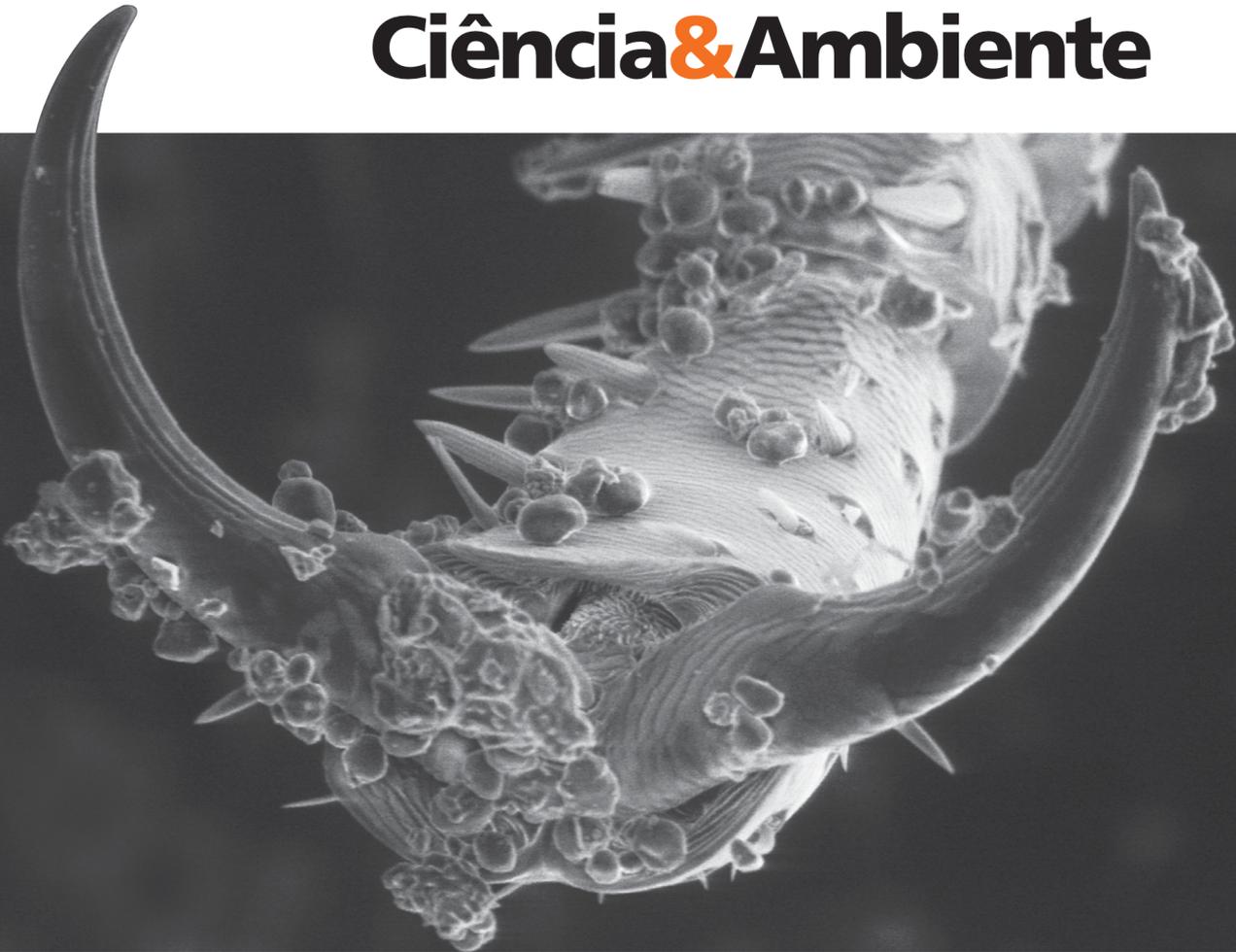


Ciência & Ambiente



443

Controle Biológico de Pragas

- 3 EDITORIAL
- 6 PRÓXIMA EDIÇÃO
- 7 CONTROLE BIOLÓGICO DE PRAGAS NO BRASIL
HISTÓRICO, SITUAÇÃO ATUAL E PERSPECTIVAS
José Roberto Postalí Parra
- 19 INSETOS PARASITÓIDES
José Roberto Postalí Parra, Valmir Antonio Costa e Alexandre de Sene Pinto
- 37 ÁCAROS
UMA IMPORTANTE FERRAMENTA PARA O CONTROLE BIOLÓGICO
Daniel C. Oliveira e Gilberto J. de Moraes
- 55 O PAPEL DOS INSETOS PREDADORES NO CONTROLE DE PRAGAS
Jorge Braz Torres e Christian Sberley Araújo da Silva-Torres
- 73 NEMATÓIDES ENTOMOPATOGÊNICOS
BIOLOGIA, PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO NO CONTROLE DE PRAGAS
Claudia Dolinski
- 95 BACTÉRIAS ENTOMOPATOGÊNICAS
Ricardo Antonio Polanczyk, Lidia Mariana Fiuza e Sergio Antonio De Bortoli
- 109 VÍRUS ENTOMOPATOGÊNICOS COMO COMPONENTES DE PROGRAMAS DE MANEJO INTEGRADO DE PRAGAS
Flávio Moscardi, Fabiane Cunha e Maurício Lara Moscardi
- 121 FUNGOS ENTOMOPATOGÊNICOS
Pedro Manuel Oliveira Janeiro Neves e Patricia Helena Santoro
- 133 SOJA
CONTROLE BIOLÓGICO APLICADO
Beatriz S. Corrêa-Ferreira, Flávio Moscardi e Adeney de Freitas Bueno
- 147 CONTROLE BIOLÓGICO DE *DIATRAEA SACCHARALIS* EM CANA-DE-AÇÚCAR
José Francisco Garcia e Paulo Sérgio Machado Botelho
- 165 CONTROLE BIOLÓGICO DE PRAGAS DE MILHO
Ivan Cruz, Maria de Lourdes Correa Figueiredo e Rafael Braga da Silva
- 191 CONTROLE BIOLÓGICO DOS AFÍDEOS DO TRIGO
UM MARCO HISTÓRICO
José Roberto Salvadori, Paulo Roberto Valle da Silva Pereira e Douglas Lau
- 197 CONTROLE BIOLÓGICO DE INSETOS E ÁCAROS-PRAGA NA FRUTICULTURA DE CLIMA TEMPERADO
Dori Edson Nava, Simone Mundstock Jabnke, Marcos Botton, Uemerson da Silva Cunha, Gabriela Inés Diez-Rodríguez e Luis Eduardo Corrêa Antunes
- 211 CONTROLE BIOLÓGICO DE PRAGAS EM CULTIVOS PROTEGIDOS
Vanda Helena Paes Bueno e Joop C. van Lenteren
- 231 INSTRUÇÕES PARA PUBLICAÇÃO
- 232 INSTRUCCIONES PARA PUBLICACIÓN
COMMENT PUBLIER

Expediente | C&A | 43

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA

REITOR	Felipe Martins Müller
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS	Thomé Lovato – Diretor
CENTRO DE CIÊNCIAS NATURAIS E EXATAS	Martha Bohrer Adaime – Diretora
CENTRO DE CIÊNCIAS SOCIAIS E HUMANAS	Rogério Ferrer Koff – Diretor
EDITOR	Delmar Antonio Bressan
EDITORES CONVIDADOS	Jerson Carús Guedes Dori Edson Nava
CONSELHO EDITORIAL	Beatriz Teixeira Weber Élgion Loreto José Newton Cardoso Marchiori Miguel Antão Durlo Ronai Pires da Rocha Ronaldo Mota Zília Mara Scarpari
CONSELHO CONSULTIVO	Alvaro Mones André Furtado Andrey Rosenthal Schlee Antonio Augusto Passos Videira Antonio Carlos Robert Moraes Aziz Nacib Ab'Sáber (<i>in memoriam</i>) Emilio Ulibarri Franz Andrae Luiz Antonio de Assis Brasil Marcelo Leite Pascal Acot
PREPARAÇÃO E REVISÃO DE TEXTOS	Zília Mara Scarpari
CAPA, EDITORAÇÃO DE TEXTO E PROGRAMAÇÃO VISUAL	Valter Antonio Noal Filho
ILUSTRAÇÃO DA CAPA	Patricia Helena Santoro – microfotografia de conídeos de <i>Beauveria bassiana</i> sobre garra tarsal de <i>Alphitobius diaperinus</i> (Coleoptera: Tenebrionidae) obtida com microscópio eletrônico de varredura (aumento de 350 vezes)
IMPRESSÃO E ACABAMENTO	Gráfica Editora Pallotti/Santa Maria

Ciência & Ambiente/Universidade Federal de Santa Maria.

UFSM - v. 1, n.1 (jul. 1990) - .- Santa Maria :

Semestral
n. 43 (jul./dez. 2011)

CDD:605 CDU:6(05)

Ficha elaborada por Marlene M. Elbert, CRB 10/951

ISSN 1676-4188

A revista *Ciência & Ambiente* é indexada ao
LATINDEX – Sistema Regional de Información en Línea
para Revistas Científicas de América Latina,
el Caribe, España y Portugal.

Ciência & Ambiente

Prédio 13/CCNE – Sala 1122 – Campus Universitário – Camobi
97105-900 – Santa Maria – Rio Grande do Sul – Brasil
Fone/Fax: (55) 32208735 e (55) 32208444/ramal 30
ciencia.ambiente@ufsm.br – www.ufsm.br/cienciaambiente

O controle biológico constitui evento natural de regulação das populações, seja como decorrência das ações ponderadas de diversas estratégias de controle, seja aplicado isoladamente ou dentro de uma visão sistêmica de manejo integrado de pragas. Sendo assim, essa estratégia revela-se instrumento fundamental quando se persegue a ideia de sustentabilidade dos agroecossistemas. Cabe lembrar que os programas de controle biológico bem sucedidos no Brasil foram implementados em acordo com uma visão multidisciplinar, minimizando os riscos decorrentes das variações do ambiente e dos sistemas de produção agrícola.

Entre as dificuldades enfrentadas para consolidar esse modelo de controle de pragas, a mais severa delas deriva, sem dúvida, da diversidade de cultivos conduzidos em cenários igualmente diversificados, típicos de um país continental. Isso exige soluções – tanto para o controle biológico quanto para sua aplicação no contexto do manejo integrado de pragas – que sejam desenvolvidas localmente ou para pragas e cultivos específicos.

Por outro lado, há diversidades edafoclimáticas que, dependendo das suas características, impõem aos orga-

nismos e aos sistemas de aplicação particularidades e necessidades de adaptação. São notáveis tais diferenças quando se observa, por exemplo, o uso de fungos em cigarrinhas da cana-de-açúcar, de parasitoides em lagartas no tomateiro ou de nematoides em pragas florestais. Em qualquer desses casos, os agentes de controle e o organismo-alvo apresentam uma série de especificidades que demandam investigações e tempo para sua aplicação no campo.

O Brasil vive um momento singular de discussão e de fomento de pesquisas sobre estratégias de controle biológico. Isso se verifica em universidades, institutos de pesquisa e/ou empresas, muitas

vezes de forma integrada e complementar, o que deve ser comemorado e consolidado. O estímulo ao desenvolvimento de produtos e de soluções biológicas estará ligado a modelos isolados de supressão de pragas, porém muito provavelmente será apropriado pelo manejo integrado, apoiando outras estratégias e mostrando resultados econômicos melhores e, sobretudo, sustentáveis.

Nos últimos anos, observou-se o surgimento de várias empresas destinadas à comercialização de agentes de controle biológico, atendendo, em

Os programas de controle biológico bem sucedidos no Brasil foram implementados em acordo com uma visão multidisciplinar, minimizando riscos das variações do ambiente e dos sistemas de produção agrícola

parte, à crescente demanda por esses organismos. Embora o número de agentes comercializados ainda seja pequeno e direcionado a algumas pragas típicas de um número reduzido de culturas, a tendência é de que a oferta de inimigos naturais aumente com o surgimento de novos empreendimentos.

O controle biológico experimental, portanto, forte crescimento no país e, ao ser acoplado ao manejo integrado de pragas, considerando a diversidade de situações regionais e de culturas, terá seu uso ampliado, consolidando-se como recurso indispensável a uma agricultura produtiva e como mecanismo responsável pela conservação do ambiente.

Na presente edição de *Ciência & Ambiente*, dedicada integralmente ao **Controle Biológico de Pragas**, o tema foi dividido em quatro partes. Na primeira, é apresentada uma revisão histórica, além da situação atual e das perspectivas dessa concepção no Brasil. Na segunda, são contempladas questões relativas à atuação dos insetos parasitoides, insetos predadores e ácaros predadores. O terceiro grupo de artigos concentra-se nos diferentes agentes microbianos de controle biológico, com ênfase para bactérias, fungos, vírus e nematoides entomopatogênicos. Na quarta e última parte são reunidas informações atualizadas a respeito do controle biológico apli-

cado nas culturas de soja, cana-de-açúcar, milho, trigo, frutíferas de clima temperado e em cultivos protegidos.

O elenco de mais de três dezenas de autores é particularmente representativo das principais instituições brasileiras, públicas e privadas, envolvidas em pesquisas sobre o tema, com destaque para a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), a Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ), a Universidade Estadual Paulista (UNESP/Jaboticabal), a Universidade Estadual de Londrina (UEL), o Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), entre outras de igual renome e importância.

O controle biológico nunca foi tão atual e demandado, uma vez que, a partir de 2009, passamos a ocupar o primeiro lugar no ranking mundial de

consumo de agrotóxicos. A mudança deste cenário requer necessariamente uma nova forma de se fazer agricultura, levando-se em consideração as exigências de preservação ambiental e também as demandas pelo incremento na produção de alimentos saudáveis.

Ao fim e ao cabo, espera-se que os tópicos apresentados na 43ª edição da revista *Ciência & Ambiente* possam contribuir para a difusão e consolidação das alternativas biológicas como método de controle de pragas em cultivos agrícolas no Brasil, na América do Sul e em outros quadrantes do planeta.

O controle biológico experimental forte crescimento no país e, ao ser acoplado ao manejo integrado de pragas, considerando a diversidade de situações regionais e de culturas, terá seu uso ampliado e consolidado

A 44^a edição da revista *Ciência & Ambiente* versará sobre **Biodiversidade/Sociodiversidade na Amazônia**. Ao eleger esse núcleo temático, os editores desejam abrir espaço para análises acerca dos elementos naturais da região amazônica, muitos deles ainda desconhecidos. Pretendem também introduzir outro elemento importante e, em boa medida, negligenciado – a presença humana regional, com suas culturas, formas de ocupação de territórios e interações com a natureza que devem ser reconhecidas e melhor estudadas.

O editor convidado será o professor **Ennio Candotti**, do Museu da Amazônia.

CONTROLE BIOLÓGICO DE PRAGAS NO BRASIL

HISTÓRICO, SITUAÇÃO ATUAL E PERSPECTIVAS

José Roberto Postali Parra

A compreensão do estágio de desenvolvimento do Controle Biológico (CB) no Brasil requer uma análise retrospectiva desse tipo de prática em escala mundial, considerando cenários em que predomina o uso de agentes químicos. Nesse sentido, a “cultura” de controle químico tem dificultado maiores avanços do CB em nosso país. Entretanto, alguns indicadores mostram certo avanço, principalmente com o aumento da massa crítica formada em Cursos de Pós-Graduação, a partir da década de 1960. Temos, especificamente para cana-de-açúcar, um dos maiores programas de CB aplicado do mundo, com quase metade da área plantada submetida ao manejo pelo uso de agentes biológicos. Os esforços para adoção do Manejo Integrado de Pragas (MIP) no planejamento agrícola nacional, representam hoje uma mudança positiva de mentalidade, o que poderá contribuir para a utilização mais intensiva do CB, com vistas a uma agricultura sustentável e adequada ao contexto tropical, e não copiada de outros países com características completamente diferentes.

A história do Controle Biológico (CB) no Brasil é mais ou menos recente, pois a tradição ensinou, de forma errônea, que o controle de pragas deveria ser feito quimicamente. Portanto, o início dos estudos de Entomologia Aplicada no país foi bastante influenciado pelos agroquímicos, diferentemente de outros países da América Latina, que receberam influência de pesquisadores da Califórnia (Berkeley, Riverside), considerada o “berço” do Controle Biológico. Enquanto Peru, Venezuela, Colômbia, Chile etc. tinham uma formação voltada para o controle biológico, o Brasil pouco explorava a sua biodiversidade extremamente rica, seja para o desenvolvimento do Controle Biológico Clássico, seja para o Aplicado.

Atualmente, fala-se muito em Controle Biológico Aplicado (com liberações inundativas), mais aceito pelo agricultor por ter efeito semelhante ao dos inseticidas, ou seja, com resultados mais rápidos. Por outro lado, o Controle Biológico Clássico, por liberar pequenas quantidades de insetos (liberações inoculativas), demora mais para produzir efeito sobre a praga, além de exigir culturas perenes ou semiperenes para os inimigos naturais terem chances de permanecer na área e se multiplicar.

O grande problema no Brasil é que, embora tenha excelentes programas de Controle Biológico, especialmente para a cana-de-açúcar, sua agricultura caracteriza-se por extensas áreas da mesma cultura, o que dificulta ao agricultor pensar em Controle Biológico, principalmente em termos de monitoramento de pragas e em liberações do agente de controle biológico. Mas por ser líder em Agricultura Tropical, tendo aumentado a produção de grãos para 150 milhões de toneladas em 2010, sem aumentar praticamente a área plantada, apenas com incremento tecnológico, é fundamental que o país desenvolva uma tecnologia de CB para regiões tropicais. A simples transferência da tecnologia de um país de clima temperado nem sempre é suficiente para que se tenha sucesso nas condições brasileiras, extremamente peculiares. Na Europa, por exemplo, adota-se o Controle Biológico Aplicado, mas grande parte deste controle é feito em cultivos protegidos, ou seja, em condições controladas de casas-de-vegetação, com liberações inoculativas sazonais.

