

Capítulo IV

PRINCIPAIS PRAGAS DE GRÃOS ARMAZENADOS

Leda Rita D'Antonino Faroni ¹

1. INTRODUÇÃO

2. PRINCIPAIS PRAGAS DE GRÃOS ARMAZENADOS

3. AMOSTRAGEM

4. CONTROLE FÍSICO

5. CONTROLE QUÍMICO

6. CONTROLE BIOLÓGICO

7. MEDIDAS DE RESISTÊNCIA E MANEJO

8. MANEJO INTEGRADO DE PRAGAS

1. Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Agrícola/CCA/UFV - Viçosa - MG.

1. QUALIDADE DOS GRÃOS ARMAZENADOS

Os cereais constituem a maior fonte de alimentos, tanto para os seres humanos como para os animais. Aproximadamente 90% dos grãos produzidos para o consumo provêm dos cereais, predominando o trigo, o milho e o arroz, que representam a base da alimentação de praticamente todos os povos.

Atualmente, a busca pela qualidade dos grãos e subprodutos é prioridade para produtores, processadores e, finalmente, para os distribuidores desses produtos. Segundo Brooker et al. (1992), são muitos os fatores que contribuem para a perda de qualidade e quantidade dos alimentos e, dentre eles, destacam-se: características da espécie e da variedade, condições ambientais durante o seu desenvolvimento, época e procedimento de colheita, método de secagem e práticas de armazenagem. Para avaliar a qualidade dos grãos, Bakker-Arkema (1993) considera diversas propriedades, tais como: teor de umidade, massa específica, percentual de grãos quebrados, teor de impurezas e matéria estranha, danos causados pela temperatura de secagem, susceptibilidade à quebra, características de moagem, conteúdo de proteína e óleo, valor para consumo animal, viabilidade como semente, presença de insetos e fungos, tipo de grão e ano da produção. No entanto, as propriedades qualitativas desejáveis dependem, especificamente, das necessidades do comprador.

O aprimoramento dos padrões de classificação e o fator de qualidade são atualmente um dos assuntos mais discutidos em todo o mundo, com base nas necessidades dos usuários finais dos grãos. Por exemplo, o Canadá e a Austrália são muito rigorosos quanto ao grau de infestação por insetos no período de armazenamento (Storey, 1988). Na classificação norte-americana, o número de insetos não afeta diretamente a comercialização, mas se dois ou mais insetos primários forem encontrados em um quilograma de grãos, a designação “infestado” aparece no laudo, podendo ser retirada depois de uma fumigação (Hagstrum e Flinn, 1992). Já os processadores de grãos norte-americanos impõem como principal limite na comercialização de grãos a presença de insetos. Além dos insetos, fungos e micotoxinas, resíduos de pesticidas e índice de trincas são, em geral, atributos para as indústrias de alimentos. No Brasil, algumas indústrias admitem até 3% de grãos carunchados ou com insetos; outras, no entanto, exigem a classificação “isento” como padrão de qualidade.

Verifica-se, portanto, a importância que as pragas de armazenamento passaram a ter na avaliação da qualidade dos grãos.

2. PRINCIPAIS PRAGAS DOS GRÃOS ARMAZENADOS

São muitas as espécies de pragas que se encontram em produtos armazenados e seus subprodutos. Dentre elas, destacam-se os insetos como um dos mais importantes agentes responsáveis pelas perdas no período pós-colheita. A maioria das espécies são cosmopolitas, embora tenham sido disseminadas em todo o mundo, em razão, principalmente, dos intercâmbios comerciais.

Os insetos que desenvolvem em produtos armazenados apresentam características de acordo com o ambiente que se encontram os grãos e subprodutos. São pequenos, adaptados a viver em ambientes muito secos e escuros, onde outros organismos não sobreviveriam. Quanto aos seus hábitos alimentares, os insetos podem ser classificados em primários,

secundários e associados. Os primários são capazes de romper o grão para atingir o endosperma; os secundários não são capazes de romper o grão e, geralmente, vivem associados aos insetos primários, pois, uma vez rompida a parte externa do grão, são capazes de se desenvolver; enquanto os insetos associados são frequentemente encontrados nos grãos, porém, sem danificá-los; alimentam-se de detritos e fungos, podendo, no entanto, alterar a qualidade do produto final.

Os insetos se classificam em grupos com características gerais chamadas ordens; por sua vez, as ordens se dividem em famílias e estas em gêneros, que agrupam a várias espécies. A espécie engloba os indivíduos com morfologia similar, hábitos alimentares comuns e os que são capazes de reproduzir-se entre si, constituindo a base de referência para sua identificação e denominação.

Para designar uma espécie, dá-se um nome comum ou vulgar, mas muitas vezes este nome pode englobar várias espécies, como, por exemplo, a palavra “gorgulho”. Para evitar estes problemas, a cada espécie dá-se um nome científico, geralmente em latim, composto de duas palavras, a primeira corresponde ao gênero e a segunda, à espécie. Às vezes acrescenta-se uma terceira palavra, que corresponde ao nome da pessoa que o identificou.

Os principais insetos de grãos e subprodutos armazenados pertencem à ordem Coleóptera, pequenos gorgulhos, e à ordem Lepdóptera, mariposas ou traças. Os gorgulhos, também conhecidos como carunchos, são muito resistentes, o que lhes permitem o movimento pelos reduzidos espaços entre os grãos, inclusive nas grandes profundidades dos silos e graneleiros, onde os espaços são muito comprimidos. As mariposas são frágeis e, em geral, permanecem na superfície da massa de grãos, causando assim menos prejuízos que os gorgulhos. Os grãos e subprodutos podem, ocasionalmente, ser infestados por insetos muito pequenos, conhecidos como Psocóptera. São amplamente distribuídos nas Américas e na Europa. Alimentam-se de uma grande variedade de matéria orgânica e são considerados pragas pela sua presença e não pelos danos que causam.

2.1. Ordem Coleóptera

Os Coleópteras caracterizam-se por terem o primeiro par de asas, os élitros, duras, que cobrem parte do abdômen ou todo ele, e o segundo par de asas membranosas, pregadas embaixo dos élitros que, em geral, servem para voar. As larvas e os adultos apresentam aparelho bucal mastigador. As larvas podem ser com ou sem patas (ápodas); sua metamorfose é completa.

Pertence à ordem Coleóptera grande parte dos chamados gorgulhos ou carunchos como o do arroz, milho, trigo, feijão, da farinha etc. Encontram-se agrupados nas seguintes famílias: Anobiidae, Anthicidae, Anthribidae, Apionidae, Bostrichidae, Bruchidae, Carabidae, Cerylonidae, Cleridae, Cyptophagidae, Cucujidae, Curculionidae, Dermestidae, Endomychidae, Histeridae, Languridae, Lathridiidae, Lophocateridae, Lyctidae, Merophysidae, Mycetophagidae, Nitidulidae, Ptinidae, Scolytidae, Silvanidae, Staphylinidae, Tenebrionidae e Trogossitidae.

Em geral, a ordem Coleóptera agrupa o maior número de espécies e, dentre elas, algumas das mais importantes pragas dos grãos e subprodutos armazenados.

1. Família Anobiidae

São insetos pequenos, ovais ou cilíndricos, com o protórax cobrindo parcialmente a cabeça quando está deflexionada. As antenas, em geral, são formadas por 11 segmentos e, em algumas espécies, os últimos segmentos são maiores. Os élitros cobrem completamente o abdômen. Encontram-se em diversas partes do mundo em produtos armazenados secos de origem vegetal ou animal; muitos são broqueadores de madeira, por exemplo, o *Anobium punctatum* (Dgeer) pode ser encontrado em armazéns ou graneleiros com estruturas de madeira. Apenas duas espécies são importantes pragas de produtos armazenados: *Lasioderma serricorne* (F.), também conhecido com “bicho-do-fumo”, e *Stegobium paniceum* (L.).

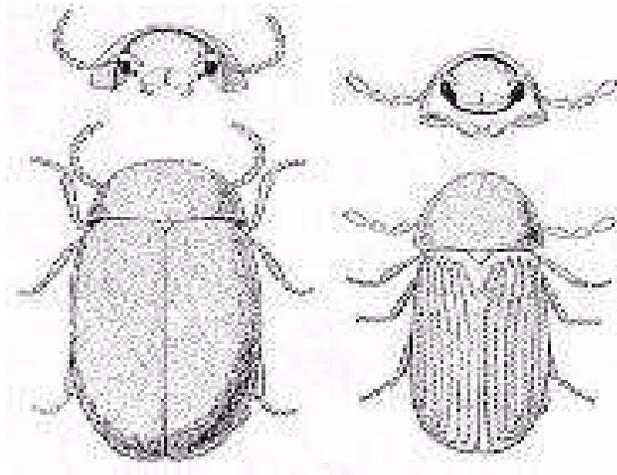


Figura 1 - *Lasioderma serricorne* (F.), também conhecido com “bicho-do-fumo”, à esquerda e *Stegobium paniceum* (L.), gorgulho-da-farinha, à direita.

(FONTE: [http://entmuseum9.ucr.edu/ENT133/ebeling/ebeling7.html#sitophilus granarius](http://entmuseum9.ucr.edu/ENT133/ebeling/ebeling7.html#sitophilus%20granarius)).

Lasioderma serricorne (F): é um inseto pequeno e de cor castanho-avermelhada; o corpo, recoberto por pêlos bem claros, é de forma ovalada e mede de 2-3 mm; a cabeça é parcialmente coberta pelo protórax e as antenas são formadas por 4 a 10 segmentos de forma cerrada. Os élitros cobrem todo o abdômen e não são estriados. As larvas, logo depois da eclosão, são ágeis, abrem galerias cilíndricas nas folhas do fumo e, quando desenvolvidas, consomem áreas extensas das folhas. As fêmeas ovipositam em pequenas fendas nos fardos de fumo ou nos charutos, nunca nas folhas de fumo no campo. O número médio de ovos por fêmea está em torno de 40 a 50, e o ciclo completo, de 60 a 90 dias. O adulto quando em repouso ou perturbado por qualquer motivo dobra a cabeça e recolhe as patinhas. Além de praga primária do fumo, o adulto é capaz de perfurar embalagens de plástico, causando sérios problemas em produtos alimentícios, entre eles, frutos secos, grãos, farelos, farinhas e rações.



Figura 2 - Vista dorsal de *Lasioderma serricorne* (F.) (2,0 - 2,5 mm).

(FONTE: [http://entmuseum9.ucr.edu/ENT133/ebeling/ebeling7.html#sitophilus granarius](http://entmuseum9.ucr.edu/ENT133/ebeling/ebeling7.html#sitophilus%20granarius)).

As condições ótimas para o desenvolvimento do inseto são: temperatura de 32° C e umidade relativa de 75%, podendo ocorrer até seis gerações no ano; no entanto, o inseto sobrevive em temperaturas de 20-37 °C e 60-80 % de umidade relativa. A atividade do inseto adulto cessa completamente em temperaturas abaixo de 15° C.

Stegobium paniceum (L.) (gorgulho-da-farinha): é um inseto semelhante ao “bicho-do-fumo”. Quando adulto, é de forma ovóide, cor castanho-avermelhada, mede de 2-3 mm e é coberto de pilosidade. A fêmea oviposita aproximadamente 40 ovos, que, dependendo das condições ambientais, podem tardar mais de três meses para se transformar em adultos. Seu ciclo biológico é de 40 dias, a 30°C e 60-90% de umidade relativa; é capaz de se desenvolver entre 15° e 34°C e umidades relativas inferiores a 35%. As larvas são esbranquiçadas, cobertas de pilosidade e não muito móveis. São espécies cosmopolitas, mas preferem climas temperados e tropicais. As características que o diferenciam de *L. serricorne* são os élitros estriados e os últimos três segmentos das antenas maiores. Alimentam-se de grande quantidade de produtos armazenados como cereais e subprodutos, pão, sopas e pastas, tortas de oleaginosas, frutas secas, sementes, vegetais desidratados, condimentos secos, coco ralado etc. Não é considerado praga primária de grãos saudáveis, limpos e secos.

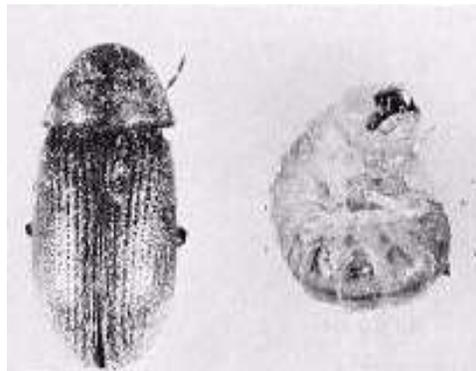


Figura 3 - *Stegobium paniceum* (L.), gorgulho-da-farinha.

(FONTE: [http://entmuseum9.ucr.edu/ENT133/ebeling/ebeling7.html#sitophilus granarius](http://entmuseum9.ucr.edu/ENT133/ebeling/ebeling7.html#sitophilus%20granarius)).

2. Família Anthicidae

Os insetos desta família são de pouca importância para os grãos e subprodutos armazenados. Geralmente são encontrados em material orgânico em decomposição, sobre as flores e na folhagem de arbustos. Existem poucas informações sobre os hábitos e a biologia de suas espécies associadas aos grãos e subprodutos. Membros do gênero *Anthicus* foram registrados em uma grande variedade de resíduos de produtos armazenados em decomposição.

3. Família Anthribidae

Membros desta família são normalmente encontrados sobre fungos e madeira podre. Embora seja uma família numerosa, apenas uma espécie, *Araecerus fasciculatus* (Degeer), é capaz de causar sérios danos aos grãos e outros produtos armazenados.

Araecerus fasciculatus (gorgulho-da-tulha, gorgulho-do-café, caruncho-do-café). O inseto adulto apresenta o corpo robusto, grande capacidade de vôo e é muito ativo. Mede de 3 a 5 mm de comprimento e sua coloração é escura com manchas claras. Todo o corpo é recoberto de pêlos brilhantes. A fêmea deposita os ovos sobre os grãos de café. Passados cinco a oito dias da postura, nascem as larvas, as quais penetram nos grãos, corroendo-os em diversas direções. O ciclo biológico em cacau pode variar de 47 a 135 dias, dependendo da temperatura e da umidade relativa do ambiente. A 28° C e 80% de umidade relativa o ciclo é de 46 a 66 dias em grãos de café. Não desenvolvem em temperaturas baixas. Em razão de sua grande capacidade de vôo, infestam os produtos no campo, continuando durante o armazenamento. É uma praga importante do café, embora seja capaz de se alimentar de grande variedade de produtos, tais como amêndoas-de-cacau, noz-moscada, feijão, amendoim, mandioca, milho, batata-doce, sementes de girassol, frutos secos etc.

4. Família Apionidae

Aparentemente, seus membros são similares aos dos Curculiônidas. Atacam culturas em crescimento, mas não são freqüentemente encontrados nos locais de armazenamento. A espécie *Piezotrachelus* infesta vagens maduras de *Vigna* sp.; algumas vezes emerge em grande número em sementes armazenadas recentemente.

5. Família Bostrichidae

Os insetos desta família são, principalmente, broqueadores de madeira, de onde algumas espécies têm migrado do seu hábitat para se transformar em pragas primárias de grãos, leguminosas, raízes e tubérculos secos. Os adultos se caracterizam por ter o corpo cilíndrico e a cabeça coberta pelo protórax. Não são muito rápidos para caminhar por possuírem as patas curtas, mas geralmente são bons voadores. As larvas são de forma curvada, com três pares de patas, que lhes dão certa mobilidade. São três os principais gêneros, importantes pragas de grãos de cereais e mandioca: *Rhyzopertha dominica* (F.), *Prostephanus truncatus* (Horn.) e *Dinoderus* sp.



Figura 4 - Adultos de *Rhyzopertha dominica* (F.), o menor broqueador dos grãos.

(FONTE: [http://entmuseum9.ucr.edu/ENT133/ebeling/ebeling7.html#sitophilus granarius](http://entmuseum9.ucr.edu/ENT133/ebeling/ebeling7.html#sitophilus%20granarius)).

Prostephanus truncatus (Horn) (maior broqueador dos grãos): o adulto é de corpo cilíndrico, mede de 3 a 4.2 mm e de cor café-escuro a quase negro. A cabeça, como os outros *Bostrichidae*, está debaixo do protórax e não é visível do lado de cima. As antenas têm 10 segmentos, sendo os três últimos maiores. É semelhante à *R. dominica* e *Dinoderus minutus* (F.), diferenciando-se na forma do seu protórax, que é menos arredondado e ligeiramente mais triangular, com protuberâncias mais pontiagudas que as da *R. dominica*. Os segmentos das antenas são delgados e cobertos de pêlos, com exceção dos três últimos, que são maiores, sendo o último segmento igual ao anterior. A larva é de cor pálida, com poucos pêlos, enquanto os segmentos do tórax são mais compridos que os do abdômen. A fêmea em condições de laboratório oviposita em torno de 50 ovos, mas estima-se que no campo este número seja maior. As larvas alimentam-se do pó produzido pelos adultos. Preferem infestar os grãos no campo. Os adultos broqueiam os produtos formando um furo redondo. À medida que broqueiam o grão deixam, em abundância, o pó que serve para detectar sua presença. É uma praga primária de grande capacidade destrutiva do milho em climas quentes. Há registros de perdas de até 40% em milho em espiga armazenado durante seis meses. Os grãos são atacados antes e depois da colheita. Também é capaz de atacar trigo e madeira. Aparentemente não é capaz de infestar sorgo. Encontra-se nas zonas tropicais e quentes da América Central, do México, extremo Sul dos Estados Unidos, Noroeste da América do Sul e recentemente na África. Desenvolvem-se em temperaturas de 22 a 35°C e 50 a 80% de umidade relativa. Em condições ótimas, seu ciclo biológico é de aproximadamente 27 dias; e se alarga a 78 dias a 22°C e 50% de umidade relativa. São capazes de sobreviver em grãos de milho com 9% de umidade.

Rhyzopertha dominica (F.) (menor broqueador dos grãos): o adulto mede de 2,5 a 3 mm. Tem o corpo cilíndrico e a cabeça protegida pelo protórax; sua coloração vai de castanho ao café-escuro. As fêmeas chegam a ovipositar até 400 ovos na superfície dos grãos ou entre eles. Os ovos são brancos com uma superfície áspera. A duração da incubação varia de 5 a 21 dias, em função da temperatura. As larvas da *Rhyzopertha* possuem patas, sendo esta uma característica da família *Bostrichidae*.

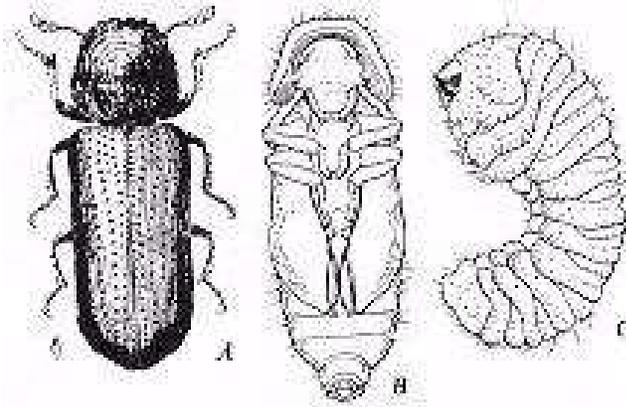


Figura 5 - Menor broqueador dos grãos, *Rhyzopertha dominica* (F.). (A) adulto; (B) pupa; (C) larva.

(FONTE: [http://entmuseum9.ucr.edu/ENT133/ebeling/ebeling7.html#sitophilus granarius](http://entmuseum9.ucr.edu/ENT133/ebeling/ebeling7.html#sitophilus%20granarius)).

Ao emergirem, as larvas abrem caminho até o interior dos grãos dos quais se alimentam. O ciclo completo dura de 4 a 10 semanas. Estas larvas são muito ativas e podem penetrar por aberturas feitas pelos adultos nos grãos ou por elas próprias. O adulto tem uma longevidade de 4 a 6 meses e grande capacidade de vôo. Tanto a larva como o adulto têm preferência por cereais e seus subprodutos. É uma das poucas espécies que é praga significativa de arroz em casca. Também há registros de ataque a madeiras, bambu, mandioca e outros tubérculos. Encontra-se em todo o mundo, predominando sobre outras espécies em climas quentes ou temperados, com baixas umidades relativas ou baixo teor de umidade dos grãos. Sendo um inseto primário externo, a *Rhyzopertha* é capaz de romper o grão inteiro ou sadio. Ataca externamente o grão, podendo atingir a parte interna, favorecendo desta forma a invasão de outras pragas que seriam incapazes de romper o tegumento dos grãos. É considerada uma das pragas mais destrutivas dos grãos armazenados em todo o mundo. Em temperaturas entre 30 e 35°C, este inseto pode atingir até sete gerações no ano, quando alimentam-se de trigo. Desenvolve-se entre 18°C e 35°C, e à medida que se reduz a temperatura, o potencial de multiplicação diminui progressivamente, em razão do aumento do tempo necessário para o desenvolvimento das fases jovens e em virtude da redução da fertilidade das fêmeas.

6. Família Bruchidae

Os membros da família Bruchidae alimentam-se de sementes, especialmente as de leguminosas. Os adultos são facilmente reconhecidos: o corpo é recoberto por pêlos curtos, é compacto e globular. Os élitros são curtos, deixando exposto o último segmento abdominal, chamado pigidium. As antenas são longas. As principais espécies como pragas de sementes de leguminosas armazenadas são: *Acanthoscelides obtectus* (Say), *Callosobruchus* sp., *Zabrotes subfasciatus* Boheman. e *Cayredon serratus* (Olivier). Outras espécies, tais como, *Bruchus*, *Bruchidius* e *Specularius*, embora sejam importantes pragas do campo, não sobrevivem por muito tempo nos grãos bem secos e, geralmente, morrem no armazenamento.



Figura 6 - Insetos e ovos da família Bruchidae sobre grão de feijão.

(FONTE: [http://entmuseum9.ucr.edu/ENT133/ebeling/ebeling7.html#sitophilus granarius](http://entmuseum9.ucr.edu/ENT133/ebeling/ebeling7.html#sitophilus%20granarius)).

As principais espécies podem ser facilmente identificadas pelas características apresentadas nas pernas posteriores dos adultos. O fêmur posterior de *Acanthoscelides* tem três estruturas como dentes em fileira. *Zabrotes* tem dois esporos móveis sobre a extremidade da tibia posterior. Na espécie de *Callosobruchus* há um dente brusco externo e um pontiagudo interno sobre o ápice do fêmur posterior. Esses dentes podem variar de acordo com as espécies.

Os ovos são colocados sobre as vagens ou diretamente sobre as sementes das leguminosas. *Callosobruchus*, *Caryedon* e *Zabrotes* aderem seus ovos firmemente sobre a vagem ou semente, enquanto *Acanthoscelides* coloca seus ovos livremente nas trincas e rachaduras das sementes ou vagens. Depois da eclosão, as larvas furam e entram imediatamente no grão. Os adultos são muito ativos e podem correr e voar rapidamente e são muito visíveis quando correm sobre a superfície das sementes infestadas. O ciclo de vida da espécie mais importante é, em geral, relativamente curto. Em condições ótimas (30-35°C, 70-90% UR) o desenvolvimento é completado em 22 a 25 dias para *Acanthoscelides obtectus* (Say), *Callosobruchus* sp., e *Zabrotes subfasciatus* (Boheman). A temperatura mínima para as três espécies são em torno de 15, 18 e 20°C, respectivamente.

Acanthoscelides obtectus, importante praga de *Phaseolus* (feijão), é largamente encontrado na América Central e do Sul. Atualmente, *A. obtectus* é amplamente distribuído na grande maioria das regiões tropicais e temperadas. Tem sido registrado atacando *Vicia* sp.

