidas na etapa pós-colheita, cujo principal objetivo é reduzir as perdas decorrentes da infestação por insetos-pragas que causam danos aos grãos de milho. As recomendações descritas poderão auxiliar os produtores e operadores de armazéns a reduzirem as perdas por insetos-pragas e, mesmo utilizando o controle químico, atingir maior sustentabilidade pela adoção de práticas adequadas na aplicação dos inseticidas que atinjam o alvo com eficiência e produzam resíduos que persistam nos grãos dentro dos níveis aceitáveis nacional e internacionalmente. Dessa forma, a publicação poderá contribuir para atingir a meta de reduzir as perdas de alimentos, especialmente grãos de milho, na etapa pós-colheita.

2. Principais espécies de insetos que causam danos em grãos de milho durante o armazenamento

Durante a armazenagem dos grãos de milho destacamos dois grupos de insetos-pragas que causam danos e desvalorização de lotes de grãos: os besouros (Coleópteros) e as traças e mariposas (Lepidópteros). No Brasil, as principais espécies são o caruncho-do-milho *Sitophilus zeamais* e *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae), o besourinho-broqueador *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae), além dos besouros *Cryptolestes ferrugineus* (Coleoptera: Cucujidae), *Oryzaephilus surinamensis* (Coleoptera: Silvanidae) e *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae). Dentre as traças e mariposas destacam-se *Sitotroga cerealella* (Lepidoptera: Gelechiidae), *Ephestia* sp. (Lepidoptera: Pyralidae) e *Plodia interpunctella* (Lepidoptera: Pyralidae), que podem ser as espécies mais comuns nos armazéns e nos grãos na fase de armazenagem (Figura 1) (Rees, 1996; Sedlacek et al. 1996; Loeck, 2002; Faroni; Sousa, 2006; Lorini, 2008, 2018; Santos et al., 2011).

A temperatura ambiente é fator importante no desenvolvimento dos insetos, sendo a faixa de temperatura ideal em torno de 28 a 32 °C, que são temperaturas predominantes no clima tropical. A redução da temperatura da massa de grãos pode ser fator importante na criação de ambiente desfavorável ao desenvolvimento de insetos e pode ser atingida por meio do resfriamento artificial ou pela aeração (Mantovani; Pimentel, 2017).

A correta identificação das espécies é importante na escolha de inseticidas recomendados para cada uma delas, além de trazer informações importantes a respeito de seus ciclos de vida, com fases de larva e pupa que podem ocorrer dentro dos grãos ou no meio da massa de grãos, além de dados sobre longevidade dos adultos e capacidade de postura, o que determinará a adoção de estratégias de controle (Santos et al., 2011).

Os adultos de *S. zeamais* e *S. oryzae*, conhecidos como caruncho-do-milho, são besouros de 2,0 a 3,5 mm de comprimento, de coloração castanho-escuro, com manchas mais claras nos élitros (asas anteriores), sendo a principal característica para identificação da espécie a cabeça projetada à frente, na forma de rostró curvado (expansão da parte frontal da cabeça) (Figura 1.1)

(Rees, 1996; Lorini, 2008). São pragas primárias, com capacidade de perfurar grãos sadios, causando danos no interior dos grãos, reduzindo sua massa específica. Tanto larvas como adultos podem causar danos aos grãos.

Os adultos de *R. dominica* (besourinho dos cereais) apresentam de 2,3 a 3 mm de comprimento, coloração castanho-escuro, corpo cilíndrico e cabeça globular, normalmente escondida pelo protórax (Figura 1.2). Os danos nos grãos são caracterizados por furos circulares e grande quantidade de resíduos na forma de farinha (Figura 5), decorrentes do hábito alimentar. Tanto adultos quanto larvas causam danos aos grãos armazenados (Rees, 1996; Lorini, 2008).

Os adultos de *T. castaneum* são besouros de coloração castanho-avermelhada, medindo de 2,3 a 4,4 mm de comprimento; o corpo é achatado e possui duas depressões transversais na cabeça (Figura 1.3). As larvas são branco-amareladas, cilíndricas, medindo até 7 mm de comprimento e, assim como os adultos, podem se alimentar dos grãos, mas dependem da presença de grãos quebrados ou do ataque de outras pragas para se instalar nos grãos armazenados (Rees, 1996; Lorini, 2008).

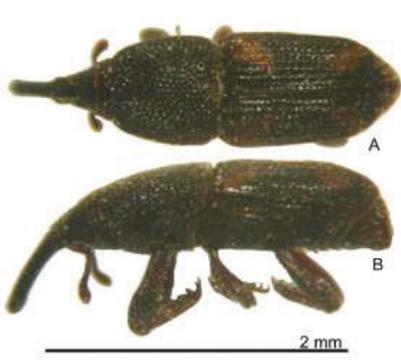
Adultos de *O. surinamensis* são besouros alongados, achatados, de coloração vermelho-escuro, com comprimento variável de 1,7 a 3,3 mm (Figura 1.4). Possuem três carenas longitudinais no pronoto, além de apresentarem seis dentes laterais, o que permite identificá-los. Essa espécie é uma praga considerada secundária, que ataca grãos quebrados, danificados e restos de grãos, mas que pode causar danos expressivos em grande densidade populacional (Rees, 1996; Lorini, 2008).

C. ferrugineus (Figura 1.5) são pequenos besouros de, aproximadamente, 2,5 mm de comprimento, de corpo achatado e antenas longas, com cor marrom-avermelhada pálida. Apesar de ser considerada uma praga secundária que pode destruir grãos quebrados e restos de grãos e de farinhas, tem elevado potencial de reprodução, em relação a outras pragas de armazéns (Rees, 1996; Faroni; Sousa, 2006).

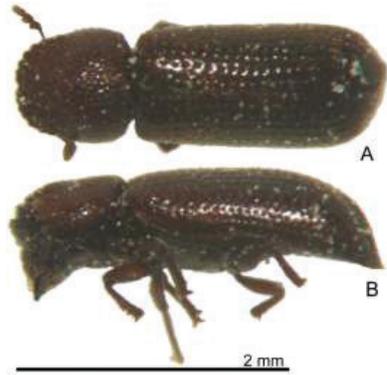
A traça *P. interpunctella* (traça-indiana-dos-cereais) é uma espécie comum cujos adultos medem por volta de 18 mm de envergadura e até 13 mm de comprimento, com distinção marcante em cores com as asas anteriores de

cor amarelada e café, e as posteriores esbranquiçadas (Figura 1.6). As larvas se alimentam e causam danos aos grãos produzindo um fio de seda onde se acumulam restos de alimentos e excreções. Dentro de silos, seu ataque ocorre principalmente na porção superior da massa de grãos, onde a presença de teia é marcante, podendo formar uma camada espessa (Sedlacek et al., 1996).

Dentre as traças ou mariposas mais comuns infestando grãos de milho destaca-se *S. cerealella* ou traça-dos-cereais, cujos adultos (Figura 1.7) são mariposas com 10 a 15 mm de envergadura e 6 a 8 mm de comprimento. As asas anteriores são cor de palha, com franjas, e as posteriores são mais claras, com franjas maiores. As larvas penetram no interior dos grãos, onde se alimentam e causam danos, reduzindo a massa específica deles, e completam a fase larval em aproximadamente 15 dias (Sedlacek et al., 1996).



(1)



(2)



(3)



(4)

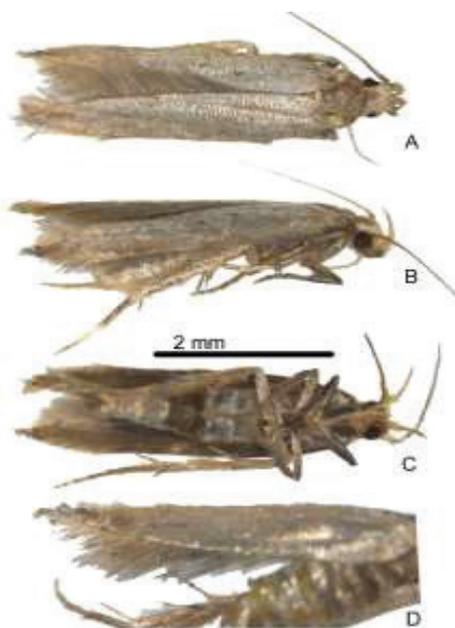


(5)



(6)

Fotos: Marco Aurélio Guerra Pimentel e Carina Marciela Mews.



Fotos: Marco Aurélio Guerra Pimentel e Carina Marcia Mews.