Histórico do Controle Biológico

Passado

O Controle Biológico é um recurso utilizado pelo homem desde o século III a. C.. São deste período as pri-

meiras citações que mostram a utilização, pelos chineses, de formigas predadoras [*Oecophylla smaragdina* (Hymenoptera: Formicidae)] para controlar pragas de citros. Em 1602, na Europa, Aldrovandi referiu o parasitoide *Apanteles glomeratus* (Hymenoptera: Braconidae) para controlar *Pieris rapae* (Lepidoptera: Pieridae). Entretanto, o autor cometeu um deslize ao confundir “casulos” de *Apanteles* com ovos. Por este erro primário, a primazia da primeira citação foi atribuída ao também italiano Vallesnieri, ainda no século XVII.¹

¹ BOSCH, R. van den; MESSINGER, P. S. & GUTIERREZ, A. P. *An introduction to biological control*. New York: Plenum Press, 1982. 247 p.

Mas, sem dúvida alguma, o marco do Controle Biológico Clássico foi a introdução da joaninha australiana *Rodolia cardinalis* (Coleoptera: Coccinellidae) para controlar o “pulgão” branco, *Icerya purchasi* (Hemiptera: Margarodidae), na Califórnia, em 1888. Um ano depois, a técnica revelava-se um sucesso. Assim, em 1989, um Congresso celebrou um século de Controle Biológico, produto de pesquisas iniciadas por renomados professores da Universidade da Califórnia como Paul H. DeBach, Robert van den Bosch e Kenneth S. Hagen, entre outros.

O Brasil, apesar dos problemas culturais iniciais, não demorou muito para realizar a primeira importação de um agente biológico, em 1921, portanto, trinta e dois anos após o início do Controle Biológico. Assim foi introduzido *Prospaltella berlesei* (Hymenoptera: Aphelinidae) oriundo dos EUA para controlar a cochonilha do pessegueiro *Pseudaulacaspis pentagona* (Hemiptera: Diaspididae); seguiram-se as importações de *Prorops nasuta* (Hymenoptera: Bethyridae) da África, em 1923, para controlar a broca-do-café, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae); *Aphelinus mali* (Hymenoptera: Encyrtidae) do Uruguai, em 1928, para controlar *Eriosoma lanigerum* (Hemiptera: Aphididae); *Tetrastichus giffardianus* (Hymenoptera: Eulophidae) do Havaí, em 1937, para controlar *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) e *Macrocentrus ancyliivorus* (Hymenoptera: Braconidae) dos EUA, em 1944, para controlar *Grapholita molesta* (Lepidoptera: Tortricidae).

Em 1939, a síntese do DDT possibilitou a Paul Müller ganhar o prêmio Nobel de Química. Entretanto, segundo Kogan², essa descoberta gerou o “período negro do controle de pragas”, pois a partir daí considerou-se que todos os problemas estariam resolvidos com os agroquímicos, que passaram a ser aplicados de forma indiscriminada. Esta aplicação irracional produziu efeitos amplamente conhecidos: desequilíbrios ecológicos; desenvolvimento da resistência de insetos e ácaros aos agroquímicos (hoje chegam a existir

² KOGAN, M. Integrated pest management: historical perspectives and contemporary development. *Ann. Rev. Entomol.*, v. 43, p. 243-270, 1998.

mais de 500 pragas resistentes); aparecimento de novas pragas, antes secundárias; ressurgência de pragas; efeitos prejudiciais ao homem, inimigos naturais, peixes e outros animais, além de resíduos nos alimentos, água e solo. Em 1962, Rachel Carson, em seu livro *Primavera Silenciosa*, apontava de forma contundente e alarmante, os problemas gerados pelo uso inadequado de produtos químicos na agricultura. A partir dessa advertência, a comunidade científica se mobilizou, dando origem ao Manejo Integrado de Pragas (MIP), que propõe levar em conta, além de critérios econômicos, também os aspectos ecológicos e sociais.

Presente

A utilização do MIP, tendo o CB como um dos seus principais componentes, fez com que se definissem os seguintes procedimentos: Introdução (Controle Biológico Clássico), Conservação (Controle Biológico Natural) e Multiplicação (Controle Biológico Aplicado).

A preocupação com a sustentabilidade fez ressurgir o Controle Biológico Clássico, pois a utilização de produtos seletivos passou a viabilizar o seu uso e sucesso. Isto resultou na retomada das importações de agentes de Controle Biológico, praticamente inexistentes no chamado período negro do controle de pragas (década de 1940 a início da década de 1960). Assim, em 1967, importou-se *Neodusmetia sangwani* (Hymenoptera: Encyrtidae) do Texas, EUA, para controle da cochonilha-dos-pastos, *Antonina graminis* (Hemiptera: Pseudococcidae) e *Cotesia flavipes* (Hymenoptera: Braconidae) de Trinidad-Tobago para controle de *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae), na década de 1970; foram importados pela Embrapa os parasitoides dos pulgões de trigo, também na década de 1970, e feitas as introduções de *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) para o controle de *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae), em tomateiro industrial, e de *Ageniaspis citricola* (Hymenoptera: Encyrtidae) para o controle de *Phyllocnistis citrella* (Lepidoptera: Gracillariidae), em citros, na década de 1990. Estes são apenas alguns exemplos, pois, com a criação do sistema de Quarentena Costa Lima, nos anos 1990, ficou facilitada a importação de inimigos naturais. De 1991 – ano da criação do Laboratório de Quarentena Costa Lima da Embrapa/Meio Ambiente, em Jaguariúna, São Paulo – até 2008, foram importados 241 inimigos naturais entre parasitoides, predadores (incluindo ácaros) e patógenos.

O Controle Biológico Natural ou Conservativo foi favorecido pela utilização de produtos seletivos e pela re-

³ LETOURNEAU, D. K. & ALTIERI, M. A. Environmental management to enhance biological control in agroecosystems. In: BELLOWS, T. S. & FISHER, T. W. (Eds.). *Handbook of biological control: principles and applications of biological control*. San Diego: Academic Press, 1999. p. 319-354.

⁴ SILVA, A. G. D. A. et al. (Eds.). *Quarto catálogo dos insetos que vivem nas plantas do Brasil, seus parasitos e predadores*. Parte II, 1º tomo: Insetos, hospedeiros e inimigos naturais. Rio de Janeiro: Min. de Agric. Depto. de Defesa e Inspeção Agropecuária, 1968. 622 p.

⁵ PARRA, J. R. P.; BOTELHO, P. S. M.; CORRÊA-FERREIRA, B. S. & BENTO, J. M. S. Controle biológico: uma visão inter e multidisciplinar. In: PARRA, J. R. P.; BOTELHO, P. S. M.; CORRÊA-FERREIRA, B. S. & BENTO, J. M. S. (Eds.). *Controle biológico no Brasil: parasitoides e predadores*. São Paulo: Manole, 2002. p. 125-142.

⁶ SMITH, C. N. *Insect colonization anal mass production*. Sna Diego: Academic Press, 1966. 618 p.

⁷ SINGH, P. *Artificial diets for insects, mites and spiders*. Chicago: Plenum Press, 1977. 594 p.

⁸ SINGH, P. & MOORE, R. F. *Handbook of insect rearing*. Amsterdam: Elsevier, 1985. 2 v.

⁹ COHEN, A. C. *Insect diets: science and technology*. Cleveland: CRS Press, 2004. 324 p.

¹⁰ SCHNEIDER, J. C. (Ed.). *Principles and procedures for rearing high quality insects*. Mississippi: Mississippi State University, 2009. 352 p.

¹¹ PARRA, J. R. P. *Técnicas de criação de insetos para programas de controle biológico*. 6. ed. Piracicaba: Fealq, 2001. 134 p.

cente preocupação com o Manejo da Resistência. Outros enfoques do Controle Biológico Natural envolvendo abrigos de inimigos naturais, rotação de espécies vegetais, alimentação de predadores (parasitoides), ainda são restritos a áreas agrícolas menores.³

Na década de 1960, foi lançado o *Quarto Catálogo dos Insetos que vivem nas Plantas do Brasil: seus parasitos e predadores*,⁴ um marco na história do CB no Brasil. Nesse mesmo período, no Rio de Janeiro, realizava-se o 1º Simpósio Brasileiro de Controle Biológico no Instituto de Ecologia e Experimentação Agrícola. Entretanto, convém destacar outros marcos históricos:

1. Início dos Cursos de Pós-Graduação no Brasil em 1964. A partir de 1969 até hoje formaram-se mais de 2.000 entomologistas, considerando mestres (70%) e doutores (30%); cerca de 25% deles fizeram seus trabalhos em CB. Este período coincidiu também com o treinamento maciço de técnicos da Embrapa no exterior, incluindo a área de Entomologia. Com o aumento de massa crítica na área, começaram a se formar Cursos de Pós-Graduação e Grupos de Pesquisas com ações inter e multidisciplinares, e com uma sequência de etapas a serem desenvolvidas.⁵

2. Mudança de mentalidade do entomologista. Com a formação de pesquisadores, verificou-se uma mudança de mentalidade, caracterizada pelo espírito de “criar” e não de matar insetos. Esse avanço foi acompanhado pela produção massal de inimigos naturais para liberações inundativas de insetos (Controle Biológico Aplicado). Portanto, o desenvolvimento das técnicas de criação de inimigos naturais coincidiu com o progresso das técnicas de criação dos hospedeiros (naturais ou alternativos). Surgiram publicações sobre o assunto, como as de Smith⁶; Singh⁷; Singh e Moore⁸; Cohen⁹; Schneider¹⁰, ao lado de publicações brasileiras como as de Parra¹¹; Parra et al.¹²; Bueno¹³; Cônsoli, Parra e Zucchi¹⁴, entre outras. Surgem as criações massais, inicialmente financiadas pelo governo, em programas nacionais, e que hoje são desenvolvidas por empresas, fortalecendo a comercialização de agentes de CB. Um ponto importante a ser considerado, é que o Dr. Domingos Gallo, chefe do Departamento de Entomologia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (Esalq), e grande responsável pelo início do CB de pragas da cana-de-açúcar no Brasil, foi quem introduziu a dieta artificial para *D. saccharalis* para produção dos taquinídeos nativos, em 1969, um ano após ela ter sido desenvolvida nos EUA.¹⁵

- PARRA, J. R. P. Criação massal de inimigos naturais. In: PARRA, J. R. P.; BOTELHO, P. S. M.; CORRÊA-FERREIRA, B. S. & BENTO, J. M. S. (Eds.). *Controle biológico no Brasil: parasitoides e predadores*. São Paulo: Manole, 2002. p. 143-164.
- PARRA, J. R. P. Mass rearing of natural enemies. In: CAPINERA, J. L. (Ed.). *Encyclopedia of Entomology*, 2. ed. New York: Springer, 2008. p. 2.301-2.305.
- PARRA, J. R. P. Mass rearing of egg parasitoids for biological control programs. In: CÔNSOLI, F. L.; PARRA, J. R. P. & ZUCCHI, R. A. (Eds.). *Egg parasitoids in agroecosystems with emphasis on Trichogramma*. New York: Springer, 2010. p. 267-292. (Progress in Biological Control, 9)
- ¹² PARRA, J. R. P.; BOTELHO, P. S. M.; CORRÊA-FERREIRA, B. S. & BENTO, J. M. S. Controle biológico: uma visão inter e multidisciplinar... *Op. cit.*
- ¹³ BUENO, V. H. P. (Ed.). *Controle biológico de pragas: produção massal e controle de qualidade*. Lavras: UFLA, 2000. 196 p.
- BUENO, V. H. P. (Ed.). *Controle biológico de pragas: produção massal e controle de qualidade*. 2. ed. Lavras: UFLA, 2009. 429 p.
- ¹⁴ CÔNSOLI, F. L.; PARRA, J. R. P. & ZUCCHI, R. A. (Eds.). *Op. cit.*
- ¹⁵ HENSLEY, S. D. & HAMMOND, A. M. Laboratory techniques for rearing the sugarcane borer on an artificial diet. *Journal of Economic Entomology*, v. 61, p. 1.742-1.743, 1968.
- ¹⁶ HENSLEY, S. D. & HAMMOND, A. M. *Op. cit.*
- ¹⁷ PARRA, J. R. P. Criação massal de inimigos naturais. *Op. cit.*
- ¹⁸ LI-YING, L. et al. In vitro rearing of *Trichogramma* spp. and *Anastatus* sp. in artificial "eggs" and the method of
3. Fundação da Sociedade Entomológica do Brasil (SEB), em 1972. A fundação da SEB e a realização de Congressos Nacionais e do Siconbiol – Simpósio de Controle Biológico –, cada um com periodicidade bianual, aproximou a massa crítica formada em torno do assunto.
- Em 1973, surge na Esalq o primeiro curso de Pós-Graduação em Controle Biológico brasileiro, sob a responsabilidade do Prof. Dr. Domingos Gallo e, na sequência, do Prof. Dr. Evôneo Berti Filho; em 1974, foi implantado o Curso de Patologia de Insetos, inicialmente sob a responsabilidade do Prof. Nelson Suplicy Filho, do Instituto Biológico de São Paulo, passando, posteriormente, a ser lecionado pelo Dr. Sérgio Batista Alves, professor do Departamento de Entomologia da Esalq e falecido em 2009.
- O grupo iniciador do Controle Biológico Agrícola no mundo, na sua missão de incentivar a utilização do CB, esteve no Brasil em 1990. Naquela viagem, todos os professores do Departamento de Entomologia da Universidade da Califórnia, Berkeley, EUA, estiveram na Esalq, Piracicaba, ministrando cursos sobre CB, os quais foram frequentados por muitos brasileiros e por representantes da América Latina. A partir da década de 1980, cursos de Extensão sobre "Técnicas de Criação de Insetos para Programas de Controle Biológico" foram ministrados por professores brasileiros em praticamente todo o Brasil.
- Todos estes aspectos interligados e aliados ao treinamento na área de criação de insetos, elemento básico para a produção de inimigos naturais, trouxeram avanços em diferentes culturas, mas principalmente na cana-de-açúcar, cujo programa de CB fora criado entre 1940 e 1950. Esse programa sempre esbarrava na criação em grande escala da broca-da-cana, problema resolvido com a utilização da dieta de Hensley e Hammond¹⁶, anteriormente citada. Portanto, ainda hoje, para programas de CB envolvendo parasitoides e predadores, há necessidade da criação de duas espécies de insetos, a praga (ou hospedeiro alternativo) e o inimigo natural.¹⁷ A criação "in vitro", utilizando-se dietas artificiais, gerou grande expectativa na década de 1980, com a produção "in vitro" de *Trichogramma dendrolimi* pelos chineses.¹⁸ Entretanto, não houve grande progresso dessa técnica e, embora tenhamos bons resultados no Brasil com *T. pretiosum*, *T. galloi*¹⁹ e *T. atopovirilia*²⁰ e mesmo dieta para o ectoparasitoide *Habrobracon hebetor* (Hymenoptera: Braconidae)²¹, ocorreu a interrupção dos estudos sobre o assunto. Nos últimos 10 anos, praticamente só o trabalho com *T. atopovirilia*²², realizado no Brasil, foi re-

- mass production. *Colloques de l'INRA*, n. 43, 1988, p. 339-352.
- ¹⁹ CÔNSOLI, F. L. & PARRA, J. R. P. Development of an artificial host egg for in vitro egg laying of *Trichogramma galloi* and *T. pretiosum* using plastic membranes. *Entomol. Exp. Appl.*, v. 91, p. 327-336, 1999.
- ²⁰ DIAS, N. S.; PARRA, J. R. P. & CÔNSOLI, F. L. Egg laying and development of Neotropical trichogrammatid species in artificial eggs. *Entomol. Exp. Appl.*, v. 137, p. 126-131, 2010.
- ²¹ MAGRO, S. R. & PARRA, J. R. P. Comparison of artificial diets for rearing *Bracon hebetor* Say (Hymenoptera: Braconidae). *Biological Control*, v. 29, p. 341-347, 2004.
- ²² DIAS, N. S.; PARRA, J. R. P. & CÔNSOLI, F. L. *Op. cit.*
- ²³ CÔNSOLI, F. L. & GRENIER, S. In vitro rearing of egg parasitoids. In: CÔNSOLI, F. L.; PARRA, J. R. P. & ZUCCHI, R. A. (Eds.). *Op. cit.* p. 293-313.
- ²⁴ MORAES, G. M. G.; BRUN, P. G. & SOARES, L. A. Insetos x insetos – nova alternativa para o controle de pragas. *Ciência Hoje*, n.1, p. 70-77, 1983.
- ²⁵ PARRA, J. R. P. & ZUCCHI, R. A. *Trichogramma* in Brasil: feasibility of use after twenty years of research. *Neotropical Entomology*, v. 33, p. 271-284, 2004.
- ²⁶ PARRA, J. R. P.; BOTELHO, P. S. M. & PINTO, A. de S. Controle biológico de pragas como um componente chave para a produção sustentável da cana-de-açúcar. In: CORTEZ, L. A. B. (Coord.). *Bioetanol de cana-de-açúcar: P & D para produtividade e sustentabilidade*. São Paulo: Blucher/Fapesp, 2010. p. 441-450.
- ²⁷ CORRÊA-FERREIRA, B. S. *Trissolcus basalis* para o controle de percevejos da soja. In: PARRA, J. R. P.; BOTELHO, J. R. & CORRÊA-FERREIRA, B. S. (Eds.). *Trichogramma* e outros parasitoides de pragas agrícolas. São Paulo: Fapesp, 2010. p. 1-10.