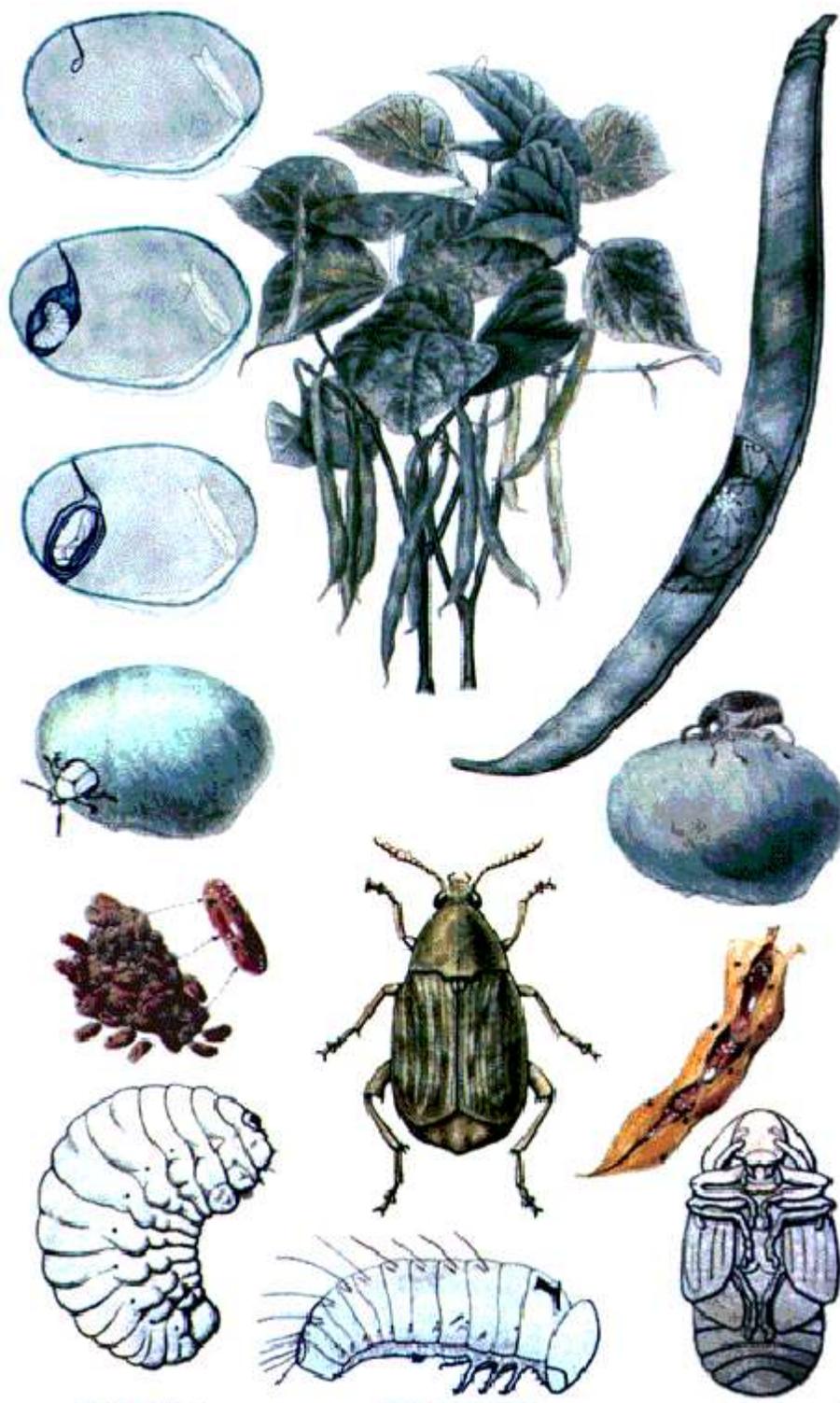


Figura 7 - *Acanthoscelides obtectus*, suas fases de desenvolvimento e seu hábito de ataque aos grãos de feijão.

(FONTE: <http://life.uiuc.edu/Entomology/insecthtmls/coleoptera.html>).

Dentre as espécies de *Callosobruchus*, *C. chinensis* (L.) e *C. maculatus* (F.) são consideradas as mais importantes. Atualmente estão distribuídas em todas as regiões tropicais e subtropicais. São pragas importantes de ervilha, grão-de-bico e lentilha.

Zabrotes subfasciatus é particularmente importante praga das regiões tropicais e subtropicais da América Central e do Sul, de onde é originário. Embora ataque principalmente espécies de feijão, foi registrado infestando ervilha.

Família Carabidae

Os insetos da família Carabidae são de hábitos principalmente noturnos. Algumas espécies têm sido registradas em armazéns, no entanto, em pequeno número. São em geral membros da fauna local que acidentalmente extraviaram para o armazém.

Família Cerylonidae

Os adultos desta família são insetos pequenos, brilhantes e de forma oval; medem 1,5 mm de comprimento. Apenas uma espécie, *Murmidius*, em particular *M. ovalis* (Beck) tem sido encontrada regularmente em produtos armazenados e, principalmente, se os produtos são contaminados com fungos.

Família Cleridae

São conhecidas cerca de 2.000 espécies de Cleridae; a maioria são predadores e vivem nos trópicos. Entretanto, alguns membros da espécie *Necrobia* alimentam-se de produtos armazenados, tais como tortas de oleaginosas, queijos envelhecidos, embutidos entre outros. Em geral são insetos de tamanho moderado, cor brilhante, corpo pubescente e antenas formadas por 11 segmentos, sendo os três finais maiores. Nas espécies de produtos armazenados, os élitros cobrem todo o abdômen.

Necrobia rufipes (Degur): medem de 4 a 5 mm de comprimento, são de cor azul-escura ou quase preto, com os segmentos basais das antenas e pernas de cor vermelha. São encontrados em regiões quentes; não sobrevivem onde o inverno é rigoroso. É considerado praga primária da amêndoa.

Necrobia ruficollis (Fabricius): é bastante similar ao *N. rufipes*, no entanto, é facilmente reconhecido pelo fato de o protórax e o quarto basal dos élitros serem avermelhados.

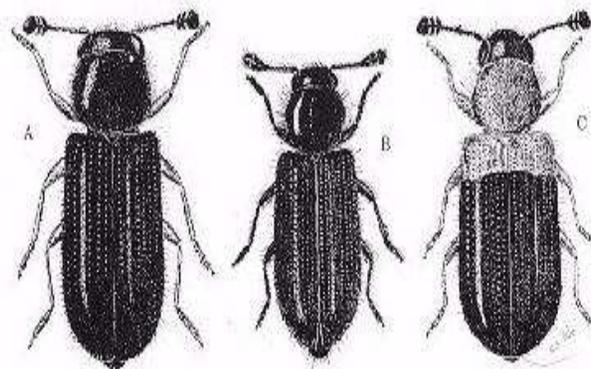


Figura 8 - Três espécies de *Necrobia* que infestam carne seca e defumada. (A) *Necrobia rufipes*; (B) *Necrobia violacca*; (C) *Necrobia ruficollis*
(FONTE: [http://entmuseum9.ucr.edu/ENT133/ebeling/ebeling7.html#sitophilus granarius](http://entmuseum9.ucr.edu/ENT133/ebeling/ebeling7.html#sitophilus%20granarius)).

Família Cryptophagidae

São insetos pequenos e medem de 1,5 a 4 mm de comprimento. Sua presença em armazéns indica geralmente condições inadequadas de higiene. Espécies encontradas incluem *Cryptophagus* e *Henoticus*.

Família Cucujidae

Os adultos desta família são caracteristicamente achatados e, em geral, medem de 1,5 a 2 mm de comprimento. As antenas são geralmente longas e medem, freqüentemente, a metade ou mais do comprimento do corpo. Os membros da espécie *Cryptolestes* são as mais comuns pragas secundárias de cereais e subprodutos armazenados. Oito espécies de *Cryptolestes* têm sido registradas infestando produtos armazenados. *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens) pode sobreviver em temperaturas baixas dos climas temperados; seu ciclo varia de 103 a 17 dias em temperaturas de 21 a 38°C, e 75% de umidade relativa. As condições ótimas são 33°C, 70% U.R., quando o ciclo completa-se em 23 dias. No entanto, *C. pusillus* (Schönherr) é menos resistente a baixas temperaturas e umidade e *C. pusilloides* (Steel & Howe) é particularmente sensível à baixa umidade. Em razão do corpo achatado, estas espécies podem infestar grãos sensivelmente danificados, entrando pelas pequenas trincas ou fendas dos grãos ou em pacotes de alimentos processados. *C. ferrugineus* é a espécie mais comum e largamente distribuída, independentemente da temperatura. *C. pusillus* é também cosmopolita, no entanto é mais abundante no verão, em condições de umidade, por exemplo, no Sudeste da Ásia. *C. pusilloides* tem sido registrado em regiões tropicais e subtropicais do hemisfério sul. *C. turcicus* (Grouvelle) tem sido encontrado na maioria das regiões temperadas do mundo, especialmente em condições úmidas. *C. capensis* (Waltl) ocorre na Europa e no Norte da África e, provavelmente, estabeleceu-se na África do Sul. *C. ugandae* Steel e Howe é restrito da África Tropical. *C. klapperichi* é uma espécie pouco conhecida e, inicialmente, foi registrada no Afeganistão, mas foi também encontrada no Sul e Sudeste da Ásia. *C. cornutus* Thomas e Zimmerman é uma espécie recentemente descrita e foi encontrada na Califórnia em pimentas seca chilena procedentes da Tailândia.

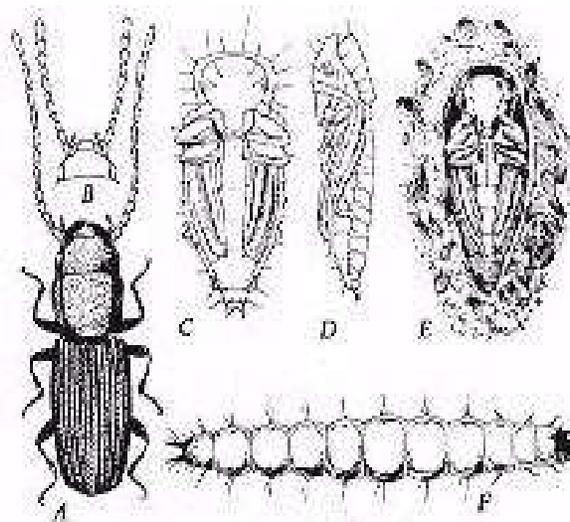


Figura 9 - *Cryptolestes pusillus*. (A) adulto macho; (B) cabeça e antena da fêmea; (C) vista frontal da pupa; (D) vista lateral da pupa; (E) casulo mostrando a pupa no seu interior; (F) larva.

(FONTE: [http://entmuseum9.ucr.edu/ENT133/ebeling/ebeling7.html#sitophilus granarius](http://entmuseum9.ucr.edu/ENT133/ebeling/ebeling7.html#sitophilus%20granarius)).

Família Curculionidae

Na família Curculionidae estão descritas cerca de 40.000 espécies e nela estão inseridas as principais pragas primárias, também conhecidas por gorgulhos de grãos armazenados. Os insetos adultos da família Curculionidae são caracterizados pela presença de uma projeção da cabeça em forma de tromba. No final desta estrutura, conhecida como rostró, estão as peças bucais. Embora esta família agrupe muitas pragas agrícolas destrutivas, apenas as espécies *Sitophilus* são importantes como pragas de armazenamento. As três espécies, *S. zeamais* Motschulsky, *S. oryzae* (L.) e *S. granarius* (L.) são as mais destrutivas de cereais armazenados; no entanto, em razão da semelhança entre as três espécies, serão descritas juntas.

S. granarius é similar a *S. zeamais* e *S. oryzae*, mas pode ser diferenciado deles pela ausência das asas posteriores que lhes permitem o vôo, e pela forma oval das pontuações sobre o protórax; *S. zeamais* e *S. oryzae* têm pontuações redondas. Os élitros de *S. granarius* são fundidos e de cor marrom, enquanto *S. zeamais* e *S. oryzae* apresentam quatro manchas amarelo-avermelhadas. *S. zeamais* e *S. oryzae* não podem ser diferenciados pelas características externas. Para discerni-los é necessário o estudo da genitália.

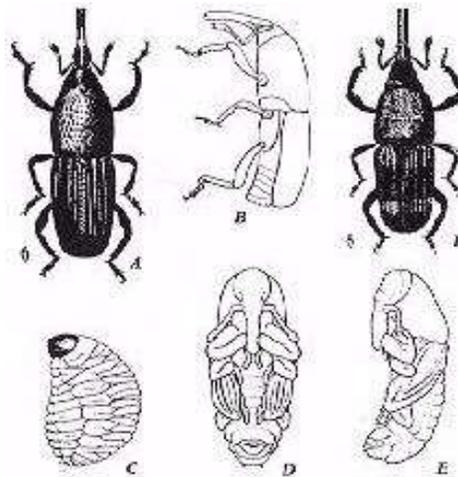


Figura 10 - *Sitophilus granarius* (A) adulto; (B) vista lateral do adulto; (C) larva; (D) vista frontal da pupa; (E) vista lateral da pupa; e (F) adulto de *Sitophilus oryzae*.

(FONTE: [http://entmuseum9.ucr.edu/ENT133/ebeling/ebeling7.html#sitophilus granarius](http://entmuseum9.ucr.edu/ENT133/ebeling/ebeling7.html#sitophilus%20granarius)).

Os adultos do gênero *Sitophilus* são de vida longa (até um ano). As fêmeas chegam a ovipositar até 150 ovos durante sua vida. Os ovos são inseridos um a um dentro de pequenas cavidades abertas no grão pela fêmea; a cavidade é então coberta com uma secreção gelatinosa, selando o ovo no grão. Os ovos eclodem em aproximadamente seis dias, a 25°C; as larvas desenvolvem dentro do grão, escavando-o à medida que crescem. As larvas apresentam canibalismo sobre os indivíduos fracos ou pequenos; como resultado, raramente emerge mais que um indivíduo adulto de um simples grão de trigo ou de arroz, enquanto dois ou três podem emergir de um único grão de milho. O desenvolvimento completo é possível em temperaturas compreendidas entre 15 e 35°C, e levam 35 dias em

condições ótimas, que são 27°C, 70% U.R. Em grãos com teor de umidade abaixo de 13%, aumenta a mortalidade, e ovos não são geralmente colocados em grãos com umidade abaixo de 10%. O desenvolvimento é acelerado em grãos com teor de umidade entre 14 e 16%.

As espécies de *Sitophilus* estão entre as mais difundidas e destrutivas pragas primárias de cereais armazenados no mundo. *S. zeamais* e *S. oryzae* são cosmopolitas, mas especialmente abundantes em regiões tropicais com temperaturas moderadas. Em regiões de frio moderado, assim como o Nordeste da Europa, estas espécies são largamente substituídas por *S. granarius*, que também é encontrado em regiões tropicais muito frias.

S. granarius é mais comumente encontrado sobre trigo e cevada, mas pode multiplicar-se em outros cereais, incluindo arroz em casca e farinha-de-arroz; *S. oryzae* é freqüentemente encontrado em grãos de cereais menores, tais como, arroz, trigo e sorgo. Ambos, *S. zeamais* e *S. oryzae* infestam produtos processados, tais como massa e mandioca seca. No entanto, poucas linhagens de ambas as espécies são capazes de se alimentar de leguminosas como ervilhas, por exemplo. *S. zeamais* e *S. oryzae* podem voar, embora *S. zeamais* o faz mais freqüentemente. Quando o grão está se formando e o local de armazenamento é próximo da cultura, *S. zeamais* pode ser encontrado voando do armazém em direção à cultura, estabelecendo-se antes da colheita. *S. oryzae* é geralmente uma praga de armazenamento em escala comercial que na fazenda.

Outros Curculionidaees que têm sido encontrados em menor escala como pragas de armazenamento, por exemplo, *Caulophilus oryzae* (Gyllenhal), diferenciam-se de *Sitophilus* sp. pelo rostro curto. São encontrados sobre grãos de milho macios ou danificados nos Estados do Sudeste dos Estados Unidos, no México e na América Central. Diversas espécies de *Catolethrus* têm sido encontradas na África, América Central e no México, infestando milho em espiga armazenados para subsistência dos produtores.

Família Dermestidae

Esta família é formada por aproximadamente 700 espécies, das quais a maioria alimentam-se exclusivamente de produtos de origem animal, com exceção de alguns gêneros como *Anthrenus* e *Attagenus*, que são capazes de completar sua dieta com produtos de origem vegetal, e *Trogoderma*, cuja principal fonte de alimento é de origem vegetal. A maioria desses insetos são cobertos por pêlos ou escamas. Seu tamanho varia de 1,5 a 12 mm; sua cabeça é pequena, ligeiramente deflexionada e, geralmente, apresentam um ocelo na parte mediana. Suas antenas são curtas, formadas por 5 a 11 segmentos e, em geral, formando no final uma pequena protuberância. Os élitros cobrem completamente o abdômen. A larva pode ser facilmente distinguida de outras dos Coleópteros, porque são densamente cobertas de pêlos. Tanto os adultos como as larvas podem ocasionar sérios danos em couros, peles, plumas, carne seca, ossos, almofadas e produtos de origem vegetal.

As espécies *Trogodermas* têm o formato oval, pêlos castanhos-avermelhados a pretos e medem de 2 a 5 mm de comprimento. O adulto tem um ocelo mediano e pode ser diferenciado da outra espécie *Anthrenus* por não ser coberto de escamas coloridas.

Trogoderma granarium Everts: é um inseto pequeno de forma oval, de cor castanho-avermelhada e 2 a 3 mm de comprimento. As fêmeas são um tanto maior que os machos. O desenvolvimento larval não ocorre em temperaturas abaixo de 21°C, mas pode acontecer em ambientes com umidades tão baixas quanto 2%. No entanto, o desenvolvimento é mais rápido (18 dias) a 35°C e 73% de umidade relativa. Estas condições ótimas não

correspondem com sua distribuição atualmente conhecida, que é principalmente em áreas quentes e secas. Em condições de alta umidade, *T. granarium* parece não competir com outras espécies, tais como *Sitophilus* sp. ou *R. dominica*.

Algumas larvas de *T. granarium* podem passar por uma forma de diapausa durante meses ou vários anos, geralmente em resposta às condições adversas, durante a qual o metabolismo diminui muito, tornando-as altamente tolerantes aos fumigantes e inseticidas. *T. granarium* é uma importante praga de cereais e sementes de oleaginosas, mas ataca também legumes. Embora seja uma praga séria de regiões quentes e secas, parece não ter se estabelecido nas Américas, Austrália e parte do Sudeste da Ásia. Está sujeita a regulamentos quarentenários restritos para prevenir sua entrada em vários países, por exemplo, Estados Unidos e Austrália.

Outras espécies de *Trogoderma* têm sido encontradas associadas aos produtos armazenados, mas nenhuma é tão importante quanto *T. granarium*.

Família Endomychidae

Apenas uma espécie, *Mycetaea hirta* (Marsham), associa-se a produtos armazenados. Os adultos medem de 1,5 a 1,8 mm de comprimento e, como as larvas, alimentam-se de fungos e são encontrados sobre o emboloramento produzido por estes microrganismos.

Família Histeridae

Embora sejam conhecidas aproximadamente 3.200 espécies, pouco mais de 20 foram encontradas em armazéns. Os insetos são compactos, fortemente esclerosados e de formato oval. Os élitros são curtos e não cobrem o último ou os dois últimos segmentos abdominais. Todas as espécies conhecidas de armazenamento podem ser pretas ou metálicas brilhantes. Adultos e larvas são predadores, alimentando-se de insetos ou de outros artrópodes. Em regiões de clima temperado e tropical, *Carcinops pumilio* (Erichson) e *C. troglodytes* (Paykull) são encontrados em resíduos de armazenamento. *Saprinus* sp. é devorador de *Dermestes* sp.; as espécies *Teretriosoma* e *Teretrius* são geralmente predadoras de insetos broqueadores de madeira. Na América Central, o histeridae *Teretriosoma nigrescens* (Lewis) é estreitamente associado ao Bostrichidae *Prostephanus truncatus*. Na África, *T. nigrescens* tem sido introduzido como agente de controle biológico de *P. truncatus*.

Família Languriidae

Embora membros desta família sejam freqüentemente encontrados em armazéns, não é uma praga importante. Os gêneros registrados em armazéns incluem *Cryptophilus* e *Pharaxontha*.

Família Lanthridiidae

Aproximadamente 35 espécies desta família têm sido encontradas em produtos armazenados. Todos se alimentam de fungos e sua presença indica problemas com o teor de umidade ou presença de resíduos de emboloramento. Os adultos são muito pequenos (1 a 3 mm de comprimento). Dentre as espécies encontradas no armazenamento incluem *Lathridius* e *Dienerella*.

Família Lophocateridae

A única espécie regularmente encontrada em produtos armazenados é a *Laphocateres pusillus* (Klug). Esta é a menor praga secundária freqüentemente encontrada sobre arroz

com casca ou moído no Sudeste da Ásia e também sobre outros cereais, legumes, mandioca etc.

Família Lyctidae

Os membros desta família são broqueadores de madeira e aqueles que são capazes de danificar estruturas dos armazéns de madeira poderão algumas vezes atacar os produtos armazenados, especialmente a mandioca seca. A espécie mais freqüente registrada em armazéns de fazenda é a cosmopolita, *Lyctus brunneus* (Stephens).

Família Merophysidae

O único membro desta família de devoradores de fungos pertence ao gênero *Holoparamecus*. A espécie mais comum encontrada nos armazéns é *H. depressus* Curtis.

Família Mycetophagidae

Os membros desta família, também devoradores de fungos, vivem tipicamente debaixo da casca das árvores e em vegetação apodrecida. A espécie freqüentemente associada com produtos armazenados é *Typhaea stercorea* (L.). É um inseto de forma oblonga e peludo, medindo aproximadamente 2,5 a 3 mm de comprimento. Tem sido encontrado em grande variedade de produtos em todas as partes do mundo, porém, é mais comum nos trópicos úmidos.

Família Nitidulidae

São conhecidas mais de 2.000 espécies desta família. A maioria se alimentam de seiva das árvores e do suco de frutas. *Carpophilus* e *Urophorus* são as espécies mais freqüentemente encontradas nos armazéns. Sobrevivem sobre grãos de cereais armazenados em regiões úmidas, especialmente nos trópicos, e são comumente encontradas sobre milho armazenado para subsistência do produtor. *C. dimidiatus* (F.) é cosmopolita sobre cereais, sementes oleaginosas, cacau, noz e diversos outros produtos. *C. pilosellus* Motschulsky é freqüentemente encontrada em farinha-de-arroz. Outras espécies detectadas em produtos armazenados são *C. freemani* Dobson, *C. fumatus* Boheman, *C. maculatus* Murray, e *C. obsoletus* Erichson. No gênero *Urophorus*, *U. humeralis* (F.) tem sido registrado sobre milho avariado, tâmara e frutas secas nas regiões tropicais e subtropicais. É um inseto conhecido como importante praga da cultura do abacaxi.

Família Ptinidae

Os adultos desta família têm uma semelhança com as aranhas, daí o seu nome comum “gorgulho-aranha”. A maioria dessas espécies vivem em resíduos vegetais ou animais. São poucas as espécies associadas aos grãos e subprodutos armazenados e a maioria delas em clima temperado. Algumas espécies requerem um período de exposição em temperaturas frias para completar seu ciclo biológico. Em geral, essas espécies têm o corpo robusto, de forma globular ou ovóide, geralmente cobertos de pêlos em abundância. As antenas são compridas, delgadas, formadas por 11 segmentos lineares, inseridas bem próximas na frente da cabeça, entre os olhos. Apresentam quase sempre na base do protórax um pescoço curto e estreito. Os élitros cobrem completamente o abdômen. A mais importante espécie é a cosmopolita *Ptinus tectus* Boieldieu. Diversas outras espécies de *Ptinus* são conhecidas de armazéns.

Família Scolytidae

Apenas poucas espécies desta família, predominantemente broqueadora de madeira, são associadas com produtos armazenados. Muitas são superficialmente semelhantes aos Bostrichidae e também quanto ao hábito. Algumas dessas espécies têm sido registradas atacando as vigas da estrutura dos armazéns de madeira. Embora não se alimentem de produtos, elas podem acidentalmente serem encontradas junto aos produtos. Apenas uma espécie, *Pagiocerus frontalis* (F.) multiplica-se regularmente sobre grãos armazenados, embora diversas espécies de *Hypothenemus* tenham sido encontradas em pequeno número de produtos armazenados. *H. hampei* (Ferrari) é bem conhecida com praga de café-cereja e é frequentemente associada com grãos de café. *P. frontalis* é uma praga de variedades de milho tipo mole armazenados em fazendas da América do Sul.

Família Silvanidae

Os membros desta família medem em geral de 2 a 4 mm de comprimento. Muitas espécies têm projeções em forma de dentes sobre o protórax. São poucas as associadas aos produtos armazenados como pragas secundárias; destas *Oryzaephilus surinamensis* (L.) e *O. mercator* (Fauvel) são as mais importantes. Outras, por exemplo, *Ahasverus advena* (Walt) e *Carthartus quadricollis* (Guerin) são frequentemente encontradas no armazenamento, mas são geralmente de menor importância.

Ahasverus advena é ligeiramente pequeno (2 a 3 mm), no entanto, é mais robusto que *Oryzaephilus*. Em cada esquina do protórax há um dente pontiagudo. *A. advena* tem uma distribuição cosmopolita e é conhecido em uma larga variedade de produtos alimentícios, geralmente sob condições de alta umidade, ou quando ocorre o crescimento de fungos.

Carthartus quadricollis é esbelto, seu pronoto é de forma quadrada e mede de 2 a 3 mm de comprimento. É a menor e mais comum praga de uma grande variedade de produtos, incluindo cereais, frutos secos e cacau. Em temperaturas altas e regiões tropicais, tais como o Sul dos Estados Unidos, a América Central e o Oeste da África, o *C. quadricollis* ataca milho no campo e é muito comum nos trópicos como praga de milho armazenado em fazenda para fins de subsistência dos produtores.

Oryzaephilus sp.: os insetos adultos medem de 2,5 a 3,5 mm de comprimento. Apresentam no protórax seis projeções em forma de dentes de cada lado. Ambas as espécies são muito semelhantes; entretanto, o lado da cabeça atrás dos olhos é muito menor em *O. mercator* que em *O. surinamensis*.

O ciclo de vida destas espécies é semelhante. Os ovos são colocados soltos sobre os alimentos ou nas fendas, quando disponíveis. Quando se alimentam de grãos, sua preferência é pelo gérmen. O ciclo de vida de *O. surinamensis* é de aproximadamente 20 a 80 dias, a 17,5 - 37,5°C, 10 a 90% de umidade relativa. As condições ótimas para o seu desenvolvimento são 30 a 35°C, 70 a 90% de U.R. *O. surinamensis* é mais tolerante a temperaturas e umidades extremas que em *O. mercator* e pode sobreviver por períodos curtos em temperaturas abaixo de 0°C. Ambas as espécies são pragas secundárias comuns de grãos, produtos de cereais, fruta seca, sementes de oleaginosas etc. *O. surinamensis* é mais frequentemente associado aos cereais e seus subprodutos enquanto *O. mercator* prefere sementes oleaginosas e produtos com alto teor de óleo.

