

Controle biológico de pragas com entomopatógenos

Fernando Hercos Valicente¹

Resumo - O manejo integrado de pragas (MIP) tem como base o uso de várias estratégias de controle, tais como: plantas resistentes, inseticidas seletivos aos inimigos naturais, medidas culturais, uso de parasitoides, predadores e patógenos. O controle biológico com entomopatógenos pode ser definido como o uso de fungos, vírus, bactérias, nematoides e protozoários no controle de pragas. Vários fungos são usados em programas de controle biológico como *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana* e *Noumuraea rileyi*. Dentre os baculovírus destacam-se os nucleopoliedrovírus (VPN) e os granulovírus (VG). Entre as bactérias entomopatogênicas podem-se citar *Bacillus thuringiensis*, *Bacillus sphaericus*, entre outras. Não há relatos no Brasil do uso de protozoários em grande escala. Vários programas fazem uso de alguns entomopatógenos, mas o porcentual ainda é pequeno perto do potencial de controle promovido por estes agentes.

Palavras-chave: Fungo. Protozoário. Vírus. Bactéria.

INTRODUÇÃO

Diante da demanda crescente de alimentos com o aumento contínuo da população mundial, a utilização de produtos químicos aumentou a partir de 1950, para que se realizasse um controle fitossanitário eficiente. Porém, muitos problemas ambientais apareceram com a aplicação de produtos químicos em larga escala, tais como: intoxicação dos aplicadores, contaminação de rios e nascentes e dos produtos para consumo *in natura*, e morte de inimigos naturais. No final dos anos 50, surgiu o conceito do manejo integrado de pragas (MIP), que tem como base o uso de várias estratégias de controle: plantas resistentes, inseticidas seletivos aos inimigos naturais, medidas culturais, uso de parasitoides e predadores, além do uso de entomopatógenos.

O controle biológico com entomopatógenos pode ser definido como o uso de fungos, vírus, bactérias, nematoides e protozoários no controle de insetos-praga.

FUNGOS

Os fungos entomopatogênicos têm como hospedeiros primários os afídeos, moscas-brancas, gafanhotos, moscas, besouros, lagartas, tripes e ácaros. Possuem largo espectro de ação, capazes de colonizar diversas espécies de insetos e ácaros e de causar, com frequência, epizootias em condições naturais (ALVES et al., 2008). Esses patógenos também se diferem de outros grupos por ter a capacidade de infectar todos os estádios de desenvolvimento dos hospedeiros (ALVES et al., 2008).

Os fungos invadem os insetos por diversas vias, principalmente através da cutícula ou pele (tegumento). Uma vez dentro dos insetos, os fungos multiplicam-se rapidamente por todo o corpo. A morte é causada pela destruição dos tecidos e, ocasionalmente, pelas toxinas produzidas pelos fungos. Os fungos entomopatogênicos frequentemente emergem do corpo dos insetos, produzem esporos que, quando espalhados pelo vento, chuva ou contato

com outros insetos, podem causar uma epizootia. Os insetos infectados param de alimentar e tornam-se mais lentos. Estes morrem relativamente rápido, às vezes em uma posição ereta, mas ainda presos na folha ou no ramo. Isto pode ser observado em locais mais elevados ou concentrados na borda das culturas. O corpo do inseto morto pode ser firme e de consistência emborrachada ou de aparência oca. Várias vezes observam-se insetos mortos de cor creme, verde, avermelhada ou marrom, em consequência do crescimento do fungo, quer seja envolvendo o corpo do hospedeiro, quer seja saindo das juntas dos segmentos do corpo.

Fungos entomopatogênicos necessitam de umidade para propiciar a infecção, sendo que as epizootias naturais são mais comuns durante períodos quentes e úmidos. O sucesso do uso de fungos no controle biológico depende de ter o isolado que seja ativo contra o inseto-alvo, dependendo do estágio de vida deste inseto, da umidade

¹Eng^a Agr^a, Ph.D., Pesq. Embrapa Milho e Sorgo, Caixa Postal 151, CEP 35701-970 Sete Lagoas - MG. Correio eletrônico: valicent@cnpms.embrapa.br

relativa e da temperatura. Os esporos fúngicos, que podem ser transportados pelo vento e pela água, devem entrar em contato com o hospedeiro para causar infecção. Os principais fungos entomopatogênicos usados em programas de controle biológico no Brasil são: *Metarhizium anisopliae* e *Beauveria bassiana*. Vale ressaltar fungos de ocorrência natural como *Nomuraea rileyi*. Este fungo provoca epizootias na lagarta-da-soja, *Anticarsia gemmatalis*, desde que as condições ambientais sejam favoráveis ao desenvolvimento do fungo, entre 26°C e 27°C, e umidade relativa acima de 60% (ALVES et al., 2008).

Controle biológico com fungos entomopatogênicos no Brasil

Os principais programas de controle biológico com fungos entomopatogênicos no Brasil são relatados por Alves et al. (2008) e algumas considerações são apresentadas a seguir.

Cigarrinhas-da-cana-de-açúcar

As cigarrinhas *Mahanarva posticata* e *M. fimbriolata* são importantes pragas da cana-de-açúcar no Brasil, que causam prejuízos econômicos que chegam a 11% na produção e 15% no rendimento industrial, nas Regiões Sudeste e Nordeste. O fungo *M. anisopliae* é aplicado nos estados de Pernambuco, Alagoas, Paraíba, Rio Grande do Norte e vários locais do Sudeste. São aplicadas concentrações de 5×10^{12} conídios, ou seja, 500 g de conídios do fungo/ha. O custo do fungo varia de US\$ 10 a US\$ 20 e as aplicações são efetuadas via terrestre, com um gasto de 50 a 200 L de água/ha.