(7)

Figura 1. Adultos das principais pragas de grãos armazenados. Coleópteros em vista superior (A) e lateral (B): 1-*Sitophilus zeamais* (caruncho-do-milho); 2-*Rhyzopertha dominica* (besourinho-broqueador); 3-*Tribolium castaneum* (besouro-castanho); 4-*Oryzaephilus surinamensis*; 5-*Cryptolestes ferrugineus*. Lepidópteros em vistas superior (A), lateral (B), ventral (C) e detalhes das asas (C e D): 6-*Plodia interpunctella* (traça-indiana); 7-*Sitotroga cerealella* (traça-dos-cereais).

3. Medidas preventivas no controle de pragas

As medidas preventivas para se evitar a presença de insetos na massa de grãos podem ser adotadas desde o planejamento da cultura, quando o produtor deve observar as épocas de plantio mais adequadas, selecionar uma cultivar que apresenta menor suscetibilidade de ataque a insetos, passando pelas boas práticas agrícolas no cultivo, até o processo de colheita, em que conteúdo de água (umidade) dos grãos deve ser baixo e a regulagem e a limpeza das máquinas colhedoras devem ser realizadas antes do início da colheita. Após a colheita, o produtor deve estar atento à recepção e à limpeza

dos grãos, à necessidade ou não de secagem artificial e aeração, que são fatores importantes para o controle preventivo das pragas de grãos armazenados (Weber, 2005; Mantovani; Pimentel, 2017; Lorini, 2018).

A limpeza de grãos é uma etapa fundamental após a colheita, quando é realizada a separação das impurezas por meio de máquinas de pré-limpeza e limpeza, que utiliza ar e peneiras, para separação das sujidades até os níveis adequados para armazenagem e comercialização. A aplicação de inseticidas na massa de grãos é recomendada após o processo de limpeza, após a retirada das impurezas e matérias estranhas presentes nos grãos oriundos da colheita (Mullen; Pederson, 2000; Dalpasquale, 2002; Weber, 2005).

O conteúdo de água dos grãos, popularmente conhecido como percentual de umidade dos grãos, é parâmetro fundamental para a armazenagem por períodos prolongados e para evitar proliferação fúngica e infestação por insetos-pragas que podem deteriorar o produto rapidamente. O conteúdo de água recomendado para armazenagem dos grãos por períodos prolongados está na faixa entre 12 e 14%. A redução do conteúdo de água dos grãos deve ser realizada de forma natural (secagem na planta) ou de forma artificial (utilizando secadores) antes da aplicação dos inseticidas protetores e fumigantes. A umidade elevada dos grãos no momento da aplicação de inseticidas afeta a eficiência do processo e pode elevar o conteúdo de água dos grãos, acelerando o processo de deterioração (Brasil, 2011; Mantovani; Pimentel, 2017).

A limpeza e sanitização dos silos e armazéns, depósitos, máquinas, equipamentos, passarelas, poços dos elevadores e demais estruturas nas unidades armazenadoras são absolutamente essenciais e representam um altíssimo percentual no sucesso de um perfeito controle de insetos e fungos (Mullen; Pederson, 2000). A aplicação de inseticidas nas estruturas das unidades armazenadoras só deve ser feita após o processo de limpeza dessas estruturas. Após o processo de limpeza, é recomendado o tratamento periódico de toda a estrutura armazenadora, com inseticidas protetores de longa duração, para evitar reinfestações de insetos. A aplicação desses produtos pode ser feita por meio de pulverizador, atingindo toda a superfície das paredes, teto e chão, ou até mesmo equipamentos de termonebulização. O volume de calda a ser aplicado deve variar de acordo com a porosidade da superfície, os inseticidas devem ser diluídos em volume variando de 2 a 25 litros de água (Miike et al., 2002). No caso da termonebulização este tipo de tratamento visa

controlar, especialmente, os insetos voadores, como as mariposas, que se alojam nos pontos mais altos da unidade armazenadora. A dose do inseticida, na operação de nebulização, é calculada em função do volume (m^3) de espaço interno da estrutura que será ocupada pela fumaça (White; Leesch, 1996).

Com objetivo de reduzir as infestações por insetos-pragas algumas orientações são recomendadas, tais como: (1) limpar toda a estrutura, de preferência utilizando jatos de ar para desalojar a sujeira das paredes e dos equipamentos, e recolher todo o material fino com aspirador de pó; (2) não permitir acúmulo de impurezas, sujidades e material retirado da limpeza dos grãos dentro ou mesmo fora da unidade armazenadora; (3) inspecionar todo o teto e consertar toda e qualquer possibilidade de goteira e infiltrações antes de carregar o silo ou armazém; (4) pulverizar as paredes, estruturas metálicas de teto e estruturais dos silos e unidades armazenadoras vazias com inseticidas registrados para essa finalidade; (5) evitar a mistura de grãos novos, recém-colhidos, com grãos de safras antigas armazenados há mais tempo.

4. Controle químico com inseticidas protetores

O controle das pragas de grãos de milho durante o armazenamento pode ser realizado com uso de inseticidas protetores (tratamento preventivo). A aplicação de inseticidas na massa de grãos deve ser realizada após as etapas de pré-processamento, ou seja, após a recepção e classificação, pré-limpeza, secagem e limpeza, imediatamente antes do acondicionamento dos grãos nas estruturas de armazenagem (White; Leesch, 1996; Lorini, 2018).

A adoção deste tipo de controle preventivo independe do tempo de armazenagem que se pretende adotar, no entanto, é recomendado, especialmente se existe a intenção de armazenagem por períodos prolongados. O tratamento químico preventivo consiste na aplicação de inseticidas líquidos sobre os grãos, na correia transportadora ou na tubulação de fluxo do produto, no momento de ensacar ou do carregamento dos grãos nos silos. O inseticida aplicado deverá ser homogeneizado, de forma que toda massa receba o inseticida. A homogeneização do inseticida nas correias transportadoras dá-se pelo uso de tombadores que têm objetivo de misturar os grãos tratados (Figura 2) (Miike et al., 2002; Santos, 2008).

Para o tratamento é necessário instalar adequadamente o equipamento de pulverização, que pode ser uma barra de pulverização, sobre a correia transportadora, com três a cinco bicos, distribuídos de maneira que todos os grãos recebam o inseticida (com tombadores sobre a correia transportadora para homogeneização dos grãos pulverizados) (Figura 2). Antes da aplicação devem ser verificadas a vazão dos bicos e a capacidade de transporte e velocidade da correia transportadora. Se houver necessidade, deve-se fazer o ajuste de acordo com as doses de inseticidas e o volume de calda por tonelada de grãos (Miike et al., 2002).

Os bicos de pulverização devem sofrer inspeção periódica, por causa da possibilidade de entupimento ou do mau funcionamento que pode afetar significativamente a uniformidade de aplicação, assim como o volume de calda que deverá ser aplicado. Para se calcular a vazão necessária em cada bico, pode-se empregar a equação a seguir (Equação 1):

$$\text{Vazão (bico min}^{-1}\text{)} = \frac{\text{Vol. calda (ml min}^{-1}\text{)} \times \text{Capacidade transp. correia (t h}^{-1}\text{)}}{60 \text{ min} \times \text{Número de bicos}} \quad (\text{Equação 1})$$

Para verificar se o conjunto de pulverização está aplicando a dosagem correta preconizada pelos fabricantes dos inseticidas, pode-se utilizar a seguinte equação (Equação 2):

$$\begin{aligned} & \text{Dosagem inseticida aplicado (l ton}^{-1}\text{)} \\ &= \frac{\text{Vazão total dos bicos (l)} \times \text{Dosagem inseticida desejada (l t}^{-1}\text{)}}{\text{Capacidade transporte da esteira (ton min}^{-1}\text{)} \times \text{Volume de calda (l t}^{-1}\text{)}} \quad (\text{Equação 2}) \end{aligned}$$

Para o cálculo do volume de inseticida que será utilizado para mistura no tanque de pulverização, pode-se utilizar a seguinte equação (Equação 3):

$$\begin{aligned} & \text{Volume de inseticida no tanque (l)} \\ &= \frac{\text{Capacidade do tanque (l)} \times \text{Dosagem inseticida desejada (l t}^{-1}\text{)}}{\text{Volume de calda (l t}^{-1}\text{)}} \quad (\text{Equação 3}) \end{aligned}$$

Para pulverização protetora dos grãos antes do armazenamento, recomenda-se volume de calda de 1,0 a 2,0 litros por tonelada. Aplicações de inseticidas realizadas fora de esteiras transportadoras, como em outros tipos de transportadores, devem ser realizadas considerando-se a capacidade de transporte deste, a vazão dos bicos de pulverização e o volume de calda recomendado. Na Tabela 1 são apresentados os inseticidas registrados para aplicação em grãos de milho para proteção durante a armazenagem (Brasil, c2003). Salienta-se a importância de não se utilizar inseticidas que não têm registro para a finalidade de uso na armazenagem de grãos, pois eles podem deixar resíduos que persistem nos grãos e podem ser detectados via análises químicas.