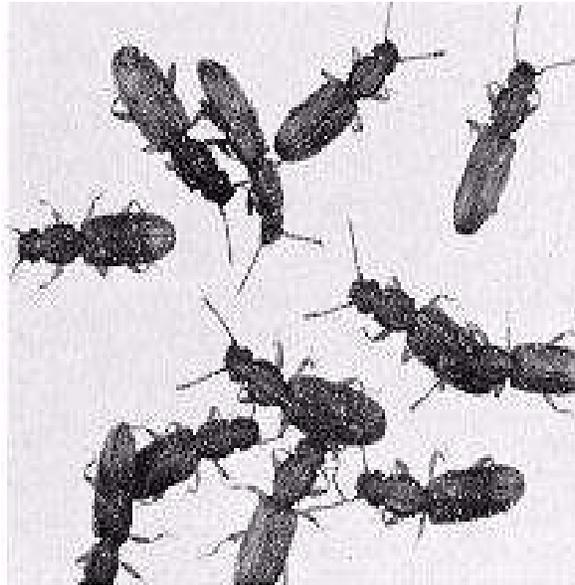


Figura 11 - Adultos de *Oryzaephilus surinamensis*.

(FONTE: [http://entmuseum9.ucr.edu/ENT133/ebeling/ebeling7.html#sitophilus granarius](http://entmuseum9.ucr.edu/ENT133/ebeling/ebeling7.html#sitophilus%20granarius)).

Família Staphylinidae

É uma grande família de insetos alongados e de lados paralelos; apresentam como característica marcante os élitros muito curtos. Como os Carabidae, são em geral predadores. Aqueles encontrados nos armazéns são, na maioria das vezes, extraviados da fauna local.

Família Tenebrionidae

A Tenebrionidae é uma família muito grande, com mais de 10.000 espécies de insetos conhecidos, dos quais 100 têm sido encontrados associados com produtos armazenados. Diversos deles estão entre as mais importantes pragas secundárias de produtos alimentícios armazenados. Os adultos dessas espécies medem de 3 a 10 mm de comprimento, são de cor castanho-avermelhada ao preto, achatados e de lados paralelos. As larvas são ativas e bem esclerosadas. Das muitas espécies encontradas em produtos armazenados, poucas são bem adaptadas em ambientes muito secos. As espécies mais importantes são *Tribolium castaneum* (Herbst) e *T. confusum* J. du Val. Outras espécies são, em maior ou menor escala, comumente associadas com material seco inadequadamente.

Alphitobius sp. são de cor castanho-avermelhada ao preto, medem de 5 a 8 mm de comprimento e são mais arredondados do que *Tribolium*. Duas espécies são tipicamente encontradas nos armazéns. *A. diaperinus* (Panzer) é cosmopolita e alimenta-se de grãos, subprodutos de cereais, rações de animais especialmente umedecidas, resíduos embolorados. A espécie similar *A. laevigatus* (F.) é também largamente encontrada em resíduos embolorados.

Latheticus oryzae Waterhouse é um Tenebrionidae típico e mede de 2,7 a 3 mm de comprimento. No entanto, o último segmento da antena é muito mais estreito que os outros. Aparentemente, o adulto é mais esbelto que o *Tribolium*. É encontrado por todas as partes

dos trópicos e subtropicais, mas é especialmente comum no verão. Comparado com o *Tribolium*, é a menor praga secundária de cereais e subprodutos, por exemplo, arroz e trigo. Desenvolve-se melhor sob dietas de baixo teor de óleo.

Gnatocerus sp. as espécies de *Gnatocerus* assemelham-se ao *Tribolium* na forma e cor. Os machos têm as mandíbulas projetadas em forma de chifre, grandes em *G. cornutus* (F.) e bem menores em *G. maxillosus* (F.); estas são ausentes nas fêmeas. Estas espécies são pragas secundárias comuns de cereais, sementes de oleaginosas e, algumas vezes, em produtos alimentícios. Sua taxa ótima de desenvolvimento é menor que a das espécies de *Tribolium*; conseqüentemente, são pragas menos sérias. *G. cornutus* é encontrado em temperaturas moderadas e regiões tropicais e é comum na farinha de trigo em regiões de temperatura moderada. *G. maxillosus* é largamente encontrado nos trópicos e é praga comum de espiga de milho sob condições de agricultura de subsistência.

Palorus sp.: adultos desse gênero são bem semelhantes à forma típica dos Tenebrionidae. Eles podem ser diferenciados de outro gênero pelo seu menor tamanho (2,5 a 3 mm de comprimento) e olhos não evidenciados. Grande número de espécies tem sido registradas como pragas secundárias de menor importância.

Tenebrio sp.: duas espécies, *T. molitor* L. e *T. obscurus* F., são as mais freqüentemente registradas nos armazéns. Elas são muito resistentes ao frio e amplamente encontradas em áreas temperadas. São de cor preta e medem aproximadamente 10 mm de comprimento; alimentam-se de uma grande variedade de produtos de origem vegetal e animal.

Tribolium sp.: diversas espécies de *Tribolium* têm sido encontradas nos armazéns, no entanto, as mais importantes são *T. castaneum* e *T. confusum*. Ambas são cosmopolitas, embora *T. castaneum* tem sido mais comum no trópico, em regiões de temperatura moderada, enquanto *T. confusum* não é comum em regiões tropicais, mas comum e difundido em regiões temperadas. São de cor castanho-avermelhada e medem de 3 a 4 mm de comprimento. Eles podem ser diferenciados pela distância entre os olhos, que é estreita em *T. castaneum* e larga em *T. confusum*, quando observados ventralmente.

Em muitas regiões do mundo uma ou outra espécie é muito importante, ou a mais importante praga secundária de uma grande variedade de produtos armazenados, especialmente cereais e subprodutos.

Adultos de *T. castaneum* podem viver por muitos meses, ou até mesmo por vários anos, sob condições ideais de temperatura. O ciclo de vida pode ser completado em aproximadamente 21 dias sob condições ótimas de 35°C, 75% de umidade relativa, e é possível entre 22 e 40°C. As temperaturas ótimas, máxima e mínima para o desenvolvimento de *T. confusum* são aproximadamente 2,5°C menor que para *T. castaneum*. Sob condições ótimas, populações de *T. castaneum* podem aumentar a uma taxa de até 70 - 100 vezes ao mês, mais rápido que aquelas registradas para outras pragas de armazenamento. Ambas as espécies podem voar, mas *T. castaneum* é mais preparado para fazê-lo, especialmente sob condições tropicais. Ambos podem dispersar rapidamente e buscar por novas fontes de alimento sem a ajuda do homem. Como resultado, eles são os primeiros insetos a reinfestar um alimento depois da fumigação.

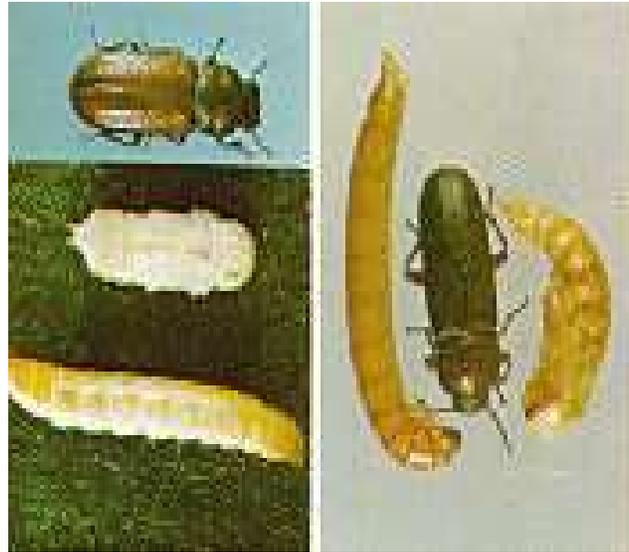


Figura 12 - Adultos e larvas de *Tribolium castaneum* e *Tribolium confusum*.
(FONTE: [http://entmuseum9.ucr.edu/ENT133/ebeling/ebeling7.html#sitophilus granarius](http://entmuseum9.ucr.edu/ENT133/ebeling/ebeling7.html#sitophilus%20granarius)).

Diversas outras espécies de *Tribolium* são associadas aos produtos armazenados. *T. destructor* Uyttenboogaart tem sido encontrado na Europa e em regiões frias da África e Ásia. Uma espécie Africana, *T. anaphe* Hinton, tem sido registrada, principalmente em sementes de algodão, mas também em cacau e sementes de palmeira. *T. madens* (Charpentier) tem sido encontrada em grãos armazenados na Europa e no Norte da África. Outras espécies similares, *T. audax* Halstead, são aparentemente restritas na América do Norte.

Família Trogossitidae

Apenas um Trogossitidae é encontrado freqüentemente em produtos armazenados, o *Tenebroides mauritanicus* (L.). É um inseto achatado, de cor preta e mede aproximadamente 10 mm de comprimento. Apresenta uma “cintura” ou uma constrição entre o protórax e o abdômen. Tem uma distribuição cosmopolita e é menos prejudicial aos produtos armazenados, especialmente cereais e oleaginosas. São mais freqüentemente encontrados em resíduos e alimentos secos de péssima qualidade.

2.2. Ordem Lepdóptera

Pertencem a esta ordem os insetos chamados de mariposa, mariposa-noturna ou traças, com aproximadamente 165.000 espécies descritas, das quais 70 constituem pragas de produtos armazenados.

Os adultos caracterizam-se por terem quatro asas membranosas cobertas de escamas. As escamas podem ter ou refletir diferentes cores ou agrupam-se para formar manchas com diversos desenhos que facilitam sua identificação. O corpo em geral está coberto de escamas e pêlos curtos. O aparelho bucal da maioria das espécies tem a forma de uma tromba espiralada, chamada espirotromba ou probóscida, cuja função é succionar o néctar das flores, sucos de frutas ou outros líquidos alimentícios e até de animais em decomposição. Apresentam uma metamorfose completa e é a larva que causa danos.

As larvas possuem aparelho bucal mastigador e a cabeça é bem desenvolvida. Em geral, tem forma de gusano, com três segmentos torácicos e 10 segmentos abdominais. Apresentam quase sempre três pares de patas nos segmentos torácicos e, em alguns segmentos abdominais, falsas patas. Uma característica das larvas de produtos armazenados em relação a outras é justamente a presença de falsas patas nos segmentos abdominais. Durante o seu desenvolvimento, as larvas, na maioria das espécies, produzem fios de seda em abundância, os quais caracterizam sua presença; além de ser um indício de infestação, a seda junto aos grãos podem causar danos ao maquinário das indústrias de alimentos. No final do seu desenvolvimento e em local mais protegido, empupam formando um casulo, quando então são mais facilmente de ser observadas.

As famílias associadas às infestações de produtos armazenados são Pyralidae, Tineidae, Oecophoridae e Gelechiidae. No entanto, apenas a traça-das-amêndoas (*Cadra cautella*, Pyralidae), traça mediterrânea-da-farinha (*Ephestia kuehniella*, Pyralidae), traça-do-fumo (*E. elutella*, Pyralidae), traça-da-passa-de-uva (*C. figulilella*, Pyralidae), traça-indiana-das-farinhas (*Plodia interpunctella*, Pyralidae) e traça-dos-grãos (*Sitotroga cerealella*, Gelechiidae) são consideradas as maiores pragas de produtos armazenados e largamente distribuídas.

Família Gelechiidae

Sitotroga cerealella (Olivier) é uma das espécies de Lepdóptera capaz de infestar grão intacto. O adulto tem o corpo frágil, cabeça de cor clara, palpos labiais curvados, com uma ponta de cor escura; as asas anteriores são douradas, com alguns pontos negros e não apresentam partes de outras cores; são sedosas, brilhantes, terminadas em ponta, e a margem anterior coberta por escamas escuras; as asas posteriores também são sedosas, brilhantes, com pêlos compridos na margem posterior e o ápice pontiagudo, em forma de dedo; mede de 1 a 1,5 mm de comprimento e com as asas abertas, de 11 a 16 mm; sua cor é amarelo ou dourado.

Estas espécies se alimentam de cereais como trigo, milho, arroz, sorgo, cevada e aveia. A infestação em milho pode ocorrer quando o grão está no estágio leitoso, embora a sobrevivência seja menor que em milho maduro. É considerada a mais séria praga de grãos nas Américas e África, mesmo sabendo do seu registro em todo o mundo. É mais comum em regiões temperadas a tropicais.

Em relação a sua biologia, a princípio os ovos são brancos, translúcidos e medem aproximadamente 2 mm de comprimento. São colocados em fissuras e tomam o contorno do local onde foram depositados; depois de quatro a oito dias tornam-se rosados e eclodem. Após a eclosão, as larvas furam o grão, escavando uma câmara de forma cilíndrica, que é alargada à medida que crescem. Uma larva geralmente completa seu desenvolvimento (quatro estágios) dentro de um simples grão; os grãos grandes podem conter mais de uma larva. Dependendo das condições, completam o seu desenvolvimento em 15 dias, quando atingem o comprimento de 6 mm. Antes de pupar, a larva escava o tecido da semente deixando uma “janela” transparente e circular, que é um modo de diagnosticar a praga. A larva então corta a cutícula parcialmente à volta da circunferência da janela, deixando uma aba, que é facilmente removida pelo adulto emergente. O desenvolvimento do ovo até o estágio adulto pode ocorrer sob uma ampla variedade de condições.

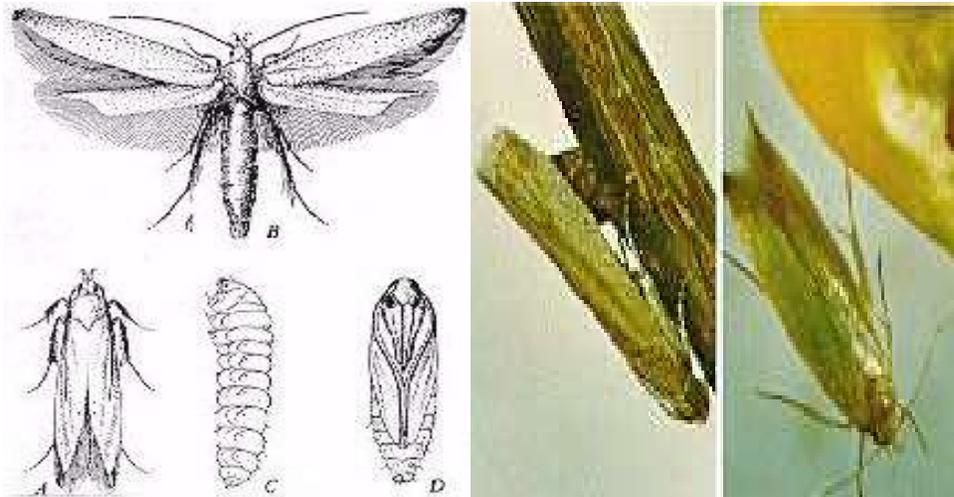


Figura 13 - Adulto de *Sitotroga cerealella* em posição normal (A); (B) adulto com asas abertas; (C) larva; e (D) pupa.

(FONTE: [http://entmuseum9.ucr.edu/ENT133/ebeling/ebeling7.html#sitophilus granarius](http://entmuseum9.ucr.edu/ENT133/ebeling/ebeling7.html#sitophilus%20granarius)).

As fêmeas acasalam logo depois da emergência, podendo ocorrer mais de uma vez. A oviposição começa bem próximo ao primeiro acasalamento, sempre no primeiro dia de vida adulta. A maioria dos ovos são deixados nos primeiros quatro dias de oviposição. O acasalamento não é requerido para a oviposição, embora os ovos deixados pelas fêmeas não acasaladas não sejam viáveis. A produção de feromônio pelas fêmeas auxilia os machos na localização para o acasalamento. A média de ovos por fêmea é de 100 a 150.

Os índices de desenvolvimento variam com o tipo, temperatura e umidade dos grãos. O desenvolvimento é mais rápido em grãos menores. Se as condições de temperatura e umidade são apropriadas, o ciclo biológico se completa em cinco semanas, e, à medida que a temperatura diminui, este tempo aumenta. Sobrevivem ao inverno, em temperaturas próximas ao congelamento, em estágio larval no interior dos grãos. O desenvolvimento mais rápido observado (de ovo até a fase adulta) foi de 21 dias em sorgo. Em condições extremas, o desenvolvimento pode ser tão longo quanto 367 dias. As condições ótimas para o seu desenvolvimento são 32°C e 75% de umidade relativa. O crescimento é reduzido em temperaturas abaixo de 16°C ou acima de 36°C. A umidade relativa mínima requerida é de 25% e a máxima de 80%.

A longevidade do adulto é prolongada notavelmente se a água é disponível. Em um experimento, adultos sem acesso à água viveram, em média, seis a 10 dias; quando fornecida a água, seu tempo de vida foi dobrado; uma fêmea chegou a viver 52 dias, a 16,5°C.

S. cerealella é uma praga primária de grãos de cereais; seu ataque ocorre no campo quando os grãos já têm certa maturidade fisiológica ou quando estão secando. Em silos ou graneleiros, o ataque se dá nas camadas superficiais dos grãos; as larvas destroem os grãos, diminuindo o peso e o valor nutritivo. Quando os grãos infestados encontram-se em grandes profundidades da massa, os adultos não conseguem chegar à superfície. Quando o ataque

ocorre em grãos pequenos, a larva tece um tubo sedoso, unindo vários grãos, onde completa o seu ciclo.

Família Pyralidae

A família Pyralidae é constituída por diversas subfamílias de importância econômica, das quais as subfamílias Galleriinae e Phycitinae são as que ocasionam maiores problemas aos grãos e diversos produtos armazenados.

Os adultos são geralmente pequenos, de cor não muito brilhante, antenas bem desenvolvidas, presença de ocelos, palpos labiais retos e curvados sem cerdas laterais. As asas anteriores, em geral, são duas vezes mais largas que as posteriores, com manchas de diversas formas e basicamente com nervuras similares em toda a família. Nas asas posteriores a nervura superior corre ao longo da asa. Geralmente o macho é menor que a fêmea.

Corcyra cephalonica (Stainton) (família Pyralidae e subfamília Galleriinae): os adultos medem de 7 a 13 mm de envergadura, isto é, com as asas estendidas. As asas anteriores são de cor canela-clara, sem manchas visíveis, e as nervuras são ligeiramente mais escuras. As posteriores são pequenas, terminando em uma ponta arredondada, transparente com nervuras muito visíveis e rodeada de uma extremidade com pequenos pêlos. Palpos labiais retos.

Crescem em temperatura de 20 a 32°C e 20 a 80% de umidade relativa. A 18°C o seu desenvolvimento não é completado. A fêmea coloca entre 100 e 200 ovos de forma indiscriminada, sobre superfícies rugosas dos grãos ou produtos armazenados, muros e pisos. A larva é branca, com listras azuladas e verdes. A larva passa por seis ínstares, chegando a atingir 15 mm quando está completamente desenvolvida. Sua presença é detectada por grumos formados por uma teia que adere os grãos; é nesta teia que ela faz seu casulo para a empupação. A pupa mede cerca de 8 mm. Seu ciclo biológico dura aproximadamente seis semanas em condições apropriadas. O adulto tem vida curta, 6 a 22 dias, sendo o macho de vida mais longa.

Como nos outros Lepidópteros, a larva é a causadora de danos. É uma praga primária para o arroz polido e secundária para outros produtos. Também alimenta-se de grãos e farinhas de cereais, cacau, chocolate, frutas secas, tortas e farinhas de oleaginosas, entre outros produtos. É amplamente distribuída, mas é comumente encontrada em regiões tropicais.

Ephestia (Cadra) cautella (Walker): os adultos não apresentam características particulares. As asas anteriores são de cor cinza, com manchas e franjas de cor escura na parte média externa. As posteriores são largas, transparentes, com nervuras claramente visíveis e a nervura superior corre ao longo da asa. As larvas são esbranquiçadas, com pequenos pontos visíveis negros sobre o corpo, o que permite distingui-las das larvas de *Plodia interpunctella*. Os ovos, de forma globular e brancos, tornam-se alaranjados durante o seu desenvolvimento. A eclosão dos ovos varia de acordo com a temperatura: 17,5 dias a 15°C; 7,4 dias a 20°C; 4,7 dias a 25°C; e 3,4 dias a 30°C e 70% UR. Tanto os ovos como as pupas são afetados pela temperatura; a temperatura-limite inferior é 15°C e a superior, 36°C. As pupas desenvolvem-se, em média, 17,5 dias a 20°C; 8,9 dias a 25°C; e 7 dias a 30°C e 70% UR.

A fêmea deposita cerca de 200 ovos sobre os grãos, os quais caem entre os espaços. A larva desloca-se livremente entre os produtos armazenados, contaminando-os com sua seda e seus dejetos. Durante a pré-pupa, a larva arrasta um fio que cobre a superfície dos grãos. Em condições ótimas de temperatura e umidade relativa seu ciclo biológico dura aproximadamente 25 dias. Adultos vivem cerca de 14 dias. A mortalidade é mais freqüente em larvas de primeiro ínstar que em ovos e pupas. A longevidade de machos e fêmeas varia de 3,1 dias a 35°C e 12,3 dias a 15°C.

É uma praga secundária de grãos de cereais sadios e inteiros; seu desenvolvimento ocorre em grãos já atacados por outros insetos e com alta porcentagem de grãos quebrados e com impurezas. A larva é cinza com cápsula cefálica escura e mede, geralmente, de 1,2 a 1,5 cm de comprimento. As larvas preferem o gérmen. Em farinhas de cereais e outros produtos moídos, constitui uma praga primária tanto pelo dano que ocasiona como pela contaminação de sua seda. Predominam em regiões tropicais a regiões temperadas. Preferem frutos secos, vegetais armazenados, farinhas, grãos, tâmaras, sementes de cacau e nozes.

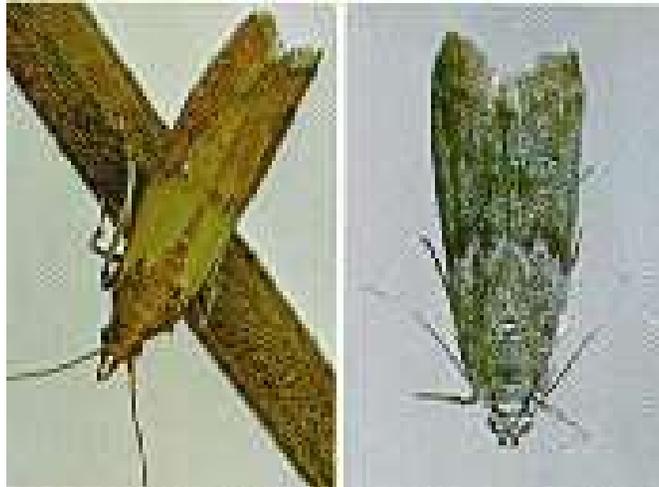


Figura 14 - Adultos da espécie *Ephestia*.

(FONTE: [http://entmuseum9.ucr.edu/ENT133/ebeling/ebeling7.html#sitophilus granarius](http://entmuseum9.ucr.edu/ENT133/ebeling/ebeling7.html#sitophilus%20granarius)).

Ephestia (Anagasta) kuehniella (Zeller): o adulto é de cabeça pequena e globosa. Mede cerca de 2 cm de envergadura. As asas anteriores são de cor cinza com faixas onduladas negras. As asas posteriores são claras, quase brancas com faixas de pêlos curtos. A fêmea deposita aproximadamente 300 ovos em meio às impurezas dos grãos. A larva é de cor branca ligeiramente rosada com pequenos pontos negros pelo corpo. Mede mais ou menos 12 mm quando totalmente desenvolvida. Seu casulo é de cor café e seu ciclo biológico é de aproximadamente oito a nove semanas, se as condições de temperatura e umidade relativa são apropriadas. O adulto vive em torno de 14 dias e se alimenta de produtos armazenados. É uma praga secundária de grãos e cereais sadios e inteiros. Praga primária de farinha e outros produtos moídos de cereais e oleaginosas. Provocam prejuízos em maquinarias de moinhos. São distribuídas em todo o mundo.

Ephestia elutella (Hübner): os adultos são de cor cinza, medem 16mm de envergadura, e apresentam franjas claras transversais nas asas anteriores. As larvas são parecidas a das outras espécies de *Ephestia*.

Desenvolvem-se entre 15 e 30°C e 70% UR. Cada fêmea oviposita 150 a 200 ovos, com período de incubação de 4 dias; os adultos vivem de 6 a 7 semanas a 25°C e 70% UR. São de regiões frias e temperadas.

Ephestia figulilella (Gregson): os adultos são pequenos, medem cerca de 1,5 a 2,0 cm, de coloração amarelada com manchas cinzas na borda. As larvas do primeiro ínstar são rosadas e brancas, chegando a medir 1,3 a 1,5 cm quando totalmente desenvolvidas. Seu desenvolvimento ocorre a 30°C e 70 a 90% de UR. Os ovos são ovipositados próximos ao alimento, pois não aderem à superfície, ficam soltos. As fêmeas ovipositam de 0 a 692 ovos. O desenvolvimento de *E. figulilella* é influenciado tanto pela temperatura como pela umidade, e sua mortalidade ocorre à baixas temperaturas e umidade. Atacam uvas, frutas secas, cacau, chocolate e cereais.

Estão distribuídas em regiões do mediterrâneo e em regiões com clima similar, como Américas e Austrália; foi introduzida na Inglaterra em frutos secos e em frutos de alfarrobeira.