Cigarrinhas-das-pastagens

As cigarrinhas do gênero *Mahanarva*, *Deois* e *Zulia* são as principais pragas das pastagens no Brasil e podem ocorrer em até 10 milhões de hectares. Podem reduzir a massa verde em até 15%. Esse grupo de insetos também é suscetível ao fungo *M.*

anisopliae. O fungo é aplicado de forma inoculativa ou inundativa, utilizando-se uma dosagem mínima de 1×10^{12} conídios/ha, o que corresponde a aproximadamente 20 g de conídios puros, pulverizados com 200 a 300 L de água/ha.

Cupins-de-montículo e da cana-de-açúcar

Os cupins do gênero *Cornitermes* alimentam-se das plantas e constroem ninhos nas pastagens, dificultando os tratamentos culturais mecanizados. Vários trabalhos comprovaram a eficácia dos fungos *M. anisopliae* e *B. bassiana*. Usa-se a estratégia inundativa e a aplicação é feita com uma polvilhadora, de 3 a 6 g de conídios puros ou de 6 a 12 g da formulação pó seco. O produto deve ser introduzido no ninho por meio de um orifício feito com uma barra de ferro, até o seu centro. O importante é uma boa distribuição do produto dentro do ninho.

Gafanhotos

As principais espécies de gafanhotos existentes no Brasil são: *Schistocerca pallens*, *Stiphra robusta* e *Rhammatocerus schistocercoides*. Ocorrem nas Regiões Centro-Oeste, Norte e Nordeste e infestam áreas de cultivo de cana-de-açúcar, pastagem e arroz. O fungo utilizado é o *Metarhizium flavoviride*, isolado no País e produzido em arroz pré-cozido. O produto é aplicado em ultra baixo volume (UBV), usando-se de 2 a 3 L/ha, tendo como alvo ninfas recém-eclodidas. Foi comprovada a eficiência de campo para as concentrações de 5×10^{12} a 2×10^{13} conídios/ha.

Broca-do-cafeeiro

O café ocupa uma área de aproximadamente 2,2 milhões de hectares. A broca-do-café *Hypothenemus hampei* é uma praga importante e encontra-se disseminada em todas as regiões produtoras, atacando frutos. O patógeno *B. bassiana* pode ser pulverizado sobre toda a planta, quando a infestação atinge entre 1% e

2% dos frutos broqueados (NEVES et al., 2006). Normalmente, são usados entre 1×10^{12} e 2×10^{12} conídios em 200 a 400 L/ha. A calda deve atingir os pontos da planta com maior concentração da broca. Este fungo tem sido muito usado em plantios orgânicos de café e já atinge cerca de mil hectares.

Os fungos também podem ser usados em iscas atrativas, no controle do percevejo-de-renda em seringueira e pragas em cultivos protegidos.

PROTOZOÁRIOS

Os protozoários são um grupo diverso e heterogêneo de microrganismos eucariontes unicelulares. Ao contrário dos outros entomopatogênicos, poucos protozoários possuem alta virulência ou ação rápida nos hospedeiros invertebrados (GARCÍA et al., 2008). A maioria das espécies produz infecções crônicas caracterizadas por uma debilidade geral do inseto, matando seus hospedeiros lentamente. As pesquisas indicam que poucos protozoários entomopatogênicos apresentam potencial para o uso em programas de MIP (GARCÍA et al., 2008). Além do controle de alguns insetos-praga, os protozoários podem-se tornar problema, como contaminantes em sistema de criação artificial de insetos.

NEMATÓIDES

Os nematoides podem ser encontrados em formulações comerciais nos Estados Unidos e na Europa, para o controle de pragas de solo. Informações detalhadas sobre nematoides entomopatogênicos e seu uso no controle biológico de pragas podem ser encontradas no artigo: controle biológico de pragas com nematoides, desta revista.

VÍRUS

Os baculovírus são o grupo mais comum e mais estudado dentre os grupos de vírus entomopatogênicos. Isto deve-se ao fato de que são os vírus com o maior poten-

cial a ser usado como agentes de controle biológico de pragas, sendo conhecidos mais de 20 grupos de vírus patogênicos a insetos (MARTIGNONI; IWAI, 1986).

Os baculovírus pertencem à família Baculoviridae. Essa família é composta de vírus com uma simples fita dupla circular de DNA, que infecta um grande número de artrópodes e contém os gêneros: nucleopoliedrovírus (VPN) e granulovírus (VG). Todos os baculovírus têm uma mesma estrutura básica: um capsídeo coberto de forma arredondada. O nucleocapsídeo é um “core” cilíndrico de DNA e proteína. Dentro do nucleocapsídeo, a fita dupla de DNA associa-se heterogeneamente com

uma proteína básica e forma um “core” cilíndrico. O gênero VPN é caracterizado por possuir dois subgêneros: “Vírus de Simples Nucleocapsídeo” (SNPV), onde apenas um capsídeo é encontrado por envelope, e aqueles chamados “Vírus de Múltiplos Nucleocapsídeos” (MNPV), nos quais vários nucleocapsídeos são encontrados em um envelope comum (Fig. 1A e 1B). Os VGs possuem apenas um capsídeo por envelope, as oclusões virais são na forma de grânulo, contendo um e raramente dois ou mais vírions por grânulo (Fig. 1C) (HUNTER-FUJITA et al., 1998). Essa divisão da família Baculoviridae segue a classificação atual do Comitê Internacional de Taxonomia de

Vírus (ICTVdB, 2006) e está representada esquematicamente na Figura 2. As Figuras 1D e 1E ilustram tecidos de *Spodoptera frugiperda* infectados experimentalmente por um nucleopoliedrovírus.