Fotos: Marco Aurélio Guerra Pimentel

(A) (B)



(C)



(D)

Figura 2. Esteira transportadora de grãos em armazém graneleiro. Sistema de aplicação de inseticidas protetores e fumigantes diretamente na esteira (A); detalhe do equipamento com bicos pulverizadores (B e C); e detalhe dos tombores para homogeneização da massa de grãos tratada (D).

Atualmente existem no País 10 princípios ativos de inseticidas protetores e fumigantes registrados para uso, sendo os piretroides bifentrina, deltametrina, lambda-cialotrina e permetrina, os organofosforados fenitrotiona e pirimifós-metílico, os inorgânicos precursores de fosfina fosfeto de alumínio e fosfeto de magnésio, além da própria fosfina e o inorgânico terra diatomácea. Estes princípios ativos compõem 27 marcas comerciais e possuem registro para controle de 11 espécies de insetos-pragas de grãos armazenados: *R. dominica*, *S. oryzae*, *S. zeamais*, *T. castaneum*, *O. surinamensis*, *C. ferrugineus*, *S. cerealella*, *P. interpunctella*, *Carthatus quadricollis*, *Laemophloeus minutus* e *Tenebroides mauritanicus* (Tabela 1) (Brasil, c2003).

Nos últimos anos, o registro de inseticidas tem sido mais dinâmico, especialmente, por causa da possibilidade de registro de genéricos, com princípios ativos já autorizados anteriormente. Por isso salienta-se a necessidade de se acessar os canais oficiais, como o sistema Agrofit do Mapa (Brasil, c2003), para consulta sobre produtos e princípios ativos, assim como detalhes mais específicos, como doses, nomes comerciais, intervalo de segurança, forma de aplicação, bula, entre outras informações.

Alguns inseticidas protetores também podem ser utilizados para aplicações estruturais, ou seja, nas instalações e estruturas de armazenagem, na superfície da massa de grãos em silos e armazéns graneleiros e em blocos de sacaria, em armazéns convencionais e sementeiros (Tabela 2). Esta prática constitui uma medida complementar, quando se conclui o tratamento preventivo na esteira de transporte ou, ainda, após a realização de expurgos à base de fosfina, a fim de evitar a reinfestação dos produtos estocados.

As pulverizações estruturais devem ser renovadas quando da limpeza das instalações, quando um silo ou armazém é esvaziado, e paredes, fundo e demais partes podem ser mais facilmente acessados. O tratamento estrutural das instalações e maquinários pode ser realizado com pulverizadores e termonebulizadores. O tratamento estrutural com auxílio de termonebulizadores pode ser utilizado para a eliminação dos insetos adultos nos locais inacessíveis à ação dos inseticidas, como vigamentos e estruturas do telhado e passarelas, por exemplo (Miike et al., 2002).

A operação de termonebulização é realizada com um gerador de neblina, utilizando as dosagens recomendadas pelos fabricantes de inseticidas com

adição de óleo mineral. Antes da aplicação é necessário calcular a cubagem do ambiente onde será feita a aplicação, determinando o volume do local em metros cúbicos. O uso de óleo diesel não é recomendado, pelo risco de explosão. O volume de um litro de calda inseticida é suficiente para aplicação em aproximadamente 4.000 m³ de armazém.

Vale salientar que algumas recomendações básicas devem ser observadas quando do uso de inseticidas protetores em grãos armazenados. Tais observações podem afetar diretamente a eficácia dos inseticidas, aumentando as possibilidades de ocorrência de falhas de controle, contaminação ambiental e exposição e contaminação dos operadores que trabalham com a aplicação destes inseticidas (White; Leesch, 1996; Arthur, 1996; Miike et al., 2002; Santos, 2008; Hommel; Feuerbach, 2018; Lorini, 2018). Os seguintes procedimentos são importantes:

O uso de equipamentos de proteção individual (EPI) é obrigatório. Eles devem ser composto de um macacão de mangas compridas, chapéu de aba larga, luvas impermeáveis, botas, avental impermeável e máscara apropriada.

Os grãos de milho só devem receber aplicação de inseticidas após passar pelas etapas de pré-processamento como recepção, classificação, pré-limpeza, secagem e limpeza.

Lotes de grãos de milho que apresentem infestação visível não devem ser tratados com inseticidas protetores, recomenda-se nesse caso realizar o expurgo previamente à aplicação de inseticida protetor.

A aplicação de inseticidas protetores deve ser realizada com os grãos de milho em temperatura ambiente ou mais baixa possível. Não deve ser efetuado o tratamento preventivo de grãos recém-saídos do secador. A temperatura dos grãos é fonte de degradação dos inseticidas, interferindo na sua eficiência no controle das infestações. O calor remanescente nos grãos, provenientes da secagem, pode gerar condensação da umidade e contribuir para o desenvolvimento de fungos.

O equipamento de aplicação (pulverizador) deve sofrer manutenção periódica, e o volume de calda do tanque deve ser monitorado. A calda inseticida deve ser preparada imediatamente antes do uso e no mesmo dia. Não é recomendado

preparar calda com antecedência para aplicações a serem efetuadas no dia seguinte, por exemplo.

Tabela 1. Inseticidas protetores registrados no Mapa controle de insetos-praga que causam danos em grãos de milho armazenado no Brasil.

Pragas	Tipo Inseticida	Marcas Comerciais	Ingrediente ativo e grupo químico	Titular do registro	Formulação	C. A.	C. T.
<i>Rhizopertha dominica</i>	Protetor	K-Obiol 2P	Deltametrina (piretroide)	Bayer S.A.	DP - Pó Seco	II	IV
		K-Obiol 25 EC	Deltametrina (piretroide)	Bayer S.A.	EC - Concentrado Emulsionável	I	III
		Pounce 384 EC	Permetrina (piretroide)	Fmc Química do Brasil Ltda.	EC - Concentrado Emulsionável	II	III
		Permetrina CCAB 384 EC	Permetrina (piretroide)	Ccab Agro S.A.	EC - Concentrado Emulsionável	II	I
		Peritag 384 EC	Permetrina (piretroide)	Tagros Brasil Comércio De Produtos Químicos Ltda.	EC - Concentrado Emulsionável	II	I
		Prostore 25 EC	Bifentrina (piretroide)	Fmc Química do Brasil Ltda.	EC - Concentrado Emulsionável	II	III
		Triller EC	Bifentrina (piretroide)	Adama Brasil S.A.	EC - Concentrado Emulsionável	II	IV
		Starion	Bifentrina (piretroide)	Bequisa Indústria Química Do Brasil Ltda.	EC - Concentrado Emulsionável	II	III
		Acteicilambda	Lambda-cialotrina (piretroide)	Syngenta Proteção De Cultivos Ltda.	CF - Suspensão Encapsulado p/ Trat. Sementes	II	III
		Insecto	Terra diatomácea (inorgânico)	Bequisa Indústria Química Do Brasil Ltda.	DP - Pó Seco	IV	IV
		SiliconProtect	Terra diatomácea (inorgânico)	Mineração e Pesquisa Brasileira Ltda.	DP - Pó Seco	IV	IV
		<i>Stophilus oryzae</i>	Fumigante	Fertox	Fosfato de alumínio (inorgânico precursor de fosfina)	Landevo Química Do Brasil Ltda.	FF - Fumigante em Pastilhas
Protetor	Keepdry		Terra diatomácea (inorgânico)	Irrigação Dias Cruz Ltda.	DP - Pó Seco	IV	IV
	Insecto	Terra diatomácea (inorgânico)	Bequisa Indústria Química Do Brasil Ltda.	DP - Pó Seco	IV	IV	
	SiliconProtect	Terra diatomácea (inorgânico)	Mineração e Pesquisa Brasileira Ltda.	DP - Pó Seco	IV	IV	
	K - Obiol 2P	Deltametrina (piretroide)	Bayer S.A.	DP - Pó Seco	II	IV	

Continua

Tabela 1. Inseticidas protetores registrados no Mapa controle de insetos-praga que causam danos em grãos de milho armazenado no Brasil.