- LHO, P. S. M.; CORRÊA-FERREIRA, B. S. & BENTO, J. M. S. (Eds.). *Controle biológico no Brasil: parasitoides e predadores*. São Paulo: Manole, 2002. p. 449-476.
- ²⁸ SALVADORI, J. R. & SALLES, L. A. B. Controle Biológico dos pulgões do trigo. In: PARRA, J. R. P.; BOTELHO, P. S. M.; CORRÊA-FERREIRA, B. S. & BENTO, J. M. S. (Eds.). *Controle biológico no Brasil: parasitoides e predadores*. São Paulo: Manole, 2002. p. 427-447.
- ²⁹ HAJI, F. N. P.; PREZOTTI, L.; CARNEIRO, J. S. & ALENCAR, J. A. *Trichogramma pretiosum* para o controle de pragas no tomateiro industrial. In: PARRA, J. R. P.; BOTELHO, P. S. M.; CORRÊA-FERREIRA, B. S. & BENTO, J. M. S. (Eds.). *Controle biológico no Brasil: parasitoides e predadores*. São Paulo: Manole, 2002. p. 477-494.
- ³⁰ CHAGAS, M. C. M. et al. *Ageniaspis citricola*: criação e estabelecimento no Brasil. In: PARRA, J. R. P.; BOTELHO, P. S. M.; CORRÊA-FERREIRA, B. S. & BENTO, J. M. S. (Eds.). *Controle biológico no Brasil: parasitoides e predadores*. São Paulo: Manole, 2002. p. 377-394. PARRA, J. R. P.; BENTO, J. M. S.; CHAGAS, M. C. M. & YAMAMOTO, P. T. O controle biológico da larvadora dos citros. *Visão Agrícola*, v. 1, n. 2, p. 64-67, jul/dez 2004.
- ³¹ PARRA, J. R. P. et al. Bioecologia do vetor *Diaphorina citri* e transmissão de bactérias associadas ao huanglongbing. *Citrus Research and Technology*, v. 31, n. 1, p. 37-51, 2010.
- ³² GÓMEZ-TORREZ, M. L. et al. Registro de *Tamarixia radiata* (Waterston) (Hymenoptera: Eulophidae) em *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) em São Paulo, Brasil. *Revista de Agricultura*, v. 81, p. 112-117, 2006.
- De qualquer forma, existem casos de sucesso no Brasil, referidos a seguir:
- Controle da cochonilha-dos-pastos, *A. graminis*, com o parasitoide importado do Texas, Estados Unidos da América, *N. sangwani*. Embora não seja tão aplicável nos dias de hoje, pois predomina *Brachiaria decumbens* nas pastagens brasileiras, espécie vegetal resistente à citada cochonilha, o parasitoide continua sendo distribuído pelo Instituto Biológico de São Paulo, em Campinas, para controlar a cochonilha nas gramíneas em que ela ocorre, com uma eficiência de 100%.
 - Na década de 1970, parasitoides e predadores dos pulgões do trigo foram importados de diversos países. Alguns gêneros de parasitoides se adaptaram, como *Praon*, *Ephedrus* e *Aphidius* (Hymenoptera: Braconidae), e após serem produzidos e liberados pela Embrapa Trigo – Passo Fundo, permitiram, pela sua eficiência, 95% de redução de pulverizações nas áreas de trigo, para controlar os afídeos.²⁸
 - Na década de 1990, a traça-do-tomateiro, *T. absoluta*, desenvolveu no Vale do São Francisco, em Pernambuco, resistência aos agroquímicos. Para resolver o problema, importou-se o parasitoide *T. pretiosum* da Colômbia, o que resultou em experiência bem sucedida de controle em 1.500ha de tomate industrial.²⁹
 - Em 1996, verificou-se a ocorrência, no Brasil, do minador-dos-citros, *P. citrella*, responsável por danos diretos às brotações e, indiretamente, por aumentar a incidência do cancro cítrico. Introduzido em 1998, a partir dos EUA (embora originários da Ásia, estava sendo criado na Universidade da Florida, Gainesville), e mediante sistema de produção que permitiu a geração de mais de um milhão de parasitoides, foi liberado em todo o estado de São Paulo, de forma inoculativa, conseguindo-se reduzir a população do minador, com o incremento da população do parasitoide.³⁰
 - Um grande programa de Controle Biológico do vetor do “greening” ou HLB, o psíldeo, *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae), desenvolvido pela Esalq/USP, Piracicaba, produziu resultados de até 70% de parasitismo de *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae)³¹, parasitoide registrado no Brasil em 2005³².
 - E, o grande programa de Controle Biológico Aplicado no Brasil, feito em cana-de-açúcar para controle de *D. saccharalis*, a broca-da-cana, especialmente com *C. flavipes*,

³³ BOTELHO, P. S. M. & MACEDO, N. *Cotesia flavipes* para o controle de *Diatraea saccharalis*. In: PARRA, J. R. P.; BOTELHO, P. S. M.; CORRÊA-FERREIRA, B. S. & BENTO, J. M. S. (Eds.). *Controle biológico no Brasil: parasitoides e predadores*. São Paulo: Manole, 2002. p. 409-425.

³⁴ PARRA, J. R. P.; BOTELHO, P. S. M. & PINTO, A. de S. *Op. cit.*

³⁵ PARRA, J. R. P. O controle biológico no Brasil: para onde vamos? *G. bio*, especial, p. 33-35, abr. 2010.

³⁶ LENTEREN, J. C. van. The state of commercial augmentative biological control: plenty of natural enemies, but a frustrating lack of uptake. *BioControl*, v. 57, p. 1-20, 2012.

³⁷ PREZOTTI, L. & PARRA, J. R. P. Controle de qualidade em criações massais de parasitoides e predadores. In: PARRA, J. R. P.; BOTELHO, P. S. M.; CORRÊA-FERREIRA, B.S. & BENTO, J. M. S. (Eds.). *Controle biológico no Brasil: parasitoides e predadores*. São Paulo: Manole, 2002. p. 295-311.

importado de Trinidad e Tobago, em 1971.³³ Hoje esse parasitoide é liberado em três milhões de hectares. Esta área, somada aos 500.000ha nos quais já foram liberados *T. galloi*, perfaz quase metade da área plantada de cana-de-açúcar, sem dúvida um dos maiores programas de CB no mundo. Ainda mais, um dos principais problemas da cultura, a cigarrinha-das-raízes, *Mahanarva fimbriolata* (Hemiptera: Cercopidae), é controlada com o fungo *Metarhizium anisopliae* em cerca de dois milhões de hectares.³⁴

Isso tudo é possível, graças ao incremento das criações massais de insetos, alicerces dos programas de CB Aplicado. Existem empresas no Brasil que mantêm mais de 100 funcionários para criação de *C. flavipes*. Embora a comercialização ainda seja incipiente no país, é possível afirmar que estamos evoluindo na área. São cerca de 11 espécies de ácaros, parasitoides e predadores disponíveis³⁵ (figura 1), número pequeno em relação às 230 espécies disponíveis no mundo³⁶, vendidas por multinacionais como a Kopert, Biobest, Bioline, entre outros.

Futuro

Apesar dos avanços na área de CB, a massa crítica no Brasil ainda é pequena. É essencial que existam mais grupos de pesquisa com sequência de estudos e ações inter e multidisciplinares. Há necessidade de selecionar a cultura, definir o fator-chave do crescimento populacional e focar o estágio mais sensível, bem como o agente biológico mais adequado. Estudos básicos devem ser feitos para que possam ser desenvolvidas as criações massais, no caso do CB Aplicado ou Aumentativo.

O custo/benefício do programa é fundamental para que a tecnologia possa ser transferida ao usuário. Obviamente que o produto biológico deve estar disponível e ser de qualidade comparável àquele da natureza, devendo existir penalidades àqueles que venderem agentes biológicos não competitivos aos da natureza.³⁷

Ainda faltam arestas a ser aparadas, tais como:

– mudança de mentalidade dos que preconizam a utilização de agroquímicos para uma cultura que privilegie o controle biológico;

– desenvolvimento de mais estudos básicos, porém sempre associados, de forma equilibrada, aos estudos aplicados e, sobretudo, a avaliações do impacto ambiental das liberações inundativas ou inoculativas;

– aumento da relação empresa/Institutos de Pesquisa e/ou Universidades, para que haja uma perfeita análise de mercado e definição de prioridades; a escala de produção deve ser ajustada, quando passar da pesquisa para a produção massal;

– controle de qualidade do agente biológico produzido, feito por órgãos governamentais responsáveis pelo acompanhamento dos produtos biológicos provenientes de empresas que comercializam tais agentes;

– treinamento de pessoal envolvendo desde o sistema de produção de insetos, com maior número de laboratórios trabalhando com criação de insetos, até campos demonstrativos, para demonstrar ao usuário o que é CB, com transferência de tecnologia séria e criteriosa;

– incentivo aos estudos de logística de armazenamento e transporte, considerando-se a extensão territorial do Brasil, completamente diferente da Europa, como a Holanda, por exemplo, em que se pode ir de um local no norte até o sul do país em poucas horas. As perdas no armazenamento e transporte podem muitas vezes comprometer a imagem do CB.³⁸

³⁸ LENTEREN, J. C. van & TOMMASINI, M. G. Mass production, storage, shipment and release of natural enemies. In: LENTEREN, J. C. van (Ed.). *Quality control and production of biological control agents: theory and testing procedures*. Cambridge: CABI Publishing, 2003. p. 181-189.

³⁹ PARRA, J. R. P. & OMO-TO, C. Elas são terríveis. *Cultivar*, v. 6, n. 69, p. 46-47, 2005.

⁴⁰ CARSON, R. *Silent spring*. Boston: Houghton Mifflin, 1962. 368 p.

⁴¹ TENNEKES, H. *The systemic insecticides: a disaster in the making*. Zutphen: ETS Nederland, 2010. 69 p.

Entretanto, acima de tudo, para que possamos crescer em CB Aplicado, temos que ter um planejamento dos sistemas de produção. No Brasil Central, especialmente, falta o princípio básico da Agricultura Sustentável.³⁹ As monoculturas em grande escala (soja, cana-de-açúcar), a continuidade da cultura em uma área (milho safrinha), a rotação das mesmas culturas (soja, milho, algodão) fazem com que as pragas se multipliquem e se transfiram de um sistema para outro; os sistemas tornam-se desequilibrados, com a aplicação irracional de agroquímicos e, logicamente, o CB não se sustenta em sistemas desequilibrados.

Novas publicações, como aquelas de Rachel Carson, em 1962⁴⁰, começam a aparecer; o livro *The systemic insecticides* de Henk Tennekes, publicado em 2010⁴¹, mostra os problemas de inseticidas modernos, como neonicotinoides e piretroides no ecossistema. Os estudos no Brasil com *T. radiata* para controlar *D. citri*, demonstram tais efeitos de neonicotinoides; assim, em 2005, logo após a introdução do “greening” (HLB), a porcentagem de parasitismo natural média era de 20% no estado de São Paulo, com parasitismo máximo de até 92% em Bauru; em 2006, passou para 12,8% e, em 2007, para 5,4%, com o máximo de parasitismo de 32,4% observado em São Carlos.



Parasitoide: *Cotesia flavipes*
Alvo: *Diatraea saccharalis*



Parasitoide: *Trichogramma galloi*
Alvo: *Diatraea saccharalis*



Parasitoide: *Trichogramma atopovirilia*
Alvo: *Spodoptera frugiperda*



Parasitoide: *Trichogramma pretiosum*
Alvos: *Spodoptera frugiperda*, *Tuta absoluta*, *Pseudoplusia includens*, *Plutella xylostella*



Predador: *Neoseiulus californicus*
Alvos: *Panonychus ulmi*, *Tetranychus urticae*, *Polyphagotarsonemus latus*



Predador: *Phytoseiulus macropilis*
Alvo: *Tetranychus urticae*



Predador: *Phytoseiulus longipes*
Alvos: *Tetranychus urticae*, *Tetranychus evansi*



Predador: *Stratiolaelaps scimitus*
Alvos: *Bradysia* spp., Collembola, ácaros de solo, tripes (pupas)



Predador: *Podisus nigrispinus*
Alvo: lagartas desfolhadoras de florestas



Predador: *Orius insidiosus*
Alvo: tripes



Predador: *Cryptolaemus montrouzieri*
Alvo: cochonilhas sem carapaça

Figura 1: Espécies de inimigos naturais atualmente comercializadas no Brasil (PARRA, J. R. P.⁴²)

⁴² PARRA, J. R. P. O controle biológico no Brasil: para onde vamos? *Op. cit.*

Tais fatos trazem reflexos para a utilização do MIP, pois sem a integração de métodos, o CB não tem sentido. A volta do MIP apontará para a utilização do CB. A soja foi uma das primeiras culturas a implementar o MIP no Brasil; na década de 1980, chegou-se a aplicar *Baculovirus anticarsia* para controlar *Anticarsia gemmatalis* (Lepidoptera: Noctuidae) em cerca de dois milhões de hectares; hoje, com a aplicação irracional de produtos químicos para controlar as pragas, novos problemas surgiram, como *Pseudoplusia includens*, *Spodoptera* spp. (Lepidoptera: Noctuidae), o ácaro-verde etc. enquanto a área pulverizada com *B. anticarsia* não chega a 200.000ha.

Em alguns casos, somente a proibição de determinados produtos químicos poderá levar à utilização de CB, conforme ocorreu na Espanha, ou mesmo no Brasil, com a retirada do mercado de produtos como o endossulfam para o controle dos percevejos da soja.

⁴³ COCK, M. J. W. *et al.* Do new access and benefit sharing procedures under the convention on biological diversity threaten the future of biological control? *Bio-Control*, v. 55, p. 199-218, 2010.

LENTEREN, J. C. van. *et al.* Will the convention on biological diversity put an end to biological control? *Revista Brasileira de Entomologia*, v. 55, n. 1, p. 1-5, 2011.

Outro problema preocupante é o resultado das Convenções sobre Diversidade Biológica (Rio de Janeiro, Bonn e Nagoya). Com o conceito de acesso e divisão de benefícios (ABS), aumentam os problemas de acesso a inimigos naturais para Controle Biológico.⁴³

Para a evolução do CB, existem muitas áreas a serem pesquisadas, incluindo biotecnologia (simbiontes), estudos de relações tritróficas, seleção de linhagens ou “strains” de parasitoides ou predadores, além do manejo de criação (envolvendo exigências térmicas), comercialização, técnicas de liberação, controle de qualidade dos parasitoides e predadores produzidos, logística de armazenamento e transporte, seletividade de inimigos naturais e ação de predadores (muito abundantes em áreas tropicais) após a liberação. É também fundamental que pensemos numa tecnologia própria para a região tropical, para atender às peculiaridades da agricultura brasileira, com ênfase ao clima e à grande diversidade biológica existente.

José Roberto Postali Parra é engenheiro agrônomo, doutor em Entomologia e professor da ESALQ/USP, Piracicaba, São Paulo.

jrpparra@usp.br

INSETOS PARASITÓIDES

José Roberto Postali Parra
Valmir Antonio Costa
Alexandre de Sene Pinto

O controle biológico de pragas é um fenômeno natural em que um organismo vivo (inimigo natural) regula a população de outro organismo (praga). Os agentes de controle biológico podem ser parasitoides, predadores ou patógenos. Nesse texto, são discutidos os procedimentos e a terminologia utilizados no controle biológico, as famílias de parasitoides e os atributos de um eficiente inimigo natural, bem como a formulação de um modelo de controle biológico com parasitoide e os casos de sucesso registrados no Brasil. Um caso recente de sucesso de Controle Biológico Clássico é destacado, no qual a larva-minadora-dos-citros, *Phyllocnistis citrella*, foi eficientemente controlada pelo parasitoide ovo-larva, *Ageniaspis citricola*, nas principais regiões citrícolas do país.

Introdução

Controle biológico é um fenômeno natural que consiste na regulação do número de plantas e animais por inimigos naturais, os quais se constituem nos agentes de mortalidade biótica. Desta forma, todas as espécies de plantas e animais têm inimigos naturais atacando seus vários estágios de vida. Dentre tais inimigos naturais existem grupos bastante diversificados, seja em termos taxonômicos, seja em termos funcionais, incluindo insetos, vírus, fungos, bactérias, nematoides, protozoários, rickettsias, micoplasmas, ácaros, aranhas, peixes, anfíbios, répteis, aves e mamíferos.¹

O controle biológico é um fenômeno dinâmico que sofre a influência de fatores climáticos, da disponibilidade de alimentos e da competição, assim como de aspectos independentes e dependentes da densidade.²

Foi inicialmente utilizado para controlar insetos, ácaros e plantas daninhas. Com o tempo, a utilização do método tornou-se mais ampla e outros invertebrados, patógenos de plantas e mesmo alguns vertebrados, são agora considerados alvos.³

Portanto, para a supressão de populações de insetos-praga, por meio do controle biológico, conforme uma visão de Manejo Integrado de Pragas (MIP), objeto desta publicação, são importantes os parasitoides, predadores e patógenos.

O presente artigo tratará exclusivamente dos parasitoides. Não serão abordados os predadores e nem os patógenos, que já foram objeto de estudos bastante avançados em nosso país, podendo-se citar Alves⁴ e Alves & Lopes⁵ para patógenos e Bueno⁶ para predadores.

Procedimentos em controle biológico

Os procedimentos básicos atualmente utilizados em controle biológico são: introdução, conservação e multiplicação.

Em qualquer programa de MIP, o controle biológico desempenha papel fundamental, seja como parte do alicerce do MIP (ao lado dos níveis de controle, amostragem e taxonomia), por serem os inimigos naturais os responsáveis pela mortalidade natural no agroecossistema, seja como uma das alternativas de controle, em substituição aos agentes químicos, isoladamente ou associado a outras medidas de controle.⁷ Em programas de MIP, os três procedimentos podem e devem ser utilizados. Resumidamente, segue o que cada um dos procedimentos significa.