A oclusão das partículas virais em matriz proteica é uma característica extremamente importante, pois é o que garante proteção e possibilita a transmissão horizontal do vírus, isto é, de um inseto para outro (BLISSARD; ROHRMANN, 1990). As oclusões virais, portanto, são estruturas de resistência e permitem que os vírus mantenham a infectividade mesmo fora do hospedeiro (HUNTER-FUJITA et al., 1998). Além disso, é o que permite a obtenção de

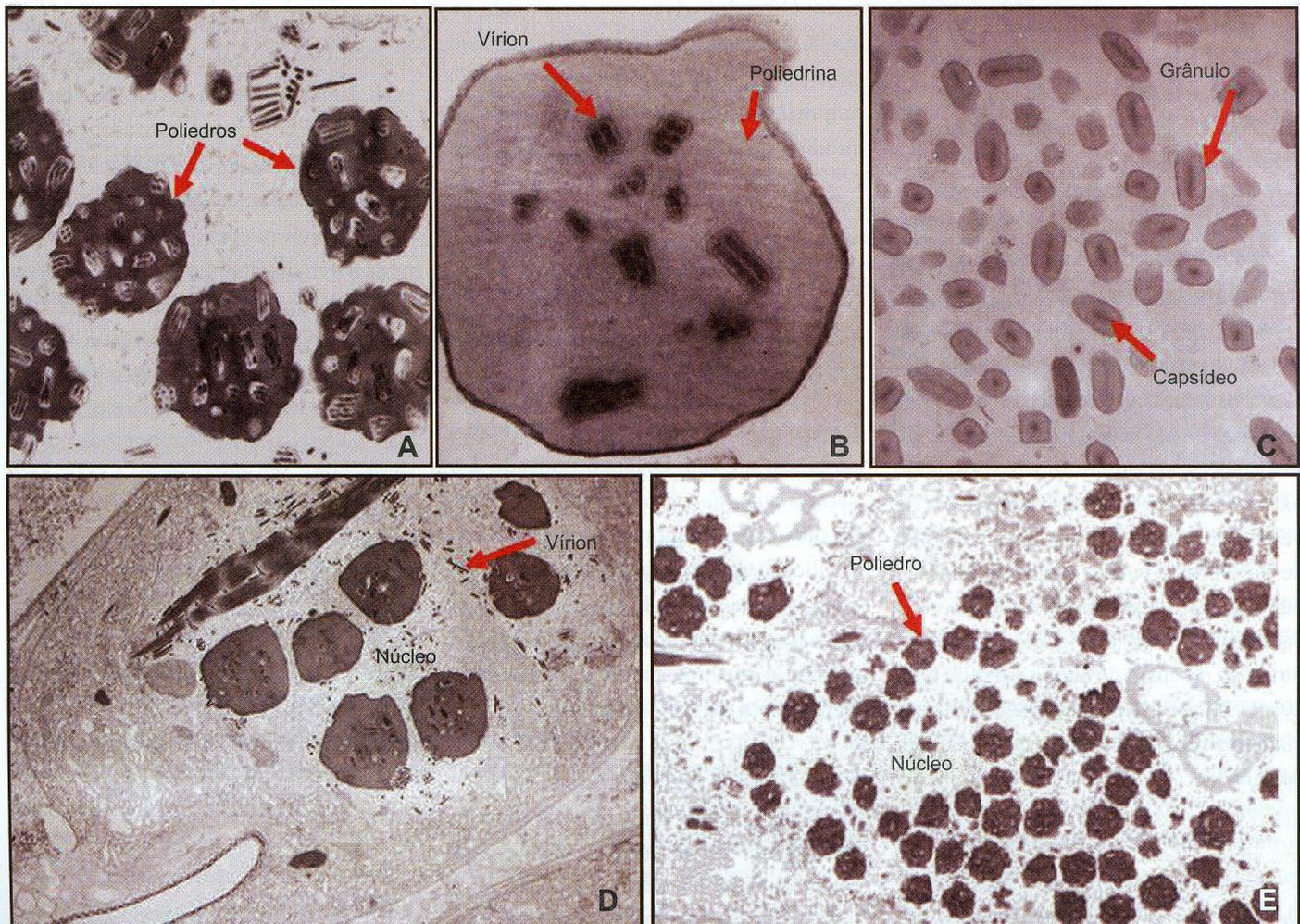


Figura 1 - Micrografia eletrônica de tecido de lagartas-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda*, infectadas experimentalmente

NOTA: Figura 1A e Figura 1B - Infecção por um isolado de nucleopoliedrovírus (MNPV), podendo-se observar os poliedros, os vírions e a matriz proteica de poliedrina. Nota-se que vários nucleocapsídeos estão envolvidos por uma membrana comum. Figura 1C - Granulovírus (VG), onde se observa apenas um capsídeo por envelope proteico. Figura 1D e Figura 1E - Tecidos infectados por nucleopoliedrovírus, podendo-se observar células contendo em seus núcleos vírions e poliedros.

formulações de bioinseticidas, que podem ser armazenados até serem utilizados para o controle de pragas no campo.

Infecção e modo de ação dos baculovírus

Os baculovírus possuem dois tipos de “progênes” infecciosas: uma forma oclusa do vírus, responsável pela transmissão de inseto para inseto, e outra não oclusa, responsável pela transmissão de célula para célula, em um mesmo indivíduo (GRANADOS; FEDERICI, 1986).