Plodia interpunctella (Hübner): o adulto mede cerca de 18 mm de envergadura e é bem distinto em suas cores; as asas anteriores são de cor amarelada e café, e as posteriores, esbranquiçadas. As larvas, em completo desenvolvimento, chegam a atingir 13 mm de comprimento e sua cor vai do branco amarelado ao verde. Possuem três pares de patas verdadeiras e quatro pares de patas falsas, nos segmentos abdominais 3, 4, 5, e 6. Apresentam pontos negros ao longo do corpo. A fêmea deposita de 100 a 500 ovos isolados e em grupos nos produtos em que ataca. A larva produz um fio de seda onde se acumulam restos de alimentos e excreções. Dentro de silos, seu ataque é superficial; sua ocorrência maior é em sacos de produtos armazenados, gretas e pequenos esconderijos de paredes e pisos das construções. Seu ciclo de vida é de 26 dias a 30°C e 70% UR. Abaixo de 10°C ela não completa o seu desenvolvimento. Sua distribuição é cosmopolita.

É uma praga secundária de grãos de cereais sadios e secos. Praga primária de grãos e outros produtos destinados à moagem. Seu controle é difícil, uma vez que entra em diapausa. Apresenta diapausa durante a pré-pupa, no qual consegue sobreviver em períodos de condições adversas de temperatura; o fato de entrar em diapausa é que dificulta o seu controle.

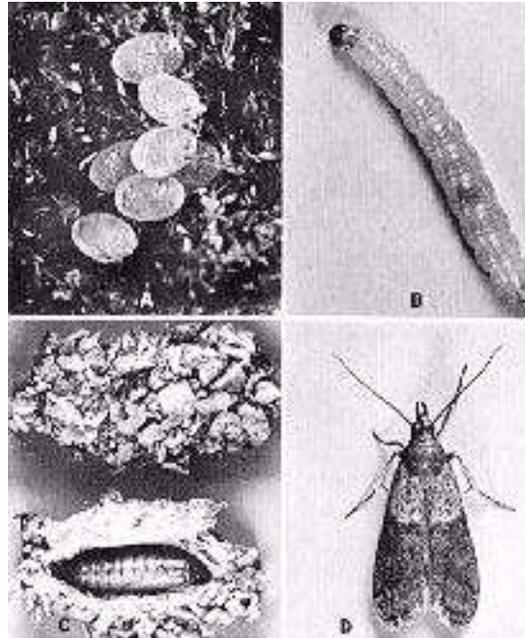


Figura 15 - *Plodia interpunctella*. (A) ovos; (B) larva; (C) pupas; e (D) adulto.
(FONTE: [http://entmuseum9.ucr.edu/ENT133/ebeling/ebeling7.html#sitophilus granarius](http://entmuseum9.ucr.edu/ENT133/ebeling/ebeling7.html#sitophilus%20granarius)).

Pyralis farinalis Linnaeus: o adulto mede cerca de 2,5 cm de envergadura; as asas anteriores são metade de cor café e a outra metade de cor clara, com faixas transversais sinuosas e esbranquiçadas, que permitem distingui-los facilmente como pragas de grãos armazenados. A larva é branca, com cabeça e escudo protorácico de cor obscura, medindo aproximadamente 2,5 cm de comprimento. A fêmea deposita em média 250 ovos sobre os produtos que ataca. Seu ciclo biológico é de seis a oito semanas. Os adultos são de vida curta; a fêmea vive aproximadamente uma semana. As larvas tecem tubos de seda envolvendo neles partículas de grãos. Antes de empupar, as larvas tecem outro casulo, abandonando o tubo que produziram inicialmente.

As larvas atacam grãos de cereais e seus produtos, grãos de leguminosas e diversos materiais de origem vegetal, especialmente se estão úmidos e com poucas condições de armazenamento. Durante o seu desenvolvimento podem rasgar o tecido dos sacos, fazendo com que os produtos se esparramem. Aparecem no mundo todo.

O ciclo de vida de *Pyralis farinalis* foi estudado em uma dieta artificial para *Helicoverpa zea* (Boddie), em que os ovos tiveram um período de incubação de nove dias. A fêmea teve um período de pré-oviposição de 1,9 dias e, depois de acasaladas, ovipositaram cerca de dois dias. A longevidade dos adultos foi de 10,2 dias para os machos e 9,8 dias para as fêmeas. Tanto os machos de *P. farinalis* como os de *Amyelois transitella* (Walker) foram atraídos por fêmeas de outras espécies e ainda capturados em armadilhas também para outras espécies. Machos de *P. farinalis* foram encontrados tentando copular com fêmeas de outras espécies. Este tipo de comportamento pode atrapalhar o acasalamento e o sucesso reprodutivo de uma espécie quando ambas são abundantes.

Família Thinidae

Esta família é composta por aproximadamente 3.000 espécies, das quais um número muito reduzido ataca grãos armazenados. Os adultos, em geral, são de corpo pequeno, sua cabeça coberta com escamas ásperas, ocelos ausentes, palpus labiais com cerdas laterais, antenas curtas e sem escamas; em algumas espécies as nervuras nas asas são reduzidas. O ovipositor da fêmea é membranoso e retrátil. Têm pouca capacidade de vôo, mas pode realizar vôos curtos e rápidos. Alimentam-se de diversos produtos de origem vegetal ou animal, como madeira, detritos vegetais, couros, peles, cogumelo e roupa.

Nemapogon granella (Linnaeus) Traça Européia de grãos: os adultos são pequenos, com cabeça branca e pêlos curtos; asas anteriores prateadas cobertas com manchas negras de 5 a 8 mm de longitude e as posteriores cinzas. Os palpus maxilares são largos e os labiais, pregados, com esporões nas patas posteriores. A larva tem cor de areia, com a cabeça de cor café, com seis ocelos de cada lado e com espiráculos de cor café-claro.

Alimentam-se de grãos de cereais, farinhas, frutas secas, cogumelo dessecado, figo etc. Estão distribuídas praticamente em todo o mundo, mas atualmente sua presença tem sido escassa.

Seu ciclo depende da temperatura e umidade relativa. A 13°C uma geração desenvolve-se em cinco meses. Sua fêmea é capaz de colocar até 160 ovos. O adulto voa distâncias consideráveis em busca de armazéns para depositar seus ovos. São muito semelhantes a outros Lepidópteros que atacam grãos armazenados.

É considerada uma praga primária de grãos armazenados porque é capaz de infestar no campo; no entanto, preferem farinhas e grãos com alta umidade e em más condições de armazenamento.

1.3. Ordem Psocóptera

Os insetos da ordem Psocóptera são relativamente pequenos, medindo de 0,7 a 6 mm de comprimento. São aproximadamente 6.000 espécies espalhados em todo o mundo, em uma grande variedade de ecossistemas terrestres. Também conhecidos como corroentes, estes insetos são geralmente encontrados alimentando-se de microflora e restos orgânicos, embora algumas vezes são conhecidos como predadores. Alguns Psocópteras, também conhecidos como piolhos brancos, se adaptam bem em alimentos armazenados, graneleiros, armazéns etc.

Um número limitado destes insetos é de importância econômica, e as informações sobre a maioria das espécies são limitadas. Apresentam-se de corpo macio e antenas longas, aparelho bucal mastigador, alados ou não. Embora estes insetos sejam freqüentemente ignorados e considerados de menor importância econômica, em razão de seu pequeno tamanho, infestações de Psocóptera têm sido registradas, causando significativos danos em trigo e arroz moídos. Também causam danos econômicos em indústrias processadoras de alimentos e geram possibilidades no que diz respeito à saúde, pela transferência de microrganismos e contaminação dos alimentos por fezes e exoesqueletos.

Já foram identificadas 15 espécies de Psocóptera em produtos armazenados, e o grande prejuízo econômico pela sua presença foi em virtude da contaminação de alimentos processados.

Embora haja três subordens de Psocóptera, as pragas dos alimentos domésticos pertencem a duas subordens: Trogiomorpha (antenas com mais de 20 segmentos) com as espécies *Lepnotus*, *Trogium*, e *Psillipsocus*; e Troctomorpha (antenas com menos de 20 segmentos) com a espécie *Liposcelis*. Destes, *Liposcelis bostrychophilus* Badonnel é relativamente comum, considerada praga cosmopolita de produtos armazenados.

Liposcelis bostrychophilus Badonnel é um inseto diminuto, aproximadamente 1 mm de comprimento, de cor marrom-pálida, com o corpo arredondado e macio, olhos protuberantes e antenas filiformes e longas.

Sua metamorfose passa por seis instares; em *Psyllipsocus* é reduzida para cinco e quatro em Liposcelidae. Embora pareça ser de origem Africana, *L. bostrychophilus* tem sido encontrado em todo o mundo, em diversos habitats como grãos armazenados, culturas contaminadas por fungos, ninhos etc. Alguns autores acreditam que essa espécie, embora de origem tropical, tem sido capaz de se estender, em razão de ser partenogênese (desenvolvimento do óvulo não fecundado, resultando um indivíduo como os outros) e capaz de sobreviver sem alimentos por longos períodos (até dois meses).

Embora tenha sido registrada alimentando-se de mais de 50 tipos de alimentos, esta espécie é considerada mais importuna em farinhas, arroz, sêmola e sucrilhos. Algumas espécies foram registradas predando ovos de *P. interpunctella* (*L. bostrychophilus*), ovos de *S. cerealella* (*L. divinatorius*). Em condições controladas de laboratório, foram encontradas diversas espécies de fungos, grãos quebrados de trigo, sementes imprestáveis como substratos adequados para alimentação de *L. bostrychophilus*.

O desenvolvimento de ovos a adultos é de aproximadamente três semanas, em 27°C, e 70% de umidade relativa. A longevidade do adulto é de 72 a 144 dias, dependendo das condições ambientes.

As espécies de *Liposcelis* são consideradas pragas secundárias de grãos; sua dieta é suplementada por fungos. A presença deste inseto indica condições deficientes de armazenamento, danos ocasionados por outros insetos, excesso de umidade, desenvolvimento de fungos e elevado conteúdo de impurezas.

3. AMOSTRAGEM

Amostragem é um processo pelo qual se determinam as características de uma população de pragas, tais como, densidade ou número de espécies ocupando uma área, dispersão ou agrupamentos de indivíduos no espaço, modificações das taxas de nascimento ou morte, número relativo de vários estágios dos insetos e alterações do número de insetos ao longo do tempo. As técnicas quantitativas, usadas para o desenvolvimento de programas de amostragens no campo e na pós-colheita para pragas, podem também ser aplicadas para pragas de produtos armazenados.

Antes de iniciar a amostragem, é importante definir suas propostas ou seus objetivos, os quais ajudam a conhecer que área necessita ser amostrada, que tipo de amostragem deve ser usada, qual procedimento e como analisar os dados. Uma definição clara do universo amostral muito contribui para determinar os locais onde as amostras precisam ser feitas, ou seja, áreas com comprovada população de insetos.

Uma amostra ou unidade amostral é a fração do espaço habitável do qual os insetos presentes são contados. Por exemplo, quando a sondagem de grãos é feita com um

amostrador (calador), a soma dos grãos do amostrador é a unidade amostral. Em caso do uso de armadilhas, a unidade amostral é a área efetiva da armadilha e a permanência desse instrumento na captura. No entanto, o cálculo da área efetiva da armadilha é difícil. Para fins práticos, determina-se que quando utilizam-se armadilhas para amostragem de insetos, elas mesmas constituem a unidade amostral.

Em geral, pequenas amostras permitem um manejo mais eficiente que amostras grandes. Quando o número de amostras é aumentado, o tamanho delas é reduzido; no entanto, o tempo requerido é maior e, conseqüentemente, os custos para sua obtenção são mais elevados.

Os locais de amostragem devem ser representativos da população. As amostragens devem ser feitas com freqüência, de forma a detectar as populações de insetos antes que elas atinjam níveis inaceitáveis.

Em programas de amostragem para insetos de produtos armazenados tem sido desenvolvida uma estimativa da média do número de insetos por grão ou armadilha amostrada, para determinar a distribuição espacial de insetos e detectar a presença ou ausência deles em uma unidade amostral.

ESTIMATIVAS DA DENSIDADE POPULACIONAL DE INSETOS

Métodos de amostragem que forneçam estimativas precisas são geralmente necessários para o estudo da ecologia de insetos, mas, para o manejo, podem-se utilizar estimativas menos exatas da densidade de insetos, permitindo assim redução de custos. Estimativa exata da densidade fornece informações sobre o número de insetos por unidade de ensacados, ou seja, insetos por quilo de grão ou número de mariposas/m² de área. Dados que oferecem estimativas precisas incluem um calador simples, o qual é usado para remover amostras de produtos ensacados armazenados. Para se tomar uma decisão a respeito do manejo de pragas, deve-se estabelecer uma relação entre o número de insetos por unidade de volume do ar e número de insetos por unidade de ensacados.

Estimativas precisas podem também ser obtidas pelo método de marcação, liberação e captura dos insetos, armadilhas removíveis, e métodos aproximados. Pela relação de um número conhecido de insetos marcados (com tinta fluorescente), a densidade da população natural pode ser estimada com base na relação de insetos marcados e não-marcados.

Armadilhas removíveis não têm sido muito usadas para se estimar a população de insetos. A técnica de estimativa pode ser empregada quando grande número de armadilhas é distribuído.

Para se obter uma estimativa precisa da população é necessário que se tenha um método eficiente de extração de insetos dos produtos. Para grãos, muitos métodos têm sido desenvolvidos para detectar e contar grão infestado com estágios imaturos de carunchos (*Sitophilus* sp.), e larvas como: *Rhyzopertha dominica* (F.), e *Sitotroga cerealella* (Oliver). Além do peneiramento manual, o funil de Berlese tem sido usado para separar larvas de insetos e traças de grãos e farinhas. Esses estudos têm mostrado que a taxa de recuperação dos insetos varia com o tamanho da amostra, estágio e espécie do inseto e tipo de produto. Com 200 ou 300g de amostras, a taxa de captura está entre 47 e 98%, para 13 espécies de insetos.

A estimativa do índice populacional do número de insetos é feita, indiretamente, de acordo com o nível de prejuízo causado aos grãos ou produtos da atividade dos insetos. Por exemplo, a observação do total de grãos danificados pelo insetos, das trilhas de insetos em resíduos de farinha no chão, ou emaranhados de seda produzidos por larvas de mariposa, bem como a inspeção visual, são métodos comuns de obtenção de índices populacionais.

Nos Estados Unidos, a automação do monitoramento de insetos com sensores acústicos tem sido usada para detectar e estimar populações de insetos sem retirar amostras de grãos. O método é baseado em uma forte correlação entre número de insetos e o número de sons produzidos por eles enquanto alimentam ou se movimentam nos grãos. Estimativas baseadas no som dos insetos são tão precisas quanto as realizadas tomando-se amostras de grãos.

O mapeamento da localização dos insetos dentro do universo de amostragem é muito difícil, principalmente quando eles são ágeis e de grande capacidade de locomoção. Portanto, as informações obtidas das amostras são utilizadas para descrever a distribuição espacial ou distribuição amostral das populações de insetos.

O ajustamento das funções de distribuição de probabilidade ou índice de dispersão aos dados amostrais permite o desenvolvimento de estratégias de amostragem para estimar a população ou auxiliar na tomada de decisão do controle de pragas.

PROGRAMA DE AMOSTRAGEM

Considerando-se que os insetos de produtos armazenados multiplicam-se rapidamente, as amostras devem ser tomadas freqüentemente para que seja detectado o início da infestação, antes que este problema atinja limites inaceitáveis. Quanto ao intervalo de tempo entre as amostragens, recomenda-se observar a dinâmica da população de pragas. A dinâmica populacional e, ou, mudanças na densidade de pragas no tempo, em virtude das influências ambientais e genéticas, devem ser conhecidas. Amostragens mensais são freqüentemente recomendadas, porque alguns insetos podem passar de ovos a adultos durante este período. A decisão de quando tomar a primeira amostra deve ser baseada no conhecimento prévio da incidência e ausência do inseto. Por exemplo, o grão que é colhido e armazenado durante o período quente do ano (temperatura > 20°C) deve ser amostrado imediatamente depois da colheita e em intervalos mensais. Porém, se a temperatura do grão é menor que 20°C, considerada muito baixa para a atividade e reprodução do inseto, o intervalo de amostragem pode ser maior que um mês. A amostragem, na maioria das vezes, é um bom instrumento para detectar infestações logo no seu início. A rápida aplicação das medidas de controle, especialmente quando os insetos estão presentes em baixas densidades, além de dificultar o crescimento deles, ajuda na manutenção da população abaixo dos níveis de dano econômico.

Quando um grande número de amostras é tomado, pode-se amostrar com menos freqüência e ainda ter segurança de que a população de insetos não crescerá até níveis inaceitáveis até que se realize uma nova amostragem. Tomando-se um grande número de amostras também é assegurado de que elas sejam representativas, e que a estimativa esteja mais perto dos parâmetros da população desconhecida. Com a estimativa exata da densidade populacional atual, modelos de crescimento da população de insetos podem ser usados para prever quando uma nova amostragem deve ser realizado. Estes modelos também permitem o ajuste do intervalo de amostragem em função do tempo de

desenvolvimento de ovo a adulto, o qual é influenciado pela temperatura e pelos tipos de produtos armazenados.

O procedimento de amostragem usado para insetos de produtos armazenados deve-se basear na atividade do inseto, a qual é largamente dependente da temperatura, pois as armadilhas dependem do movimento do inseto, Por esta razão, não devem ser usadas para aqueles que ficam inativos em razão de baixas temperaturas.

4. CONTROLE FÍSICO

O controle físico foi um dos primeiros métodos empregados para controlar insetos de produtos armazenados. No entanto, sua utilização foi deixada de lado com a introdução dos modernos inseticidas artificiais. No futuro espera-se que o controle físico abranja maiores extensões e que os químicos sintéticos sejam utilizados numa escala menor, em razão dos resíduos químicos que afetam o grão, da segurança do trabalhador, do ambiente e das populações de insetos resistentes aos inseticidas.

Este controle é uma manipulação do meio físico sobre a população de insetos, diminuindo, eliminando ou reduzindo estas pragas. Os parâmetros físicos referem-se a temperatura, umidade relativa, teor de umidade dos grãos, estruturas que contêm os produtos (silos, graneleiros e armazéns) e pressão no produto (compressão e impacto). Os gases também são componentes do meio físico, mas serão considerados a seguir no item controle químico com fumigantes.

Os insetos de produtos armazenados têm sido controlados pela manipulação do meio físico há mais de mil anos. A regra básica de armazenamento para conservação de sementes, fria e seca, foi empregada na era neolítica em que a semente era colocada em jarro de barro, o qual era enterrado no solo, próximo à embocadura do Nilo. Altas temperaturas foram usadas para controlar a mariposa *Sitotroga cerealella* (Olivier), no Século 16, na França. Nos últimos cinco anos, os organoclorados, organofosforados e fumigantes têm sido utilizados por vários gerentes de unidades armazenadoras para controlar os insetos. Recentemente, e por razões básicas, um movimento sobre os métodos de controle químico tem sido feito. A primeira preocupação é quanto à toxicidade dos inseticidas que certamente atingirão outras espécies além das que se pretende controlar. Também predadores e parasitas que se alimentam das pragas serão, conseqüentemente, eliminados pelo tratamento com inseticida. Outros animais, tais como peixes, pássaros e mamíferos podem ser amplamente afetados pelo inseticida utilizado.

Em 1984, fumigantes líquidos foram descredenciados no Canadá e nos EUA, por causa do excesso de resíduo tóxico. Preocupados com a segurança dos trabalhadores, muitas restrições foram feitas quanto ao procedimento de aplicação de pesticidas. Também o uso do brometo de metila deverá ser restrito ou suspenso, em virtude dos danos que ele provoca na camada de ozônio. Uma outra razão é que a continuidade de uso de um simples inseticida de chumbo causa resistência dentro de uma população de pragas. Um exemplo disto é a ineficiência do malathion no controle de pragas de grãos armazenados atualmente.

1. TEMPERATURA

A diminuição da temperatura dos produtos, com o propósito de evitar a deterioração, é uma técnica tão comum quanto o refrigerador de uso diário. Ela é intensamente usada em climas temperados, juntamente com aeração com ar ambiente. A aeração com ar refrigerado

é empregada em climas tropicais ou no verão, em áreas temperadas. Há dois efeitos básicos resultantes da baixa temperatura: redução da taxa de desenvolvimento, alimentação e a fecundidade dos insetos e a queda de sobreviventes.

A temperatura ótima para a fecundidade e o desenvolvimento dos insetos de produtos armazenados está entre 25 e 33°C. À baixa temperatura, a fecundidade é reduzida e os insetos desenvolvem-se mais lentamente. Temperaturas entre 13 e 25°C diminuem o desenvolvimento. Para a maioria dos insetos de produtos armazenados, a temperatura de 20°C detém o desenvolvimento; a principal exceção é *Sitophilus granarius*, que pode se desenvolver a 15°C. Os ácaros em grãos levemente úmidos somente param de se desenvolver a 2°C. Embora nestas temperaturas não ocorra desenvolvimento, os insetos e ácaros permanecem vivos por longos períodos e causarão danos se a temperatura do produto elevar-se.

Algumas espécies são mais resistentes ao frio que outras. Em geral, *Tribolium castaneum* (Herbst), *Tribolium confusum* Jacquelin du Val, e *Oryzaephilus mercator* (Fauvel) são as mais susceptíveis ao frio, embora *Trogoderma granarium* Everts, *Sitophilus granarius* (L.), *Ephestia elutella* (Hübner), *Ephestia kuehniella* (Zeller) e *Plodia interpunctella* (Hübner) sejam as espécies mais tolerantes a esta estação do ano.

O estágio de desenvolvimento - ovo, larva, pupa, ou adulto - afeta a capacidade do inseto de resistir a baixas temperaturas. Em muitas espécies, o ovo é o estágio mais susceptível. Para algumas espécies existem trabalhos detalhados, mostrando que a idade do ovo pode afetar a susceptibilidade. As larvas são os estágios mais tolerantes, por exemplo, as de *Rhyzopertha dominica* (F.) e *Sitophilus oryzae* (L.). Também é verdadeiro para as larvas em diapausa de *E. kuehniella* e pode se confirmar para as outras Pyralidae: *P. interpunctella*, *Cadra cautella* (Walker), e *E. elutella*. O adulto é o estágio mais resistente para *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens) e *T. confusum*. Para *S. granarius*, as larvas são tão resistentes ao frio quanto os adultos.

Na maioria das aplicações de campo, quando se usa temperatura baixa para controlar as pragas de produtos armazenados, os insetos são expostos à temperaturas entre 20 e 10°C antes de serem colocados à temperaturas letais. Exceção a esta regra ocorre quando os produtos são resfriados rapidamente em freezer para controlar populações de insetos. Quando os insetos são expostos à temperaturas entre 20 e 10°C, eles se tornam aclimatados e sua resistência ao frio aumenta de 2 a 10 vezes.

Temperaturas para os índices máximos de multiplicação são, em geral, 5°C das temperaturas de desenvolvimento. O *Sitophilus oryzae* tem um índice máximo de desenvolvimento a 29°C e pára de se desenvolver a 35°C; as temperaturas para *Rhyzopertha dominica* são 32 e 39°C, respectivamente.

A temperatura alta que causa a mortalidade depende dela mesma, da duração, das espécies, do estágio do desenvolvimento, da aclimação e umidade relativa. Ao contrário das baixas temperaturas, em estudos realizados com altas temperaturas foram utilizadas temperaturas que modificam rapidamente e permanecem constantes na maioria dos testes e a maioria das exposições duram somente alguns minutos. As espécies de insetos mais tolerantes ao calor para as menos tolerantes são: *Lasioderma serricorne* (F.) \geq *Cryptolestes pusillus* (Schönherr) = *R. dominica* > *S. oryzae* = *T. castaneum* = *Trogoderma variabile*

(Ballion) > *S. granarius* = *Gibbium psylloides* (Czenpinski) > *Cathartus quadricollis* (Guérin-Méneville) = *O. mercator* > *T. confusum* = *Oryzaephilus surinamensis* (L.).

A temperatura da massa de grãos é afetada por vários fatores, que podem ser controlados ou modificados para aumentar o controle físico das pragas de grãos armazenados. Altas temperaturas iniciais de armazenamento ocorrem quando o grão é colhido sob calor, em dias ensolarados, por exemplo, 5 a 8°C acima da temperatura do ar ambiente, ou quando o grão não é resfriado suficientemente depois da secagem com ar aquecido.

A temperatura dos grãos no armazenamento sem aeração segue as temperaturas do ar ambiente (ar de fora). Em razão da maior parte dos grãos armazenados ou das sementes de oleaginosas terem baixa condutividade térmica (menores que as fibras), a temperatura dos grãos estocados muda lentamente.