Pragas	Tipo Inseticida	Marcas Comerciais	Ingrediente ativo e grupo químico	Titular do registro	Formulação	C. A.	C. T.
<i>Stophilus zeamais</i>	Protetor	K-Obiol 25 EC	Deltametrina (piretroide)	Bayer S.A.	EC - Concentrado Emulsionável	I	III
		Triller EC	Bifentrina (piretroide)	Adama Brasil S.A.	EC - Concentrado Emulsionável	II	IV
		Prostore 25 EC	Bifentrina (piretroide)	Fmc Química do Brasil Ltda.	EC - Concentrado Emulsionável	II	III
		Starion	Bifentrina (piretroide)	Bequisa Indústria Química do Brasil Ltda.	EC - Concentrado Emulsionável	II	III
		Permetrina CCAB 384 EC	Permetrina (piretroide)	Ccab Agro S.A.	EC - Concentrado Emulsionável	II	I
		Pertag 384 EC	Permetrina (piretroide)	Tagros Brasil Comércio De Produtos Químicos Ltda.	EC - Concentrado Emulsionável	II	I
		Pounce 384 EC	Permetrina (piretroide)	Fmc Química do Brasil Ltda.	EC - Concentrado Emulsionável	II	III
		Sumigran 500 EC	Fenitroiona (organofosforado)	Sumitomo Chemical Do Brasil Representações Ltda.	EC - Concentrado Emulsionável	II	II
		Graolin 500 EC	Pririmifós-metilico (organofosforado)	Syngenta Proteção De Cultivos Ltda.	EC - Concentrado Emulsionável	II	III
		SiliconProtect	Terra diatomácea (inorgânico)	Mineração e Pesquisa Brasileira Ltda.	DP - Pó Seco	IV	IV

Continua

Tabela 1. Inseticidas protetores registrados no Mapa controle de insetos-praga que causam danos em grãos de milho armazenado no Brasil.

Pragas	Tipo Inseticida	Marcas Comerciais	Ingrediente ativo e grupo químico	Titular do registro	Formulação	C. A.	C. T.
<i>Stophilus zeamais</i>	Fumigante	VAPORPH3OS	Fosfina (inorgânico)	Plurie Soluções Regulatórias Ltda.	FU - Fumigante	*	*
		PhosphineFumigant	Fosfato de magnésio (inorgânico precursor de fosfina)	Landevo Química Do Brasil Ltda.	FF - Fumigante em pastilhas	I	I
		Fermag	Fosfato de magnésio (inorgânico precursor de fosfina)	Degesch Do Brasil Ind. E Com. Ltda.	FT - Fumigante em Tablete	I	I
		Fumi-Cel	Fosfato de magnésio (inorgânico precursor de fosfina)	Degesch Do Brasil Ind. E Com. Ltda.	FF - Fumigante em Pastilhas	III	I
		Magtoxin	Fosfato de alumínio (inorgânico precursor de fosfina)	Degesch Do Brasil Ind. E Com. Ltda.	FF - Fumigante em Pastilhas	III	I
		Fumitoxin	Fosfato de alumínio (inorgânico precursor de fosfina)	Bequisa Indústria Química do Brasil Ltda.	FF - Fumigante em Pastilhas	I	I
		Gastoxin	Fosfato de alumínio (inorgânico precursor de fosfina)	Bequisa Indústria Química do Brasil Ltda.	FW - Fumigante em Grânulos	III	I
		Fumitoxin - B	Fosfato de alumínio (inorgânico precursor de fosfina)	Degesch Do Brasil Ind. E Com. Ltda.	FF - Fumigante em Pastilhas	I	I
		Phostoxin	Fosfato de alumínio (inorgânico precursor de fosfina)	Bequisa Indústria Química do Brasil Ltda.	FU - Fumigante	I	I
		Phostek	Fosfato de alumínio (inorgânico precursor de fosfina)	Bequisa Indústria Química do Brasil Ltda.	DP - Pó Seco	I	I
		Gastoxin S	Fosfato de alumínio (inorgânico precursor de fosfina)	Bequisa Indústria Química do Brasil Ltda.	FU - Fumigante	I	I
		Gastoxin B57	Fosfato de alumínio (inorgânico precursor de fosfina)	Bequisa Indústria Química do Brasil Ltda.	FU - Fumigante	I	I

Continua

Tabela 1. Inseticidas protetores registrados no Mapa controle de insetos-praga que causam danos em grãos de milho armazenado no Brasil.

Pragas	Tipo Inseticida	Marcas Comerciais	Ingrediente ativo e grupo químico	Titular do registro	Formulação	C. A.	C. T.	
<i>Tribolium castaneum</i>	Fumigante	VAPORPHOS	Fosfina (inorgânico)	Plurie Soluções Regulatórias Ltda.	FU - Fumigante	*	*	
		PhosphineFumigant	Fosfato de magnésio (inorgânico precursor de fosfina)	Landevo Química Do Brasil Ltda.	FF - Fumigante em pastilhas	I	I	
		Fermag	Fosfato de magnésio (inorgânico precursor de fosfina)	Degesch Do Brasil Ind. E Com. Ltda.	FT - Fumigante em tablete	I	I	
		Fumi-Cel	Fosfato de alumínio (inorgânico precursor de fosfina)	Bequisa Indústria Química Do Brasil Ltda.	FF - Fumigante em pastilhas	I	I	
		Gastoxin	Fosfato de alumínio (inorgânico precursor de fosfina)	Bequisa Indústria Química Do Brasil Ltda.	FU - Fumigante	I	I	
		Gastoxin B57	Fosfato de alumínio (inorgânico precursor de fosfina)	Bequisa Indústria Química Do Brasil Ltda.	DP - Pó Seco	I	I	
		Gastoxin S	Fosfato de alumínio (inorgânico precursor de fosfina)	Bequisa Indústria Química Do Brasil Ltda.	FU - Fumigante	III	I	
		Phostek	Fosfato de alumínio (inorgânico precursor de fosfina)	Degesch Do Brasil Ind. E Com. Ltda.	FF - Fumigante em pastilhas	I	I	
		Phostoxin	Fosfato de alumínio (inorgânico precursor de fosfina)	Landevo Química Do Brasil Ltda.	FF - Fumigante em pastilhas	III	I	
		Fertox	Terra diatomácea (inorgânico)	Mineração e Pesquisa Brasileira Ltda.	DP - Pó Seco	IV	IV	
		Protetor						

Continua

Tabela 1. Inseticidas protetores registrados no Mapa controle de insetos-praga que causam danos em grãos de milho armazenado no Brasil.

Pragas	Tipo Inseticida	Marcas Comerciais	Ingrediente ativo e grupo químico	Titular do registro	Formulação	C. A.	C. T.	
<i>Oryzaephilus surinamensis</i>	Fumigante	VAPORPHOS	Fosfina (inorgânico)	Plurie Soluções Regulatórias Ltda.	FU - Fumigante	*	*	
		PhosphineFumigant	Fosfeto de magnésio (inorgânico precursor de fosfina)	Degesch Do Brasil Ind. E Com. Ltda.	FT - Fumigante em Tablete	I	I	
		Fumi-Cel	Fosfeto de alumínio (inorgânico precursor de fosfina)	Bequisa Indústria Química Do Brasil Ltda.	FF - Fumigante em Pastilhas	I	I	
		Gastoxin	Fosfeto de alumínio (inorgânico precursor de fosfina)	Bequisa Indústria Química Do Brasil Ltda.	FU - Fumigante	I	I	
		Gastoxin B57	Fosfeto de alumínio (inorgânico precursor de fosfina)	Bequisa Indústria Química Do Brasil Ltda.	DP - Pó Seco	I	I	
		Gastoxin S	Fosfeto de alumínio (inorgânico precursor de fosfina)	Bequisa Indústria Química Do Brasil Ltda.	FU - Fumigante	I	I	
		Phostek	Fosfeto de alumínio (inorgânico precursor de fosfina)	Degesch Do Brasil Ind. E Com. Ltda.	FF - Fumigante em Pastilhas	I	I	
		Phostoxin	Terra diatomácea (inorgânico)	Mineração e Pesquisa Brasileira Ltda.	DP - Pó Seco	IV	IV	
		Protetor						
		<i>Cryptolestes ferrugineus</i>	Protetor	SiliconProtect	Terra diatomácea (inorgânico)	Mineração e Pesquisa Brasileira Ltda.	DP - Pó Seco	IV

Continua

Tabela 1. Inseticidas protetores registrados no Mapa controle de insetos-praga que causam danos em grãos de milho armazenado no Brasil.