A rota principal de infecção dos baculovírus é via ingestão dos poliedros e penetração dos vírus através das células epiteliais do intestino médio dos insetos. Com a ingestão dos poliedros pelos insetos, a matriz proteica é dissolvida no intestino médio pelo fato de o pH ser fortemente alcalino (8-11). Com a dissolução da matriz proteica, há a liberação dos vírions no lúmen digestivo e as partículas infectivas penetram nas células epiteliais do intestino médio, mediadas por receptores específicos. Os nucleocapsídeos são transportados ao núcleo, que libera o seu DNA, iniciando o processo de replicação viral. A replicação do vírus produz a forma não oclusa do vírus que passa a infectar os demais tecidos. A forma oclusa somente é produzida nos estádios finais da infecção viral, onde os vírions são “envelopados” e produzidos os poliedros. Nos estádios finais, ocorre a ruptura das células e a liberação dos poliedros. É onde acontece a morte do inseto, seguida da liquefação dos tecidos (FEDERICI, 1997, 1999). Os sintomas típicos da infecção vão desde mudanças comportamentais a morfológicas, que levam à morte do inseto, após alguns dias. Pode ser observada redução na alimentação e diminuição do crescimento, descoloração do tegumento e, ao morrer, rompimento deste, o que vem a liberar os poliedros no ambiente, possibilitando novos ciclos de infecção (FEDERICI, 1997, 1999). Uma visão simplificada do ciclo de infecção é mostrada na Figura 3.

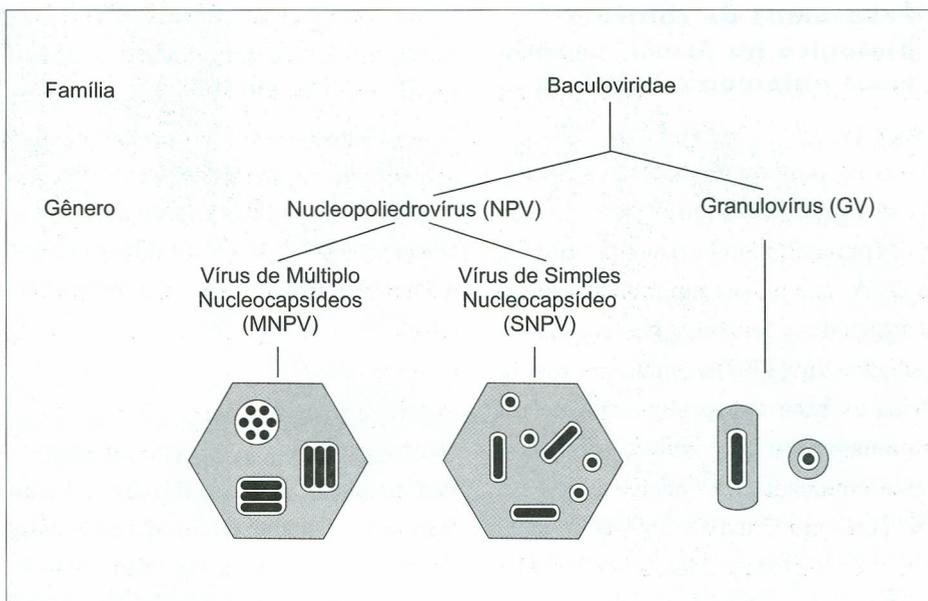


Figura 2 - Representação esquemática da classificação dos baculovírus

FONTE: Dados básicos: Almeida (2005).

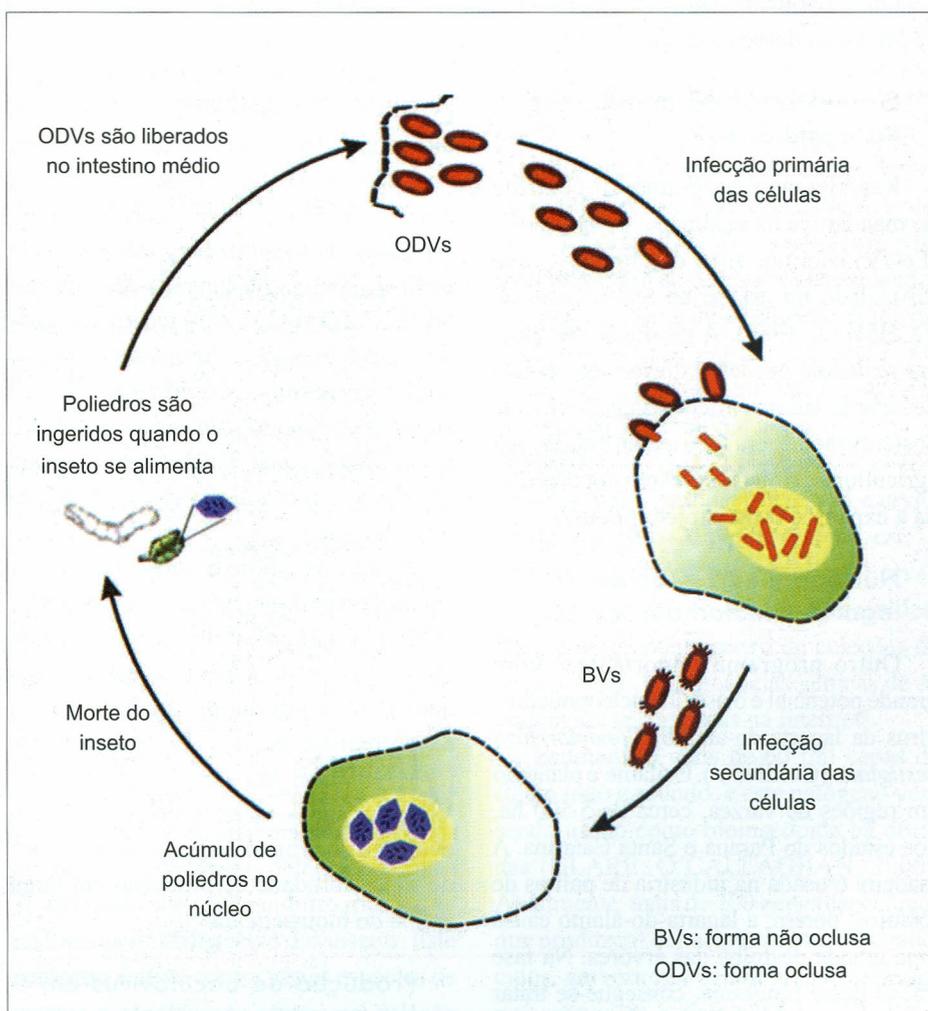


Figura 3 - Infecção de um inseto hospedeiro por baculovírus

FONTE: Dados básicos: Szewczyk et al. (2006).