O controle da temperatura é feito pela aeração. Aeração é forçar o movimento do ar, em condições próximas ao ambiente, pelos grãos armazenados para trazê-los para uma temperatura uniforme, próxima da temperatura do ar ambiente. A aeração normalmente tem pouco efeito no teor de umidade dos grãos armazenados, porque a quantidade de ar requerida para modificar a temperatura do grão é muito menor que a necessária para diminuir o teor de umidade do grão. O efeito da aeração na massa de grãos pode ser melhor compreendida se se considerar a massa de grãos como um ecossistema no qual os grãos, a microflora e os insetos são seus principais componentes bióticos; o ar intergranular, as impurezas, matérias estranhas são os seus principais componentes abióticos. A interação entre esses componentes é afetada pelas condições ambiente, podendo causar a deterioração dos grãos. A aeração tem como um dos principais objetivos modificar o microclima, tornando-o desfavorável ao desenvolvimento de organismos nocivos que atacam os grãos armazenados e, ao mesmo tempo, criar condições favoráveis para a preservação da qualidade dos grãos durante o período de armazenamento. São estes os principais objetivos da aeração:

Resfriar a massa de grãos: é o principal e mais vantajoso benefício da aeração, pois ele diminui a atividade de água no grão, retarda o desenvolvimento de insetos e reduz a taxa respiratória dos grãos e da microflora presente.

Evitar a migração de umidade: é um dos principais objetivos da aeração de grãos, especialmente em climas tropicais, em que ocorrem flutuações diurnas de temperatura. Neste caso, o propósito da aeração é prevenir o fenômeno chamado de migração de umidade. Os grãos armazenados depois da colheita mantêm sua temperatura inicial elevada por um longo período, em razão de sua propriedade de isolante térmico. Com a mudança da temperatura ambiente durante a estação fria, as camadas superficiais da massa de grãos tornam-se consideravelmente mais frias que as internas. Desta forma, criam-se gradientes de temperatura que provocam correntes de convecção no ar intergranular. Essas correntes transportam ar mais quente, o qual contém mais umidade que o ar frio, diretamente para as partes mais frias da massa de grãos, ou seja, para as camadas superficiais. Nessas regiões, o ar, ao resfriar-se, condensa, aumentando lentamente o teor de umidade na superfície da camada de grãos. Um dos sintomas típicos desse fenômeno é a formação de uma camada compacta sobre a superfície da camada de grãos, que deverá ser considerada uma indicação de que devem ser tomados cuidados para prevenir a ocorrência de danos mais sérios. O aspecto mais prejudicial da migração de umidade não é a quantidade de grãos danificados,

que é normalmente pequena em relação à massa total, mas sim a inevitável mistura de grãos estragados com grãos sadios durante o processo de descarga, o que reduz a qualidade da massa granular. Além da descoloração e da diminuição do potencial de germinação, deve-se também considerar a produção de micotoxinas em grãos danificados por microrganismos.

A migração de umidade é também um fator marcante em climas subtropicais "quentes", nos quais a temperatura ambiente possa vir a cair muito durante a noite ou no inverno. Naturalmente, a prevenção de sua ocorrência será possível eliminando-se gradientes de temperatura na massa de grãos. Isto pode ser conseguido pela aeração com ar ambiente, preferencialmente durante as noites frias.

Eliminar ou evitar a formação de bolsa de calor: um foco de infestação de insetos ou crescimento de fungos pode resultar em aumento da temperatura da massa de grãos numa determinada região do silo ou graneleiro, formando assim a "bolsa de calor". Com as diferenças de temperatura na massa de grãos, tem-se novamente o movimento do ar quente do foco para a superfície dos grãos. Se as condições do ar da superfície ou do ar exterior são mais baixas, poderá ocorrer a condensação de umidade e, conseqüentemente, a deterioração da camada superior do silo ou graneleiro.

Conservar temporariamente os grãos úmidos: às vezes é necessário o armazenamento de grãos úmidos, pois a capacidade de secagem instalada pode não ser o suficiente. Para tal, é necessário manter os grãos resfriados, evitando-se assim o aquecimento da massa, ocorrido em razão do processo respiratório dos grãos e organismos presentes (insetos e fungos).

Secagem limitada: embora a aeração não tenha como objetivo secar os grãos, na conservação temporária dos grãos úmidos o processo de aeração, se usado adequadamente, ou seja, com temperaturas inferiores às da massa de grãos, resultará em alguma perda de umidade.

Remover odores da massa de grãos: o crescimento de fungos, a fermentação e rancificação do óleo causam odores estranhos. Alguns desses odores podem ser rapidamente dissipados com a remoção do ar intergranular, enquanto outros são mais persistentes e requerem longos períodos de aeração.

Aplicar fumigantes ou atmosferas modificadas na massa de grãos: esta aplicação é feita em silos elevados de concreto pela recirculação do ar. Em silos metálicos e graneleiros isto já não é possível.

2. IRRADIAÇÃO

A irradiação de alimentos tem sido muito estudada nos últimos anos. Em 20 países é tida como operação comercial e é mais usada para prevenir brotação de batatas e cebolas ou infestações microbianas em alimentos e carnes.

Há dois tipos de irradiação: ionizante, com raios gama e irradiação por feixe de elétrons, e não-ionizantes, quando se refere à radiação eletromagnética (ondas de rádio, ondas infravermelho, luz visível e microondas), que não contêm energia suficiente para expulsar elétrons das moléculas. A radiação ionizante prejudica os organismos, em virtude da produção de íons ou radicais livres, tornando as moléculas altamente reativas. Além da ionização, as ligações químicas também podem ser quebradas. Radiação gama com cobalto 60, como fonte de radioatividade, é o método comercial mais comum de irradiação de

alimentos. Ela pode penetrar 20 a 50 cm em alimentos sólidos e requer equipamentos de proteção para operadores. Irradiação por feixe de elétrons é aplicada no tratamento de grãos em Odessa, na Ucrânia, usando-se um acelerador elétrico para acelerar elétrons em altas velocidades, suficientes para causar ionização. Os elétrons penetram apenas 1 mm em alimentos sólidos, e, em grãos tratados, somente numa profundidade correspondente à espessura de um grão, em relação ao ponto de aplicação.

Embora baixos níveis de irradiação não produzam toxina nos alimentos tratados, a irradiação pode reduzir o teor de Vitaminas A, C, E, B₁ (tiamina) e K. O grau de redução é dependente do alimento irradiado, da dose e de outros fatores. As doses de irradiação necessárias para matar insetos em sementes fazem com que este tipo de controle seja inconveniente para malte e cevada ou sementes armazenadas. Já a qualidade do pão é afetada se o trigo for irradiado com doses altas.

2. AÇÃO MECÂNICA

Existem dois métodos básicos para controlar população de insetos dos produtos estocados, usando-se formas mecânicas: indireta (manipulação do meio ambiente) ou direta (manipulação dos insetos). Um método indireto é a redução de impurezas e matérias estranhas (sementes quebradas, terra, pedras e sementes de ervas daninhas) e sementes com rachaduras no endosperma. Muitos insetos, como o *C. ferruginus*, *Oryzaephilus* sp. e *T. castaneum*, são classificados como pragas secundárias, porque requerem uma rachadura na superfície da semente para infestarem os grãos de cereais. A presença de impurezas e matérias estranhas contribui para o aumento da população destes insetos. Outro método indireto é simplesmente uma boa sanitização, bem como a remoção de resíduos de alimentos. Os equipamentos e as estruturas de armazenamento devem ser projetados de modo que a limpeza seja facilitada, não deixando resíduos de alimentos.

Um método direto de controle de infestação de insetos é pela remoção destes. Os equipamentos usados para remover impurezas e matérias estranhas devem também remover insetos que estão fora da semente. No entanto, não funcionaria para estágios imaturos de *Sitophilus* sp. ou *R. dominica*. Nos moinhos, a farinha, antes do empacotamento, passa por finas peneiras, que removem matéria estranha, inclusive os insetos.

O método direto mais extensivamente usado no controle mecânico são, sem dúvida, os Entoleters, o qual usa a força centrífuga para impactar insetos ou sementes contendo insetos. Entoleters são usados primariamente em moinhos, onde são colocados na linha de produção antes do trigo ser moído. Grãos infestados com predadores primários como os *Sitophilus* sp. ou *R. dominica* quebram e são separados daquele intactos. A velocidade de impacto pode ser ajustada de tal forma que os insetos sejam mortos, mas os grãos não-danificados não são quebrados. No entanto, nem todos os insetos que correm através de um entoleter morrem imediatamente.

Apenas o revolvimento dos grãos pode controlar os insetos de produtos estocados, pelo esmagamento. Vários estudiosos têm investigado o efeito de impacto em grãos infestados. Um estudo mostrou, por exemplo, que movimentando o milho a cada duas semanas, as espécies *Sitophilus*, em 87%, *Tribolium*, em 75%, e *Cryptolestes*, em 89%, podem ser reduzidas. Em outro estudo foi demonstrado que algumas espécies eram particularmente susceptíveis aos danos durante o transporte pneumático dos grãos.

Os neonatos de *Acanthoscelides obtectus*, o inseto comum do feijão, precisam de um tempo superior a 24 horas para entrarem em um grão de feijão. Para isto, eles necessitam se espremer contra eles mesmos em feijões vizinhos para penetrar dentro da semente. A movimentação do feijão a cada oito horas reduz a população de *A. obtectus* em 97%, porque a larva neonata não é capaz de realizar totalmente sua entrada no grão.

3. EMBALAGENS

As embalagens fornecem uma barreira física que previne ou impede a infestação por insetos. No entanto, vários insetos têm capacidade para penetrar nas embalagens intactas, por exemplo, o *L. serricorne*, *Stegobium paniceum* (Linnaeus), *P. interpunctella*, *C. cautella*, *Corcyra cephalonica* (Stainton) e *Trogoderma variable*. Embora *Rhyzopertha dominica* também possa penetrar nas embalagens, são raramente encontradas em embalagens de alimento. Os outros insetos de produtos armazenados (*T. castaneum*, *T. confusum*, *C. ferrugineus*, *C. pusillus*, *O. mercator*, *O. surinamensis*) necessitam de uma pequena abertura para entrar nas embalagens.

Os materiais de embalagens, com o propósito de prevenir a penetração dos insetos, apresentam diferentes características. Também variam em superfície, dificultando a movimentação dos insetos de uma embalagem para outra.

4. PÓ INERTE

As argilas foram usadas como inseticidas pelos nativos da América do Norte e África há milhares de anos. Os estudos sobre a utilização de pós inertes em produtos armazenados começaram em 1920. A principal vantagem dos pós inertes é sua não-toxicidade. Os tipos mais comuns de pós inertes são: terra, terras diatomáceas e sílica. Argila, areia e terra têm sido usadas tradicionalmente como inseticidas na camada superior de sementes armazenadas. Terra diatomácea é um resíduo silicoso fossilizado de diatomas, que são plantas aquáticas unicelulares microscópicas, com uma fina concha formada de sílica opalina ($\text{SiO}_2 + n\text{H}_2\text{O}$). As conchas de diatomas têm-se acumulado há milhões de anos e alguns locais de depósitos podem ter centenas de metros de espessura. O maior constituinte desses depósitos é a sílica (SiO_2), embora haja pequenas parcelas de outros minerais (óxido de alumínio e ferro, calcário, magnésio e sódio). Atualmente, o principal uso de terras diatomáceas é para filtros.

O principal modo de ação dos pós inertes é que eles promovem uma dessecação dos insetos. Os insetos morrem quando eles perdem 60% de sua água ou cerca de 30% de seu peso corpóreo total. Além da perda de água, alguns pós absorvem ceras cuticulares dos insetos. A terra diatomácea, além de absorver a cera cuticular, tem efeito abrasivo sobre a cutícula. Pelo fato de os insetos de grãos armazenados viverem em ambientes muito secos e com acesso limitado a água livre, a retenção de água é crucial para sua sobrevivência. Também, uma vez que os insetos são muito pequenos, eles têm grande área superficial em relação ao peso de seu corpo, portanto, apresentam maior problema de retenção de água que os animais maiores. Os insetos protegem-se da dessecação de vários modos; no entanto, a graxa cuticular, que é destruída pelo pó, é um dos principais mecanismos para manter o equilíbrio hídrico.

Diversos fatores determinam a eficiência de pós inertes: maior capacidade dos insetos de obterem água do seu alimento, maior reabsorção de água durante a sua excreção, menor

perda de água através da cutícula, tipo de graxa cuticular ou o quanto ele se movimenta através dos grãos. Nem toda a mortalidade observada em grãos tratados com pó inerte pode ser atribuída à dessecação.

Os principais problemas com o uso de pós inertes decorrem do fato de eles diminuírem a densidade e o escoamento dos grãos. Por ser um pó, é difícil sua aplicação e, além do mais, é ineficiente em alguns casos. Pelo fato de os pós inertes aderirem à superfície dos grãos, aumentando a fricção entre eles, o grão não flui tão facilmente. Há um aumento do ângulo de repouso e a densidade total da massa. A terra diatomácea, na proporção de dois quilos por tonelada, causou diminuição de 4,4 quilos por hectolitro na densidade da massa de milho e 6,2 kg/hl em trigo. Uma vez que o dessecação é um modo de ação, a terra diatomácea não controla insetos em grãos úmidos tão bem como em grãos secos. Conforme colocado anteriormente, a aplicação de pó inerte pode ser indesejada em razão da poeira. Para minimizar este problema, aplicações aquosas para tratamento de superfície são usadas, embora isso diminua a eficiência dos pós inertes. As principais vantagens deste pó é que eles não são tóxicos para mamíferos e protegem continuamente os grãos dos insetos.

5. CONTROLE QUÍMICO

Muitos insetos são capazes de alimentar, desenvolver e multiplicar-se em sementes intactas, sementes danificadas ou cereais processados. Quando os grãos são armazenados em temperaturas entre 25 e 35°C, os insetos multiplicam-se rapidamente e podem causar perdas significativas, variando de perdas de peso a perdas de qualidade, como o decréscimo do poder germinativo, trocas bioquímicas e nutricionais em sementes, e contaminação por excrementos e partes do próprio inseto. A respiração, em virtude da grande população de insetos, também produz calor e umidade, favorecendo o desenvolvimento de fungos em produtos armazenados. Alguns insetos, tais como carunchos (*Sitophilus* sp.) ou os menores broqueadores dos grãos (*Rhyzopertha dominica* (F.)), alimentam-se diretamente das sementes inteiras, enquanto outros se alimentam de sementes danificadas ou fungos.

Insetos de armazenamento podem ser encontrados nos grãos e resíduos de farinhas, grãos velhos armazenados e na natureza, alimentando-se das sementes ou dos fungos debaixo das cascas das árvores. Atualmente, a safra de grãos pode ser rapidamente infestada por insetos voadores.

A prevenção e o controle dos insetos em produtos armazenados são importantes para fazendeiros, manuseadores e processadores de grãos e consumidores. O controle de insetos com inseticidas é mais usado em razão das facilidades para aplicação, maior rapidez de ação e é, atualmente, o método mais econômico. O inseticida ideal é aquele que mata rapidamente as pragas; não causa mal aos humanos ou ao meio ambiente; apresenta uma atividade residual de apenas o necessário; e que tenha um nível aceitável de contaminação. Além disso, não deve ser caro, ser de fácil manuseio e preparo e produzir odores de proteção.

Existem vários modos de ação para diferentes tipos de inseticidas. Diversas espécies de insetos e estágios de desenvolvimento de cada um deles respondem diferentemente para cada inseticida; por exemplo, os piretróides são mais tóxicos para as broqueadores que para os organofosforados. Alguns insetos, uma vez estabelecidos, são mais difíceis de ser controlados, pelo fato de se desenvolver dentro dos grãos, como, por exemplo, *R. dominica*.

INSETICIDAS DE CONTATO

Um número relativamente pequeno de inseticidas de contato é registrado para uso em cereais estocados e seus subprodutos. Os inseticidas de contato, registrados no Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária até 1995, os quais são adicionados diretamente nos grãos, no início da armazenagem, são: **Pirimifos-methyl** (Actellic 500 CE), para trigo, arroz, milho e cevada; **Deltamethrin** (K-Obiol 2 P), para milho em espiga com ou sem palha; **Deltamethrin** (K-Obiol 25 CE), para milho e trigo; **Permethrin** (Pounce 384 CE), para milho a granel; e **Fenitrothion** (Sumigran 500 CE), para milho, trigo, cevada e feijão.

Dentre as vantagens dos protetores de grãos sobre os fumigantes, podem-se citar: persistência prolongada, ou seja, por meses a anos; segurança na aplicação; exigência de menos equipamentos especializados; previnem o estabelecimento de pragas; e são largamente efetivos em estruturas construídas para estocagem que não podem ser fumigadas efetivamente. O maior ponto negativo dos protetores são os resíduos que permanecem no alimento, no entanto, eles geralmente degradam com o tempo de estocagem e com o processamento do alimento. Outros protetores de grãos geralmente usados em sementes de grãos são os pós inorgânicos, como a terra diatomácea ou o dióxido de silício, os quais matam os insetos por abrasão e dessecação quando gorduras são removidas da cutícula do inseto e o inseto não pode regular sua perda de água.

Alguns inseticidas de contato, usados para controlar população residual de insetos na armazenagem, são também empregados no tratamento de gretas e fendas do material estrutural como madeira, concreto ou aço utilizados em pisos, paredes etc. e tratamento localizado ou geral de sacarias e equipamentos. Em fazendas, todo resíduo deve ser removido dos armazéns no final do período de armazenamento e tanto o interior quanto o exterior do armazém devem ser pulverizados algumas semanas antes de enchê-lo.

Os tratamentos dos espaços vazios de armazéns ou dos espaços superiores acima de um produto são feitos ocasionalmente, a fim de controlar insetos voadores; para isso utilizam-se **Pirimifos-methyl** e **Deltamethrin**.

RESÍDUOS DE INSETICIDAS

Os limites máximos internacionais para resíduos de inseticidas em grão, grão processado e sementes oleaginosas, que resultam de aplicação na pré-colheita ou na pós-colheita, estabelecidos pela Organização Mundial da Saúde e pela Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO), são apresentados por White e Leesch (1996). Em sua maioria, os inseticidas de contato usados em armazéns são lipofílicos e acumulam-se em áreas de alto teor de gordura, tais como, no gérmen e farelo dos cereais, no óleo nas sementes oleaginosas.

DEGRADAÇÃO DOS INSETICIDAS

A degradação dos inseticidas de contato em grãos armazenados é afetado pelo teor de umidade e pela temperatura do grão. Altas temperaturas geralmente causam rápida degradação, mas os produtos químicos são mais tóxicos para insetos a altas temperaturas, embora alguns piretróides sejam mais tóxicos a temperaturas baixas. A presença de fungos

pode também acelerar a degradação de inseticidas para compostos não-tóxicos. O tipo de formulação do inseticida geralmente não afeta a taxa de degradação; entretanto, estas taxas aumentam consideravelmente quando a umidade dos grãos estão em equilíbrio com uma umidade relativa de 70% ou mais.

CLASSES E FORMULAÇÕES DE INSETICIDAS

As classes de inseticidas de contato usadas nos produtos armazenados inclui pirethrin sinergizada/piretróides e organofosforados. Os piretróides, além de caros, são extremamente irritantes para os aplicadores. Os compostos organofosforados são ótimos, com toxicidade apropriada e atividade residual.

As formulações líquidas, usadas como sprays, incluem concentrados emulsionáveis (CE), que são diluídos em água, e soluções que são dissolvidas em água ou óleo.

Formulações secas usadas como spray incluem pós higroscópicos, que geralmente contêm 50% ou mais de ingredientes ativos e permanecem suspensos em água; e pós solúveis que dissolvem em água. Pós que têm ingredientes ativos de inseticidas carregam partículas secas, tais como farinha de trigo, argila inerte, talcos ou pós inorgânicos, ou seja, ácido bórico ou dióxido de silício.

ATIVIDADE RESIDUAL DOS INSETICIDAS E SUA ABSORÇÃO PELOS PRODUTOS

A atividade residual de muitos inseticidas é acentuadamente diminuída em superfícies como o concreto, que, em razão da hidrólise, tem ph em torno de 10.5. A madeira tratada e o aço permanecem efetivos por longos períodos, por causa do ph moderado, em torno de 6.0. Isto é importante, pois em graneleiros e armazéns, os pisos são geralmente de concreto.

Nas estruturas dos armazéns, geralmente os insetos têm refúgio (fendas etc.) para se esconderem, mas muitos fatores afetam o comportamento de procura por refúgio. No entanto, todos os insetos eventualmente morrem, porque eles vagueiam; porém, se for usado um inseticida de baixa toxicidade ou se ocorrer uma degradação rápida, isto resultará em um controle inacabado.

Os fatores que afetam a absorção do inseticida pelo produto são: tipo de inseticida, tipo de grão (teor de óleo, tamanho do grão) ou do produto processado e armazenado, idade do armazém, temperatura e interações. A persistência e translocação do inseticida diminuem de acordo com o tempo de construção do depósito.

É geralmente recomendado que sementes oleaginosas não sejam armazenadas em estruturas recentemente tratadas com inseticidas, já que a maioria é lipofílica e rapidamente absorvidas pela semente, a qual é formada de 45% de óleo (colza, linho, girassol etc.).

FUMIGAÇÃO E ATMOSFERA MODIFICADA.

Somente duas técnicas para eliminar insetos já presentes em produtos naturais ou processados estão disponíveis: fumigação e atmosfera modificada, que empregam gases que penetram na massa do produto para matar os insetos presentes.

Fumigantes

No Brasil, os fumigantes são amplamente empregados e são considerados um tipo especial de pesticida/inseticida.

A fumigação é um processo de eliminação dos insetos pela exposição deles a um gás tóxico ou a uma mistura de gases. Uma importante propriedade do fumigante é a sua habilidade para penetrar em materiais tais como filmes de embalagens e mesmo dentro dos produtos. Para combater os insetos no centro da massa de grãos, o gás tóxico, dada a sua capacidade de difusão, atinge a praga. A difusão do gás está relacionada diretamente com o seu peso molecular e sua densidade.

Um conceito que tem sido usado para determinar a eficácia da maioria dos fumigantes é a concentração de produto x tempo de exposição. Este produto é obtido medindo-se a concentração do fumigante durante a fumigação e multiplicando-se a concentração média pelo tempo de exposição. Em outras palavras, é a área sobre a curva de concentração versus tempo. Se a concentração for aumentada, o tempo de exposição pode ser reduzido ou vice-versa. No entanto, o fator tempo é de fundamental importância, pelo fato de as altas concentrações de fosfina poderem causar aos insetos uma narcose. Em adição, a fosfina pode não ser absorvida pelo inseto na proporção direta de sua concentração. A narcose que ocorre em insetos tratados com fosfina tem sido também registrada para outros fumigantes.

Sob condições práticas, os principais fatores que determinam a concentração do fumigante depois da aplicação são temperatura, sorção e tempo de exposição do fumigante, umidade relativa, teor de umidade do produto que está sendo fumigado e vazamento. Em geral, quanto mais quente for a temperatura do produto, mais rapidamente o fumigante matará os insetos. O teor de umidade do produto afetará a absorção do fumigante e, no caso da fosfina, afetará a reação que libera o gás fosfina. Em geral, no que se refere ao sucesso da fumigação, o vazamento é o fator de maior preocupação.

Em qualquer fumigação é necessário manter o gás fumigante em contato com a praga durante certo tempo para que ocorra a morte. Se o local estiver mal vedado, o gás escapará e a fumigação não terá êxito. Isto é verdadeiro quando o envoltório for o próprio local de armazenamento, saco ou lona impermeabilizada. Outro fator simples, além da segurança, que também deve ser considerado é a vedação apropriada do envoltório no qual ocorrerá a fumigação. Mesmo pequenas fendas podem causar falhas, especialmente quando existem mudanças de pressão entre o interior e exterior do envoltório, em razão do vento ou do sol que podem atingir o envoltório.

O fumigante mais usado diariamente no controle de insetos dos produtos armazenados é a fosfina (PH_3). O brometo de metila (CH_3Br), embora tenha registro para grãos armazenados, é, atualmente, muito pouco utilizado.

A fosfina é um gás sem cor e insípido, com cheiro de alho ou peixe podre, quando se apresenta na formulação sólida de fosfeto de alumínio ou fosfeto de magnésio. Outras propriedades da fosfina são listadas na Tabela 1. Além do baixo peso molecular e baixo ponto de ebulição, a fosfina é somente 1,2 vez mais pesada que o ar, o que lhe permite misturar ao ar sem o sistema de recirculação. A maior desvantagem da fosfina é o tempo requerido para eliminar completamente o foco da população de pragas, que é de 3 a 7 dias.

Tabela 1 - Propriedades do fumigante fosfina

Propriedades	Descrição
Fórmula	PH ₃
Peso Molecular	34.08
Ponto de ebulição	- 87.4°C
Massa específica (ar=1)	1.214 a 0°C
Ponto de explosão (muito baixo)	1.79% de volume no ar
Odor	Pura → Inodora Em mistura → Alho ou peixe podre
Solubilidade em água (baixa)	26 cc/100ml a 17°C
Método de obtenção (para fumigação)	Fosfeto de alumínio (AlP) ou Fosfeto de magnésio (Mg ₃ P ₂) em reação com a umidade do ar)
Reação	AlP + 3H ₂ O → PH ₃ ↑ + Al(OH) ₃ Mg ₃ P ₂ + 6H ₂ O → 2PH ₃ ↑ + 3Mg(OH) ₂
Concentração letal para mamíferos	1 mg/L = 0.0718% = 718 ppm
Nome alternativo	2.8 mg/L (2800 ppm) Fosfeto de hidrogênio

Fonte: WHITE, N.D.G. e LESSCH, J.G. (1996)

A ação da fosfina em algumas espécies-alvos ou em alguns insetos roedores ocorre por causa da interrupção da respiração destes. Ela atua da mesma forma que o hidrogênio cianídrico, com a inibição da transferência de elétrons de oxigênio para o corpo.