Pragas	Tipo Inseticida	Marcas Comerciais	Ingrediente ativo e grupo químico	Titular do registro	Formulação	C. A.	C. T.	
Strotoga cerealista	Protetor	K - Obiol 2P	Deltametrina (piretroide)	Bayer S.A.	DP - Pó Seco	II	IV	
		K-Obiol 25 EC	Deltametrina (piretroide)	Bayer S.A.	EC - Concentrado Emulsionável	I	III	
	Protetor	Permetrina CCAB 384 EC	Permetrina (piretroide)	Ccab Agro S.A.		EC - Concentrado Emulsionável	II	I
		Pertag 384 EC	Permetrina (piretroide)	Tagros Brasil Comércio De Produtos Químicos Ltda.		EC - Concentrado Emulsionável	II	I
		Actellic 500 EC	Pirimifós – Metílico (organofosforado)	Syngenta Proteção De Cultivos Ltda.		EC - Concentrado Emulsionável	II	III
		Graolin 500 EC	Pirimifós – Metílico (organofosforado)	Syngenta Proteção De Cultivos Ltda.		EC - Concentrado Emulsionável	II	III
		Pounce 384 EC	Permetrina (piretroide)	Fmc Química do Brasil Ltda.		EC - Concentrado Emulsionável	II	III
		Magtoxin	Fosfeto de magnésio (inorgânico precursor de fosfina)	Degesch Do Brasil Ind. E Com. Ltda.		FF - Fumigante em Pastilhas	III	I
		Fermag	Fosfeto de magnésio (inorgânico precursor de fosfina)	Landevo Química Do Brasil Ltda.		FF - Fumigante em Pastilhas	I	I
		Fumi-Cel	Fosfeto de magnésio (inorgânico precursor de fosfina)	Degesch Do Brasil Ind. E Com. Ltda.		FT - Fumigante em Tablete	I	I
		Gastoxin	Fosfeto de alumínio (inorgânico precursor de fosfina)	Bequisa Indústria Química Do Brasil Ltda.		FF - Fumigante em Pastilhas	I	I
		Fumitoxin	Fosfeto de alumínio (inorgânico precursor de fosfina)	Degesch Do Brasil Ind. E Com. Ltda.		FF - Fumigante em Pastilhas	III	I
	Fumigante	Fumitoxin - B	Fosfeto de alumínio (inorgânico precursor de fosfina)	Degesch Do Brasil Ind. E Com. Ltda.		FW - Fumigante em Grânulos	III	I
		Phostek	Fosfeto de alumínio (inorgânico precursor de fosfina)	Bequisa Indústria Química Do Brasil Ltda.		FU - Fumigante em Pastilhas	I	I
		Gastoxin B57	Fosfeto de alumínio (inorgânico precursor de fosfina)	Bequisa Indústria Química Do Brasil Ltda.		FU - Fumigante em Pastilhas	I	I
		Gastoxin S	Fosfeto de alumínio (inorgânico precursor de fosfina)	Bequisa Indústria Química Do Brasil Ltda.		FU - Fumigante em Pastilhas	I	I
Phostoxin		Fosfeto de alumínio (inorgânico precursor de fosfina)	Degesch Do Brasil Ind. E Com. Ltda.		DP - Pó Seco	I	I	
VAPORPH30S PhosphineFumigant		Fosfina (inorgânico)	Plurie Soluções Regulatórias Ltda.		FF - Fumigante em Pastilhas	I	I	
					FU - Fumigante	*	*	

Continua

Tabela 1. Inseticidas protetores registrados no Mapa controle de insetos-praga que causam danos em grãos de milho armazenado no Brasil.

Pragas	Tipo Inseticida	Marcas Comerciais	Ingrediente ativo e grupo químico	Titular do registro	Formulação	C. A.	C. T.	
<i>Plodia interpunctella</i>	Fumigante	Fumi-Cel	Fosfeto de magnésio (inorgânico precursor de fosfina)	Degeesch Do Brasil Ind. E Com. Ltda.	FT - Fumigante em Tablete			
		Gastoxin	Fosfeto de alumínio (inorgânico precursor de fosfina)	Bequisa Indústria Química Do Brasil Ltda.	FF - Fumigante em Pastilhas			
		Gastoxin B57	Fosfeto de alumínio (inorgânico precursor de fosfina)	Bequisa Indústria Química Do Brasil Ltda.	FU - Fumigante			
		Gastoxin S	Fosfeto de alumínio (inorgânico precursor de fosfina)	Bequisa Indústria Química Do Brasil Ltda.	DP - Pó Seco			
	<i>Carthacus quadricollis</i>	Fumigante	Phostek	Fosfeto de alumínio (inorgânico precursor de fosfina)	Bequisa Indústria Química Do Brasil Ltda.	FU - Fumigante		
			Gastoxin	Fosfeto de alumínio (inorgânico precursor de fosfina)	Bequisa Indústria Química Do Brasil Ltda.	FF - Fumigante em Pastilhas		
			Phostoxin	Fosfeto de alumínio (inorgânico precursor de fosfina)	Degeesch Do Brasil Ind. E Com. Ltda.	FF - Fumigante em Pastilhas		
			Fumi-Cel	Fosfeto de magnésio (inorgânico precursor de fosfina)	Degeesch Do Brasil Ind. E Com. Ltda.	FT - Fumigante em Tablete		

Continua

Tabela 1. Inseticidas protetores registrados no Mapa controle de insetos-praga que causam danos em grãos de milho armazenado no Brasil.

Pragas	Tipo Inseticida	Marcas Comerciais	Ingrediente ativo e grupo químico	Titular do registro	Formulação	C. A.	C. T.
<i>Laemophloeus minutus</i>	Fumigante	Gastoxin	Fosfeto de alumínio (inorgânico precursor de fosfina)	Bequisa Indústria Química Do Brasil Ltda.	FF - Fumigante em Pastilhas	I	I
		Gastoxin B57	Fosfeto de alumínio (inorgânico precursor de fosfina)	Bequisa Indústria Química Do Brasil Ltda.	FU - Fumigante	I	I
		Gastoxin S	Fosfeto de alumínio (inorgânico precursor de fosfina)	Bequisa Indústria Química Do Brasil Ltda.	DP - Pó Seco	I	I
		Phostek	Fosfeto de alumínio (inorgânico precursor de fosfina)	Bequisa Indústria Química Do Brasil Ltda.	FU - Fumigante	I	I
		Phostoxin	Fosfeto de alumínio (inorgânico precursor de fosfina)	Degesch Do Brasil Ind. E Com. Ltda.	FF - Fumigante em Pastilhas	I	I
		Fumir-Cel	Fosfeto de magnésio (inorgânico precursor de fosfina)	Degesch Do Brasil Ind. E Com. Ltda.	FT - Fumigante em Tablete	I	I
<i>Tenebroides mauritanicus</i>	Fumigante	Gastoxin	Fosfeto de alumínio (inorgânico precursor de fosfina)	Bequisa Indústria Química do Brasil Ltda.	FF - Fumigante em Pastilhas	I	I
		Gastoxin B57	Fosfeto de alumínio (inorgânico precursor de fosfina)	Bequisa Indústria Química do Brasil Ltda.	FU - Fumigante	I	I
		Gastoxin S	Fosfeto de alumínio (inorgânico precursor de fosfina)	Bequisa Indústria Química do Brasil Ltda.	DP - Pó Seco	I	I
		Phostek	Fosfeto de alumínio (inorgânico precursor de fosfina)	Bequisa Indústria Química do Brasil Ltda.	FU - Fumigante	I	I
		Phostoxin	Fosfeto de alumínio (inorgânico precursor de fosfina)	Degesch Do Brasil Ind. E Com. Ltda.	FF - Fumigante em Pastilhas	I	I

C.A. = Classificação Ambiental; C. T. Classificação Toxicológica; * Dados não disponíveis

Tabela 2. Inseticidas protetores utilizados para sanitização de instalações de armazenagem de grãos.

Inseticidas		Concentração (g/litro ou kg)	Aplicação espacial (dose/100 m ²)	
Comercial	Princípio ativo		Sacarias	Instalações
K-Obiol 25 EC	Deltametrina	25,0	53-80 mL	53-80 mL
Actellic 500 EC	Pirimifós-metílico	500,0	50 mL	100-200 mL

Fonte: Brasil (c2003).