- ¹ PARRA, J. R. P.; BOTELHO, P. S. M.; CORRÊA-FERREIRA, B. S. & BENTO, J. M. S. Controle biológico: terminologia, Cap. 1. In: PARRA, J. R. P.; BOTELHO, P. S. M.; CORRÊA-FERREIRA, B. S. & BENTO, J. M. S. (Eds.). *Controle biológico no Brasil: parasitoides e predadores*. São Paulo: Manole, 2002. p. 1-16.
- ² BOSCH, R. van den; MESSINGER, P. S. & GUTIERREZ, A. P. *An introduction to biological control*. New York: Plenum Press, 1982. 247 p.
- ³ NORRIS, R. F.; CASWELL-CHEN, E. P. & KOGAN, M. *Concepts in Integrated Pest Management*. New Jersey: Prentice Hall, 2003. 586 p.
- ⁴ ALVES, S. B. (Ed.). *Controle microbiano de insetos*. Piracicaba: Fealq, 1998. 1.163 p.
- ⁵ ALVES, S. B. & LOPES, R. B. (Eds.). *Controle microbiano de pragas na América Latina*. Piracicaba: Fealq, 2008. 414 p. (Biblioteca de Ciências Agrárias Luiz de Queiroz, 14)
- ⁶ BUENO, V. H. P. (Org.). *Controle biológico de pragas: produção massal e controle de qualidade*. 1. ed. Lavras: UFLA, 2000. 215 p.
BUENO, V. H. P. (Org.). *Controle biológico de pragas: produção massal e controle de qualidade*. 2. ed. Lavras: UFLA, 2009. 429 p.
- ⁷ GONZALES, D. Sampling as a basis for pest management strategies. In: TALL TIMBERS CONF. ECOL. ANIM. CONTROL HABITAT MANAGE., 2., 1971. *Proceedings...* Talahassee, 1971.

Controle Biológico Clássico

Importação e colonização de parasitoides ou predadores visando ao controle de pragas exóticas (eventualmente nativas). Embora originalmente fossem utilizados indivíduos exóticos, hoje, em particular no período de 2000 a 2009, predomina a utilização de inimigos naturais nativos, com 76% de inimigos naturais nativos, no referido período, contra 42% no período de 1960 a 1989.⁸ De maneira geral, as liberações são realizadas com um pequeno número de insetos (liberações inoculativas), por uma ou mais vezes no mesmo local. Por isso, o controle biológico, nesse caso, é visto como uma medida de controle em longo prazo, pois a população dos inimigos naturais tende a aumentar com o passar do tempo e, portanto, o método se aplica somente a culturas semiperenes ou perenes.

⁸ COCK, M. J. W. *et al.* Do new access and benefit sharing procedures under the convention on biological diversity threaten the future of biological control? *Bio-Control*, v. 55, p. 199-218, 2010.

Controle Biológico Natural ou Conservativo

Refere-se à população de inimigos que ocorrem naturalmente. Atendendo a um dos preceitos básicos de controle biológico, ou seja, a conservação, tais parasitoides ou predadores devem ser preservados (e, se possível, aumentados) por meio da manipulação de seu ambiente de forma favorável (usar inseticidas seletivos em épocas corretas, reduzir doses de produtos químicos, evitar práticas culturais inadequadas, preservar hábitat ou fontes de alimentação para inimigos naturais). São muito importantes em programas de manejo de pragas, pois são responsáveis pela mortalidade natural no agroecossistema e, conseqüentemente, pela manutenção do nível de equilíbrio das pragas.⁹

⁹ LETOURNEAU, D. K. & ALTIERI, M. A. Environmental management to enhance biological control in agroecosystems. *In*: BELLOWS, T. S. & FISHER, T. W. (Eds.). *Handbook of biological control: principles and applications of biological control*. San Diego: Academic Press, 1999. p. 319-354.

Controle Biológico Aplicado ou Aumentativo

Trata-se de liberações inundativas de parasitoides ou predadores, após a criação massal em laboratório, visando à redução rápida da população da praga para seu nível de equilíbrio. Esse tipo de controle biológico é bem aceito pelo usuário, pois tem um tipo de ação rápida, muito semelhante à de inseticidas convencionais. Quando apenas existia o Controle Biológico Clássico, uma vez que as técnicas de criações de insetos eram incipientes, eram apontadas algumas desvantagens desse tipo de controle, entre elas, a sua ação lenta e sua aplicação exclusivamente em culturas perenes ou semiperenes. Com o desenvolvimento do Controle Biológico Aplicado, tais desvantagens foram superadas. O Controle Biológico Aplicado refere-se ao preceito básico de controle biológico atualmente chamado de multiplicação

¹⁰ PARRA, J. R. P. *Técnicas de criação de insetos para programas de controle biológico*. 6. ed. Piracicaba: Fealq, 2001. 134 p.

(criações massais), que evoluiu muito com o desenvolvimento das dietas artificiais para insetos, especialmente a partir da década de 1970.¹⁰ Esses “inseticidas biológicos” são mais utilizados para parasitoides ou predadores nativos, embora possam ser aplicados a inimigos naturais exóticos. Nesse tipo de controle, não se espera estabelecimento dos indivíduos liberados nas áreas visadas. Existem muitos casos de sucesso de Controle Biológico Aplicado no Brasil, como *Cotesia flavipes* (Hymenoptera: Braconidae), hoje liberada em três milhões de hectares para controlar a broca-da-cana, *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae). Ainda é bastante frequente, por exemplo, a liberação de *Trichogramma* spp. (Hymenoptera: Trichogrammatidae), de forma inundativa, em diversos países do mundo, incluindo o Brasil.

Estratégias de liberação e sistema-alvo

¹¹ WILLIAMS, D. W. & LEPPLA, N. C. The future augmentation of beneficial arthropods. In: KAUFFMAN, W. C. & NECHOLS, J. R. (Eds.). *Selection criteria and ecological consequences of importing natural enemies*. Lanham: Md. Proc. Thomas Say Pubs./Entomol.: Entomological Society of America, 1992. p. 87-102.

Segundo Williams & Leppla¹¹, existem três formas de liberação de inimigos naturais: inoculativa, inundativa e inoculativa estacional (ou sazonal), que são dependentes do sistema visado (alvo).

Assim, a inoculação é adequada para sistemas abertos com baixa variabilidade temporal. Aplica-se a culturas perenes e semiperenes e florestas. É, portanto, típica do Controle Biológico Clássico.

Já a liberação inundativa serve para sistemas (culturas) com alta variabilidade temporal (culturas anuais).

¹² LENTEREN, J. C. van. Critérios de seleção de inimigos naturais a serem usados em programas de controle biológico. In: BUENO, V. H. P. (Org.). *Controle biológico de pragas: produção massal e controle de qualidade*. 1. ed. Lavras: UFLA, 2000. p. 1-19.

A liberação inoculativa estacional é normalmente feita em casa-de-vegetação, no período de ocorrência da praga (cultivos de curta duração).¹² Esperam-se efeitos por várias gerações da praga. Trata-se de uma mistura do método inundativo e inoculativo, pois é liberada uma grande quantidade de insetos para se obter um controle imediato e espera-se o crescimento das populações para controle das gerações tardias. É muito comum na Europa, por exemplo, para o controle da mosca-branca, *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae), utilizando-se *Encarsia formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae).¹³

¹³ LENTEREN, J. C. van. Critérios de seleção de inimigos naturais... *Op. cit.*

Em sistemas fechados, com baixa variabilidade temporal, como armazéns de cereais, o controle de pragas pode ser feito com liberações inundativas ou inoculativas estacionais. O mesmo se aplica a casas-de-vegetação em que as liberações podem também ser inundativas. Existem exceções, e para *Lymantria dispar* (Lepidoptera: Lymantriidae), praga de florestas, excelentes resultados são obtidos com liberações inundativas. Nas liberações inoculativas espera-

se que os inimigos naturais reproduzam-se antes de morrer, estabelecendo-se na área liberada. No caso do Controle Biológico Aplicado, não se espera a reprodução e nem que os organismos se fixem na área, pois a ação esperada é apenas momentânea, baixando rapidamente a população da praga, à semelhança de um inseticida.

Terminologia

O **parasito** é um organismo usualmente menor que o hospedeiro, e um único indivíduo não mata esse hospedeiro. Por exemplo: tênia, piolhos, pulgas e pernilongos. Os parasitos podem completar seu ciclo de vida em um único hospedeiro (piolho), ser de vida livre e não parasitar durante parte de sua vida (pernilongos e pulgas) ou ter um ciclo de vida envolvendo diversas espécies hospedeiras (tênia).

O **predador** é um organismo de vida livre durante todo o ciclo de vida e que mata a presa. Usualmente é maior do que ela e requer mais do que um indivíduo para completar o desenvolvimento.

Um **parasitoide** tem sido incluído na categoria de parasito, mas um parasitoide é muitas vezes do mesmo tamanho do hospedeiro, que ele mata e exige somente um indivíduo para completar o desenvolvimento. O adulto tem vida livre.

Quanto às categorias de parasitismo podemos ter: parasitoide primário, hiperparasitoide, endoparasitoide, ectoparasitoide, parasitismo múltiplo, superparasitismo, adelfoparasitismo, cleptoparasitismo e poliembrionia.

Parasitoide primário: espécie que se desenvolve sobre hospedeiros não parasitados.

Hiperparasitoide (ou parasitoide secundário): parasitoide que se desenvolve em outro parasitoide. Podem existir vários níveis de hiperparasitismo.

Endoparasitoide: parasitoide que se desenvolve dentro do corpo do hospedeiro, que pode ser solitário (quando uma única larva completa seu desenvolvimento em determinado hospedeiro) ou gregário (quando várias larvas se desenvolvem até a maturidade em um único hospedeiro).

Ectoparasitoide: espécie que se desenvolve fora do corpo do hospedeiro (a larva se alimenta inserindo as peças bucais através do tegumento da vítima), que pode ser solitária ou gregária.

Parasitismo múltiplo: quando mais de uma espécie de parasitoide ocorre dentro ou sobre um único hospedeiro, sendo que, na maioria das vezes, apenas uma espécie sobrevive e as outras sucumbem. Em casos raros, como

espécies de *Trichogramma* (parasitoides de ovos de Lepidoptera), mais do que uma espécie pode completar seu desenvolvimento no ovo.

Superparasitismo: quando vários indivíduos de uma espécie de parasitoide podem se desenvolver em um hospedeiro. Quando ocorre superparasitismo com endoparasitos solitários, isso pode resultar em sobrevivência de um indivíduo dominante. Em alguns casos, entretanto, o hospedeiro morre prematuramente, antes que os excedentes sejam eliminados, e todos morram.

Adelfoparasitismo (autoparasitismo): quando uma espécie de parasitoide é parasito de si mesma. Por exemplo, em *Coccophagus scutellaris* (Hymenoptera: Aphelinidae), o macho é parasitoide obrigatório da fêmea.

Cleptoparasitismo: quando um parasitoide ataca preferencialmente hospedeiros já parasitados por outras espécies. Não é um hiperparasitismo, mas no caso existe um multiparasitismo, no qual há competição entre duas espécies com a espécie cleptoparasitoide usualmente dominando. Exemplos: Apidae (Apinae e Nomadinae), Chrysididae, Pompilidae e Mutillidae.

Poliembrionia: quando um adulto coloca um único ovo por hospedeiro, o qual, posteriormente, divide-se em muitas células, cada uma desenvolvendo-se independentemente. Formam-se diversos embriões a partir de um hospedeiro parasitado.

Existem parasitoides de ovos, larvas (ou ninfas), pupas e adultos. Parasitoides que ovipositam em um estágio, mas emergem em outro, são denominados de acordo com o início e o final do parasitismo, ou seja, um encirtídeo que parasita o ovo e emerge na larva é um parasitoide ovo-larva.

Quanto às formas de exploração do hospedeiro, pode-se ter parasitoides coinobiontes ou cenobiontes e idiobiontes.

Coinobiontes ou cenobiontes: parasitoides que permitem que o hospedeiro cresça (e continue a se alimentar) em tamanho após o parasitismo.¹⁴ Os tipos mais importantes de cenobiontes são parasitoides ovo-larva e larva-pupa e aqueles parasitoides larvais que não paralisam permanentemente o hospedeiro na oviposição.

Idiobiontes: ecto ou endoparasitoides de ovos e pupas, os quais matam seus hospedeiros antes da emergência e se desenvolvem em hospedeiros mortos ou paralisados. São os parasitoides de ovos, pupas e adultos, além dos parasitoides larvais que, por meio de “picadas”, paralisam permanentemente a presa.

¹⁴ ASKEW, R. R. & SHAW, M. R. Parasitoid communities: their size, structure and development. *In*: WAAGE, J. K. & GREATHEAD, D. (Eds.). *Insect parasitoids*. New York: Academic Press, 1986. p. 225-264.

Os tipos de reprodução e as estratégias reprodutivas são discutidos a seguir. Existem variações em um fenômeno básico em todos os himenópteros, conhecido como partenogênese haploide. Portanto, um ovo não fertilizado pode desenvolver-se partenogeneticamente e produzir um adulto normal. O indivíduo haploide é um macho e o ovo fertilizado desenvolve-se em uma fêmea adulta. Entretanto, existem diferenças no modo como alguns parasitoides seguem esses padrões básicos. Essas diferenças no modo de reprodução são chamadas arrenotoquia, deuterotoquia e telitoquia.

Arrenotoquia: ovos não fertilizados produzem machos e os fertilizados, fêmeas. Conseqüentemente, fêmeas virgens podem dar descendentes, mas eles serão todos machos. Espécies que seguem esse modo de reprodução são chamadas biparentais. Em algumas espécies biparentais, a fêmea copulada pode produzir macho ou fêmea por meio de controle externo ou interno de fertilização. Em outros casos, a fêmea copulada produz somente fêmeas.

Deuterotoquia (anfítoquia): maneira pela qual fêmeas não copuladas produzem machos e fêmeas. Essas espécies são chamadas uniparentais. Os machos haploides produzidos não são funcionais (ecológica e biologicamente). As fêmeas produzem em sua progênie de fêmeas uma condição diploide por meio de vários mecanismos genéticos. Muitas vezes, em espécies que apresentam deuterotoquia, a proporção de machos produzida (em relação à progênie total) varia com condições extremas, como temperatura.

Telitoquia: as fêmeas virgens produzem somente fêmeas, e os machos são desconhecidos. Em alguns casos, espécies telíticas, sob determinadas condições de temperatura, mudam para deuterotoquia e produzem machos haploides e fêmeas diploides.

Pró-ovigenia: caso em que, quando ocorre a emergência, todos os ovos estão maduros, prontos para serem colocados, sem necessidade de seu desenvolvimento.

Sinovigenia: caso em que poucos ovos estão maduros na emergência, havendo um amadurecimento gradual. Com isso, os adultos necessitam de proteínas em sua dieta. Muitas vezes, essa proteína é obtida em uma ação predatória, matando o hospedeiro pela introdução do ovipositor para se alimentar da hemolinfa exsudada. Muitos parasitoides necessitam de carboidratos para maior longevidade e postura.¹⁵

As pesquisas com simbioses têm sido intensificadas nos últimos anos e hoje um dos mais estudados é *Wolbachia*,

¹⁵ DRIESCHE, R. G. van & BELLOWS Jr., T. S. *Biological control*. London: Chapman & Hall, 1996. 539 p.

uma α -proteobactéria presente em grande quantidade de insetos. Essa bactéria é transmitida através do citoplasma de ovos e pode envolver vários mecanismos para manipular a reprodução de seus hospedeiros, incluindo indução de incompatibilidade reprodutiva, partenogênese e feminização. É também transmitida horizontalmente entre espécies de artrópodos e tem sido muito estudada no parasitoide de ovos *Trichogramma* spp.¹⁶

Simbiontes são estudados por grupos em diferentes partes do mundo, com destaque para livros como o de Bourtzis & Miller¹⁷. Estes simbiontes, como *Buchnera*, são muito importantes na nutrição de pulgões.

A habilidade de parasitoides e predadores em detectar pistas no ambiente e usá-las, de forma adequada, para localizar as presas, baseia-se em uma série de sinais que operam a longa, média e curta distâncias, incluindo estímulos visuais, olfativos, gustativos, mecanorreceptores e auditivos.¹⁸

Nesse contexto, os voláteis químicos têm papel muito importante¹⁹ para comunicação interespecífica. Entre eles, destacam-se:

- **alomônios**: substâncias que favorecem aquele que emite o sinal – por exemplo, venenos e secreções defensivas;
- **caiomônios**: químicos que favorecem o receptor – por exemplo, *Trichogramma* é favorecido pelas substâncias químicas presentes nas escamas das asas de lepidópteros, deixadas por ocasião da postura e que irão atraí-lo;
- **sinomônios**: voláteis químicos que favorecem tanto o emissor como o receptor, como o caso de plantas que, ao serem atacadas por herbívoros, liberam substâncias que atraem os parasitoides;
- **apneumônios**: substâncias liberadas por organismos não vivos, como, por exemplo, farinha de aveia, que atrai o parasitoide *Venturia canescens* (Hymenoptera: Ichneumonidae).

Nos últimos anos, tem aumentado o número de trabalhos sobre o assunto.²⁰

Os recursos nutricionais, provenientes do néctar extrafloral, são importantes para a sobrevivência de parasitoides e predadores. A emissão de voláteis do néctar extrafloral pode atrair inimigos naturais, aumentando sua longevidade e reprodução. Voláteis emitidos por herbivoria ou mesmo pela oviposição podem ser importantes para inimigos naturais.

Os parasitoides podem responder, para oviposição, a estímulos do hospedeiro e do hábitat.

¹⁶ WERREN, J. H. Biology of *Wolbachia*. *Annual Review of Entomology*, v. 42, n. 1, p. 587-609, 1997.

¹⁷ BOURTZIS, K. & MILLER, T. A. *Insect symbiosis*. Boca Raton: CRC Press, 2003. 276 p.