Há muitas vantagens em se usar a fosfina na fumigação. Ela é facilmente aplicada e mistura-se com o ar para a sua melhor distribuição, penetrando no produto mais rapidamente. Pelo fato de ser uma molécula pequena, a fosfina difunde-se rapidamente e, conseqüentemente, a aeração do material fumigado é rápida. Além disso, deixa um resíduo mínimo após fumigação e aeração, não interfere na germinação, podendo ainda ser usada em sementes armazenadas.

O brometo de metila é um gás pouco colorido e com pouco odor nas concentrações usadas para fumigação. Em concentrações muito altas, o brometo de metila tem um odor adocicado, semelhante ao do clorofórmio. O brometo de metila pode ser usado sem nenhum risco de explosão, pois não é inflamável. Desde a sua descoberta, em 1932, o brometo de metila tem sido utilizado na fumigação de objetos e de estruturas.

O modo de ação do brometo de metila em ataque de pragas não é bem conhecido. Tem sido observado que ele age no sistema nervoso central e que os sintomas são freqüentemente retardados. Com isso, o procedimento correto é esperar no mínimo 24 horas depois da aplicação para se obter sucesso na fumigação.

A maior vantagem do brometo de metila está na sua alta toxicidade para as pragas, sua capacidade de penetrar nos materiais em diferentes temperaturas e pressões e não ser inflamável. Por causa destas propriedades, relativamente curtos períodos de exposição são necessários para se obter uma fumigação efetiva. Assim, o brometo de metila pode ser

usado quando o tempo é um fator crítico, tal como quando grandes quantidades de materiais devem ser fumigados em pouco tempo.

As desvantagens do brometo de metila são as seguintes: é um líquido e pode ser volatilizado no momento da aplicação; é mais pesado que o ar, mas pode ser recirculado depois da aplicação; tem sido recentemente relatado como um agente depletivo do ozônio; pode deixar resíduos em alimentos após a aeração; e a fumigação de alguns tipos de materiais pode não ser recomendada, pois reduz a germinação e, por este motivo, seu uso em sementes pode ser arriscado.

Tem sido recentemente reportado que o brometo de metila pode reagir com o ozônio, contribuindo assim para a diminuição da camada de ozônio, localizada na parte superior da atmosfera. O brometo de metila tem sido classificado como um ozônio depressor. O “U.S. Clean Air Act” (Seção 602) - Ação pelo Ar Puro - assim como o Protocolo de Montreal da Convenção de Viena de 1992, ordenam a redução da produção de brometo de metila até os níveis obtidos em 1991 e a eliminação de toda a produção e uso, incluindo a fumigação, até o ano 2001.

Atmosfera Modificada

Os humanos têm usado formas de atmosfera modificada (AM) por séculos. O armazenamento hermético de grãos é uma forma de atmosfera modificada, pela qual o grão por si só, através da respiração, cria uma atmosfera rica em dióxido de carbono e baixa em oxigênio. Esta técnica pode ter sido usada pelos egípcios séculos atrás e persiste até hoje na África, onde o armazenamento hermético é ainda utilizado para estocar grãos em vasos lacrados. Atualmente, a atmosfera é modificada para se conseguir ambientes com baixa concentração de oxigênio, através da adição de dióxido de carbono (CO₂), nitrogênio (N₂) ou pela recirculação de produtos da combustão. O termo “atmosfera controlada” usualmente refere-se ao processo de mudança da atmosfera pela introdução artificial de CO₂ ou N₂. Com a mudança da atmosfera de armazenamento, é possível criar um ambiente que não seja suportado pelos insetos ou pela microflora de armazenamento.

Vários tipos de atmosfera modificada têm sido estudados: alta concentração de CO₂ e, ou, N₂ com baixo O₂, alta concentração de CO₂ com redução de O₂, queima de gás (alto CO₂, baixo O₂ mais outros gases) e armazenamento hermético. Os métodos de aplicação normalmente usados são aqueles que produzem mais facilmente e economicamente a modificação requerida. Em instalações próximas das reservas do líquido de CO₂, pode ser mais vantajoso usá-lo para distribuição na atmosfera do armazém; no entanto, pode ser mais econômico usar a queima para abaixar o O₂ do armazém quando estiver distante da fonte de CO₂.

Há vasta literatura que descreve o uso de atmosfera modificada sobre insetos que infestam os grãos armazenados. A maioria dos estudos estão concentrados apenas no controle de espécies de insetos adultos dentro de condições de laboratório. Estes estudos têm mostrado que as espécies de insetos reagem diferentemente às atmosferas controladas, dependendo do estágio de vida do inseto, da temperatura e do teor de umidade do grão e da composição da atmosfera modificada.

Atmosferas modificadas têm muitas vantagens, pois eliminam os insetos de produtos estocados sem poluir a atmosfera e é mais seguro para aplicar que os tradicionais

fumigantes, tais como brometo de metila. Os resíduos, embora não sejam prejudiciais, não permanecem depois do tratamento do produto com N_2 ou CO_2 , e os efeitos da atmosfera modificada sobre as qualidades organolépticas dos produtos são mínimos quando comparados com os fumigantes tradicionais. Com a nova tecnologia, os sistemas de atmosfera modificada poderão ser produzidos por um custo de aplicação dentro da mesma variação dos custos de aplicação para os tradicionais fumigantes, tais como a fosfina.

As desvantagens do uso da atmosfera modificada para controle de insetos são o período de tempo requerido para obter o controle, bem como os custos de aplicação e de aquisição de quantidade suficiente para o tratamento local. Em adição, o CO_2 não pode ser usado em alguns produtos, porque pode formar ácido carbônico, o qual causa sabor de deterioração. Atmosferas modificadas geralmente requerem monitoramento contínuo durante o tratamento, ao passo que quando o fumigante é aplicado e recirculado por um curto período de tempo, não é necessário um constante sistema de monitoramento. O monitoramento constante da atmosfera modificada é exigido por causa dos requerimentos de baixo O_2 ou alto CO_2 e N_2 , que devem ser adicionados para manter as condições dentro da faixa desejada.

CONSIDERAÇÕES SOBRE SEGURANÇA PARA APLICAÇÃO DE FUMIGANTES E ATMOSFERAS CONTROLADAS

Tratando-se de materiais tão tóxicos como os fumigantes, a adesão às práticas adequadas de segurança é essencial. O conhecimento sobre a maneira de proteger os trabalhadores durante a aplicação e o processo de aeração representam apenas um aspecto da questão. A segurança começa com o planejamento da fumigação e continua na fase de aeração. Um elemento crucial de segurança é a habilidade em detectar o gás do fumigante. Vários dispositivos são comumente disponíveis para detectar o brometo de metila, a fosfina e outros fumigantes.

O dispositivo mais usado para detectar especificamente a presença do brometo de metila é o medidor de condutividade térmica. Várias versões deste dispositivo determinarão com precisão os níveis de brometo de metila a partir de concentrações muito altas até níveis próximos ao limite máximo permitido, 5 ppm. Para a fosfina, dois dispositivos podem ser facilmente usados na determinação de concentrações, visando à segurança e eficácia biológica. O primeiro é um tubo detector, com um composto que reage com a fosfina à medida que uma amostra de ar passa através do tubo. Assim que a mistura ar-fosfina passa pelo tubo, a fosfina reage com o produto químico, causando uma mudança de cor, que avança em direção descendente no tubo em proporção à concentração de fosfina na mistura original. Os tubos são graduados e a concentração de fosfina pode ser lida prontamente. Existem tubos disponíveis que podem ser usados para controlar (monitorar) os fumigantes depois da aplicação, a fim de decidir se a concentração letal de gás foi mantida, garantindo assim o sucesso da fumigação. Além dos tubos de detecção de gás, outro dispositivo usado para detectar a fosfina é o cromatógrafo a gás.

Os dispositivos para detectar CO_2 e O_2 consistem de células de condutividade térmica, tanto como um dispositivo sozinho quanto como um detector em um cromatógrafo a gás, e de tubos detectores muito semelhantes àqueles descritos acima para a fosfina. A detecção de N_2 é realizada com um dispositivo de condutividade térmica, geralmente um

detector fixado ao cromatógrafo a gás que separará o ar injetado em seus componentes separados.

TIPOS DE FUMIGAÇÕES

A fumigação de produtos é feita em duas formas gerais. A primeira é a de quarentena, na qual o produto sendo exportado ou importado deve ser fumigado para assegurar que a praga associada a ele não seja transportada para uma área onde a praga não exista. Estas fumigações, consideradas as mais rigorosas, podem ser realizadas no país de origem ou no país importador. No controle de quarentena o objetivo é matar 100% da população de pragas. Para alcançar este objetivo, o processo de fumigação é rigidamente controlado. Fumigação de quarentena geralmente ocorre em câmaras especialmente construídas e planejadas com determinadas proporções para que as concentrações de fumigantes e a temperatura do produto possam ser medidas através do processo de aeração e fumigação. Atenção particular é dada na vedação da câmara, para que o fumigante possa ser conservado a uma concentração que irá matar os insetos na temperatura do produto. O processo de aeração é também monitorado de perto, determinando o tempo após o qual o operador poderá, seguramente, entrar na câmara para remover o produto tratado.

Um outro tipo de fumigação realizada em produtos é o de controle, que é usado para matar pragas as quais podem danificar a carga, diminuindo assim sua vida de armazenagem. As fumigações de controle são conduzidas em uma variedade de produtos a granel ou embalados (natural ou processados).

No momento em que a fumigação ou o tratamento com atmosfera modificada for planejado, é extremamente importante formular um plano para realização da operação, por exemplo: preparar a carga para o tratamento, o qual inclui adequado selamento para fechamento; conduzir a fumigação ou o tratamento com atmosfera modificada e, se possível, medir a concentração de gases; e aerar o produto no final do processo.

Resistência aos Fumigantes

Embora o brometo de metila vem sendo usado por, aproximadamente, 60 anos, pouca ou nenhuma resistência foi desenvolvida para esse fumigante. Em 1976, a FAO e a Inspeção Global de Susceptibilidade a Pesticidas demonstraram que somente 4,7% das famílias testadas mostraram resistência ao brometo de metila, das quais 9,7% apresentaram resistência à fosfina. Quando a eliminação do brometo de metila vir a ser uma realidade, a dependência da fosfina deverá certamente crescer. Técnicas de aplicação deverão ser desenvolvidas, para evitar rigorosos problemas de resistência. Resistência à fosfina já tem sido demonstrada em várias espécies de pragas de produtos armazenados. A primeira resistência séria à fosfina foi observada na Índia. Logo depois, foi relatada em Bangladesh. Em muitas pesquisas que se seguiram, visando encontrar uma provável causa para a resistência, foi concluído que esta resistência ocorreu em razão das repetidas fumigações e técnicas ineficientes de fumigação. Pesquisas para identificar novos fumigantes e novos métodos e técnica de desinfestação são de grande importância para proteger os produtos armazenados até chegar ao consumidor. Atmosfera modificada certamente poderá ser uma solução parcial para reduzir o número de fumigantes disponíveis, mas, para tal propósito, pesquisa necessita ser desenvolvida.

Embora não tem sido relatada resistência para atmosfera modificada, tem sido observado que, em laboratório, a família do besouro-da-farinha *Tribolium castaneum* (Herbst) pode ser menos sensível à redução da concentração de oxigênio e ao aumento da concentração do dióxido de carbono.

Novos métodos de aplicação e de distribuição do fumigante fosfina têm sido descritos. Por exemplo, a distribuição de fosfina na massa de grãos pode ser melhorada se a formulação de fosfina for aplicada com uma pequena quantidade de CO₂. O uso desta técnica permitirá uma rápida penetração da fosfina em uma grande massa de grãos sem precisar instalar equipamentos de recirculação dentro do armazém.

Com relação ao meio ambiente, as pessoas estão preocupadas com os efeitos dos fumigantes na atmosfera. Com a descoberta do brometo de metila na estratosfera e de sua classificação como um dos destruidores da camada de ozônio, atualmente tem-se lutado pela sua eliminação. Mais pesquisas são necessárias para se detectar a quantidade e, principalmente, para verificar que quantidade de brometo de metila artificial contribui para a degradação da camada de ozônio na estratosfera.

Atmosferas modificadas não estão na mesma posição dos fumigantes em relação aos danos causados no ambiente, uma vez que elas são vistas como compostos que ocorrem naturalmente, provavelmente escapando de um intenso estudo, como ocorre para os fumigantes. Entretanto, é válido pensar que estes compostos podem ser perigosos para aplicar como fumigantes. Ambos, dióxido de carbono e nitrogênio são capazes de matar humanos. O primeiro é tóxico e tem valor limite tolerável de 5% no ar. Por outro lado, o segundo, embora apresente um nível natural de 78%, pode fazer com que a pessoa simplesmente adormeça, por causa da redução de oxigênio.

Novas pesquisas sobre fumigantes e atmosferas modificadas deverão ser diretamente incorporadas em programas de técnicas de manejo integrado de pragas (MIP) para armazenamento e proteção de produtos de todos os tipos.

O manejo de grãos armazenados é uma tarefa complexa e os inseticidas são apenas uma das ferramentas disponíveis para minimizar o dano em grãos e evitar perdas econômicas causadas por insetos. Os produtos químicos devem ser usados em conjunto com outras práticas de armazenagem num sistema de manejo integrado de pragas. Os produtos químicos escolhidos serão baseados no pequeno número de produtos registrados, custos, efetividade contra os insetos-praga presentes, resistência do inseticida, condições ambientais, formulação desejada e duração da atividade residual requerida.

6. CONTROLE BIOLÓGICO

As populações de insetos-praga tendem a aumentar exponencialmente se os ambientes disponíveis ao seu desenvolvimento oferecem alimento adequado, condições favoráveis e ausência de predadores e parasitas.

Historicamente, o controle de pragas tem sido realizado pelo uso de pesticidas, a fim de eliminar os insetos dos produtos armazenados. No entanto, o controle de pragas com pesticidas tem sido uma prática cada vez mais difícil, em razão principalmente da resistência desenvolvida por várias espécies. O controle biológico com a utilização de inimigos naturais tem tido grande apoio de pesquisadores que vêem nele uma solução para os problemas resultantes do controle químico.

No controle biológico empregam-se parasitas, predadores ou patógenos (microrganismos que causam doenças) para eliminar tais populações. Embora o controle biológico pareça ser novo no campo de pragas de produtos armazenados, ele foi usado em 1911 contra a traça-mediterrânea-da-farinha (*Ephestia kuehniella*) e tem uma longa história em outras áreas da agricultura.

A teoria do controle biológico é baseada no “controle natural”, em que se observa um balanço entre as populações de presas-predadores e parasitos-hospedeiros. Esta técnica emprega organismos benéficos como agentes de controle. Estes organismos são criados e liberados para posterior controle; patógenos de insetos específicos podem ser manipulados ou produzidos em massa para aplicação nas populações de pragas.

Os inimigos naturais podem ser classificados em vários tipos, de acordo com sua história de vida, ecologia e dinâmica populacional. Os predadores geralmente alimentam-se de muitas presas durante a sua vida, atacando, na maioria das vezes, indivíduos menores que eles próprios. Os parasitas podem ser classificados em parasitóides, macroparasitas e microparasitas. Os parasitóides são insetos que, em estágio imaturo, desenvolvem-se como parasitas (interno ou externo) em outros insetos. A fêmea parasitóide procura pelo hospedeiro e, após encontrá-lo, pica-o freqüentemente e o paralisa, ocasião em que coloca seus ovos. O parasitóide em desenvolvimento alimenta-se do hospedeiro e o mata antes de emergir como adulto.

Os macroparasitas compreendem os metazoários, por exemplo os insetos parasitóides, ácaros e nematóides, comumente referidos como “parasitas”.

Os microparasitas estão representados pelos patógenos microbianos, como vírus, bactérias, fungos, protozoários e rickettsia, que causam doenças contagiosas.

Embora os parasitas sejam freqüentemente considerados especialistas e os predadores generalistas, atualmente há muita variação entre as espécies de ambos os grupos no grau de especialização. A especificidade do hospedeiro e seu hábitat são importantes no entendimento de como as pragas podem ser atacadas por um agente de controle biológico em particular, além de reconhecer quais espécies podem ser atacadas.

É importante avaliar o efeito de pesticidas no controle natural. Predadores e parasitas são geralmente mais susceptíveis a pesticidas que os insetos-alvo. Depois de uma aplicação de inseticidas, as populações de pragas e seus inimigos naturais são eliminados; no entanto, se alguma praga sobrevive ou invade o local, a população crescerá rapidamente pela ausência de inimigos naturais.

A maioria dos insetos de produtos armazenados provavelmente não se adequam ao controle biológico clássico, pois seus inimigos naturais estão distribuídos tão amplamente quanto as pragas. Além disso, os produtos armazenados geralmente podem tolerar apenas populações muito baixas de pragas (abaixo do nível de dano econômico), principalmente se eles forem processados. Neste caso, o controle biológico “aumentativo”, que envolve maior manipulação que o controle biológico clássico, torna-se mais apropriado.

A “inundação” do local por repetidas liberações de criações em massa de inimigos naturais pode reduzir as populações de pragas abaixo do nível de dano econômico pelo aumento artificial da densidade de inimigos naturais. “Inoculação” envolve uma simples liberação de inimigos naturais para estabelecer uma população que, após sucessivas gerações, pode apresentar controle sustentável. A “Conservação” envolve uma variedade de

técnicas para atrair, reter e favorecer os inimigos naturais. Estas técnicas incluem aplicações artificiais de odores do hospedeiro que atraem os inimigos naturais (por exemplo, os cairomônios, que são substâncias liberadas pelas pragas que atraem os parasitóides ou predadores), suplemento alimentar, sítios de oviposição e condições ambientais favoráveis.

O controle biológico aumentativo requer o desenvolvimento de técnicas econômicas para criação em massa, armazenamento, transporte e aplicação de inimigos naturais. A qualidade dos inimigos naturais também é um sério problema, porque eles são sensíveis às condições do ambiente. Assim, pode ocorrer contaminação pelo contato com outras espécies ou linhagens, período de estocagem, pela alimentação inadequada ou pobre e pelas condições de liberação.

AGENTES DE CONTROLE BIOLÓGICO EM PRODUTOS ARMAZENADOS

Patógenos de Insetos

A aplicação de agentes microbianos para o controle biológico de pragas de produtos armazenados é semelhante à de produtos químicos. Entretanto, há muitos meios de utilização destes agentes para redução populacional de pragas e diminuição de danos. O uso mais comum é similar ao empregado em pesticidas (protetores), onde obtém-se controle imediato ou a longo prazo. *Bacillus thuringiensis* e vírus têm sido utilizados desta forma. A introdução de tipos inoculativos também deve feita pela inoculação direta ou pela contaminação de indivíduos da mesma espécie.

Dentre as vantagens do uso de agentes microbianos para o controle de pragas de produtos armazenados incluem: segurança para os organismos não-alvo, proteção a longo prazo, a não resistência, armazenamento por períodos extensos. Entretanto, efeitos indiretos devem ocorrer, pois todos os organismos estão competindo pelo mesmo hospedeiro.

Embora existam muitas vantagens no uso de agentes microbianos, há também algumas limitações para o seu uso. Sua ação é geralmente menor que os produtos químicos; no entanto, indivíduos infetados consomem pouco alimento, restringindo o seu dano. O desenvolvimento pode ser retardado ou completamente prolongado. A alta especificidade de alguns destes organismos, particularmente vírus e bactérias, pode não controlar todo o complexo de espécies. Para solucionar este problema, um patógeno deve ser desenvolvido para cada espécie no complexo, ou o patógeno deve ser capaz de infectar várias espécies.

Bactérias: muitas bactérias têm sido isoladas de insetos de produtos armazenados, primariamente de Lepidópteros. A maioria dos estudos destes organismos é com *Bacillus thuringiensis* (*Bt*). Bactérias como as *Bt* são patógenos facultativos que geralmente causam morte pelas proteínas inseticidas (toxinas) ou pela invasão da hemocele, causando a septicemia. Estas infecções geralmente provocam rápida mortalidade. Ambos os modos de ação podem estar presentes no mesmo organismo. Em geral, estes podem ser facilmente produzidos em larga escala através de procedimentos de fermentação.

A bactéria *Bacillus thuringiensis* está registrada para o uso em grãos nos Estados Unidos. Muitos trabalhos demonstram altos níveis de susceptibilidade em *Plodia interpunctella* e larvas de *Cadra cautella*. Estes estudos também revelaram a estabilidade relativa ao aquecimento de *Bt* quando aplicada aos grãos, e os autores acreditam que *Bt* e um vírus da granulose podem ser aplicados como protetores de grãos armazenados, a longo prazo.

Vírus: muitas viroses têm sido isoladas de insetos de produtos armazenados, dentre as quais incluem-se vírus da poliedrose nuclear, vírus da granulose, vírus da poliedrose citoplasmática etc. Diversos vírus isolados são obtidos de Lepidópteros, alguns de Coleópteros. Os melhores candidatos para agentes de controle neste caso referem-se ao vírus da poliedrose nuclear e ao da poliedrose citoplasmática, em razão de sua alta virulência, do tipo de infecção e da estabilidade. Os vírus são parasitos intracelulares restritos e dependem das células hospedeiras para a reprodução. A rota normal de infecção ocorre pela ingestão, embora alguns possam ser transmitidos sobre ou dentro do ovo (transovariano). Em virtude de seus requerimentos, os vírus somente podem ser produzidos em hospedeiros vivos ou “in vitro” em linhagens celulares de insetos.

Fungos: os fungos geralmente são patógenos facultativos de insetos. Entretanto, alguns são complicados de se criar em meios de cultura, dificultando sua produção em massa. Estes organismos penetram no corpo dos insetos via cutícula e alguns, via espiráculos. Geralmente a proliferação de fungos é muito dependente das condições ambientais, particularmente quanto à germinação do estágio infectante. Assim como as bactérias, as infecções por fungos são também muito severas. Embora alguns fungos sejam fáceis de se obter através de culturas, eles podem ter seu potencial de multiplicação reduzido depois da produção em meio artificial, a longo prazo. Uma vez ocorrida a infecção, os fungos atingem a hemocele e iniciam a reprodução, contaminando os insetos e, posteriormente, levando-os à morte.

Dentre os fungos mais estudados, encontra-se *Beauveria bassiana*, um patógeno de muitas pragas agrícolas. Em razão de sua dependência de condições de umidade altas e da falta de conhecimento dos fatores que afetam a virulência destes patógenos, eles não têm sido utilizados como agentes de controle microbiano de pragas de produtos armazenados. Estes organismos podem produzir toxinas nocivas aos homens e animais.

Recentemente, investigações preliminares têm sido feitas com fungos entomopatogênicos. Pesquisadores demonstraram a susceptibilidade de *Acanthoscelides obtectus* (Say) a diversos fungos, incluindo *Beauveria bassiana*, *Beauveria tenella*, *Metharhizium anisopliae*, e *Paecilomyces fumosa-roseus*. Entretanto, o potencial destes organismos como agentes de controle microbiano não foi descrito.

Protozoários: os protozoários são um grupo de patógenos mais estudado para pragas de produtos armazenados. Muitas espécies de insetos são regulados por eles, em maior ou menor extensão, em condições ambientais. Estes organismos são dependentes de insetos vivos ou células para se reproduzirem. São transmitidos oralmente, porém, em muitos casos, podem ser transmitidos pelo ovo ou entre machos e fêmeas em condições naturais.

Embora muitos destes organismos estejam sendo extensivamente estudados, poucos apresentam potencial como agente de controle biológico. Isto ocorre em razão de sua ação lenta e das infecções crônicas. Por serem parasitas restritos, os protozoários também requerem hospedeiros vivos para a reprodução. Poucos conseguem se reproduzir em linhagens celulares de insetos.

A maioria dos protozoários têm sido isolados a partir de pragas de produtos armazenados. Brooks, citado por Brower et al. (1996), discutiu a importância das infecções por protozoários na regulação das populações de insetos. Diferente dos vírus e das bactérias, muitos protozoários têm sido isolados de Coleópteros. Ao contrário da alta

virulência causada por algumas bactérias e viroses, as infecções por protozoários são súbitas e crônicas. Os sintomas e efeitos patológicos também podem variar consideravelmente.

Além de causar mortalidade durante os vários estágios de infecção nos insetos, a infecção por protozoários pode aumentar o tempo de desenvolvimento, reduzir a sobrevivência dos estágios adultos, aumentar a deformação nos adultos e interferir na reprodução. As respostas a vários fatores ambientais naturais ou artificiais podem ser influenciadas por estes organismos.

Embora haja muitas pesquisas básicas sobre infecções de insetos por protozoários, poucos estudos práticos utilizam estes organismos como agentes de controle microbiano. Dentre os poucos estudos conduzidos, alguns se referem a infecções em Coleópteros por protozoários em combinação a outros métodos de controle.

Um dos melhores exemplos do uso de protozoários para controle de pragas de produtos armazenados foram conduzidos por Schwalbe et al. e Burkholder e Boush, citados por BROWER et al. (1996). Inicialmente eles mostraram que *Mattesia trogodermæ* pode causar altos níveis de infecção em *T. sternale*, *T. simplex*, *T. glabrum* e *T. inclusum*. *Trogoderma grassmani* e *T. variabile* não são infectadas nestas condições. Eles encontraram que em média uma larva infectada/50 g reduz, em média, a produção de adultos à 25%, enquanto 25-50 larvas infectadas/50g causam 100% de infecção de larvas e completa supressão de produção de adultos. A alta mortalidade larval, em combinação com a transmissão horizontal e vertical, e a alimentação por insetos mortos e o canibalismo com a habilidade dos adultos de transmitir esporos a outros insetos, levou os pesquisadores a desenvolver técnicas de autoinoculação para a distribuição do patógeno.