5. Resíduos de inseticidas nos grãos

Os inseticidas aplicados diretamente sobre os grãos com efeito residual exercem proteção contra insetos-pragas, mas também persistem nos produtos e podem contaminar os alimentos quando do processamento e consumo destes grãos e tornarem-se barreiras não tarifárias quando da comercialização (Baptista; Trevizan, 2007). Com o objetivo de harmonizar a proteção contra insetos e a ação residual durante a armazenagem, órgãos nacionais e internacionais têm estabelecido limites e tolerâncias destes resíduos por meio de parâmetros toxicológicos, como Intervalo de Segurança (IS), Limite Máximo de Resíduos (LMR) e Ingestão Diária Aceitável (IDA), que quando observados podem anular os riscos oferecidos pelos resíduos dos inseticidas à saúde dos consumidores.

O IS corresponde ao tempo decorrido entre o tratamento dos grãos com o inseticida e a comercialização dos grãos. Este intervalo corresponde ao período após o qual os grãos poderão ser destinados ao consumo, em que os níveis de resíduos do inseticida atendam ao estabelecido pela lei e não represente risco à saúde do consumidor. O LMR consiste na concentração máxima de resíduos de inseticida remanescente nos grãos a serem comercializados, a qual é segura para consumo pelo ser humano sem causar danos à saúde; e o IDA corresponde à quantidade do inseticida que pode ser ingerida diariamente sem riscos apreciáveis à saúde do consumidor. Esses

parâmetros são estabelecidos com base em testes toxicológicos feitos em roedores e extrapolados para humanos. Internacionalmente, o LMR e o IDA são estabelecidos pelo *Codex Alimentarius*, porém, cada país pode ter um órgão que fiscaliza e estabelece tais parâmetros para o seu mercado interno (Faroni et al., 2014).

No Brasil, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) é responsável por avaliar e classificar toxicologicamente os agrotóxicos, e juntamente com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), no âmbito de suas respectivas áreas de competência, monitorar os resíduos de agrotóxicos em alimentos de origem vegetal. Atualmente, 238 ingredientes ativos possuem LMR estabelecidos para uma variedade de produtos alimentares no País (Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2020b).

No âmbito internacional, considerando as operações de exportação de grãos, existem LMR estabelecidos pela FAO, por meio do *Codex Alimentarius* (FAO, 2020) e pela União Europeia (União Europeia, 2020). Esses órgãos estabelecem LMR para os diferentes produtos agrícolas e princípios ativos. Especificamente para o milho, existem LMR estabelecidos pela Anvisa, pela FAO e pela União Europeia para os inseticidas protetores que têm registro no Brasil para controle de pragas de milho durante a armazenagem (Tabela 3). Dentre as três entidades, a União Europeia é a que tem os LMR mais rígidos e permitem menores resíduos nos grãos.

Tabela 3. Ingredientes ativos e Limites Máximos de Resíduos (LMR) de inseticidas protetores utilizados no controle de pragas em grãos de milho.

Ingrediente ativo	Limite Máximo de Resíduos (mg/kg)		
	Anvisa ¹	Codex ²	União Europeia ³
Bifentrina	0,02	0,05	0,05
Deltametrina	1,00	2,00	2,00
Fenitrotiona	1,00	6,00	0,05
Fosfeto de alumínio	0,10	-	-
Lambdaa-cialotrina	1,00	0,02	-
Pirimifós-metillico	5,00	7,00	0,50
Permetrina	0,10	2,00	0,05

Fonte: ¹ Agência Nacional de Vigilância Sanitária (2020b), ² FAO (2020) ³ União Europeia (2020).

6. Controle químico com inseticidas fumigantes

A fumigação ou o expurgo é uma técnica empregada para eliminar qualquer infestação de pragas em sementes e grãos armazenados mediante uso de gás. Deve ser realizada sempre que houver infestação, seja em produto recém-colhido infestado na lavoura ou mesmo após um período de armazenamento em que houve infestação no armazém. Esse processo pode ser realizado nos mais diferentes locais, desde que seja observada a perfeita vedação do local a ser expurgado e as normas de segurança para os produtos em uso. Assim, pode ser realizado em pilhas de sacarias, silos metálicos, em armazéns graneleiros, em tulhas, em vagões de trem, em porões de navios, em câmaras de expurgo, entre outros, observando-se sempre o período de exposição e a hermeticidade do local (Santos et al., 2011; Lorini, 2018).

O inseticida indicado para expurgo é popularmente conhecido como fosfina (Tabela 1). A fosfina é oferecida comercialmente sob dois diferentes princípios ativos, sendo formulações inorgânicas precursoras de fosfina à base de fosfeto de alumínio (AIP) e fosfeto de magnésio (Mg_3P_2). Atualmente está sendo introduzida no País a fosfina líquida, uma formulação que não conta com precursores e pode ser aplicada diretamente na massa de grãos. O fos-

feto de magnésio reage mais rapidamente com a umidade do ar ambiente (20% mais rápido) em relação ao fosfeto de alumínio, que é menos higroscópico que o fosfeto de magnésio. Sob temperaturas moderadas e baixa umidade, a completa decomposição pode requerer cinco dias ou mais. Essa reação começa lentamente e vai se acelerando gradualmente, até a completa reação do fosfeto de alumínio ou de magnésio. Cada grama de fosfeto de alumínio ou de magnésio libera um terço de seu peso em fosfina (PH_3).

As duas formulações são oferecidas em diferentes formas e embalagens, compreendendo os comprimidos de 0,6 g, diâmetro de 9 mm e superfície esférica; as pastilhas de 3,0 g, diâmetro de 16 mm e superfície esférica; e os sachês compostos por saquinhos permeáveis com 34,0 g de produto na forma de pó seco (Tabela 3) (Brasil, c2003).

A fosfina oferece vantagens na aplicação para o controle de insetos, como a liberação gradual do gás, conferindo maior segurança para o aplicador, facilidade de dosar e aplicar, evitando erros de aplicação e economia de mão de obra na aplicação. Ela não deixa pó residual após o expurgo (em forma de sachês), o gás apresenta densidade similar à densidade do ar, facilitando sua distribuição uniforme no volume expurgado, é de fácil transporte, não afeta a viabilidade de sementes e pode ser gerada *in situ* pela reação da formulação com a umidade do ar ambiente.

Por outro lado, a fosfina oferece algumas desvantagens na aplicação para o controle de insetos, como a necessidade de ambientes herméticos para o sucesso do expurgo, o elevado período de exposição requerido, que varia de 96 a 288 horas, o desenvolvimento de resistência pelos insetos, a geração de resíduos dos comprimidos e das pastilhas, que devem ser recolhidos após a fumigação, o perigo de autoignição que pode existir no caso de uma alta concentração de fosfina (acima de $27,1 \text{ g m}^{-3}$) e problemas de corrosão de metais, como ferro e cobre.

A temperatura e a umidade relativa do ar no armazém a ser expurgado, para uso de fosfina, são de extrema importância, pois determinarão a eficiência do expurgo. O tempo mínimo de exposição das pragas à fosfina deve ser de 168 horas para temperatura superior a $10 \text{ }^\circ\text{C}$. Abaixo de $10 \text{ }^\circ\text{C}$ não é aconselhável usar fosfina em pastilhas, pois a liberação do gás será prejudicada, afetando o expurgo. Quanto à umidade relativa do ar, deve-se observar que no inter-

valo de 168 horas seja superior a 25%, desaconselhando-se o expurgo com umidade inferior a 25%. Deve-se associar temperatura com umidade relativa do ar para definir o período de exposição, prevalecendo sempre o fator mais limitante dos dois (White; Leesch, 1996).

Para o expurgo de grãos de milho a granel e em sacaria recomenda-se que a dosagem seja calculada sempre em função do volume (m^3) do total a ser ocupado, considerando que o milho possui densidade aparente média variando de 780 a 800 $kg\ m^{-3}$. O período de exposição dos grãos ao gás fosfina também é de extrema importância para o sucesso do expurgo. Sendo assim, recomenda-se período de exposição, para temperaturas acima de 25 °C, variando de 96 horas para sementes, 120 horas para sacarias, 240 horas para silos metálicos e porões de navios e 280 horas para graneleiros horizontais. Para temperaturas entre 15 °C e 25 °C, recomenda-se prolongar o tempo de exposição em 20% para sacaria, silos metálicos e graneleiros horizontais, exceto para sementes.