NOTA: ODVs - Occlusion-derived virus; BVs - Budded virus

Programas de controle biológico no Brasil, usando vírus entomopatogênicos

Nucleopoliedrovírus da *Anticarsia gemmatalis* (AgMNPV) em soja

Este é o maior programa de controle biológico que usa vírus entomopatogênicos no Brasil. A lagarta-da-soja, *A. gemmatalis*, é a principal praga da cultura da soja no Brasil e ocorre da Argentina até o sudeste dos Estados Unidos. A aplicação do produto chegou a quase 2 milhões de hectares de soja no País, porém, em consequência de alguns problemas técnicos, a produção pela Cooperativa Central de Pesquisa Agrícola (Coodetec) foi encerrada. O *Baculovirus anticarsia* ainda é produzido por algumas cooperativas no sul do País. Espera-se que haja uma retomada, em breve, do sistema de produção desse produto.

Granulovírus do mandarová da mandioca

Ressalta-se o programa do controle do mandarová da mandioca, *Erinnyis ello* (EeGV) com um vírus de granulose, que foi isolado no estado de Santa Catarina (SCHMITT, 1984). A produção do vírus era realizada em laboratório, com coleta de lagartas mortas infectadas pelo vírus e, posteriormente, era feita a distribuição aos agricultores. Hoje, não se tem documentação a expansão deste projeto piloto.

Nucleopoliedrovírus da lagarta-do-álamo

Outro programa importante e com grande potencial é o uso do nucleopoliedrovírus da lagarta-do-álamo, *Condylorrhiza vestigialis* (CvMNPV). O álamo é plantado em regiões de várzea, cerca de 5.500 ha, nos estados do Paraná e Santa Catarina. A madeira é usada na indústria de palitos de fósforos, porém, a lagarta-do-álamo causa uma grande desfolha das árvores. Na fase inicial desse programa, consegue-se tratar cerca de 1 ha/dia com baculovírus (365 ha/ano). A meta é tratar cerca de 2 mil hectares por ano.

Nucleopoliedrovírus de *Spodoptera frugiperda* (SfMNPV) em milho

Os trabalhos com o baculovírus para o controle da lagarta-do-cartucho no Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (CNPMS) da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), atual Embrapa Milho e Sorgo, iniciaram em 1984. Foi realizado um levantamento dos principais inimigos naturais desta praga em diversas regiões produtoras de milho do estado de Minas Gerais, incluindo o Sul de Minas, Vale do Rio Doce e Alto Paranaíba. Durante o levantamento, entre 1984 e 1989, foram coletadas mais de 14 mil lagartas, onde foram encontrados diversos parasitoides das ordens Diptera e Hymenoptera, e várias lagartas mortas por vírus (VALICENTE, 1989). Esse levantamento estendeu-se até o estado do Paraná, onde foi detectado um alto índice de lagartas parasitadas e mortas por vírus (VALICENTE; BARRETO, 1999). Atualmente, o banco de baculovírus conta com 22 isolados, amostrados em diversas regiões do Brasil. Esses isolados foram estudados, caracterizados e sua eficiência avaliada em relação à lagarta-do-cartucho (BARRETO et al., 2005). Dentre os isolados mais estudados e eficientes no controle de *S. frugiperda*, o isolado 19 já teve seu genoma totalmente sequenciado (WOLFF et al., 2008), o que é importante para que se saiba a estrutura, a sequência e a função de cada gene.

A linha de pesquisa atual está voltada para o desenvolvimento de um sistema de produção que possibilite a obtenção de um bioinseticida à base do baculovírus que infecta a lagarta-do-cartucho, o vírus da poliedrose nuclear de *S. frugiperda* (SfMNPV) ou *Baculovirus spodoptera*. Vários avanços foram obtidos durante a evolução do projeto de pesquisa, mostrando a possibilidade de produção em larga escala do bioinseticida.

Produção de baculovírus em larga escala

A produção em larga escala do *B. spodoptera* é realizada em laboratório,

utilizando-se lagartas sadias, criadas artificialmente, como hospedeiras. As lagartas necessitam ser de tamanho uniforme para propiciar uma infecção eficiente, facilitando o processo de sua coleta depois de mortas. As lagartas devem ser infectadas em um tamanho ideal (sete dias de idade), para que produzam uma maior quantidade de poliedros/lagarta e, conseqüentemente, haja a redução do número de lagartas equivalente para pulverizar 1 ha.

Para a produção do *B. spodoptera* em larga escala, um dos fatores limitantes é a liquefação do tegumento da lagarta imediatamente após a sua morte (Fig. 4). Este fator é crucial pelo fato de que as larvas morrem e se liquefazem, fazendo com que todo o líquido interno extravase. Desse modo, há a necessidade de congelar as lagartas mortas, para depois serem coletadas com pinças e congeladas novamente até o processamento e a formulação. Este fator implica em maior gasto de mão-de-obra, energia e freezers, o que resulta em um produto final com custo mais elevado.