Rickettsia: somente alguns exemplares destes organismos têm sido isolados a partir de insetos de grãos armazenados. São também parasitas intracelulares do tubo intestinal dos artrópodes (piolho, pulga etc.), e certas espécies tendem a parasitar vertebrados, inclusive o homem. Suas dimensões estão próximas ao limite de visibilidade do microscópio. Dependem de células dos hospedeiros vivos para a reprodução. As infecções causadas por estes agentes são geralmente crônicas, embora possam produzir impacto significativo na população de insetos. Estes organismos não têm sido explorados em programas de controle biológico.

Parasitas e Predadores

O controle biológico no armazenamento é um processo de grandes vantagens. A liberação de agentes de controle biológico dentro de estruturas armazenadoras, eles são protegidos das variações do tempo. Agentes biológicos não levam resíduos químicos nocivos para o local de armazenagem e a maioria é inofensiva ao homem. Uma vantagem adicional, a longo prazo, é que as pragas de produtos armazenados (hospedeiros) não desenvolvem resistência aos seus parasitas e predadores. Os agentes de controle biológico para pragas de produtos armazenados geralmente são muito pequenos, possuem ciclo de vida curto e alto potencial reprodutivo. Eles freqüentemente apresentam padrões de densidade dependentes em relação à abundância da praga.

Os parasitas de pragas de armazenamento também apresentam limitações para seu uso geral. Por exemplo, possuem alta especificidade pelo hospedeiro e, nestes locais, pode

haver várias espécies formando um complexo de pragas. Os predadores tendem a atacar uma faixa mais ampla de presas e, provavelmente, devem ser usados em conjunto com os parasitas liberados. Atualmente, algumas técnicas de controle biológico tornam-se mais dispendiosas que o controle químico convencional, mas este quadro, em razão do avanço das técnicas de criação em massa e do desenvolvimento de dietas artificiais, tende a ser invertido. O uso efetivo destes agentes requer freqüente liberação ou introdução. Uma desvantagem que deve ser considerada é uma possível contaminação dos produtos por fragmentos de insetos de um grande número de parasitos e predadores.

PARASITAS DE INSETOS

Nematóides: muitos nematóides parasitas são prejudiciais a plantas, animais e humanos, mas um pequeno e significativo número destes são parasitas de insetos e podem ser considerados de importância pelo seu potencial como agente no controle biológico de insetos-praga. Infelizmente, os nematóides têm mostrado pequeno potencial no controle de pragas de grãos armazenados, pelo fato de requererem geralmente umidade, caso contrário não infestam seu hospedeiro.

A mais promissora aplicação de nematóides é quando se utiliza na redução de infestações provenientes do campo, antes que os produtos sejam estocados. Um bom exemplo é o controle de *Amyelois transitella* em pomares por aplicação do nematóide, *Neoaplectana carpocapse* Weiser em uma solução-spray nas rachaduras das árvores. O potencial de aplicação de nematóides para pragas de grãos armazenados ainda carece de considerações.

Hymenoptera: muitos parasitóides que atacam insetos-praga de produtos armazenados são da ordem Hymenoptera. Eles podem atacar ovo, larva ou pupa, dependendo das características ecológicas de seus hospedeiros. As pragas de grãos armazenados apresentam algumas características, principalmente com relação ao hábito alimentar. As pragas que se alimentam do conteúdo interno dos grãos de cereais e leguminosas são *Sitophilus* sp., *Rhyzopertha dominica* (F.), *Prostephanus truncatus*, *Sitotroga cerealella*, *Callosobruchus* sp., *Zabrotes subfasciatus* (Boheman), e *Caryedon serratus* (Olivier), das quais as larvas se desenvolvem no interior dos grãos ou das sementes. Estas espécies são atacadas por uma gama de parasitóides, que são capazes de se arrastar pelo grão, detectar a semente infestada, picar o hospedeiro imaturo e ovipositar. Depois de eclodir, a larva consome esse hospedeiro e emerge como um adulto. Parasitóides que atacam larvas e pupa desses hospedeiros escondidos são capazes de parasitar mais de uma espécie. Dentre os parasitóides estão os pteromalídeos: *Anisopteromalus calandrae* (Howard), *Lariophagus distinguendus*, *Pteromalus (Habrocytus) cerealellae* (Ashmead), e *Theocolax (Choetospila) elegans* (Westwood).

Outra variedade de parasitóides himenópteros que ataca estágios imaturos das pragas alimenta da parte externa dos grãos. Os ovos expostos de muitas espécies de praga podem ser parasitados por pequenos parasitóides, particularmente pelas espécies de *Trichogramma*, que geralmente são capazes de atacar grande número de hospedeiros em laboratório. Por outro lado, na natureza elas tendem ser específicas em hábitat, atacando hospedeiros suscetíveis. *Trichogramma pretiosum* e *T. evanescens* Westwood atacam ovos de Lepidóptera, por exemplo, *Cadra cautella*, *C. figulilella*, *Ephesia elutella* e *Plodia interpunctella*.

Muitas larvas de mariposas pyralides (*Ephestia kuehiella*, *Cadra cautella*, *Ephestia elutella*, *Plodia interpunctella*) são parasitadas por *Habrobracon* (*Bracon*) *hebetor*. Os parasitóides aparentemente preferem atacar larvas em estado avançado de desenvolvimento.

Parasitóides e predadores podem ser usados para diminuir a infestação de produtos ensacados, pelo fato de reduzirem as populações de pragas.

PREDADORES DE INSETOS

Uma grande variedade de predadores ataca pragas de produtos armazenados, mas muitos deles não têm papel significativo no equilíbrio das populações das presas. Muitos desses predadores são provavelmente visitantes ocasionais em situações de armazenamento, pois as condições ideais para o seu desenvolvimento são raras.

Muitos dos predadores dos insetos de grãos armazenados são da ordem Hemiptera. O mais estudado dos predadores hemipteras é *Xylocoris flavipes* (Anthocoridae), o percevejo-pirata-de-armazém, que é geralmente encontrado em armazém de amendoim, silos de grãos e outras estruturas de armazenamento. Diversas outras espécies de percevejos predadores parecem ter um grande potencial para suprimir populações de pragas se as condições são favoráveis.

Inúmeros besouros (Coleópteros) são também conhecidos como predadores facultativos de pragas de produtos armazenados, mas muitos deles podem ser pragas na ausência das presas. Poucas espécies, no entanto, parecem ser predadores obrigatórios, por exemplo alguns Histeridae e Cleridae. Diversas espécies de pequenos histerídeos são comumente encontradas associadas com situações de armazenamento, onde são provavelmente predadores de pragas, mas, excepcionalmente, eles não têm sido estudados como predadores. A exceção é a espécie *Teretriosa nigrescens*, considerada predadora do maior broqueador dos grãos, *Prostephanus truncatus*.

Os ácaros são muitas vezes associados aos produtos armazenados e a maioria das espécies são consideradas pragas. Contudo, alguns pesquisadores do ecossistema de grãos armazenados encontraram uma comunidade de ácaros que agem como predadores. Muitas destas espécies primeiramente interagem, cada qual com sua presa e com o ambiente ao seu redor, mas alguns deles atuam como predadores (ectoparasitas) dos insetos presentes.

No momento, as pesquisas relacionadas com ácaros como agentes de controle biológico de pragas de grãos armazenados estão concentradas na espécie *Pyemotes tritici*. É do conhecimento dos estudiosos de pragas de grãos armazenados que a infestação de *P. tritici* no armazenamento é grande e pode ser usada como um parasita em potencial, atuando como agente de controle biológico para pragas de armazenamento. *P. tritici* foi registrado atacando todos os estágios larvais de *P. interpunctella*, *C. cautella*, *O. mercator* e *L. serricornis* e todos os estágios, exceto os adultos, de *T. castaneum*. Ataques a outras pragas de grãos também são conhecidos, por exemplo, *Sitotroga cerealella*. Infelizmente o seu uso como agente de controle biológico comercial pode ser limitado, porque também atacam o homem.

Recentemente, Faroni (1992) encontrou, pela primeira vez, o ácaro *Acarophenax lacunatus* (Cross e Krantz) (Prostigmata: Acarophenacidae), parasitando populações de *Rhyzopertha dominica* (F.), uma das principais pragas de grãos armazenados. O ácaro *A. lacunatus* foi encontrado primeiramente junto a uma criação de *Cryptolestes ferrugineus*

(Stephens) por Cross e Krantz, em 1964, quando o identificaram e o descreveram como sendo da subordem Prostigmata e da família Pyemotidae. Logo depois, em 1965, Cross reclassificou todos os indivíduos do gênero *Acarophenax*, introduzindo-os em uma nova família: Acarophenacidae (Magoswski 1994). Os ácaros desta família apresentam uma característica bastante peculiar no seu processo reprodutivo, em relação aos demais representantes da classe Acari, que é o processo chamado de fisiogastria. O processo de fisiogastria caracteriza-se pelo desenvolvimento da progênie no interior da fêmea, semelhante ao processo de ovoviviparidade observado em alguns répteis e, até mesmo, em alguns ácaros da família Phytoseiidae.

A introdução do ácaro *Acarophenax lacunatus* como agente de controle biológico de *Rhizopertha dominica* ocorreu somente depois de um estudo completo de sua eficácia como inimigo natural no controle das populações de sua presa; este estudo foi realizado por Faroni e Matioli desde 1993 até o final de 1996. Os autores encontraram que *A. lacunatus* é bastante eficiente no controle das populações de *R. dominica*, causando reduções de até 94% das populações do inseto adulto, e 99% dos ovos e larvas, num período de 45 dias.

Os ácaros também parecem ter um grande potencial para controlar outras espécies de ácaros que são pragas de armazenamento. Muitas pesquisas sobre o uso de ácaros predadores têm sido conduzidas e o trabalho tem sido direcionado principalmente no que se refere à aplicação em grãos armazenados ensacados. Um destes ácaros predadores usados é *Cheyletus eruditus* (Schrank), membro da larga família de ácaros predadores (Cheyletidae).

PLANEJAMENTO PARA UM PROGRAMA DE CONTROLE BIOLÓGICO

Um programa de controle biológico para pragas de produtos armazenados requer cuidadoso planejamento. Não é simplesmente uma matéria viva de parasitóides e predadores selecionados de uma lista. Muitos dos inimigos naturais são hospedeiros específicos, podendo-se determinar qual a espécie de praga está causando o problema.

Controle biológico é mais efetivo quando há uma relação de parasita para cada hospedeiro, como 1:2. Cada parasita pode atacar inúmeros hospedeiros por dia. Por exemplo, *Cephalonomia waetrstoni* pode parasitar acima de 14 *Cryptolestes ferrugineus* ao dia, e oviposita de dois a três ovos por dia.

A integração do controle biológico com outro método de controle é muito importante. Alguns métodos são compatíveis, outros não. Um exemplo de um perfeito método de controle compatível é o uso de parasitóides mais aeração do trigo. Nesse sistema, os parasitóides são liberados nos grãos cerca de três semanas depois do armazenamento. Os parasitóides inibem as populações de insetos antes que excedam os níveis de danos econômicos durante os meses de verão, até que a aeração possa ser usada para resfriar o grão.

Os inseticidas têm sido tradicionalmente incompatíveis com a aplicação de controle biológico; algumas vezes eles afetam os parasitóides e predadores mais severamente que a praga-alvo. Por exemplo, organofosforados, piretróides e carbamatos foram mais tóxicos para *Anisopteromalus calandrae* que para *Callosobruchus maculatus*. Uma forma de reduzir a incompatibilidade de inseticidas com o controle biológico é usar formulações de alta “seletividade”, a qual é mais tóxica para pragas que para os agentes de controle

biológico. Por exemplo, permetrina teve menor impacto na sobrevivência do adulto e fecundidade de *Habrobracon hebetor* que piretrina ou butóxido de piperonila.

Inseticidas microbianos como *Bacillus thuringiensis* (*Bt*) são algumas vezes mais seletivos que componentes sintéticos; no entanto, eles podem adversamente afetar parasitóides e predadores. Por exemplo, *Bt* infectando larva de *P. interpunctella* reduziu a oviposição e longevidade de *H. hebetor* e diminuiu a velocidade de ataque e fecundidade de *X. flavipes*. Entretanto, se inimigos naturais atacam preferencialmente hospedeiros que recebem baixas doses ou que são menos suscetíveis para inseticidas ou patógenos, a compatibilidade pode ser melhorada.

O controle biológico promete ser um componente importante de estratégias do manejo integrado de praga, em muitos tipos de unidades armazenadoras. É importante entender que controle biológico pode apenas ser usado como uma profilaxia, e não estratégia de remediação, e pode ser mais efetivo quando integrado com outras estratégias como sanitização, fumigação, aeração e empacotamento.

O tipo de produto, o meio ambiente e as condições de armazenamento podem afetar decisões sobre quando e como muitos agentes de controle biológico podem agir. A qualidade dos próprios agentes de controle é um assunto sério porque sua eficácia pode ser afetada pelas condições durante produção, genética, criação, armazenamento, preço e condições de manuseio.

Nos Estados Unidos, os agentes de controle biológico já estão legalizados para uso em muitas situações de armazenamento de alimentos. *Bt* é utilizado comercialmente e pelo menos um insetário comercial é abastecido de poucas espécies de parasitóides e predadores apropriados para produtos armazenados. No entanto, para ser realizado é preciso que haja um sistema de regulamentação de parasitóides ou predadores, estabelecendo eficácia, segurança e forma de aplicação, como existe para inseticidas químicos ou biológicos.

7. MEDIDAS DE RESISTÊNCIA E MANEJO

Os inseticidas registrados para o controle de insetos em produtos armazenados variam de um país para o outro. Também o tipo e número de inseticidas registrados dentro de um país vão depender em muito da necessidade e existência de regulamentações. Por exemplo, piretróides, tal como a Deltamethrin, não são registrados para uso em grãos armazenados nos EUA, mas este produto é recomendado na Austrália, para trigo armazenado. Os inseticidas são muito utilizados para manejo de insetos de produtos armazenados porque seu uso é simples e efetivo. O uso excessivo dos inseticidas tem resultado na diminuição da eficiência destes produtos para o controle efetivo dos insetos no armazenamento. Há várias razões para que isso aconteça. O fracasso pode ocorrer se o inseticida é aplicado em doses menores das indicadas, resultando numa exposição dos insetos em níveis subletais. Geralmente este problema pode ser corrigido pela correta calibração dos equipamentos de aplicação e pela velocidade do fluxo de grãos durante a aplicação dos protetores. No caso dos fumigantes a vedação apropriada é importante para manter o nível letal da concentração do gás. A aplicação desigual dos inseticidas nos produtos armazenados, depois do aparecimento de uma pesada infestação, pode permitir que alguns insetos escapem do tratamento. A razão mais importante para o possível fracasso do inseticida é o surgimento de resistência na população de insetos.

I. RESISTÊNCIA

É a habilidade dos indivíduos de uma espécie resistirem a doses de substâncias tóxicas, que deveriam ser letais para a maioria dos indivíduos em uma população normal. Em uma população de insetos, muito poucos indivíduos possuem os genes para a resistência. Em outras palavras, a maioria dos insetos são suscetíveis. Quando um inseticida é aplicado em uma grande porção dos indivíduos suscetíveis (95% ou mais), essa população morre e os resistentes sobrevivem. Os que resistem podem se multiplicar com outros resistentes ou com indivíduos suscetíveis que imigraram para a área tratada. Como resultado, os indivíduos descendentes podem ter somente genes resistentes, genes suscetíveis ou uma combinação de ambos. Se a resistência é governada por um só gene, então indivíduos com os genes resistentes podem ser conhecidos pelo genótipo RR (homozigoto resistente), genes susceptíveis pelo genótipo SS (homozigoto susceptível) e ambos os genes pelo genótipo RS (heterozigoto resistente). A proporção relativa dos genótipos RR, RS, SS na população depende da pressão de seleção exercida pelo inseticida e da frequência de acasalamento entre os genótipos. Sem uma análise genética ou sem os marcadores genéticos que confirmam uma diferença na cor do corpo para os genótipos RR ou RS seria difícil diferenciá-los. Portanto, se uma dose mata 80% dos genótipos SS, os 20% restantes são ditos fenotipicamente resistentes, embora não se saiba se os sobreviventes contêm os genótipos RS ou RR. O repetido uso de inseticidas elimina os suscetíveis (SS) e, gradualmente, a maioria dos insetos da população será constituída de RS e RR. Neste estágio, o fracasso do controle torna-se aparente. Aumentando-se a dose do inseticida, indivíduos com o genótipo RS poderão ser eliminados e a população de insetos sobreviventes será constituída do genótipo RR.

O número de gerações requeridas para desenvolver resistência varia de acordo com a pressão de seleção do inseticida, com a constituição genética do inseto, espécie, com o estágio e o meio. Por exemplo, em *Anthrenus flavipes* Casey, uma resistência de 70 vezes à permethrin ocorreu depois de 22 gerações de seleção em laboratório.

Pesquisadores desenvolveram um programa de computador para demonstrar como a resistência aos inseticidas desenvolve-se nos insetos. Durante a evolução da resistência (de SS para RS e RR), pode haver um custo metabólico ou reprodutivo para o inseto. Por exemplo, a fêmea resistente pode não ovipositar tantos ovos quanto a suscetível, ou os insetos resistentes podem ter o período de ovo a adulto mais longo que os insetos suscetíveis, sob condições similares do meio.

Em uma população de insetos a resistência pode ser documentada com base em vários critérios quantitativos, especialmente em situações em que tratamentos com inseticida são repetidamente aplicados para o controle de insetos. A resistência é suspeita se altas doses são requeridas para alcançar uma mortalidade constante de insetos; se há significativo decréscimo na susceptibilidade dos insetos para uma quantidade fixa do inseticida; se é necessário maior período para obter uma mortalidade fixa de insetos; e se a mortalidade das populações da espécie no campo frequentemente expostas aos inseticidas for significativamente menor que a das mesmas espécies com pouca ou nenhuma exposição ao inseticida.

Testes bioquímicos rápidos têm sido desenvolvidos para detectar enzimas degradadoras de inseticidas específicos em insetos individuais (mosquitos). No entanto,

estas técnicas não têm sido desenvolvidas para detectar resistência em insetos de produtos armazenados. Uma avaliação prática para a resistência poderia ser baseada no grau de expectativa do controle no campo e não somente na avaliação de laboratório da dose requerida para matar uma certa porcentagem da população.

Há vários mecanismos pelos quais os insetos resistentes são capazes de se desintoxicar dos inseticidas. Os inseticidas, especialmente os organofosforados, são desintoxicados pela ação de enzimas, tais como as oxidases de função mista, hidrolases e transferases. As oxidases de função mista também degradam carbamatos e piretróides. Em adição, mecanismos como penetração reduzida e transporte do inseticida para o sítio-alvo (sistema nervoso), insensibilidade do sítio de ação e aumento da excreção também conferem resistência. Ao lado de mecanismos bioquímicos e fisiológicos, os aspectos comportamentais também podem selecionar insetos para a resistência. A resistência comportamental ocorre se os insetos são repelidos pelo inseticida. Para que a resistência comportamental ocorra, os insetos devem entrar em contato com o inseticida ou um substrato tratado com o inseticida. A repelência ocorre se os insetos são capazes de detectar as moléculas do inseticida no ar antes que realmente entrem em contato com o substrato tratado, favorecendo assim a seleção dos insetos, os quais são capazes de detectar a substância tóxica e evitá-la. A evacuação comportamental, independente de estímulo ou resistência, ocorre se os insetos naturalmente evitam áreas tratadas com inseticidas. Em resistência comportamental independente do estímulo, os insetos aumentam sua chance de movimentação para áreas livres de inseticidas. Neste tipo de resistência a evacuação pelo inseto não acontece por causa do efeito irritante ou repelente do inseticida. É importante observar que insetos com resistência comportamental são susceptíveis aos inseticidas, mas têm alterado seu comportamento para evitar áreas tratadas com inseticidas. Se a resistência comportamental depende do primeiro contato do inseto com o inseticida, então a resistência fisiológica poderá aumentar ainda mais a sua chance de sobrevivência que a resistência comportamental. A taxa de resistência desenvolvida nos insetos pode ser determinada pela relação entre a resistência comportamental e fisiológica. Se as duas respostas estão negativamente correlacionadas (aumento em uma resistência resulta decréscimo na outra), então insetos altamente resistentes por comportamento tendem a ser extremamente susceptíveis e vice-versa. Em outras palavras, sobreviventes por resistência comportamental aumentarão a frequência de genótipos SS na população. A presença e manutenção de genótipos SS na população são importantes para o manejo da resistência.

RESISTÊNCIA EM INSETOS DE PRODUTOS ARMazenADOS

A extensão do problema da resistência em insetos de produtos armazenados pode ser medida pelo número de critérios, incluindo número de espécies resistentes, distribuição geográfica, número de inseticidas e fumigantes para os quais se tenha desenvolvido resistência, número de diferentes tipos de armazenagem e facilidades de processamento, o nível dessa resistência e a dimensão com que cresce. As diversas características dos ecossistemas de produtos armazenados contribuem para o lento desenvolvimento da resistência em linhagens de campo. A aplicação de inseticidas raramente cobrem todas as áreas do armazém, o que possibilita a sobrevivência dos indivíduos susceptíveis nas áreas não tratadas. Uma alta rotatividade de produtos nos armazéns facilita a introdução de

insetos susceptíveis. Finalmente, a fumigação, que é muito utilizada como medida de controle, pode eliminar insetos resistentes e susceptíveis aos protetores de grãos.

Existem relatos oriundos de vários países sobre a resistência de vários insetos aos protetores de grão do grupo dos organofosforados e fumigantes. Uma breve discussão sobre o problema da magnitude da resistência e a resistência cruzada (ocorre quando um simples mecanismo de defesa confere resistência contra inseticidas) de insetos de produtos armazenados a inseticidas será apresentada, incluindo notas dos que afetam a resistência, aptidão à resistência individual e a herança da resistência.

Adultos de cinco espécies, obtidos de 18 países tropicais, foram testados quanto à resistência à fosfina, usando-se o método de diagnóstico de dose da FAO. Os insetos sobreviventes à dose-diagnóstico foram testados com alta dose de fosfina e longo tempo de exposição. Aumentos na dose e duração do tempo de exposição são importantes porque algumas espécies de insetos são capazes de regular a quantidade de fosfina, elevando o estado de depressão metabólica usualmente descrito como narcose. Os pesquisadores encontraram que os estágios (larva e pupa) e adultos de linhagens susceptíveis de *T. castaneum* absorveram muito mais inseticida em relação às resistentes em condições aeróbicas. Mecanismos similares foram observados em *R. dominica*, *C. ferrugineus* e *O. surinamensis*.

No Brasil, Mello (1970) cita resistência de *S. oryzae* ao DDT, lindane e malathion, e Pacheco et al. (1991) observaram resistência a organofosforados em *S. oryzae*, *T. castaneum* e *R. dominica*. Nestas três espécies, Sartori et al. (1991) documentaram resistência à fosfina. Resistência ao DDT e piretróides foi detectada em seis raças de *S. zeamais*, coletados em quatro estados do Brasil (GUEDES, 1993). Pacheco et al. (1991), usando o método de dose diagnóstico, avaliaram resistência a malathion, pirimifós-methyl e fenitrothion em *S. oryzae*, *S. zeamais*, *R. dominica* e *T. castaneum*. As linhagens dos insetos avaliadas eram originadas de áreas de armazenamento de grãos, e foram coletadas entre 1986 e 1989. Resistência ao malathion foi generalizada em *S. oryzae*, *R. dominica*, e *T. castaneum*. *Sitophilus zeamais* foi susceptível a todos os três organofosforados. Em poucas linhagens de *S. oryzae*, *R. dominica* e *T. castaneum* foram encontradas resistência a pirimifós-methyl e fenitrothion. A resistência de *R. dominica* ao malathion foi predominantemente do tipo específica, e em *T. castaneum* foi do tipo não-específica. Algumas linhagens de *T. castaneum* resistentes ao pirimifós-methyl foram também resistentes ao fenitrothion.

À proporção que os insetos vão desenvolvendo resistência a um determinado inseticida, tornando-o ineficiente, novos produtos deveriam ser utilizados. O uso de novos inseticidas pode oferecer excelente controle inicial dos insetos, mas, com o tempo, certas espécies são capazes de desenvolver resistência aos novos produtos, fazendo-os ineficientes. Os piretróides são estáveis nos grãos e, frequentemente, protegem por longo período e em baixas doses (menos que 2 ppm). Entretanto, os insetos podem desenvolver alto nível de resistência aos piretróides. Quanto ao uso de atmosfera modificada no manejo de pragas de grãos armazenados, verificou-se que *T. castaneum* pode desenvolver baixo nível de resistência a baixas concentrações de O₂ e altas concentrações de CO₂. *S. granarius* desenvolveu resistência tripla ao CO₂ depois de sete gerações de seleção em laboratório. Resultados semelhantes foram registrados por outros pesquisadores.