¹⁸ VINSON, S. B. Habitat location. In: NORDLUND, D. A.; JONES, R. J. & LEWIS, W. J. (Eds.). *Semiochemicals, their role in pest control*. New York: John Wiley and Sons, 1981. p. 51-77.

VINSON, S. B. How parasitoids locate their hosts: a case of insect espionage. In: LEWIS, T. (Ed.). *Insect communication*. London: Academic Press, 1984. p. 325-348.

VINSON, S. B. Comportamento de seleção hospedeira de parasitoides de ovos, com ênfase na família Trichogrammatidae. In: PARRA, J. R. P. & ZUCCHI, R. A. (Eds.). *Trichogramma e o controle biológico aplicado*. Piracicaba: Fapesp/Fealq, 1997. p. 67-119.

¹⁹ NORDLUND, D. A. Semiochemicals: a review of terminology. In: NORDLUND, D. A.; JONES, R. J. & LEWIS, W. J. (Eds.). *Semiochemicals, their role in pest control*. New York: John Wiley and Sons, 1981. p. 13-28.

²⁰ BENTO, J. M. S. & NARDI, C. Bioecologia e nutrição vs ecologia química: as interações multitróficas mediadas por sinais químicos, Cap. 8. In: PANIZZI, A. R. & PARRA, J. R. P. (Eds.). *Bioecologia e nutrição de insetos: base para o manejo integrado de pragas*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. p. 277-296.

²¹ PARRA, J. R. P.; VINSON, S. B.; GOMES, S. M. & CÔNSOLI, F. L. Flight response of *Habrobracon hebetor* (Say) (Hymenoptera: Braconidae) in a wind tunnel to volatiles associated with infestations of *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae). *Biological Control*, v. 6, p. 143-150, 1996.

Os parasitoides larvais respondem à seda, frass²¹, compostos voláteis, componentes cuticulares e secreções glandulares dos hospedeiros. Assim, *Toxoneuron bicolor* (Hymenoptera: Braconidae) responde a hidrocarbonetos das glândulas mandibulares de *Heliothis virescens* (Lepidoptera: Noctuidae). *Cotesia melanoscela* (Hymenoptera: Braconidae) responde à seda produzida nas glândulas labiais de *L. dispar*.

Muitos parasitoides de ovos respondem a caimônios, associados à reprodução. *Trichogramma evanescens* é estimulado à busca por substâncias químicas (como tricossano), associadas às escamas de asas de mariposas. Em termos de MIP, este comportamento pode ser um facilitador para a eficiência do controle biológico, pois após a síntese do caimônio, ele poderá ser aplicado numa área, em pulverização, para atração dos parasitoides.

O feromônio marcador de *Rhagoletis pomonella* (Diptera: Tephritidae) estimula a oviposição de *Opius lectus* (Hymenoptera: Braconidae).

Um fungo encontrado em pêssego podre (no solo) produz etanol e acetaldeído, que atraem *Biosteres* (Hymenoptera: Braconidae), um parasitoide de larvas da mosca-das-frutas.

Os taquinídeos podem ser larvíparos e, neste caso, para criação, há necessidade de dissecar-se o abdome para a retirada das larvas. Nas criações iniciais de taquinídeos [*Lydella minense* e *Billaea claripalpis* (Diptera: Tachinidae)] para o controle de *D. saccharalis*, os adultos eram dissecados e as larvinhas colocadas no dorso da broca-da-cana.

Famílias de parasitoides

Cock *et al.*²² referiram que, nos últimos 120 anos, pelo menos 165 pragas e plantas daninhas têm sido controladas permanente ou temporariamente por agentes de controle biológico. Durante o período, mais de 7.000 introduções de agentes de controle biológico foram feitas, envolvendo mais de 2.700 espécies. Hoje, cerca de 230 espécies são produzidas e comercializadas mundialmente para liberações e controle de mais de 100 espécies-praga.²³ Embora o número de problemas com introduções seja muito pequeno, análises de risco devem ser recomendadas em programas de controle biológico.²⁴

Dentre os parasitoides, os mais utilizados são da ordem Hymenoptera, e, em menor grau, os da ordem Diptera. Das famílias de Hymenoptera, as mais empregadas são

²² COCK, M. J. W. *et al.* *Op. cit.*

²³ LENTEREN, J. C. van. The state of commercial augmentative biological control: plenty of natural enemies, but a frustrating lack of uptake. *BioControl*, v. 57, p. 1-20, 2012.

²⁴ BIGLER, F.; BABENDREIER, D. & KUHLMANN, U. (Eds.). *Environmental impact of invertebrates for biological control of arthropods: methods and risk assessment*. v. 10. Cambridge: CABI Publishing, 2006. 299 p.

os representantes de Braconidae e Ichneumonidae em Ichneumonoidea, Eulophidae, Pteromalidae, Encyrtidae e Aphelinidae em Chalcidoidea e Platygastriidae em Platygastroidea. Dentre os dípteros, o grupo mais usado é o dos Tachinidae. Os representantes das ordens Strepsiptera, Coleoptera (Carabidae, Staphylinidae, Meloidae e Ripiphoridae), Lepidoptera (Pyralidae e Epipyropidae) e Neuroptera (Mantispidae) são de menor importância como parasitoides.²⁵

Obviamente, existem famílias de parasitoides que parasitam ovos, como Mymaridae, Eulophidae, Aphelinidae, Evaniidae, Platygastriidae, Encyrtidae e Trichogrammatidae²⁶, e outras que parasitam larvas, ninfas, pupas e adultos, sendo alguns ecto ou endoparasitoides. Uma lista de parasitoides e respectivas fases de parasitismo foi apresentada por Berti Filho & Ciociola²⁷ (quadro 1).

Atributos para que um inimigo natural seja eficiente

Para que um agente de controle biológico seja eficiente, ele deve apresentar as seguintes características:

- especificidade hospedeira;
- sincronismo com a praga;
- potencial biótico elevado;
- habilidade de sobreviver em períodos de baixa população do hospedeiro ou mesmo na sua ausência;
- boa capacidade de busca.

Na revisão realizada por Clausen²⁸, dos programas de controle biológico até então, 76,0% foram realizados com parasitoides, sendo 84,3% com Hymenoptera e 13,8% com Díptera, com 1,9% com outros grupos.

Na relação de alguns casos de sucesso apresentada por Cock *et al.*²⁹, em trabalho visando a mostrar os problemas de Access and Benefit Sharing (ABS), os casos de sucesso, em sua grande maioria, foram realizados com parasitoides.

Das 230 espécies de inimigos naturais que são atualmente comercializadas no mundo, já citadas no presente texto³⁰, a maioria é de artrópodes, com 219 espécies (95,2%), sendo uma espécie de Mollusca e 10 de Nematoda. Deste total, 120 espécies são himenópteros (52,2%), 30 espécies são de ácaros (13,1%), os coleópteros representam 12,2% (28 espécies) e os heterópteros representam 8,3%, com 19 espécies. A especificidade dos parasitoides, com uma restrita faixa hospedeira, garante esta superioridade.³¹

²⁵ GODFRAY, H. C. J. *Parasitoids: behavioral and evolutionary ecology*. Princeton: Princeton University Press, 1994. 473 p.

²⁶ CÔNSOLI, F. L.; PARRA, J. R. P. & ZUCCHI, R. A. (Eds.). *Egg parasitoids in agroecosystems with emphasis on Trichogramma*. New York: Springer, 2010. 479 p. (Progress in Biological Control, 9)

²⁷ BERTI FILHO, E. & CIOCIOLA, A. I. Parasitoides ou predadores? Vantagens e desvantagens, Cap. 3. In: PARRA, J. R. P.; BOTELHO, P. S. M.; CORRÊA-FERREIRA, B. S. & BENTO, J. M. S. (Eds.). *Controle Biológico no Brasil... Op. cit.* p. 29-41.

²⁸ CLAUSEN, C. P. Introduced parasites and predators of arthropod pests and weeds: a world review. In: CLAUSEN, C. P. (Ed.). *Agriculture Handbook*, n. 480. Washington, D. C.: USDA. Agricultural Research Service, 1978.

²⁹ COCK, M. J. W. *et al.* *Op. cit.*

³⁰ LENTEREN, J. C. van. The state of commercial augmentative... *Op. cit.*

³¹ LENTEREN, J. C. van. The state of commercial augmentative... *Op. cit.*

Quadro 1: Ordens e famílias de parasitoides de insetos

Ordem	Família	Ordem	Família
Hymenoptera	Ampulicidae	Hymenoptera	Pompilidae
	Aphelinidae		Proctotrupidae
	Apidae (Nomadinae e Apinae) ^a		Pteromalidae
	Aulacidae		Rhopalosomatidae
	Bethylidae		Roproniidae
	Braconidae		Rotoitidae
	Bradynobaenidae		Sapygidae
	Ceraphronidae		Sclerogibidae
	Chalcididae		Scolebythidae
	Chrysididae		Scoliidae
	Crabronidae		Sierolomorphidae ^e
	Diapriidae		Signiphoridae
	Dryinidae		Tanaostigmatidae
	Embolemidae		Tetracampidae
	Encyrtidae		Tiphidae
	Eucharitidae		Torymidae
	Eulophidae		Trichogrammatidae
	Eupelmidae		Trigonalidae
	Eurytomidae		Vanhorniidae
	Evanidae		Coleoptera
	Figitidae	Meloidae	
	Gasteruptiidae	Rhipiphoridae	
	Heloridae	Staphylinidae	
	Ibaliidae	Diptera	Acroceridae
	Ichneumonidae		Bombylidae
	Ismaridae ^b		Cecidomyiidae
	Leucospidae		Conopidae
	Liopteridae		Nemestrinidae
	Maamingidae ^c		Phoridae
	Megalyridae		Pipunculidae
	Megaspilidae		Sarcophagidae
	Monomachidae		Tachinidae
	Mutillidae		Lepidoptera
	Mymaridae	Neuroptera	Pyralidae
	Mymarommatidae	Strepsiptera	Mantispidae (Symphrasinae) ^f
	Ormyridae		Corioxenidae
Orussidae	Elenchidae		
Pelecinidae	Halictophagidae		
Perilampidae	Myrmecolacidae		
Platygastridae ^d	Stylopidae		
Plumariidae ^e			

(adaptada de GODFRAY, H. C.; PARRA, J. R. P. *et al.* e HANSON, P. & GAULD, I.)³².

^aEspécies cleptoparasíticas. ^bSubfamília de Diapriidae, elevada a família por SHARKEY, M. J. *et al.*³³. ^cCriada por EARLY, J. W. *et al.*³⁴ ^dScelionidae está incluída em Platygastridae. ^eBiologia desconhecida, mas presumivelmente parasitoides, devido à sua posição filogenética. ^fÚnica subfamília que exerce parasitismo.

- ³² GODFRAY, H. C. J. *Op. cit.* PARRA, J. R. P.; BOTELHO, P. S. M.; CORRÊA-FERREIRA, B. S. & BENTO, J. M. S. Controle biológico: terminologia... *Op. cit.* HANSON, P. & GAULD, I. Hymenoptera de la Región Neotropical. *Memoirs of the American Entomological Institute*, v. 77, p. 1-994, 2006.
- ³³ SHARKEY, M. J. *et al.* Phylogenetic relationships among superfamilies of Hymenoptera. *Cladistics*, v. 28, p. 80-112, 2012.
- ³⁴ EARLY, J. W.; MASNER, L.; NAUMANN, I. D. & AUSTIN, A. D. Maamingidae, a new family of proctotrupoid wasp (Insecta: Hymenoptera) from New Zealand. *Invertebrate Taxonomy*, v. 15, p. 341-352, 2001.
- ³⁵ PARRA, J. R. P. O Controle Biológico no Brasil: para onde vamos? *G.bio*, ed. especial, p. 33-35, abr. 2010.

Das 11 espécies de inimigos naturais comercializadas no Brasil³³, quatro são parasitoides (36%) e sete são predadores (64%). Entretanto, quatro são ácaros predadores, facilmente criados em laboratório. Das 11 espécies, apenas os parasitoides são usados na agricultura em larga escala.

Formatação de um modelo de controle biológico e causas de sua pequena utilização no Brasil

Embora tenhamos uma massa crítica razoável de técnicos formados em controle biológico, ainda, em muitos locais, existe a cultura do controle químico.

A agricultura brasileira, com grandes áreas de uma mesma cultura, com o plantio sequencial das mesmas culturas, com algumas técnicas próprias (milho safrinha, por exemplo) e sem um planejamento com vistas a uma agricultura sustentável, é “perversa” para o controle biológico, principalmente pela dificuldade de se fazer o monitoramento para a liberação de inimigos naturais, além de outros problemas, como disponibilidade do insumo biológico para essas imensas áreas. Embora sejamos líderes em agricultura tropical, com uma tecnologia própria, desenvolvida especialmente nos últimos anos, com grandes avanços tecnológicos, precisamos desenvolver um modelo de controle biológico para a nossa região tropical, pois atualmente o sistema agrícola brasileiro aplica um volume muito grande de agroquímicos (a maioria não seletivo), que leva a desequilíbrios biológicos e, portanto, não compatível com o controle biológico.

Seja o controle biológico clássico ou aplicado, há necessidade de se utilizar produtos seletivos, que nem sempre estão disponíveis ou que, na maioria dos casos, demandam pesquisas mais aprofundadas.

Entretanto, houve avanços, pois os programas passaram a ser inter e multidisciplinares, envolvendo estudos desde a taxonomia até o desenvolvimento de um modelo de simulação com a praga e o parasitoide.³⁶

As pesquisas devem ter uma sequência lógica, desde a definição da cultura e do inimigo natural a ser investigado, com base em estudos de tabela de vida ecológica, até a transferência da tecnologia ao usuário, feita por um serviço de extensão competente.

São necessários estudos da praga e do inimigo natural, ao lado de diferentes etapas, envolvendo taxonomista, ecologista, biólogo, entomologista econômico, especialista em informática, entre outros. Nos dias de hoje, ainda há necessidade de se criarem duas espécies de insetos, a praga (hos-

- ³⁶ PARRA, J. R. P.; BOTELHO, P. S. M.; CORRÊA-FERREIRA, B. S. & BENTO, J. M. S. Controle biológico: uma visão inter e multidisciplinar. Cap. 8. In: PARRA, J. R. P.; BOTELHO, P. S. M.; CORRÊA-FERREIRA, B. S. & BENTO, J. M. S. (Eds.). *Controle Biológico no Brasil... Op. cit.* p. 125-142.

³⁷ CÔNSOLI, F. L. & PARRA, J. R. P. Criação *in vitro* de parasitóides e predadores, Cap. 15. In: PARRA, J. R. P.; BOTELHO, P. S. M.; CORRÊA-FERREIRA, B. S. & BENTO, J. M. S. (Eds.). *Controle Biológico no Brasil...* *Op. cit.* p. 239-275.

CÔNSOLI, F. L. & GRENIER, S. *In vitro* rearing of egg parasitoids. In: CÔNSOLI, F. L.; PARRA, J. R. P. & ZUCCHI, R. A. (Eds.). *Egg parasitoids in agroecosystems with emphasis on Trichogramma*. New York: Springer, 2010. p. 293-313. (Progress in Biological Control, 9)

³⁸ SINGH, P. *Artificial diets for insects, mites and spiders*. Chicago: Plenum Press, 1977. 594 p.

SINGH, P. & MOORE, R. F. *Handbook of insect rearing*. 2 v. Amsterdam: Elsevier, 1985.

COHEN, A. C. *Insect diets: science and technology*. Cleveland: CRS Press, 2004. 324 p.

SCHNEIDER, J. C. (Ed.). *Principles and procedures for rearing high quality insects*. Mississippi: Mississippi State University, 2009. 352 p.

PARRA, J. R. P. Mass rearing of natural enemies. In: CAPINERA, J. L. (Ed.). *Encyclopedia of Entomology*. 2. ed. New York: Springer, 2008. p. 2.301-2.305.

PARRA, J. R. P. O Controle Biológico no Brasil... *Op. cit.*

³⁹ GORDH, G.; LEGNER, E. F. & CALTAGIRONE, L. E. Biology of parasitic Hymenoptera, Cap. 15. In: FISHER, T. W. & BELLOWS Jr., T. S. (Eds.). *Handbook of biological control: principles and applications*. San Diego: Academic Press, 1999. p. 355-381.

⁴⁰ PARRA, J. R. P. A prática do controle biológico de pragas no Brasil. In: PINTO, A. de S.; NAVA, D. E.; ROSSI, M. M. & MALERBO-SOUZA, D. T. *Controle biológico de pragas: na prática*. Piracicaba: CP2, 2006. p. 11-24.

pedeiro natural, o mais comum, ou alternativo, para poucos casos como para *Trichogramma*), e o parasitoide (ou predador), pois os estudos de criação “*in vitro*” não evoluíram como se esperava.³⁷ Porém, a criação do hospedeiro em dietas artificiais, especialmente para Lepidoptera, Coleoptera e Diptera, proporcionou um grande avanço no setor, especialmente para o Controle Biológico Aplicado, com as criações massais para liberações inundativas que, no começo, eram programas financiados por órgãos governamentais e agora são comercializados por empresas, algumas delas multinacionais.³⁸

São necessários estudos da influência de fatores abióticos como temperatura (exigências térmicas), umidade relativa do ar, luz, aeração e gás carbônico (CO₂) sobre a praga (ou hospedeiro alternativo) e inimigo natural, ao lado de estudos de fatores bióticos como acasalamento, oviposição, alimentação de adultos, enzimas, simbiontes, relações tritróficas etc.