Os baculovírus que matam a lagarta-do-cartucho apresentam dois genes, catepsina e quitinase, que são responsáveis pelo rompimento do tegumento da lagarta imediatamente após a sua morte (HAWTIN et al., 1997). O isolado 6 (Fig. 4), pertencente ao banco de baculovírus da Embrapa Milho e Sorgo, apresenta uma característica única de não causar a liquefação do tegumento imediatamente após a sua morte (VALICENTE et al., 2007, 2008).

A temperatura é um dos fatores mais importantes durante todo o processo de produção, sendo que todos os ambientes dentro de uma biofábrica devem ter a temperatura controlada. Faz-se necessário o uso de ar condicionado e de aquecimento (onde necessário), com a ajuda de circuladores de ar, para que as temperaturas igualem-se dentro das salas de multiplicação. A umidade relativa do ar deve ser mantida dentro das salas, para que não haja ressecamento da epiderme dos insetos.



Figura 4 - Lagartas de *Spodoptera frugiperda* mortas por *Baculovirus spodoptera*

NOTA: A - Lagartas em que houve o rompimento do tegumento; B - Lagartas infectadas com o isolado que não causa o rompimento imediato do tegumento após a morte.

A sala de criação do inseto hospedeiro sadio deve ficar separada fisicamente do local de infecção com o baculovírus e do local das coletas de larvas mortas. A separação é importante, para que não ocorra contaminação indesejada dos insetos sadios.

BACTÉRIAS

O gênero *Bacillus* constitui um grupo homogêneo de bactérias em forma de bastonete, aeróbicas e que produzem esporos. Em *Bacillus* são encontradas várias espécies, dentre as quais alguns sorovares são entomopatogênicos e letais para determinados insetos-praga, principalmente para as ordens Lepidoptera, Diptera e Coleoptera. *Bacillus thuringiensis* e *Bacillus sphaericus* são ativos contra vários dípteros, sendo que o *B. thuringiensis* sorovar *israelensis* (*Bti*) é tóxico para mosquitos (Culicidae) e borrachudos (Simuliidae). São vários os programas de controle biológico no Brasil que usam *Bacillus* para o controle de dípteros, incluindo os

mosquitos transmissores da dengue e da febre amarela.

Bacillus thuringiensis

O *B. thuringiensis* (*Bt*) é uma bactéria gram-positiva, que pode ser caracterizada pela sua habilidade de formar cristais proteicos durante a fase estacionária e/ou de esporulação. O *Bt* ocorre naturalmente em diversos habitats incluindo solo, filoplano, resíduos de grãos, poeira, água, matéria vegetal e insetos. O cristal proteico também chamado deltaendotoxina possui propriedades inseticidas específicas. Esse cristal proteico é responsável por 20%-30% da proteína total da célula (BOUCIAS; PENDLAND, 1998) e pode ter várias formas tais como: bipiramidal (Fig. 5), esférico, retangular, cuboide (Fig. 6) e irregular.

A degradação dos cristais proteicos por enzimas proteolíticas libera proteínas tóxicas menores, chamadas deltaendotoxinas. A atividade das deltaendotoxinas estão restritas ao trato digestivo dos insetos. Este patógeno é ativo contra várias espécies de insetos e considerado seguro em relação

aos mamíferos. Outra vantagem é a especificidade em relação aos insetos-praga das diferentes culturas. A nomenclatura até 1998 abrangia cinco genes principais: *cryI*, *cryII*, *cryIII*, *cryIV* e *cryV*. Hoje, pelo grande número de genes que são estudados e sequenciados, usam-se números arábicos: *cry1*, *cry2*, *cry3*, *cry4*... até *cry51*. Os genes *cry1*, *cry2* e *cry9* são específicos em relação aos lepidópteros, *cry2*, *cry4A*, *cry10*, *cry11*, *cry17*, *cry19*, *cry24*, *cry25*, *cry27*, *cry29*, *cry30*, *cry32*, *cry39* e *cry40* são ativos contra dípteros e, *cry3*, *cry7* e *cry8* contra coleópteros, *cry5*, *cry12*, *cry13* e *cry14* são ativos contra nematoides. Diante do grande número de coleções de *Bt* no mundo, as sequências gênicas de *Bt* podem ser encontradas na internet².

Estimam-se mais de 60 mil cepas de *Bt* em todo o mundo, e este patógeno vem sendo usado como bioinseticida há décadas (GLARE; O'CALLAGHAN, 2000). Atualmente, mais de 200 genes específicos que produzem deltaendotoxina são conhecidos, embora não sejam muito eficientes no controle da *S. frugiperda*.

²Consultar o site: http://www.biols.susx.ac.uk/home/Neil_Crickmore/Bt/

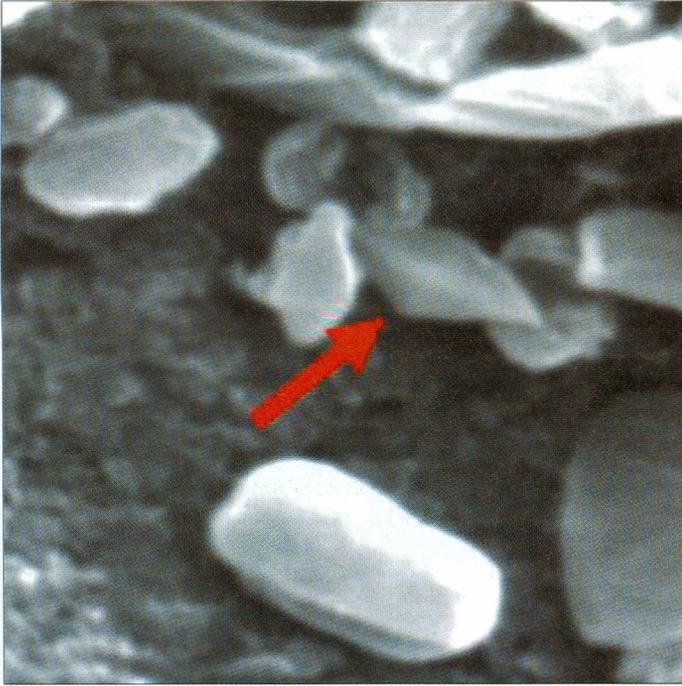


Figura 5 - Seta indica o cristal de forma bipiramidal da cepa 344 de *Bacillus thuringiensis* em microscópio de varredura
FONTE: Valicente e Souza (2004).