Para realizar o expurgo dos grãos, o operador deve dispor de lona com tamanho compatível, apropriada para a operação de expurgo, como as de PVC ou polietileno, com espessura mínima de 150 microns, sem furos, que permita a cobertura da sacaria ou dos grãos com sobre, em todas as laterais, de 20 a 30 cm no mínimo.

A adoção das recomendações de aplicação, como tempo de exposição, tipo de lona a ser usada para expurgo, doses corretas e condições ambientais do local de aplicação, deve ser seguida, conforme orientações do fabricante, para que o controle seja efetivo e reduza as falhas de controle, mantendo a tecnologia efetiva para o futuro e evitando os casos de resistência a inseticidas como a fosfina, que já foram reportados no Brasil (Lorini et al., 2007; Pimentel et al., 2007, 2008, 2009) para a maior parte dos insetos-pragas de grãos armazenados.

O uso de sistemas de recirculação do gás em silos metálicos e de alvenaria tem sido utilizado com sucesso e é boa opção para ganhos de eficiência na operação de expurgo (Cruz; Lorini, 2014; Bernardes et al., 2017), melhorando a distribuição do gás na massa de grãos e a efetividade do tratamento.

Uma sequência de procedimentos recomendados para a operação de expurgo pode ser resumida nas seguintes etapas: (1) Pesar ou cubar (determinar o volume) dos grãos ou sacarias no local do expurgo. (2) Cobrir com a lona apropriada, de modo a sobrar no mínimo 30 cm em todas as laterais (Figura 3). (3) Fechar as partes laterais da lona com “cobras de areia” ou material pesado, para não permitir a saída de ar (Figura 4). Deixar duas aberturas pequenas nos cantos, em lados opostos. (4) Colocar os comprimidos ou pastilhas, de acordo com a quantidade calculada anteriormente nos dois cantos abertos (Figura 5). (5) Imediatamente após a colocação dos comprimidos ou pastilhas, fechar os cantos abertos com as “cobras de areia”, justapostas, para evitar vazamento do gás (Figura 6). (6) Deixar coberto durante o período de exposição recomendado (mínimo de 96 horas) para cada produto e condição climática local. (7) Por medida de segurança, usar os grãos de milho quatro dias após o expurgo (observar o intervalo de segurança). (8) O uso dos equipamentos de proteção individual (EPI) é obrigatório. Deve-se utilizar máscara própria para gases e luvas protetoras para fazer o expurgo. (9) Repetir a operação de expurgo a cada três meses ou quando verificar infestação na massa de grãos.



Fotos: Alexandre Esteves Neves.

Figura 3. Cobertura das sacarias com lona plástica apropriada com espessura mínima de 150 micra.



Fotos: Alexandre Esteves Neves.

Figura 4. Cobertura das laterais da lona com “cobras de areia”.



Fotos: Alexandre Esteves Neves.

Figura 5. Aplicação de comprimidos ou pastilhas de fosfina nos cantos abertos da lona plástica.



Fotos: Alexandre Esteves Neves.

Figura 6. Detalhe da colocação das “cobras de areia” de forma justaposta para evitar o vazamento do gás fumigante.

7. Controle físico com Inseticida à base de terra de diatomáceas

Os pós inertes à base de terra de diatomáceas constituem uma alternativa para os produtores e operadores de armazéns no controle das pragas durante o armazenamento, por meio do tratamento preventivo dos grãos (Pimentel et al., 2019). O pó inerte à base de terra de diatomáceas é proveniente de fósseis de algas diatomáceas, que possuem naturalmente fina camada de sílica, e pode ser de origem marinha ou de água doce. O preparo da terra de diatomáceas para uso comercial é feito por extração, secagem e moagem do material fóssil, o qual resulta em pó seco, de fina granulometria (Fields; Muir, 1996). No Brasil, três produtos comerciais estão registrados para uso em grãos armazenados (Tabela 1) (Brasil, c2003).

O pó inerte tem ação por aderência à epicutícula dos insetos por carga eletrostática, levando à desidratação corporal, em consequência da ação de adsorção de ceras da camada lipídica pelos cristais de sílica ou de abrasão da cutícula ou de ambas. Quando as moléculas de cera da camada superficial são adsorvidas pelas partículas de sílica, ocorre o rompimento da camada lipídica protetora, o que permite a evaporação dos líquidos do corpo do inseto (Fields; Muir, 1996).

O produto comercial pode ser usado diretamente nos grãos, polvilhando no momento imediatamente anterior ao ensaque ou carregamento dos silos e armazéns (Figura 7). A dose recomendada é de 1,0 kg de terra de diatomáceas por tonelada de grãos (Brasil, c2003). Esse tratamento é realizado com auxílio de uma máquina desenvolvida especificamente para aplicação do produto, a qual proporciona mistura homogênea do produto com os grãos, o que é fundamental para o sucesso do controle de pragas. O produto também pode ser usado para o tratamento de estruturas de armazenamento de grãos e sementes, polvilhando-se as paredes na dose 20 g m⁻² para evitar a infestação externa de pragas.

O tratamento de sementes e/ou grãos com terra de diatomáceas possui algumas vantagens em relação aos demais tratamentos, tais como: a) controle de diferentes espécies que atacam os grãos armazenados; b) longo efeito residual; c) segurança para os operadores manusearem o produto, pois é de origem natural; d) controle de populações de pragas resistentes aos inseticidas químicos.



Fotos: Marco Aurélio Guerra Pimentel

Figura 7. Grãos de milho tratados com inseticida à base de terra de diatomáceas (pó inerte) e detalhe dos grãos sem tratamento dentro do balde, enfatizando a diferença de coloração em relação aos grãos tratados.

6. Monitoramento da massa de grãos no manejo da infestação

Após o tratamento da massa de grãos com inseticidas, o operador do equipamento de armazenagem deve monitorar o local de armazenamento e os grãos armazenados com o objetivo de verificar a presença de insetos-pragas vivos no ambiente. O monitoramento tem como objetivo obter o registro por amostragem da ocorrência de insetos, ou de outro organismo, com frequência previamente definida, ao longo de um período e sob determinadas condições ambientais. Portanto, a amostragem da massa de grãos é o ponto crítico de qualquer programa de monitoramento visando um controle de pragas em grãos armazenados. O monitoramento pode ser feito por meio de peneiramento de uma amostra de grãos amostrados ou pelo uso de armadilhas, com ou sem feromônios, que se mostram eficientes para detectar a presença de insetos adultos e também por meio dos sistemas de termometria analógi-

cos ou digitais para avaliação de pontos de aquecimento na massa de grãos (Hagstrum; Subramanyam, 1996).

7. Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos (PARA)**. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br/programa-de-analise-de-registro-de-agrotoxicos-para>>. Acesso em: 12 ago. 2020a.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Regularização de produtos**: Agrotóxicos: monografias de agrotóxicos. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br/registros-e-autorizacoes/agrotoxicos/produtos/monografia-de-agrotoxicos>>. Acesso em: 10 ago. 2020b.

ARTHUR, F. H. Grain protectants: current status and prospects for the future. **Journal of Stored Products Research**, v. 32, n. 4, p. 293-302, 1996.

BAPTISTA, G. C. de; TREVIZAN, L. R. P. Resíduos agrotóxicos podem constituir barreira à exportação. **Revista Visão Agrícola**, v. 7, p. 70-71, jan./jun. 2007.

BERNARDES, I. C.; GARDIN, O.; LORINI, I. Expurgo comparativo em silo metálico e armazém graneleiro com uso da recirculação do gás fosfina. **Paraná Cooperativo Técnico e Científico**, v. 13, p. 80-91, 2017. Edição especial.

BRASIL. Instrução Normativa nº 60, de 22 de dezembro de 2011. Estabelece o Regulamento Técnico do Milho. **Diário Oficial da República Federativa [do] Brasil**, Brasília, DF, n. 246, 23 dez. 2011. Seção 1, p. 3-5a.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **AGROFIT**: sistemas de agrotóxicos fitossanitários. Brasília, DF, c2003. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 26 maio 2020.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **A pandemia da COVID-19 e as perspectivas para o setor agrícola brasileiro no comércio internacional**: adidos agrícolas. Brasília, DF, 2020. 44 p. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/campanhas/mapacontracoronavi>>

rus/documentos/a-pandemia-da-covid-19-e-as-perspectivas-para-o-setor-agricola-brasileiro-no-comercio-internacional>. Acesso em: 10 ago. 2020.