No caso de parasitoides, existem outros aspectos a serem abordados, como ovogênese, absorção de ovos, espermatozoides, estratégia de oviposição e número da prole, regulação de sexo, alimentação do hospedeiro, diapausa e aspectos genéticos, além dos intrincados mecanismos de seleção hospedeira.³⁹

Para *Trichogramma*, as linhagens da mesma espécie podem ser adaptadas às diferentes condições microclimáticas. Assim, uma linhagem para uma região com temperaturas mais altas deve ser proveniente de uma região de clima quente, o mesmo se aplicando para regiões mais frias. Detalhes como este podem levar ao insucesso de um programa de controle biológico.

Assim, são várias as razões pelas quais o controle biológico é pouco utilizado no Brasil, sendo as principais listadas a seguir⁴⁰:

- tradição de agroquímicos;
- especificidade do controle biológico;
- credibilidade do controle biológico;
- conhecimento tecnológico sobre controle biológico;
- disponibilidade do insumo biológico;
- qualidade do inimigo natural produzido;
- seletividade de agroquímicos;
- época de utilização do controle biológico;
- predação no campo dos agentes de controle biológico (a população de predadores em região tropical é muito alta);

- técnicas de liberação;
- custo/benefício;
- seleção de linhagens de inimigos naturais para determinadas áreas;
- fatores ecológicos agindo sobre insetos liberados.

Exemplos de sucesso no Brasil

Muitos exemplos de controle biológico clássico e aplicado podem ser citados para o Brasil, todos com alta eficiência e envolvendo parasitoides (quadro 2).

Quadro 2: Casos de sucesso de Controle Biológico Clássico e Aplicado no Brasil

Cultura	Período	Praga-alvo	Inimigo natural	Referências
Controle Biológico Clássico				
Pastagem	década de 1960 até hoje	Cochonilha-dos-pastos, <i>Antonina graminis</i> (Hemiptera: Pseudococcidae)	<i>Neodusmetia sangwani</i> (Hymenoptera: Encyrtidae)	Gallo <i>et al.</i> ⁴¹
Trigo	década de 1970	Pulgões do trigo (Hemiptera: Aphididae)	<i>Praon</i> , <i>Ephedrus</i> e <i>Aphidius</i> (Hymenoptera: Braconidae)	Salvadori & Salles ⁴²
Mandioca	década de 1990	Cochonilha-da-mandioca, <i>Phenacoccus herreni</i> (Hemiptera: Pseudococcidae)	<i>Acerophagus coccoise</i> <i>Anagyrus</i> (= <i>Epidinocarsis</i>) <i>diversicornis</i> (Hymenoptera: Encyrtidae)	Bento <i>et al.</i> ⁴³
Citros	décadas de 1990 e 2000	Minador-dos-citros, <i>Phyllocnistis citrella</i> (Lepidoptera: Gracillariidae)	<i>Ageniaspis citricola</i> (Hymenoptera: Encyrtidae)	Parra <i>et al.</i> ⁴⁴
Controle Biológico Aplicado				
Tomateiro industrial	década de 1990	Traça-do-tomateiro, <i>Tuta absoluta</i> (Lepidoptera: Gelechiidae)	<i>Trichogramma pretiosum</i>	Haji <i>et al.</i> ⁴⁵
Soja	décadas de 1980 e 1990	Percevejos da soja (Hemiptera: Pentatomidae)	<i>Trissolcus basalisi</i> (Hymenoptera: Platygastriidae)	Corrêa-Ferreira ⁴⁶
Cana-de-açúcar	década de 1970 até hoje	Broca-da-cana-de-açúcar, <i>D. saccharalis</i>	<i>C. flavipes</i>	Botelho & Macedo ⁴⁷
Cana-de-açúcar	década de 1980 até hoje	Broca-da-cana-de-açúcar, <i>D. saccharalis</i>	<i>Trichogramma galloi</i>	Parra, Botelho & Pinto ⁴⁸

- ⁴¹ GALLO, D. *et al.* (Eds.). *Entomologia agrícola*. Piracicaba: FEALQ, 2002. 920 p.
- ⁴² SALVADORI, J. R. & SALLES, L. A. B. de. Controle biológico dos pulgões do trigo. Cap. 26. *In*: PARRA, J. R. P.; BOTELHO, P. S. M.; CORRÊA-FERREIRA, B. S. & BENTO, J. M. S. (Eds.). *Controle biológico no Brasil: parasitoides e predadores*. São Paulo: Manole, 2002. p. 427-447.
- ⁴³ BENTO, J. M. S. *et al.* Controle biológico da cochonilha da mandioca no Nordeste do Brasil. Cap. 24. *In*: PARRA, J. R. P.; BOTELHO, P. S. M.; CORRÊA-FERREIRA, B. S. & BENTO, J. M. S. (Eds.). *Controle biológico no Brasil...* p. 395-408.
- ⁴⁴ PARRA, J. R. P.; BENTO, J. M. S.; CHAGAS, M. C. M. & YAMAMOTO, P. T. O controle biológico da larva-minadora-dos-citros. *Visão Agrícola*, v. 1, n. 2, p. 64-67, jul./dez. 2004.
- ⁴⁵ HAJI, F. N. P.; PREZOTTI, L.; CARNEIRO, J. da S. & ALENCAR, J. A. de. *Trichogramma pretiosum* para o controle de pragas no tomateiro industrial. Cap. 28. *In*: PARRA, J. R. P.; BOTELHO, P. S. M.; CORRÊA-FERREIRA, B. S. & BENTO, J. M. S. (Eds.). *Controle biológico no Brasil...* p. 477-494.
- ⁴⁶ CORRÊA-FERREIRA, B. S. *Trissolcus basalis* para o controle de percevejos da soja. Cap. 27. *In*: PARRA, J. R. P.; BOTELHO, P. S. M.; CORRÊA-FERREIRA, B. S. & BENTO, J. M. S. (Eds.). *Controle biológico no Brasil...* p. 449-476.
- ⁴⁷ BOTELHO, P. S. M. & MACEDO, N. *Cotesia flavipes* para o controle de *Diatraea saccharalis*. Cap. 25. *In*: PARRA, J. R. P.; BOTELHO, P. S. M.; CORRÊA-FERREIRA, B. S. & BENTO, J. M. S. (Eds.). *Controle biológico no Brasil...* p. 409-425.

O primeiro registro no Brasil da larva-minadora-dos-citros se deu em março de 1996, em Iracemápolis, São Paulo.⁴⁹ *P. citrella* causa danos diretos, atacando folhas novas das brotações cítricas, fazendo galerias (minas) típicas em forma de serpentina (figura 1) e atrofia do tecido foliar, que assume coloração prateada, secando posteriormente e prejudicando o desenvolvimento da planta. Indiretamente, devido às galerias abertas por esta praga, ela tem importante papel no aparecimento e aumento da fonte de inóculo da bactéria fitopatogênica *Xanthomonas axonopodis* pv. *citri*, que causa o cancro cítrico, um fator limitante às plantas cítricas. Após o registro de *P. citrella*, houve significativo aumento desta doença em São Paulo.



Figura 1: Dano causado às folhas por *P. citrella*⁵⁰

Logo após a constatação da praga no Brasil, vários parasitoides da família Eulophidae foram encontrados parasitando a larva-minadora. Entretanto, esses parasitoides não foram suficientes para manter a população da praga em nível de equilíbrio. Dessa forma, começaram as aplicações indiscriminadas de organofosforados, piretroides, neonicotinoides e reguladores de crescimento, que muitas vezes levaram a um aumento populacional da praga por desequilíbrios biológicos causados.

Assim, importou-se o parasitoide *A. citricola* que vinha sendo criado nos EUA, no laboratório da Dra. Marjorie Hoy, da Universidade da Flórida, Gainesville. A introdução

⁴⁸ PARRA, J. R. P.; BOTE-LHO, P. S. M. & PINTO, A. de S. Controle Biológico de Pragas como um componente chave para a produção sustentável da cana-de-açúcar. In: CORTEZ, L. A. B. (Coord.). *Bioetanol de cana-de-açúcar: P&D para produtividade e sustentabilidade*. São Paulo: Blucher/Fapesp, 2010. p. 441-450.

⁴⁹ FEICHTENBERGER, E. & RAGA, A. First report of citrus leafminer *Phyllocnistis citrella* (Lep.:Gracillaridae) in Brazil: In: REUNIÃO INTERAMERICANA DE HORTICULTURA TROPICAL, 42., Curitiba, 1996. *Anais...* Curitiba, 1996. p. 445.

⁵⁰ PARRA, J. R. P.; BENTO, J. M. S.; CHAGAS, M. C. M. & YAMAMOTO, P. T. O controle biológico da larvadora-dos-citros. *Op. cit.*

⁵¹ CHAGAS, M. C. M. das & PARRA, J. R. P. *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera: Gracillaridae): técnica de criação e biologia em diferentes temperaturas. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*, v. 29, p. 227-235, 2000.

CHAGAS, M. C. M. das *et al.* *Ageniaspis citricola*: criação e estabelecimento no Brasil. Cap. 23. In: PARRA, J. R. P.; BOTE-LHO, P. S. M.; CORRÊA-FERREIRA, B. S. & BENTO, J. M. S. (Eds.). *Controle biológico no Brasil...* p. 377-394.

⁵² CHAGAS, M. C. M. das *et al.* *Ageniaspis citricola*: criação e estabelecimento... *Op. cit.*

foi feita em julho de 1998 por pesquisadores da USP/Esalq, Fundecitrus, Embrapa e Gravena – ManEcol Ltda., com a colaboração da referida pesquisadora americana e suporte financeiro do Fundecitrus e do CNPq.

Trata-se de um parasitoide de 0,8 a 1,1mm de comprimento, coloração preta brilhante, pelos prateados, asas hialinas e nervura marginal separada da submarginal. Parasita ovos e lagartas de 1º ínstar de *P. citrella* e é ectoparasitoide poliembriônico (3 a 10 pupas por ovo ou lagarta parasitados). Seu ciclo é variável, na faixa de 18 a 32°C, de 12 a 46 dias, e o seu limiar térmico inferior de desenvolvimento é de 13,7°C⁵¹ (figura 2).



Figura 2: Ciclo biológico de *P. citrella* e *A. citricola*⁵²

Desenvolveu-se uma técnica de criação bastante simples, mantendo-se as plantas cítricas de limão cravo em pequenos tubetes plásticos pretos, possibilitando a produção de grande quantidade de parasitoides num pequeno espaço (figura 3).

Após o período de quarentena na Embrapa de Jaguariúna, São Paulo, o parasitoide foi liberado em outubro de 1998 nos municípios paulistas de Descalvado e Nova Granada. O parasitoide se estabeleceu e se dispersou cerca de 40km em 45 dias. Daí foi distribuído em cerca de 75 municípios de São Paulo (figura 4) e nos estados de Minas Gerais, Goiás, Santa Catarina, Paraná, Rio Grande do Sul, Piauí, Sergipe, Bahia e Rio de Janeiro, e até no Uruguai.

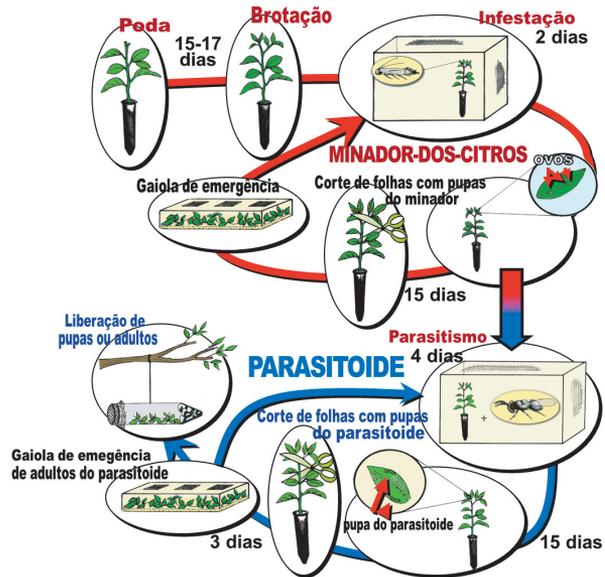


Figura 3: Esquema de produção de *P. citrella* e *A. citricola*, utilizando-se tubetes plásticos⁵³

⁵³ CHAGAS, M. C. M. das et al. *Agéniaspis citricola*: criação e estabelecimento no Brasil. *Op. cit.*

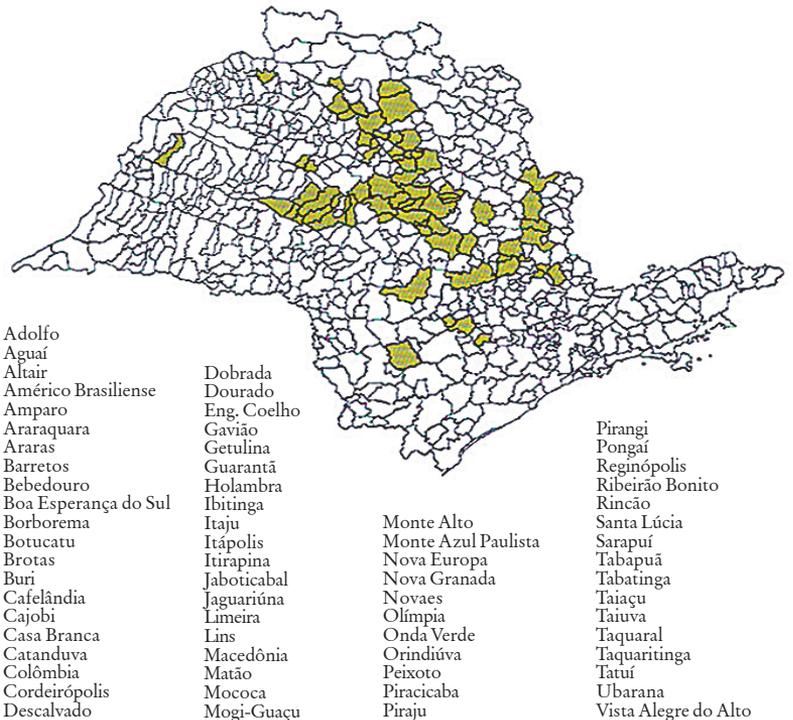


Figura 4: Locais de liberação de *A. citricola* em São Paulo⁵⁴

⁵⁴ PARRA, J. R. P.; BENTO, J. M. S.; CHAGAS, M. C. M. & YAMAMOTO, P. T. O controle biológico da larva-minadora-dos-citros. *Op. cit.*

Em 2004, seis anos após o início das liberações, o parasitoide foi encontrado em 100% das áreas citrícolas amostradas, ou seja, em 18.500ha em 22 propriedades das regiões norte, sul, centro e noroeste do Estado de São Paulo, num total de 17 municípios. A adaptação se deu em áreas climaticamente distintas, como no Recôncavo Baiano e em Santa Catarina, no município de Chapecó. O parasitismo persistiu, mesmo em áreas com aplicações sistemáticas de produtos químicos, variando de 40 a 90%. Mesmo em áreas onde o parasitoide não foi liberado o parasitismo chegou a 97%.

Em 2003, as médias de parasitismo em São Paulo foram de 88, 61, 79 e 42%, nas regiões norte, noroeste, central e sul do estado, respectivamente. A adaptação foi maior em regiões mais úmidas. Em Chapecó, o inseto foi liberado em setembro de 2000 e em março de 2001. Os resultados mostraram um parasitismo de 87%, avançando para 90,2% em janeiro de 2002, 95% em abril de 2003 e 100% em março de 2004.⁵⁵ Na Bahia, no Recôncavo Baiano, houve redução da infestação da praga de 68,2 para 9,1%, após a liberação do parasitoide.

Trata-se, portanto, de um caso de sucesso de controle biológico no Brasil. Seis anos após a sua introdução, o parasitoide se encontrava estabelecido em 100% das áreas citrícolas de São Paulo, e permanece assim até hoje.

Em São Paulo, apesar do tamanho do parque citrícola (700.000ha), em termos médios, desde a introdução e incremento de *A. citricola*, houve redução significativa de *P. citrella* (figura 5), com uma liberação não superior a um milhão de parasitoides.

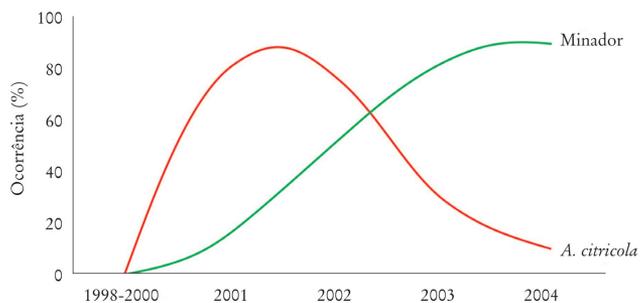


Figura 5: Redução de ocorrência de *P. citrella* após a liberação de *A. citricola*⁵⁶

Em viveiros, onde muitas vezes o parasitoide não tem muita atividade, poderá ser utilizado o feromônio sexual do minador⁵⁷, para monitoramento da praga e posterior indicação para liberação do parasitoide, como parte de um programa de MIP em citros.

⁵⁵ MILANEZ, J. M. Dados não publicados.

⁵⁶ PARRA, J. R. P.; BENTO, J. M. S.; CHAGAS, M. C. M. & YAMAMOTO, P. T. O controle biológico da larva-minadora-dos-citros. *Op. cit*

⁵⁷ LEAL, W. S. *et al.* Identification, synthesis and field evaluation of the complete sex pheromone from the citrus leafminer, *Phyllocnistis citrella*. *Journal of Chemical Ecology*, v. 32, n. 1, p. 155-168, 2006.