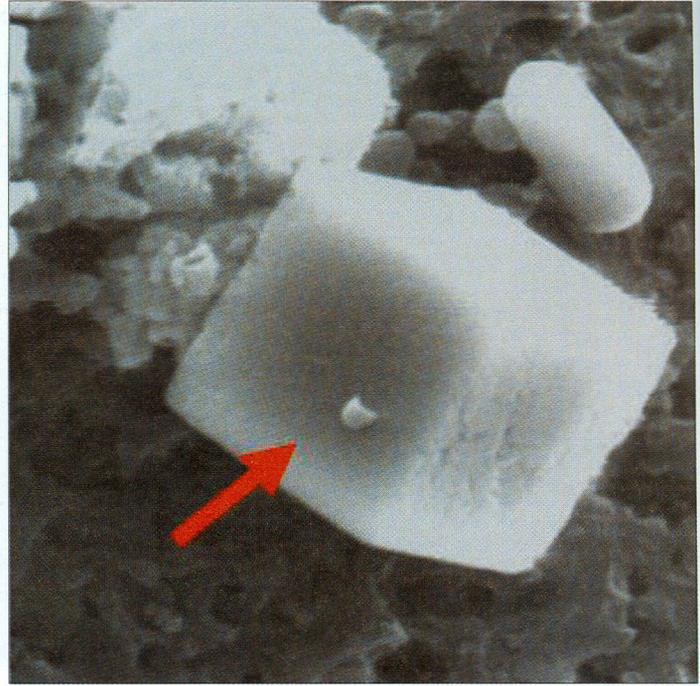


Figura 6 - Seta indica o cristal de forma cuboide da cepa 1644 de *Bacillus thuringiensis* em microscópio de varredura
FONTE: Valicente e Souza (2004).

Os esporos bacterianos dormentes são extremamente resistentes e capazes de sobreviver sob condições desfavoráveis por um longo período. Entretanto, é raramente encontrado na natureza, causando epizootia em populações de insetos.

Produção comercial

A produção industrial de *Bt* é realizada por grandes companhias, que dominam o mercado mundial. Mas há produção em pequena escala que favorece o desenvolvimento de tecnologia e um produto mais específico para o inseto-alvo que se deseja controlar. Deve-se ter cuidado com o controle de qualidade e com a padronização do produto final. Até o início da década de 90, somente três produtos estavam disponíveis no mercado, todos à base de *Bt kurstaki* (Dipel, Thuricide e Bactospeine) (HABIB; ANDRADE, 1991). Hoje, no Brasil, é muito utilizado o Dipel, Thuricide e XenTari, para o controle de várias pragas, dentre elas: *Alabama argillacea*, *A. gemmatilis*, *E. ello*, *Helicoverpa zea*, etc. Atualmente, este patógeno vem sendo estudado pela Embrapa, pelo Laboratório

de Microbiologia e Genética da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (Unisinos) e pelo Laboratório de Patologia e Controle Microbiano de Insetos da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (Esalq), da Universidade de São Paulo (USP), dentre outros.

CONSIDERAÇÕES NA APLICAÇÃO DE BIOPESTICIDAS OU INSETICIDAS MICROBIANOS

Armazenar os bioinseticidas em locais frescos e secos, sem luz, para uma melhor conservação da qualidade do produto.

Realizar a primeira pulverização assim que forem observados os primeiros sinais de ataque das pragas, que pode ocorrer entre os 5 e 15 dias após a germinação, variando conforme a região. Fazer o monitoramento corretamente, pois a primeira aplicação é fundamental, já que quanto menor estiver a lagarta, maiores serão as chances de controle com os inseticidas microbianos.

Executar as pulverizações após às 16 horas, por causa da menor incidência de raios ultravioletas. Adequar a vazão de acordo com a tecnologia do produtor,

entretanto, é necessário certificar se toda a cultura foi bem pulverizada e usar espalhante adesivo, pois este otimiza a persistência do produto na planta.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, A.F. Avaliação preliminar da viabilidade de produção in vitro de um isolado brasileiro de baculovírus *Spodoptera frugiperda* MNPV. 2005. 97p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.
- ALVES, S.B.; LOPES, R.B.; VIEIRA, S.A.; TAMAI, M.A. Fungos entomopatogênicos usados no controle de pragas na América Latina. In: _____; _____. (Ed). **Controle microbiano de pragas na América Latina: avanços e desafios**. Piracicaba: FEALQ, 2008. p.69-110.
- BARRETO, M.R.; GUIMARAES, C.T.; TEIXEIRA, F.F.; PAIVA, E.; VALICENTE, F.H. Effect of baculovirus *Spodoptera* isolates in *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) larvae and their characterization by RAPD. **Neotropical Entomology**, Londrina, v.34, n.1, p.67-75, Jan./Fev. 2005.
- BLISSARD, G.W.; ROHRMANN, G.F. Baculovirus diversity and molecular biology. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v.35, p.127-155, 1990.