Os parasitóides e predadores de insetos de armazenamento podem ser naturalmente tolerantes aos inseticidas; assim sendo, estes inimigos naturais tolerantes aos inseticidas podem ser selecionados, criados em massa, e liberados dentro dos armazéns para complementar outras estratégias de manejo de insetos. Pesquisadores estudaram a sobrevivência e reprodução da vespa parasita *Habrobracon hebetor* em larvas de *C. cautella* tratadas com permethrin. O tratamento típico de permethrin em 0,013-0,53 mg/g/larva produziu 20-97% de mortalidade das larvas da praga. Na mesma dose, somente 0-35% de mortalidade ocorreu do parasita *H. hebetor*. Resistência induzida pelo inseticida em inimigos naturais, através de seleção ou manipulação genética/biotecnológica, tem potencial para manejo de insetos em produtos armazenados, onde inseticidas são freqüentemente usados mais como um substituto que como suplemento de estratégias não-químicas de manejo .

Programas de manejo da resistência

O melhor modo de retardar a resistência ao inseticida é o manejo integrado de pragas (MIP). O MIP utiliza métodos não-químicos ao invés de pesticidas, só aplicando-os se a densidade da praga atinge o nível de dano econômico. Os inseticidas podem ser usados em misturas, rotação, mosaico (algumas áreas tratadas com um produto e outras com outro) além de outros métodos. Misturas de inseticidas, embora sejam de alto custo, podem ser a estratégia mais efetiva, porque poucos insetos são provavelmente resistentes a dois ou mais produtos. No período de aplicação do produto, o sistema de rotação é melhor que o uso seqüencial, porque os genótipos susceptíveis têm, geralmente, uma vantagem reprodutiva sobre os genótipos resistentes, na ausência do inseticida. A freqüência do genótipo susceptível pode aumentar durante o período em que o inseticida não é usado. O uso de mistura de inseticidas para retardar o desenvolvimento de resistência nem sempre é melhor que o sistema de rotação.

Os estudiosos de programas de manejo de resistência de insetos de produtos armazenados deveriam confiar totalmente em métodos não-químicos, porque o número de inseticidas disponíveis poderá limitar o uso da tática de múltiplos inseticidas para o manejo.

O monitoramento da resistência é importante para que sejam tomadas decisões a respeito do manejo desta, sendo que sua detecção deve ocorrer antes que os alelos alcancem a freqüência de 1% na população. O fracasso do controle pode ocorrer dentro de uma a seis gerações, ou seja, depois que a resistência alcance este nível. O monitoramento pode ser usado para escolher um programa apropriado de manejo de resistência, avaliar o sucesso do programa e aperfeiçoar modelos de previsão. Pesquisadores recomendam que os programas sejam flexíveis para incorporar novas descobertas no manejo.

8. MANEJO INTEGRADO DE PRAGAS

O MIP pode contribuir grandemente para a redução do uso de inseticidas, evitando aplicações desnecessárias e métodos de controle não-químicos. O MIP é uma técnica que visa à utilização racional dos diversos métodos de controle de pragas.

1- Nível de ação

É a densidade da população do inseto ou o nível de dano em que se deve realizar o controle do inseto. Análises de custo-benefício no MIP são baseadas no nível do prejuízo

econômico, que é a densidade do inseto que causa uma redução no valor de mercado maior que o custo de seu controle.

2- Qualidade ou perda de peso

O nível de perda econômica pode ser avaliado com base na perda de qualidade ou de peso. Entretanto, em indústrias de alimentos, a perda de qualidade, em virtude da infestação de insetos, ocorre antes que as perdas de peso mensuráveis se verifiquem. Perdas de qualidade são geralmente consideradas mais difíceis de quantificar e determinar em valores monetários que perdas de peso.

3- Taxa de amostragem e nível de ação

Maior número de amostras deveria aumentar as chances de detectar insetos. Este número deve ser alto o suficiente para evitar insetos ou excessivo número de fragmentos destes nos alimentos processados.

Tomada de decisão

O MIP usa níveis de ação e análises de custo-benefício para tomada de decisão de controle.

1- Modelos preditivos

A taxa de crescimento de populações de inseto é determinada pela temperatura e umidade dos grãos armazenados. Modelos de simulação em computador têm sido desenvolvidos para prever o crescimento populacional de cinco das mais importantes pragas de trigo. Com estes modelos, o efeito de diferentes estratégias de controle pode ser comparado.

Os modelos de simulação também são usados na tomada de decisão, porque eles podem ajudar a considerar as incertezas sobre o valor esperado de mercado, custos de amostragem e controle, prevenindo, assim, perdas econômicas.

2- Cálculos de custo-benefício

Como exemplo, o controle de insetos em trigo armazenado na fazenda, segundo a relação de custo-benefício no MIP, será implementado se o valor do trigo na época da venda menos o custo de amostragem e controle forem maiores que o valor dele sem o controle de insetos.

3- Controle preventivo ou curativo

Uma diferença primária entre controle preventivo e curativo é que com o controle curativo as decisões são baseadas na estimativa da densidade dos insetos ou danos. Exclusão, limpeza, impacto de máquinas (Entoleters) são geralmente considerados preventivos, porque tendem a ser usados mais regularmente que em resposta à densidade dos insetos ou danos.

4- Controle em resposta à amostragem

O custo do controle químico em grãos armazenados pode ser reduzido pela fumigação individual somente quando as amostragens indicam densidade acima do nível de ação. De acordo com a técnica do MIP, o controle (químico) deve ser implementado se as amostragens indicarem.

5- Efetividade do controle

Os responsáveis pelos programas de amostragem necessitam avaliar a efetividade das medidas de controle. Em muitos países tropicais, a superfície da massa de grãos e as pilhas de sacos são pulverizadas com um inseticida de contato, depois da fumigação, em intervalos mensais. A primeira pulverização reduz a população de insetos do lado de fora da lona que envolve o produto e a reinfestação das sacas. Entretanto, pulverizações adicionais em intervalos mensais depois da fumigação não são eficazes no aumento do intervalo entre fumigações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANNIS, P.C. Requirements for fumigations and controlled atmospheres as options for pest and quality control in stored grain. In: CHAMP, B.R.; HIGHLEY, E.; BANKS, H.J. (eds). **Fumigation and controlled atmosphere storage of grain**. Singapore, ACIAR, 1990. p.20-8.
- ANSELL, M.R.; DYTE, C.E.; SMITH, R.H. The inheritance of phosphine resistance in *Rhyzopertha dominica* and *Tribolium castaneum*. In Proceedings 5th International Working Conference on Stored-Product Protection, INRA/SDPV Bordeaux, France, 1991. p.961-970.
- ASLAM, M.; HAGSTRUM, D.W.; DOVER, B.A. The effect of photoperiod on the flight activity and biology of *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae). **J. Kansas Entomol. Soc.**, 67:107-15, 1994.
- BAILEY, S.W. Airtight storage of grain; its effect on insect pests. I. *Calandra granaria* L. (Coleoptera, Curculionidae). **Australian Journal of Agricultural Research**, 6: 33-51, 1965.
- BAILEY, S.W. & BANKS, H.J. A review of recent studies of the effect of controlled atmospheres on stored product pests. In: 101-118. SHEJBAL, J. (ed.). **Controlled atmosphere storage of grains**. Amsterdam, Elsevier, 1980. p.101-118.
- BAKKER-ARKEMA, F. W. Grain quality and management of grain quality standards. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF GRAIN CONSERVATION, 1993, Canela. Anais... Porto Alegre: Plus comunicações, 1994. p.3-11.
- BAKKER-ARKEMA, F.W. Grain quality and management of grain quality standards. In: **International Symposium of Grain Conservation**. Canela, RS - Brasil. Anais. Companhia Estadual de Silos e Armazéns, 1993. 522 p.
- BANKS, H.J. e ANNIS, P.C. Conversion of existing grain storage structures for modified atmosphere use. In: SHEJBAL, J. (ed.). **Controlled atmosphere storage of grains**. Amsterdam, Elsevier, 1980. p.461-474.
- BARRER, P.M.; STARICK, N.T.; MORTON, R.; WRIGHT, E.J. Factors influencing initiation of flight by *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae). **J. Stored Prod. Res.**, 29:1-5, 1993.
- BEEL, C.H. The tolerance of developmental stages of four stored product moths to phosphine. **J. Stored Prod. Res.** 12:77-86. 1976.

- BELL, C.H.; HOLE, B.D.; EVANS, P.H. The occurrence of resistance to phosphine in adult and egg stages of strains of *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae). **J. Stored Prod. Res.** **13**:91-94. 1977.
- BOND, E.J. Current scope and usage of fumigation and controlled atmospheres for pest control in stored products. In: CHAMP, B.R.; HIGHLEY, E.; BANKS, H.J. (eds). **Fumigation and controlled atmosphere storage of grain**. Singapore, ACIAR, 1990. p.29-37
- BOND, E.J.; ROBINSON, J.R.; BUCKLANT, C.T. The toxic action of phosphine. Absorption and symptoms of poisoning in insects. **J. Stored Prod. Res.** **5**:289-298. 1969.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Secretaria Nacional de Abastecimento. Comissão Técnica de Normas e Padrões. **Normas de identidade, qualidade, embalagem e apresentação do milho**. Brasília, DF, 1982. 12 p.
- BROOKER, D.B., BAKKER-ARKEMA, F.W., HALL, C.H. **Drying and storage of grains and oilseeds**. Westport: AVI, 1992. 450 p.
- BROWER, J.H.; SMITH, L.; VAIL, P.V.; FLINN, P. Biological control. In Subramanyan, B. e Hagstrum, D.W. **Integrated Management of Insects in Stored Products**. Marcel Dekker, Inc. New York, 1996. p.223-286.
- CALDERON, M. e NAVARRO, S. Synergistic effect of CO₂ and O₂ mixtures on two stored grain insect pests. In: SHEJBAL, J. (ed.). **Controlled atmosphere storage of grains**. Amsterdam, Elsevier, 1980. p.79-84.
- CHAMP, B.R. e DYTE, C.E. **Prospeccion Mundial de la FAO sobre susceptibilidad a los insecticidas de las plagas de granos almacenados**. Roma, 1976. p.143.
- CHAUDHRY, M.Q. e PRICE, N.R. Insect mortality at doses of phosphine which produce equal uptake in susceptible and resistant strains of *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae). **J. Stored Prod. Res.** **26** (2):101-107. 1990.
- CHRISTENSEN, C.M.; KAUFMANN, H.H. **Grain storage. The role of fungi in quality loss**. Minneapolis, University of Minnesota Press, 1969. 139 p.
- COOKE, J.R. e DICKENS, J.W. A centrifugal gun for impaction testing of seeds. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, **14**:147-155, 1971.
- CROSS, E.A. e KRANTZ, G.W. Two new species of the genus *Acarophenax* (Newstead and Duvall, 1918). **Acarologia**. **6**(2):287-295. 1964.
- CUPERUS, G.W., FARGO, W.S., FLIN, P.W.; HAGSTRUM, D.W. Variables affecting capture of stored-grain insects in probe traps. **J. of the Kansas Entoml. Society**. **63**(4):486-489. 1991.
- DELL'ORTO TRIVELLI, H. e ARIAS VELÁZQUEZ, C.J.. **Insectos que dañan granos y productos almacenados**. Santiago, FAO/RLAC, 1985. 142p.
- DENMEAD, O.T.; BAILEY, S.W. The effects of temperature rise and oxygen depletion on insect survival in stored grain. **Journal of Stored Products Research**, **2**: 35-44. 1966.

- DUNCAN, E.R., WOOLEY, D.G., JENNINGS, V.M. Varietal variability and corn grain quality. In: GRAIN DAMAGE SYMPOSIUM, 1972, Columbus. Anais... St. Joseph: ASAE, 1972. p.65-74.
- DYTE, C.E. Living with resistant strains of Storage Pest. In Proceedings 5th International Working Conference on Stored-Product Protection, INRA/SDPV Bordeaux, France, 1991. p.947-960.
- FARGO, W.S., CUPERUS, G.W., BONJOUR, E.L., BURKHOLDER, W.E., CLARY, B.L., PAYTON, M.E. Influence of probe trap and attractants on the capture of four stored-grain Coleoptera. **J. of Stored Products Research**. **30** (3):237-241. 1994.
- FARGO, W.S.; EPPERLY, D.; CUPERUS, G.W.; CLARY, B.C.; NOYES, R. Effect of temperature and duration of trapping on four stored grain insect species. **J. Econ. Entomol.** **82**(3):970-973. 1989.
- FARONI, L.R.A. Biological y control del gorgojo de los granos *Rhyzopertha dominica* (F.). Universidad Politécnica de Valencia, E.T.S.I.A. Valencia, España, 1992. 134p. (Tese doutorado).
- FARONI, L.R.A. e GARCIA-MARI, F. Influencia de la temperatura sobre los parámetros biológicos de *Rhyzopertha dominica* (F.). **Bol. San. Veg. Plagas**, **18**:455-67, 1992.
- FARONI, L.R.A. e GARCIA-MARI, F. Efficacy of three organophosphate pesticides, one synthetic pyrethroid and hydrogen phosphine on all development stages of *Rhyzopertha dominica* (F.). In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON STORED GRAIN ECOSYSTEMS, Winnipeg, 1992. **Proceedings...**Winnipeg, s.ed., 1992. P.34-5.
- FARONI, L.R.A. ; SILVA, J.S. ; SILVA F.A.P. Pragas e Métodos de Controle. In: SILVA, J. S. (ed.) **Pré-processamento de Produtos Agrícolas**, Viçosa, 1995. p.385-92.
- FIELDS, P.G. e MUIR, W.E. Physical control. In Subramanyan, B. e Hagstrum, D.W. **Integrated Management of Insects in Stored Products**. Marcel Dekker, Inc. New York, 1996. p.195-221.
- FISCUS, D.E.; FOSTER, G.H.; KAUFMANN, H.H. Physical damage of grain caused by various handling techniques. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, **14**(3):480-485, 491. 1971.
- FLEMING, R.; SCHURLE, B.; DUNCAN, S. et al. **Impact of changes in U.S. grain standards on discounts for insects in stored grain**. Manhattan, Dep. of Agricultural Economics. Kansas State University, 1990. 10 p.
- FRIENDSHIP, C.A.R.; HALLIDAY, D.; HARRIS, A.H. factors causing development of resistance to phosphine by insect pests of stored products. In: GASGA SEMINAR ON FUMIGATION TECHNOLOGY IN DEVELOPING COUNTRIES, Slough, 1986. **GASGA Seminar...** Slough, TDRI, 1986. p.191-249.
- GALO, 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. 649p.
- GUEDES, R.N.C. **Detecção e Herança da Resistência ao DDT e a Piretróides em *Sitophilus zeamais* Motschulsky** (Coleoptera: Curculionidae). Universidade Federal de Viçosa. 67 p. 1993. (Tese Mestrado)

- GUEDES, R.N.C. Manejo integrado para a proteção de grãos armazenados contra insetos. **Revista Brasileira de Armazenamento**, **15-6**:3-48, 1990/91.
- GUEDES, R.N.C. Resistência a inseticidas: Desafio para o controle de pragas dos órgãos armazenadores. **R. Seiva**, **50**:24-9, 1991.
- GUEDES, R.N.C.; LIMA, J.O.G.; SANTOS, J.P. e CRUZ, C.D. (1994). Inheritance of deltamethrin resistance in a Brazilian strain of maize weevil (*Sitophilus zeamais* Mots.). **Int. J. Pest Mgmt.**, **40**:103-106.
- HAGSTRUM, D.W. Field monitoring and prediction of stored-grain insect populations. **Postharvest News and Information**. **5** (3):39-45. 1994.
- HAGSTRUM, D.W., FLINN, P.W. Integrated pest management of stored-grain products. In: STORAGE of cereal grains and their products. St. Paul: American Association of Cereal Chemists, Inc, 1992. p.535-556.
- HAGSTRUM, D.W. e FLINN, P.W. Survival of *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae) in stored wheat under fall and winter temperature conditions. **Environ. Entomol.**, **23**:390-5, 1994.
- HAGSTRUM, D.W. e FLINN, P.W. Integrated pest management. In Subramanyan, B. e Hagstrum, D.W. **Integrated Management of Insects in Stored Products**. Marcel Dekker, Inc. New York, 1996. p.339-408.
- HALL, G.E. Damage during handling of shelled corn and soybeans. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.17, n.2, p.335-338, 1974.
- HALL, G.E.; JOHNSON, W.H. Corn kernel crackage induced by mechanical shelling. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.13, n.1, p.51-55, 1970.
- HAREIN, P.K. e PRESS, A.F. Mortality of stored-peanut insects exposed to mixtures of atmospheric gases at various temperatures. **Journal of Stored Products Research**, **4**: 77-82
- HOSENEY, R.C. e FAUBION, J.M. Physical properties of cereal grains. In: STORAGE of cereal grains and their products. St. Paul: American Association of Cereal Chemists, Inc, 1992. p.1-39, 1968.
- HOWE, R.W. Problems in the laboratory investigation of phosphine to stored product insects. **J. Stored Prod. Res.** **10**:167-181. 1974.
- HURBURGH JR., C.R. Corn quality patterns in U.S. markets. **Appl. Engineering in Agriculture**, Iowa, v.10, n.4, p.515 - 521, 1994.
- HYDE, M.B. e BURRELL, N.J. Controlled Atmosphere Storage. In: ANDERSON, J.A. e ALCOCK, A.W. (eds.) **Storage of cereal grains and their products**. Minneapolis, MN. p. 443-475, 1982.
- HYDE, M.B.; BAKER, A.A.; ROSS, A.C.; LOPEZ, C.O. **Airtight grain storage**. Agricultural Services Bulletin No. 17, FAO, Rome. 1973. 71 p.
- JAY, E.G. Suggested conditions and procedures for using carbon dioxide to control insects in grain storage facilities. U.S. Agricultural Research Service Report, ARS 51-46, 1971.6 p.

- JAY, E.G. Methods of applying carbon dioxide for insect control in stored grain. In: SHEJBAL, J. (ed.) **Controlled atmosphere storage of grains**. Amsterdam, Elsevier. 1980. p. 225-234.
- KLINE, G.E. Mechanical damage to corn during harvest and drying. In: GRAIN DAMAGE SYMPOSIUM, 1972, Columbus. Anais... St. Joseph: ASAE, 1972. p.79-82.
- LANDOLT, P.J. e CURTIS, C.E. Interspecific sexual attraction between *Pyralis farinalis* L. and *Amyelois transiella* (Walker) (Lepidoptera: Pyralidae). **J. Kans Entomol. Soc.**, **55**:248-252.1982.
- LORINI, I.; GASSEN, D.N.; SARTORI, J.F. et al. In: SIMPÓSIO DE PROTEÇÃO DE GRÃOS ARMAZENADOS, 1993, Passo Fundo. Anais... EMBRAPA-CNPT, 1993. p.127-30.
- MAGOWSKI, W.L. Discovery of the first representative of the mite subcohort heterostigmata (Arachnida: Acari) in the Mesozoic Siberian amber. **Acarologia**. **35**:229-241. 1994.
- MAHMOUD, A.R. e KLINE, G.L. Effect of pericarp thickness on corn kernel damage. In: GRAIN DAMAGE SYMPOSIUM, 1972, Columbus. Anais... St. Joseph: ASAE, 1972. p. 187-97.
- MANIS, J.M. Sampling, inspecting and grading. In: STORAGE of cereal grains and their products. St. Paul: American Association of Cereal Chemists, Inc, 1992. p.563- 589.
- McGINTY, R.J. e KLINE, G.L. Developments and results of standard breakage test. In:
- MELLO, E.J.R. Constatação de resistência ao DDT e lindane em *Sitophilus oryzae* (L.) em milho armazenado, na localidade de Capinópolis, MG. In **Reunião Brasileira de Milho**, Porto Alegre, PIP, 1970. p. 130-131.
- MILLS, K.A. Phosphine dosages for the control of resistance strains of insects. In: GASGA SEMINAR ON FUMIGATION TECHNOLOGY IN DEVELOPING COUNTRIES, Slough, 1986. **GASGA Seminar...** Slough, TDRI, 1986. p.119-131.
- MONRO, H.A.V. **Manual de fumigación contra insectos**. 2 ed. Roma, FAO, 1970. 404p.
- NAVARRO, S. e CALDERON, M. Integrated approach to the use of controlled atmospheres for insect control in grain storage. In: SHEJBAL, J. (ed.). Amsterdam, Elsevier. 1980. p. 73-78.
- ONSTAD, D.W. Calculation of economic-injury levels and economic thresholds for pest management. **J. of Econ. Entomol.**, v.80, p.297-303. 1987.
- OWEN, C.H.; STEPHENS, D.G.; BUSHUK, W. Quality control of Canadian grain. In: GRAINS and Oilseeds - Handling, Marketing, Processing. Winnipeg: Canadian International Grains Institute. 1977. p.127-156.
- PACHECO, I.A.; SARTORI, M.R.; BOLONHEZI, S. Resistance to malathion, pirimifos-methyl and fenitrothion in Coleoptera from stored grains. In Proceedings, 5th

- International Working Conference of Stored Product Protection, INRA/SDPV, Bordeaux, France, 1991. p.1029-1037.
- PACHECO, J.A.; SARTORI, M.R.; TAYLOR, R.W.D. Levantamento de resistência de insetos-praga de grãos armazenados à fosfina, no Estado de São Paulo. **Coletânea do ITAL**. **20(2)**:144-154. 1990.
- PADILHA, L. FARONI, L.R.A. **Simpósio de proteção de grãos armazenados**, 1993. Passo Fundo, RS. Anais. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1993. p.52-57.
- PEDERSEN, J.R. Insects: identification, damage and detection. In: STORAGE of cereal grains and their products. St. Paul: American Association of Cereal Chemists, Inc, 1992. p.435-491.
- PRICE, N.R. Active exclusion of phosphine as a mechanism of resistance in *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae). **J. Stored Prod. Res.** **20(3)**:163-168. 1984.
- PRICE, N.R.; MILLS, K.A. The toxicity of immature stages of resistant and susceptible strains of some common stored product beetles, and implications for their control. **J. Stored Prod. Res.** **24(1)**:51-59. 1989.
- RATANOVA, V.F., ZAKLADNOI, G.A. **Stored-grain pests and their control**. Oxonian Press Pvt. Ltda., New Delhi, 1997, p. 71-82.
- RECOMMENDED methods for the detection and measurement of resistance of agricultural pests to pesticides. Tentative method for adults of some major pest species of stored cereals, with methyl bromide and phosphine - FAO method nº 16. **FAO Plant Prot. Paper**. **23(1)**:12-24. 1975.
- REED, C. The precision and accuracy of standard volume weight method of estimating dry weight losses in wheat, grain sorghum and maize, and a comparison with the thousand grain mass method in wheat containing fine material. **J. of Stored Prod. Res.**, Oxford, v.23, p.223-231, 1987.
- REES, D.P. Coleoptera. In Subramanyan, B. e Hagstrum, D.W. **Integrated Management of Insects in Stored Products**. Marcel Dekker, Inc. New York, 1996. p.1-39.
- ROSKENS, B. Anual meeting - industry comments. **Grain Quality Newsletter**, New York, v.16, n.2, p.3-4, 1995.
- SARTORI, M.R.; PACHECO, I.A.; VILAR, R.M.G. Resistance to malathion, pirimifos-methyl and fenitrothion in Coleoptera from stored grains. In Proceedings, 5th International Working Conference of Stored Product Protection, INRA/SDPV, Bordeaux, France, 1991. p.1041-1050.
- SEDLACEK, J.D.; WESTON, P.A.; BARNEY, R.J. In Subramanyan, B. e Hagstrum, D.W. **Integrated Management of Insects in Stored Products**. Marcel Dekker. Inc. New York, 1996. p.41 - 70.
- SILVA, J.S.; AFONSO, A.D.L.; FILHO, A.F.L. Secagem e armazenagem de produtos agrícolas. In: Pré-Processamento de Produtos Agrícolas. Juiz de Fora: Instituto Maria, 1995.

- SINGH, S.S. e FINNER, M.F. A centrifugal impacter for damage susceptibility evaluation of shelled corn. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.26, n.6, p.1858-1863, 1983.
- STEPHENS, L.E. e FOSTER, G.H. **Breakage tester predicts handling damage in corn**. Peoria: Agricultural Research Service. Department of Agriculture, 1976. 6p.
- STOREY, C.I. Insects in the grain grades. **Cereal Foods World**, 33(4): 359-61. 1988.
- SUBRAMANYAN, B. e HAGSTRUM, D.W. Resistance measurement and management. **Integrated management of insects in stored products**. Marcel Dekker Inc, New York, 1996. p.135-193.
- SUBRAMANYAN, B. e HAGSTRUM, D.W. Sampling. **Integrated management of insects in stored products**. Marcel Dekker Inc, New York, 1996. p.135-193.
- WHITE, N.D.G. e LESSCH, J.G. Chemical Control. In Subramanyan, B. e Hagstrum, D.W. **Integrated Management of Insects in Stored Products**. Marcel Dekker, Inc. New York, 1996. p.287-330.
- WILLIAMS, J. O.; ADESUYI, S. A.; SHEJBAL, J. Susceptibility of the life stages of *Sitophilus zeamais* and *Trogoderma granarium* larvae to nitrogen atmosphere in minisilos. In: SHEJBAL, J. (ed.) **Controlled atmosphere storage of grains**. Amsterdam, Elsevier. 1980. p. 93-100.
- WINKS, R.G. The effect of phosphine on resistant insects. In: GASGA SEMINAR ON FUMIGATION TECHNOLOGY IN DEVELOPING COUNTRIES, Slough, 1986. **GASGA Seminar...** Slough, TDRI, 1986. p.105-108.
- ZETTLER, J.L.; CUPERUS, GW. Pesticide resistance in *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae) and *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae) in Wheat. **J. Econ. Ent.** 83(5):1677-1681. 1990.