José Roberto Postali Parra é engenheiro agrônomo, doutor em Entomologia e professor da ESALQ/USP, Piracicaba, São Paulo.

jrpparra@usp.br

Valmir Antonio Costa é engenheiro agrônomo, doutor em Entomologia e pesquisador do Instituto Biológico, Campinas, São Paulo.

valmir@biologico.sp.gov.br

Alexandre de Sene Pinto é engenheiro agrônomo, doutor em Entomologia e professor do Centro Universitário Moura Lacerda, Ribeirão Preto, São Paulo.

aspinn@uol.com.br

ÁCAROS

UMA IMPORTANTE FERRAMENTA PARA O CONTROLE BIOLÓGICO

Daniel C. Oliveira
Gilberto J. de Moraes

Existe hoje uma preocupação crescente com a manutenção ou melhoria da qualidade dos produtos agrícolas e do meio ambiente. Esta preocupação tem conduzido à busca por métodos menos agressivos de controle de pragas, incluindo o desenvolvimento do controle biológico. O controle biológico de pragas mediante o uso de ácaros predadores tem-se desenvolvido muito nas últimas décadas, especialmente para supressão de ácaros e pequenos insetos que danificam as plantas cultivadas. Em destaque, a família Phytoseiidae, principal grupo de ácaros predadores que ocorre sobre plantas. Outras famílias desse mesmo grupo de organismos ocorrem no solo, dentre as quais Laelapidae e Macrochelidae. Espécies destas famílias são produzidas comercialmente para uso na agricultura. Informações básicas sobre os grupos de predadores que agem como inimigos naturais de organismos encontrados no ambiente agrícola e outros tipos de ambientes são igualmente destacadas neste trabalho.

Introdução

Nos dias atuais, observa-se uma preocupação crescente por parte da sociedade com a manutenção ou melhoria da qualidade dos produtos agrícolas e do meio ambiente. Tal preocupação tem conscientizado um número cada vez maior de pessoas a preconizarem práticas mais sustentáveis, que aproveitem ao máximo os recursos naturais. Na agricultura, uma das formas de se conseguir isso é com a racionalização do uso de produtos químicos para o controle de pragas, aproveitando melhor as interações dos organismos que ocorrem de forma natural ou as interações que são fomentadas pelo próprio homem. Dentre os processos interativos está o antagonismo de certos organismos em relação às pragas, através da predação, parasitismo ou patologia. Os organismos antagonísticos constituem-se no que se categoriza como inimigos naturais das pragas. Do ponto de vista aplicado, os inimigos naturais constituem-se nos “agentes de controle biológico”, por serem entendidos como os organismos que funcionalmente colaboram com o agricultor, diminuindo os danos causados pelas pragas.

O controle biológico que ocorre naturalmente é denominado de controle biológico natural e consiste na regulação do número de plantas e animais por inimigos naturais, os quais se constituem nos agentes de mortalidade biótica.¹ Pode também ocorrer pela ação do homem feita com o objetivo de reduzir os níveis de um dado organismo abaixo de um limiar, a partir do qual este causa danos economicamente significativos, por reduzir a quantidade ou a qualidade dos produtos agrícolas. Este tipo de atividade é designado de controle biológico aplicado, podendo ser exercido através de estratégias conhecidas como controle biológico clássico, conservação e incremento.²

Muitos grupos de ácaros funcionam como agentes de controle biológico, exercendo a predação ou o parasitismo de organismos considerados pragas. Estudos aprofundados e documentados buscando utilizar ácaros como agentes de controle biológico de pragas iniciaram-se na segunda metade do século XX. Pode-se dizer que ainda hoje os esforços realizados para viabilizar o uso de ácaros como agentes de controle biológico no Brasil e muitos outros países sejam reduzidos³, embora nos últimos anos o uso comercial destes tenha aumentado significativamente.

O objetivo deste trabalho é ressaltar exemplos de ácaros que têm sido mais estudados para o controle biológico de ácaros, insetos, nematoides e plantas invasoras.

¹ PARRA, J. R. P.; BOTELHO, P. S. M.; CORRÊA-FERREIRA, B. S. & BENTO, J. M. S. Controle Biológico: Terminologia. In: PARRA, J. R. P.; BOTELHO, P. S. M.; CORRÊA-FERREIRA, B. S. & BENTO, J. M. S. *Controle Biológico no Brasil: parasitoides e predadores*. São Paulo: Manole, 2002. p. 1-16 p.

² LENTEREN, J. C. van. Critérios de Seleção de Inimigos Naturais. In: BUENO, V. H. P. *Controle Biológico de Pragas: produção massal e controle de qualidade*. Lavras: Editora UFLA, 2009. p. 11-32.

³ MORAES, G. J. de. Controle biológico de ácaros fitófagos com ácaros predadores. In: PARRA, J. R. P.; BOTELHO, P. S. M.; CORRÊA-FERREIRA, B. S. & BENTO, J. M. S. *Controle Biológico no Brasil... Op. cit.* p. 235-237.

Ácaros inimigos naturais de ácaros-praga

Os ácaros predadores, aranhas e insetos são os principais inimigos naturais de ácaros.⁴ No entanto, os ácaros predadores são reconhecidamente os principais agentes de controle de outros ácaros. A seguir são sumariados aspectos do estágio atual do conhecimento e uso de ácaros predadores para o controle de outros ácaros.

Em plantas

A maioria das espécies de ácaros predadores encontradas sobre plantas pertence à família Phytoseiidae (figura 1A). De coloração palha, marrom ou avermelhada, de movimentos rápidos, buscam ativamente suas presas.⁵ Além dos ácaros fitófagos, os fitoseídeos também podem se alimentar de pólen, fungos, secreções açucaradas, pequenos insetos, exsudatos vegetais etc.⁶ Embora nem todas essas fontes de alimento permitam a reprodução dos referidos predadores, muitas podem garantir sua sobrevivência.⁷ McMurry & Croft⁸ classificaram os ácaros desta família em quatro grupos, de acordo com a especificidade em relação às principais fontes de alimento de seus membros. Em um extremo, os fitoseídeos do grupo I são os mais específicos, alimentando-se apenas de ácaros da família Tetranychidae, enquanto em outro extremo, os do grupo IV, são menos específicos como predadores, apresentando maior desempenho biológico quando alimentados com pólen.

O programa de controle biológico do ácaro-verde-da-mandioca, *Mononychellus tanajoa* (Bondar), na África, é um bom exemplo de sucesso de controle biológico clássico com ácaros predadores. No início dos anos 1970, o ácaro-verde-da-mandioca foi constatado pela primeira vez na África causando grandes perdas a esta cultura, principal fonte de carboidrato da população de diversos países africanos. Essa constatação levou ao estabelecimento de um projeto internacional para o controle biológico clássico da praga naquele continente, visto que os inimigos naturais nativos não se mostraram suficientemente eficazes. Estudos conduzidos no Brasil, como parte deste projeto, mostraram a presença de trinta e duas espécies de ácaros predadores associadas à praga. Destas, as sete mais frequentemente encontradas em associação com a praga e que em estudos de laboratório se mostraram mais promissoras foram enviadas à África. Três delas foram inicialmente consideradas potenciais, *Amblydromalus manihoti* (Moraes), *Neoseiulus idaeus* Denmark & Muma e *Typhlodromalus aripo* De Leon.

⁴ MORAES, G. J. de. Controle biológico de ácaros fitófagos. *Informe Agropecuário*, v. 15, n. 167, p. 55-62, 1991. MANSOUR, F.; BERNSTEIN, E. & ABO-MOCH, F. The potential of spider of different taxa and a predatory mite to feed on the carmine spider-mite – a laboratory study. *Phytoparasitica*, v. 23, n. 3, p. 217-221, 1995.

⁵ MORAES, G. J. de & FLECHTMANN, C. H. W. *Manual de Acarologia: Acarologia Básica e Ácaros de Plantas Cultivadas no Brasil*. Ribeirão Preto: Holos, 2008. 288 p.

⁶ MORAES, G. J. de. Controle biológico de ácaros fitófagos com ácaros predadores. *Op. cit.*

⁷ MORAES, G. J. de. Controle biológico de ácaros fitófagos. *Op. cit.*

⁸ McMURTRY, J. A. & CROFT, B. A. Life styles of phytoseiid mites and their roles in biological control. *Annu. Rev. Entomol.*, v. 42, p. 291-321, 1997.

⁹ ZANNOU, I. D.; MORAES, G. J. de & HANNA, R. Controle biológico do ácaro verde da mandioca, *Mononychellus tanajoa*. In: PINTO, A. de S.; NAVA, D. E.; ROSSI, M. M. & MALERBO-SOUZA, D. T. *Controle Biológico de Pragas: na Prática*. Piracicaba: FEALQ, 2006. p. 97-103.

YANINEK, J. S. & HANNA, R. Green cassava mite in Africa – a unique example of successful classical biological

control of a mite pest on a continental scale. In: NEUENSCHWANDER, P.; BORGE-MEISTER, C. & LANGEWALD, J. (Eds.). *Biological Control in IPM Systems in Africa*. Wallingford: CABI Publishing, 2003. p. 61-75.

¹⁰ FERRAGUT, F. & ESCUDERO, L. A. *Tetranychus evansi* Baker & Pritchard (Acari: Tetranychidae), una nueva araña roja en los cultivos hortícolas españoles. *Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas*, v. 25, n. 2, p. 157-164, 1999.

SAUNYAMA, I. G. M. & KNAPP, M. Effect of pruning and trellising of tomatoes on red spider mite incidence and crop yield in Zimbabwe. *African Crop Science Journal*, v. 11, n. 4, p. 269-277, 2003.

¹¹ MABEYA, J.; KNAPP, M.; NDERITU, J. H. & OLU-BAYO, F. Comparaison de l'efficacité de l'Oberon (Spiromefisen) avec celle d'autres acaricides dans la lutte contre les acariens rouges (*Tetranychus evansi* Baker & Pritchard) sur la tomate. In: 15th Biennial Congress of the African Association of Insect Scientists (AAIS), Nairobi, Kenya, 13th June 2003.

¹² FURTADO, I. P.; MORAES, G. J. de; KREITER, S. & KNAPP, M. Search for effective natural enemies of *Tetranychus evansi* in south and southeast Brazil. *Exp. Appl. Acarol.*, v. 40, p. 157-174, 2006.

FERRERO, M.; KREITER, S. & TIXIER, M. S. Ability of *Phytoseiulus longipes* to control spider mite pests on tomato in European greenhouses. In: BERTRAND, M.; KREITER, S.; MCCOY, K. D.; MIGEON, A.; NAVAJAS, M. & TIXIER, M. S. (Eds.). *Integrative acarology. Proceedings of the 6th European Congress*. Montpellier, 21-25 July 2008. European Association of Acarologists, p. 461-468, 2008.

Embora o estabelecimento destas espécies tenha sido mais tarde relatado em distintas regiões da África tropical, *T. aripo* tem sido citada como a mais eficiente, reduzindo a população da praga em cerca de 50% e levando ao aumento de aproximadamente 30% da produção de mandioca.⁹

O controle biológico do ácaro-vermelho-do-tomateiro, *Tetranychus evansi* Baker & Pritchard, na África e Sul da Europa¹⁰, corresponde a uma tentativa recente de implementação do controle biológico clássico. Os prejuízos causados à cultura de tomateiro, bem como a constatação de casos de resistência da praga aos agroquímicos utilizados em seu controle¹¹, levaram os pesquisadores a buscarem na América do Sul, provável região de origem da praga, inimigos naturais promissores para seu controle.

Intensos esforços foram conduzidos no Brasil e em outros países vizinhos na busca de inimigos naturais eficientes no controle desta praga. No entanto, apenas uma espécie promissora de ácaro predador foi encontrada, como resultado de investigações realizadas por extensa área do território brasileiro, do nordeste ao sul. Trata-se do fitoseídeo *Phytoseiulus longipes* Evans, encontrado no sul do Brasil e norte da Argentina.¹² Furtado *et al.*¹³ avaliaram os parâmetros biológicos de uma população deste predador encontrada em Uruguaiana, Rio Grande do Sul, quando exposta a diferentes fontes de alimento. Verificaram que o predador apresentou taxas de oviposição semelhantes quando alimentado com o ácaro-vermelho-do-tomateiro e com o ácaro-rajado, *Tetranychus urticae* Koch. No mesmo trabalho, a elaboração de tabelas de vida indicou que o predador apresentava potencial biótico elevado quando alimentado com qualquer uma daquelas presas. Em uma fase seguinte, resultados muito promissores foram obtidos por Silva *et al.*¹⁴ com este predador, num estudo realizado em telados, mostrando uma redução significativa da praga em tomateiros em que o predador havia sido liberado. Pouco mais tarde, Ferrero *et al.*¹⁵ avaliaram a eficiência de *P. longipes* proveniente da Argentina para o controle daquelas duas pragas na cultura do tomateiro, em casas de vegetação na Espanha. Nas plantas em que o predador não havia sido liberado, os danos causados por ambas as pragas foram rapidamente notados. Entretanto, quando o predador foi liberado à razão de um predador para cada cinco presas, as populações foram mantidas abaixo do limite de 25 ácaros-praga por folhelo. Tais pesquisas foram muito importantes, por conseguirem determinar uma espécie de predador que pudesse ser usada na cultura do tomate, para o controle das duas espé-

- ¹³ FURTADO, I. P.; MORAES, G. J. de; KREITER, S.; TIXIER, M. S. & KNAPP, M. Potential of a Brazilian population of the predatory mite *Phytoseiulus longipes* as a biological control agent of *Tetranychus evansi* (Acari: Phytoseiidae, Tetranychidae). *Biol. Control*, v. 42, p. 139-147, 2007.
- ¹⁴ SILVA, F. R.; MORAES, G. J. de; GONDIM Jr., M. G. C.; KNAPP, M.; ROUAM, S. L.; PAES, J. L. A. & OLIVEIRA, G. M. de. Efficiency of *Phytoseiulus longipes* Evans as a control agent of *Tetranychus evansi* Baker & Pritchard (Acari: Phytoseiidae: Tetranychidae) on screenhouse tomatoes. *Neotrop. Entomol.*, v. 39, p. 991-995, 2010.
- ¹⁵ FERRERO, M.; CALVO, F. J.; ATUAHIVA, T.; TIXIER, M. S. & KREITER, S. Biological control of *Tetranychus evansi* Baker & Pritchard and *Tetranychus urticae* Koch by *Phytoseiulus longipes* Evans in tomato greenhouses in Spain [Acari: Tetranychidae, Phytoseiidae]. *Biol. Control*, v. 58, p. 30-35, 2011.
- ¹⁶ LENTEREN, J. C. van. A greenhouse without pesticide: fact or fantasy? *Crop. Prot.*, v. 19, p. 375-384, 2000.
- ¹⁷ KOSTIAINEN, T. S. & HOY, M. A. *The Phytoseiidae as biological control agents of pest mites and insects: a bibliography (1960-1994)*. University of Florida Publications, 1996. (Monogr., 17).
MORAES, G. J. de. Controle biológico de ácaros fitófagos com ácaros predadores. *Op. cit.*
- ¹⁸ DICKE, M.; BEEK, T. A. van; POSTHUMUS, M. A.; DOM, N. B.; BOKHOVEN, H. van & GROOT, A. E. de. Isolation and identification of volatile kairomone that affects acarine predator-prey interactions: involvement of host plant in its production. *J. Chem. Ecol.*, v. 16, p. 381-396, 1990.

cies relevantes de ácaros-praga. Até então, os fitoseídeos não haviam demonstrado bom potencial para o controle de ácaros-praga nesta cultura.

Sucesso considerável também tem sido obtido em relação à estratégia conhecida como incremento, principalmente com a utilização de fitoseídeos para o controle do ácaro-rajado em cultivos protegidos. Essa estratégia passou a ser adotada pelos agricultores europeus a partir da década iniciada em 1960, como uma alternativa à ineficiência do controle químico, cujo uso indiscriminado e frequente ocasionou a evolução da resistência dos ácaros a seu efeito.¹⁶

Phytoseiulus persimilis Athias-Henriot é a espécie mais amplamente utilizada em todo o mundo para o controle de ácaros fitófagos do gênero *Tetranychus*, em casas de vegetação e no campo.¹⁷ Estudos avançados de ecologia química têm mostrado que *P. persimilis* é atraído por voláteis de plantas atacadas pelo ácaro-rajado, sua principal presa.¹⁸ É provável que o grau de especialização destes predadores esteja ligado à capacidade de percepção daqueles voláteis. Segundo Sznajder *et al.*¹⁹, a percepção de *P. longipes* por salicilato de metila, principal componente da mistura de voláteis liberados por plantas atacadas por *T. urticae*, varia entre distintas populações do predador, sugerindo a presença de um componente genético nesse comportamento.