CAMPOS, T. B. de Pragas dos grãos armazenados. In: REUNIÃO ITINERANTE DE FITOSSANIDADE DO INSTITUTO BIOLÓGICO, 12., 2005. Ribeirão Preto: **Anais**. Ribeirão Preto: Instituto Biológico, 2005. p. 7-19.

CRUZ, D. van H. A. da; LORINI, I. Uso da recirculação de fosfina (PH₃) na prática de expurgos em silos metálicos. In: CONFERÊNCIA BRASILEIRA DE PÓS-COLHEITA, 6., 2014, Maringá. **Anais...** Londrina: ABRAPÓS, 2014. p. 145-153.

DALPASQUALE, V. A. Procedimentos essenciais de recepção e limpeza de grãos. In: LORINI, I.; MIIKE, L. H.; SCUSSEL, V. M. (Ed.). **Armazenagem de grãos**. Campinas: Instituto BioGeneziz, 2002.

FAO. **Codex Alimentarius**: international food standarts: GC 0645-Maize. Disponível em: <http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/codex-texts/dbs/pestres/commodities-detail/en/?c_id=156>. Acesso em: 27 ago. 2020.

FARONI, L. R. D'A.; HELENO, F. F.; ÁVILA, M. B. R. Resíduos de pesticidas em grãos no Brasil. In: CONFERÊNCIA BRASILEIRA DE PÓS-COLHEITA, 6., 2014, Maringá. **Anais**. Londrina: ABRAPÓS, 2014. p. 44-52.

FARONI, L. R. A.; SOUSA, A. H. Aspectos biológicos e taxonômicos dos principais insetos-praga de produtos armazenados. In: ALMEIDA, F. A. C.; DUARTE, M. E. M.; MATA, M. E. R. M. C. **Tecnologia de armazenagem em sementes**. Campina Grande: UFCG, 2006. p. 371-402.

FIELDS, P. G.; MUIR, W. E. Physical control. In: SUBRAMANYAN, B.; HAGSTRUM, D. W. **Integrated management of insects in stored products**. New York: Marcel Dekker, 1996. p. 195-221.

HAGSTRUM, D. W.; SUBRAMANYAM, B. Monitoring and decision tools. In: SUBRAMANYAM, B.; HAGSTRUM, D. W. (Ed.). **Integrated management of insects in stored products**. New York: Marcel Dekker, 1996. p. 1-28.

HOMMEL, B.; FEUERBACH, N. IPM guidelines as fundament for sustainability in plant protection: the case for stored product protection. In: INTERNATIONAL WORKING CONFERENCE ON STORED PRODUCT

PROTECTION (IWCSPP), 12., 2018, Berlin. **Proceedings**. Berlin: Julius-Kühn-Archiv, 2018. p. 1037-1038.

LOECK, A. E. **Pragas de produtos armazenados**. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 2002. 113 p.

LORINI, I. Manejo integrado 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. 659-692.

LORINI, I. **Manejo integrado de pragas de grãos de cereais armazenados**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2008. 72 p.

LORINI, I.; COLLINS, P. J.; DAGLISH, G. J.; NAYAK, M. K.; PAVIC, H. Detection and characterisation of strong resistance to phosphine in Brazilian *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrychidae). **Pest Management Science**, v. 63, n. 4, p. 358-364, 2007.

MANTOVANI, E. C.; PIMENTEL, M. A. G. Colheita e armazenamento. In: GALVÃO, J. C. C.; BORÉM, A.; PIMENTEL, M. A. G. **Milho: do plantio à colheita**. 2. ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2017. p. 328-356.

MIIKE, L. H.; FAUSTAINO, M. L. S.; PAULO, A. D. Tecnologia de aplicação de inseticidas preventivos nos grãos. In: IRINEU, L.; MIIKE, L. H.; SCUSSEL, V. M. (Ed.). **Armazenagem de grãos**. Campinas: Instituto Biogeneziz, 2002. p. 531-540.

MULLEN, M. A.; PEDERSON, J. R. Sanitation and exclusion. In: SUBRAMANYAM, B.; HAGSTRUM, D. W. (Ed.). **Alternatives to pesticides in stored products IPM**. Norwell: Kluwer Academic Publishers, 2000. p. 29-50.

PIMENTEL, M. A. G.; FARONI, L. R. D'A.; BATISTA, M. D.; SILVA, F. H. Resistance of stored-product insects to phosphine. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 12, p. 1671-1676, 2008.

PIMENTEL, M. A. G.; FARONI, L. R. D'A.; GUEDES, R. N. C.; SOUSA, A. H.; TÓTOLA, M. R. Phosphine resistance in Brazilian populations of *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae). **Journal of Stored Products Research**, v. 45, p. 71-74, 2009.

PIMENTEL, M. A. G.; FARONI, L. R. D'A.; TÓTOLA, M. R.; GUEDES, R. N. C. Phosphine resistance, respiration rate and fitness consequences in stored product insects. **Pest Management Science**, v. 63, n. 9, p. 876-881, 2007.

PIMENTEL, M. A. G.; MENDES, S. M.; MENEZES, C. B. de; OLIVEIRA, I. R. de; RAMOS, G. C. P.; FERNANDES, D. K. S. **Escolher o híbrido certo ajuda a controlar o caruncho nos grãos de sorgo?** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2018. 20 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 172).

PIMENTEL, M. A. G.; OLIVEIRA, I. R. de; MATRANGOLO, W. J. R.; FERNANDES, D. K. S.; RAMOS, G. C. P. **Eficiência de inseticidas alternativos para controle do caruncho-do-milho.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2019. 19 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 186).

REES, D. P. Coleoptera. In: SUBRAMANYAM, B.; HAGSTRUM, D. W. (Ed.). **Integrated management of insects in stored products.** New York: Marcel Dekker, 1996. p. 1-39.

SANTOS, J. P. Controle de pragas durante o armazenamento de milho. In: CRUZ, J. C.; KARAM, D.; MONTEIRO, M. A. R.; MAGALHÃES, P. C. (Ed.). **A cultura do milho.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2008. p. 257-302.

SANTOS, J. P.; GUEDES, R. N. C.; LORINI, I. Manejo integrado de pragas em grãos armazenados. In: CRUZ, J. C.; MAGALHÃES, P. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; MOREIRA, J. A. A. (Ed.). **Milho: o produtor pergunta a Embrapa responde.** Brasília, DF: Embrapa, 2011. p. 217-226.

SEDLACEK, J. D.; WESTON, P. A.; BARNEY, R. J. Lepidoptera. In: SUBRAMANYAM, B.; HAGSTRUM, D. W. (Ed.). **Integrated management of insects in stored products.** New York: Marcel Dekker, 1996. p. 41-70.

SEIXAS, M. A. **Segurança alimentar pós-Covid-19: megatendências dos sistemas alimentares globais.** Brasília, DF: Embrapa, 2020. (Diálogos Estratégicos - Mercados Internacionais. Nota técnica 34).

UNIÃO EUROPEIA. **Pesticides database.** Disponível em: <<https://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-database/public/?event=homepage&language=EN>>. Acesso em: 27 ago. 2020.

WEBER, E. A. **Excelência em beneficiamento e armazenagem de grãos.** [S.l.: s.n], 2005. 586 p.

WHITE, N. D. G.; LEESCH, J. G. Chemical control. In: SUBRAMANYAN, B.; HAGSTRUM, D. W. **Integrated management of insects in stored products.** New York: Marcel Dekker, 1996. p. 287-330.

Esta publicação está disponível no endereço:
<https://www.embrapa.br/milho-e-sorgo/publicacoes>

Embrapa Milho e Sorgo
Rod. MG 424 Km 45
Caixa Postal 151
CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG
Fone: (31) 3027-1100
Fax: (31) 3027-1188
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

1ª edição
Publicação digital (2020)

Embrapa

MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO



Comitê Local de Publicações
da Unidade Responsável

Presidente
Maria Marta Pastina

Secretário-Executivo
Elena Charlotte Landau

Membros
Cláudia Teixeira Guimarães, Mônica Matoso
Campanha, Roberto dos Santos Trindade e
Maria Cristina Dias Paes

Revisão de texto
Antonio Claudio da Silva Barros

Normalização bibliográfica
Rosângela Lacerda de Castro (CRB 6/2749)

Tratamento das ilustrações
Mônica Aparecida de Castro

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica
Mônica Aparecida de Castro

Foto da capa
Marco Aruréo Guerra Pimentel