BOUCIAS, D.G.; PEDLAND, J.C. **Principles of insect pathology**. Boston: Kluwer Academic, 537p. 1998.

FEDERICI, B.A. Baculovirus pathogenesis. In: MILLER, L.K. (Ed.). **The baculoviruses**. New York: Plenum, 1997. p.33-59.

_____. Naturally occurring baculoviruses for insect pest control. In: HALL, F.R.; MENN, J.J. (Ed.). **Methods in biotechnology: biopesticides, use and delivery**. New York: Humana, 1999. v.5, p.301-320.

GARCÍA, J.J.; MICIELI, M.V.; MARTI, G.A.; PELIZZA, S.A. Uso de protozoários entomopatogênicos em programas de controle microbiano nos países latino-americanos. In: ALVES, S.B.; LOPES, R.B. (Ed.). **Controle microbiano de pragas na América Latina**. Piracicaba: FEALQ, 2008. p. 203-214.

GLARE, T.R.; O'CALLAGHAN, M. **Bacillus thuringiensis: biology, ecology and safety**. Chichester: J. Wiley, 2000. 350p.

GRANADOS, R.R.; FEDERICI, B.A. (Ed.). **The biology of baculoviruses**. Boca Raton: CRC, 1986. v.1, 275p.

HABIB, M.E.M.; ANDRADE, C.F.S. de. Controle microbiano de insetos com o uso de bactérias. **Informe Agropecuário**. Controle biológico, Belo Horizonte, v.15, n.167, p. 26-32, 1991.

HAWTIN, R.E.; ZARKOWSKA, T.; ARNOLD, K.; THOMAS, C.J.; GOODAY, G.W.; KING, L.A.; KUZIO, J.A.; POSSEE, R.D. Liquefaction of *Autographa californica* nucleopolyhedrovirus-infected insects is dependent on the integrity of virus-encoded chitinase and cathepsin genes. **Virology**, v.238, n.2, p.243-253, Nov. 1997.

HUNTER-FUJITA, FR.; ENTWISTLE, PF.; EVANS, H.F.; CROOK, N.E. (Ed.). **Insect vi-**

ruses and pest management. New York: J. Wiley, 1998. 632p.

ICTVdB Management. 00.006. Baculoviridae. In: ICTVdB. **The Universal Virus Database: version 3**. New York: Columbia University, 2006.

MARTIGNONI, M.E.; IWAI, P.J. **A catalogue of viral diseases of insects, mites, and ticks**. 4. ed. Portland, OR: USDA Forest Service - Pacific Northwest Research Station, 1986. 51p. (USDA. General Technical Report PNW-195).

NEVES, P.M.O.J.; SANTORO, P.H.; SILVA, R.Z. da. Utilização de *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill no manejo integrado da broca-do-café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae). In: VENZON, M.; PAULA JUNIOR, T.J.de.; PALLINI, A. (Coord.). **Tecnologias alternativas para o controle de pragas e doenças**. Viçosa, MG: EPAMIG-CTZM, 2006. p.137-158.

SCHMITT, A.T. Inimigos naturais do *Erinnyis ello* da madioca. In: ENCONTRO NACIONAL DE FITOSSANITARISTAS, 3., 1984, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 1984. p.201-208.

VALICENTE, F.H. Levantamento dos inimigos naturais de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em diferentes regiões do estado de Minas Gerais. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v.18, n.1, p.119-127, 1989.

_____; BARRETO, M.R.B. Levantamento dos inimigos naturais da lagarta do cartucho do milho, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), na região de Cascavel, PR. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v.28, n.2, p.333-337, jun. 1999.

_____; SOUZA, I.R.P. Cultivo e preparo de *Bacillus thuringiensis* para microscopia eletrônica de varredura. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 25.; SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE A LAGARTA-DO-CARTUCHO, *SPODOPTERA FRUGIPERDA*, 1., 2004, Cuiabá. **Resumos...** Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo: Embrapa Milho e Sorgo, 2004. p.146.

_____; TUELHER, E.de S.; PAIVA, C.E.C.; GUIMARÃES, M.R.F.; MACEDO, C.V.; WOLFF, J.L.C. A new baculovirus isolate that does not cause the liquefaction of the integument in *Spodoptera frugiperda* dead larvae. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.7, n.1, p.85-90, 2008.

_____; _____.; PENNA, R.C.; ANDREAZZA, R.; FELLET, M.R.; MACEDO, C.V.; GITZ, A.; WOLFF, J.L.C. The use of baculovirus to control fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*, in Brazil. In: ANNUAL MEETING OF THE SOCIETY FOR INVERTEBRATE PATHOLOGY, 40., 2007, Quebec. **Proceedings...** Londres: Society for Invertebrate Pathology, 2007. v.1, p.61.

SZENCZYK, B.; HOYOS-CARVAJAL, L.; PALUSZEK, M.; SKRZECZ, I.; SOUZA, M.L. de. Baculovirus-re-emerging biopesticides. **Biotechnology Advances**, v.24, n.2, p.143-160, Mar. 2006.

WOLFF, J.L.C.; VALICENTE, F.H.; MARTINS, R.; OLIVEIRA, J.V.de C.; ZANOTTO, P.M.de A. Analysis of the genome of *Spodoptera frugiperda* nucleopolyhedrovirus (SfMNPV-19) and of the high genomic heterogeneity in group II nucleopolyhedroviruses. **Journal of General Virology**, v. 89, n.5, p.1202-1211, 2008.

CONTROLE BIOLÓGICO DE PRAGAS

LINHA BIOLÓGICA SUPORTE BIOTECNOLÓGICO MONITORAMENTO E CAPTURA

www.promip.agr.br