Mais recentemente, demonstrou-se que outro predador, *Phytoseiulus macropilis* (Banks), também apresentou potencial para o combate de *T. urticae* em tomateiro.²⁰ Os pesquisadores avaliaram o efeito dos tricomas presentes em folhas de tomateiro e berinjela sobre a eficiência de predação e oviposição deste predador e de *P. longipes* em plantas infestadas com o ácaro-rajado. Apesar dos tricomas dificultarem a locomoção e reduzirem a oviposição e a taxa de predação de ambos, a teia produzida pelo ácaro-rajado eliminou o efeito negativo dos tricomas em folhas de berinjela e minimizou esse efeito em folhas de tomateiro. *Phytoseiulus macropilis* tem sido comercializado no Brasil para o controle do ácaro-rajado em plantas ornamentais e hortaliças, principalmente em cultivos protegidos.²¹

Outro fitoseídeo, *Neoseiulus longispinosus* (Evans), tem sido comumente encontrado em associação com ácaros *Tetranychus* em ambientes naturais e cultivados na Índia, leste da China, Taiwan, Filipinas, Malásia, Indonésia e Nova Zelândia.²² No início dos anos de 1990, o predador foi introduzido na Turquia para o controle de *T. urticae* (citado como *Tetranychus cinnabarinus*) em pepino, apresentando controle eficiente na proporção de cinco presas

- WIJK, M. van; de BRUIJN, P. J. A. & SABELIS, M. W. Predatory mite attraction to herbivore-induced plant odors is not a consequence of attraction to individual herbivore-induced plant volatiles. *J. Chem. Ecol.*, v. 34, p. 791-803, 2008.
- ¹⁹ SZNAJDER, B.; SABELIS, M. W. & EGAS, M. Innate responses of the predatory mite *Phytoseiulus persimilis* to a herbivore-induced plant volatile. *Exp. Appl. Acarol.*, v. 54, p. 125-138, 2011.
- ²⁰ SATO, M. M.; MORAES, G. J. de; HADDAD, M. L. & WEKESA, V. W. Effect of trichomes on the predation of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) by *Phytoseiulus macropilis* (Acari: Phytoseiidae) on tomato, and the interference of webbing. *Exp. Appl. Acarol.*, v. 54, p. 21-32, 2011.
- ²¹ FERLA, N. J.; MARCHETTI, M. M. & GONÇALVES, D. Ácaros predadores (Acari) associados à cultura do morango (*Fragaria* sp, Rosaceae) e plantas próximas no Estado do Rio Grande do Sul. *Biota Neotropica*, v. 7, n. 2, p. 1-8, 2007.
PROMIP. Disponível em: <http://www.promip.agr.br/produtos.asp?cID=1>. Acesso em: 15 de Agosto de 2011.
- ²² IBRAHIM, Y. B. & SEO, W. M. Behaviour of the predatory mite, *Amblyseius longispinosus* (Evans), on two spotted spider mite as prey (Acari: Phytoseiidae; Tetranychidae). *Malay. Appl. Biol.*, v. 24, p. 67-72, 1995.
GERSON, U.; SMILEY, R. L. & OCHOA, R. *Mites (Acari) for pest control*. Oxford: Blackwell Publishing, 2003. 539 p.
- ²³ COLKESEN, T. & SEKE-ROGLU, E. The effect of *Amblyseius longispinosus* Evans (Acarina: Phytoseiidae) on *Tetranychus cinnabarinus* Boisd. (Acarina: Tetranychidae) on different cucumber cultivars. *IOBC/WPRS Bull.*, v. 23, n. 1, p. 187-193, 2000.
- por predador.²³ Estudos têm demonstrado ser este um importante agente de controle do ácaro-rajado, consumindo principalmente seus ovos.²⁴ Em Taiwan, *N. longispinosus* tem proporcionado o controle satisfatório de *Tetranychus kanzawai* Kishida na cultura do morango.²⁵
- Em diversos países comprova-se a eficiência de *Neoseiulus barkeri* Hughes para o controle do ácaro-branco, *Polyphagotarsonemus latus* (Banks), e do ácaro-do-enfezamento-do-morangueiro, *Phytonemus pallidus* (Banks), ambos Tarsonemidae.²⁶ Também no Brasil este predador é utilizado para o controle do ácaro-branco.
- Neoseiulus cucumeris* (Oudemans) foi observado alimentando-se de *P. pallidus* em morango na Califórnia já há bastante tempo²⁷, conforme relato de Huffaker & Kennett²⁸, demonstrando capacidade de reduzir significativamente a população da praga. Um estudo realizado com pimentão em casas de vegetação em Israel mostrou que *N. cucumeris* também é um excelente predador do ácaro-branco naquela cultura.²⁹ Segundo os autores, embora os resultados alcançados com a liberação dos predadores e a aplicação de enxofre tivessem sido semelhantes, é preferível optar pelos predadores, uma vez que o enxofre aumentou a população de tripes.
- Neoseiulus californicus* (McGregor) é outro dos principais predadores utilizados para o controle de ácaros fitófagos em cultivos protegidos e no campo, especialmente do ácaro-rajado, em muitos países.³⁰ No Brasil, este ácaro começou a ser utilizado intensamente no sul do país para o controle do ácaro-vermelho-da-macieira, *Panonychus ulmi* (Koch), em pomares de maçã, há cerca de dez anos.³¹ Controle eficiente desse ácaro tem sido relatado em campo, liberando-se 150.000 predadores por hectare.³² Mais recentemente, passou a ser comercializado para o controle do ácaro-rajado em diversas outras culturas³³, em especial em plantas ornamentais, moranguinho e frutíferas. Segundo Peña & Osborne³⁴, *N. californicus* também é um eficiente predador do ácaro-branco em plantas de feijão e limão.
- Amblyseius swirskii* Athias-Henriot é outro fitoseídeo hoje muito utilizado no controle de pragas. O potencial desta espécie para controlar o ácaro-branco em pimentão foi avaliado no sudeste da Espanha.³⁵ Os autores mostraram em laboratório a capacidade daquele predador de se reproduzir quando alimentado com este ácaro, bem como sua eficiência no controle da praga em testes de casa de vegetação, quando liberado à proporção de um predador para 10 ou 20 ácaros-praga.

- ²⁴ IBRAHIM, Y. B. & ABDUL RAHMAN, R. B. Influence of prey density, species and developmental stages on the predatory behaviour of *Amblyseius longispinosus* (Acari: Phytoseiidae). *Entomophaga*, v. 42, p. 319-327, 1997.
- BLACKWOOD, J. S.; SCHAUSBERGER, P. & CROFT, B. A. Prey-stage preference in generalist and specialist phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) when offered *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) eggs and larvae. *Environ. Entomol.*, v. 30, n. 6, p. 1.103-1.111, 2001.
- GERSON, U.; SMILEY, R. L. & OCHOA, R. *Op. cit.*
- ²⁵ LO, K.-C.; LEE, W. T.; WU, T.-K. & HO, C.-C. Use of predators to control spider mites (Acarina: Tetranychidae) in the Republic of China on Taiwan. In: BAY-PETERSEN, J. (Ed.). *The Use of Natural Enemies to Control Agricultural Pests*. FFTC Asian & Pacific Region, Ser. 40, Taipei, Taiwan, 1990. p. 166-177.
- ²⁶ FAN, Y. Q. & PETITT, F. L. Biological Control of Broad Mite, *Polyphagotarsonemus latus* (Banks), by *Neoseiulus barkei* Hughes on Pepper. *Biol. Control*, v. 4, n. 4, p. 390-395, 1994.
- TUOVINEN, T. & LINDQUIST, I. Maintenance of predatory phytoseiid mites for preventive control of strawberry tarsonemid mite *Phytonemus pallidus* in strawberry plant propagation. *Biol. Control*, v. 54, p. 119-125, 2010.
- ²⁷ SMITH, L. M. & GOLD-SMITH, E. V. The cyclamen mite, *Tarsonemus pallidus*, and its control on field strawberries. *Hilgardia*, vol. 10, p. 53-94, 1936.
- ²⁸ HUFFAKER, C. B. & KENNETT, C. E. Experimental studies on predation: predation and cyclamen-mite populations on strawberries in California. *Hilgardia*, vol. 26, p. 191-222, 1956.

Muito significativos para a prática do controle biológico de ácaros foram os esforços realizados no final do século XX para estabelecer o programa de manejo integrado de ácaros na macieira, especialmente no norte dos Estados Unidos.³⁶ O programa envolvia a conservação de um fitoséideo nativo, *Neoseiulus fallacis* (Garman), com o uso de produtos seletivos para o controle de insetos-praga. Isto propiciava a ação do predador, que mantinha sob controle os tetraniquídeos-praga, especialmente o ácaro-vermelho-europeu. Dado o reconhecimento do trabalho, pesquisas similares foram conduzidas em países europeus, com a detecção de outros predadores importantes para o controle do ácaro-vermelho-europeu, principalmente *Amblyseius andersoni* (Chant) e *Typhlodromus pyri* Scheuten.³⁷ Dada a eficiência propalada destes predadores nessas regiões, os mesmos foram introduzidos em outros países para o controle de tetraniquídeos em macieira.

A utilização do controle químico para o controle de insetos-praga, não controladas eficientemente por inimigos naturais, pode comprometer o desempenho de ácaros predadores, reduzindo suas populações, tendo em vista que estes são muito suscetíveis a pesticidas. Para minimizar o problema, recomenda-se a utilização de produtos químicos reconhecidamente seletivos aos inimigos naturais ou a utilização de predadores resistentes.³⁸ De acordo com Poletti *et al.*³⁹, no Brasil, as populações de *N. californicus* e *P. macropilis*, coletadas em cultivos de morango e ornamentais, apresentam elevada tolerância à neonicotinoides, apesar de esses produtos afetarem o comportamento dos predadores. Segundo os autores, estudos complementares são necessários para avaliar a viabilidade de utilização desses produtos, permitindo a conservação dos ácaros predadores em programas de manejo integrado do ácaro-rajado em várias culturas.

Sato *et al.*⁴⁰ compararam o controle integrado (propargite + *N. californicus*) com o controle químico (cyhexatin + hexythiazox) para a redução da população do ácaro-rajado em cultivos de morango. Conforme os autores, a aplicação de propargite seguida da liberação de *N. californicus* resultou numa redução de 97% da população da praga em um período de três semanas, mantendo-a em baixos níveis durante as 10 semanas de avaliação. Embora a mistura de cyhexatin + hexythiazox tenha reduzido a população da praga em cerca de 81%, após a quinta semana de avaliação a população do ácaro-rajado aumentou a níveis próximos aos iniciais. A liberação do predador foi fundamental para a manutenção dos baixos níveis da praga.

- ²⁹ WEINTRAUB, P. G.; KLEITMAN, S.; MORI, R.; SHAPIRA, N. & PALEVSKY, E. Control of the broad mite (*Polyphagotarsonemus latus* (Banks) on organic greenhouse sweet peppers (*Capsicum annuum* L.) with the predatory mite, *Neoseiulus cucumeris* (Oudemans). *Biol. Control*, v. 27, p. 300-309, 2003.
- ³⁰ GERSON, U.; SMILEY, R. L. & OCHOA, R. *Op. cit.*
- ³¹ MONTEIRO, L. B. Criação de ácaros fitófagos e predadores: um caso de produção de *Neoseiulus californicus* por produtores de maçã. In: PARRA, J. R. P.; BOTELHO, P. S. M.; CORRÊA-FERREIRA, B. S. & BENTO, J. M. S. (Orgs.). *Controle Biológico no Brasil... Op. cit.* Barueri: Manole, 2002. p. 351-365.
- ³² MONTEIRO, L. B.; DOLL, A. & BOEING, L. F. Densidade de *Neoseiulus californicus* (McGregor, 1954) (Acari: Phytoseiidae) no controle do ácaro-vermelho da macieira, Fraiburgo-SC. *Rev. Bras. Frutic.*, v. 30, n. 4, 2008, p. 902-906.
- ³³ PROMIP. *Op. cit.*
- ³⁴ PEÑA, J. E. & OSBORNE, L. Biological control of *Polyphagotarsonemus latus* (Acarina: Tarsonemidae) in greenhouses and field trials using introductions of predatory mites (Acarina: Phytoseiidae). *Entomophaga*, v. 41, n. 2, p. 279-285, 1996.
- ³⁵ MAANEN, R. van; VILA, E.; SABELIS, M. W. & JANSSEN, A. Biological control of broad mites (*Polyphagotarsonemus latus*) with the generalist predator *Amblyseius swirskii*. *Exp. Appl. Acarol.*, v. 52, p. 29-34, 2010.
- ³⁶ MORAES, G. J. de. Controle biológico de ácaros fitófagos. *Op. cit.*
- ³⁷ GERSON, U.; SMILEY, R. L. & OCHOA, R. *Op. cit.*
- ³⁸ CROFT, B. A. *Arthropod Biological Control Agents and Pesticides*. New York: Wiley, 1990.

Além da família Phytoseiidae, embora com importância muito menor, outras também contêm espécies que agem como inimigos naturais de ácaros em plantas. Ácaros da família Stigmaeidae (figura 1B) são encontrados em certas culturas, especialmente macieiras e citros, em níveis por vezes até mais elevados que os fitoseídeos. No Rio Grande do Sul, altas populações de estigmeídeos do gênero *Agistemus* são detectadas em certas épocas do ano em macieiras.⁴¹ Os estigmeídeos, representados principalmente por *Agistemus* sp., correspondem ao segundo maior grupo de ácaros predadores em citros no Estado de São Paulo e, juntamente com os fitoseídeos, atuam no controle biológico de espécies importantes, como o ácaro-da-leprose-dos-citros, *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) (Tenuipalpidae), e o ácaro-da-falsaferrugem-dos-citros, *Phyllocoptruta oleivora* (Ashmead) (Eriophyidae).⁴² Investigando o efeito de inseticidas e fungicidas, Sato *et al.*⁴³ avaliaram a interação de espécies de fitoseídeos e estigmeídeos em pomares de citros no Brasil. Observaram que a maioria dos produtos avaliados afetava negativamente a população dos fitoseídeos, com o consequente aumento na população do estigmeídeo *Agistemus* aff. *bakeri*, o que os levou a concluir sobre a predação de estigmeídeos pelos fitoseídeos.

Ácaros de diversas outras famílias são encontrados alimentando-se de ácaros fitófagos em plantas, dentre as quais Anystidae, Ascidae, Bdellidae, Blattisociidae (figura 1C), Cheyletidae e Cunaxidae.⁴⁴ Todos esses participam do controle biológico que ocorre naturalmente no campo.

No solo

Outros grupos de ácaros aparecem como predadores de ácaros que danificam a parte subterrânea das plantas, principalmente os da família Acaridae. As principais famílias de ácaros predadores representadas nos solos tropicais são Ascidae, Laelapidae (figura 1D), Ologamasidae e Rhodacaridae⁴⁵. Apesar dos resultados promissores relatados por Castilho *et al.*⁴⁶ em pesquisas de laboratório, com *Protogamasellopsis posnaniensis* Wisniewski & Hirschmann (Rhodacaridae) como predador de *Rhizoglyphus echinopus* (Fumouze & Robin) (Acaridae), estudos complementares precisam ser conduzidos, com o objetivo de comprovar e viabilizar essa técnica de controle de pragas.

Em produtos armazenados

Os estudos relacionados ao controle biológico de ácaros em produtos armazenados não têm sido tão intensos

- ³⁹ POLETTI, M.; MAIA, A. H. N. & OMOTO, C. Toxicity of neonicotinoid insecticides to *Neoseiulus californicus* and *Phytoseiulus macropilis* (Acari: Phytoseiidae) and their impact on functional response to *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Biol. Control*, v. 40, p. 30-36, 2007.
- ⁴⁰ SATO, M. E.; SILVA, M. Z. da; de SOUZA FILHO, M. F.; MATIOLI, A. L. & RAGA, A. Management of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) in strawberry fields with *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) and acaricides. *Exp. Appl. Acarol.*, v. 42, p. 107-120, 2007.
- ⁴¹ LORENZATO, D.; GRELLMANN, E. O.; CHOUËNE, E. C. & MEYER-CACHAPUZ, L. M. Flutuação populacional de ácaros fitófagos e seus predadores associados à cultura da macieira (*Malus domestica* Bork) e efeitos dos controles químico e biológico. *Agronomia Subriograndense*, v. 22, p. 215-242, 1986.
- FERLA, N. J. & MORAES, G. J. de. Ácaros predadores em pomares de maçã no Rio Grande do Sul. *An. Soc. Entomol. Bras.*, v. 27, p. 649-654, 1998.
- ⁴² MOREIRA, P. H. R. Ocorrência, dinâmica populacional de ácaros predadores em citros e biologia de *Euseius citrifolius* (Acari: Phytoseiidae). Dissertação de Mestrado, FCAVJ/UNESP, Jaboticabal, 1993. 110 p.
- GRAVENA, S.; BENETOLI, I.; MOREIRA, P. H. R. & YAMAMOTO, P. T. *Euseius citrifolius* Denmark and Muma predation on citrus leprosis mite *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) (Acari: Phytoseiidae: Tenuipalpidae). *An. Soc. Entomol. Brasil*, v. 23, p. 209-218, 1994.
- ⁴³ SATO, M. E.; RAGA, A.; CERÁVOLO, L. C.; SOUZA FILHO, M. F. de; ROSSI, A. C. & MORAES, G. J. de. Effect of insecticides and fungicides on the interaction

quanto os estudos relacionados ao controle biológico dos ácaros sobre plantas no campo. Isto se deve em parte ao menor potencial do uso de predadores em armazéns, pois mesmo sendo a praga adequadamente controlada por inimigos naturais, a presença dos ácaros predadores sobre o produto armazenado que se destina ao consumo humano é considerada indesejável. A questão foi discutida por Haines⁴⁷, que salientou ser este problema maior em países em que é baixa a tolerância do consumidor às impurezas nos produtos alimentícios. Por outro lado, a presença de predadores sobre produtos armazenados praticamente não tem importância considerando órgãos de propagação, como sementes e bulbos. O controle biológico em tais ambientes poderia também ser viável no caso de produtos a serem utilizados diretamente ou como matéria-prima para a fabricação de alimentos destinados aos animais.



Figura 1: Ácaros predadores: A – Phytoseiidae; B – Stigmaeidae; C – Blattsociidae; D – Laelapidae. Fotos: D. C. Oliveira

Outra razão do menor interesse pelo uso de controle biológico de ácaros em armazéns refere-se à possibilidade de outras formas de controle. Problemas com ácaros (e não apenas estes) em produtos em armazéns ocorrem principal-

- between members of the mite families Phytoseiidae and Stigmaeidae on citrus. *Exp. Appl. Acarol.*, v. 25, p. 809-818, 2001.
- ⁴⁴ MORAES, G. J. de. Controle biológico de ácaros fitófagos com ácaros predadores. *Op. cit.*
GERSON, U.; SMILEY, R. L. & OCHOA, R. *Op. cit.*
- ⁴⁵ MORAES, G. J. de; CASTILHO, R. de C.; BRITTO, E. P. J. & MOREIRA, G. F. Perspectivas para o uso de ácaros predadores para o controle de pequenos artrópodes de solo. *In: XII Reunião Sul-Brasileira sobre Pragas de Solo, Programa e Livro de Resumos, Piracicaba-SP, 25 a 27 de setembro de 2011*, p. 78-81.
- ⁴⁶ CASTILHO, R. de C.; MORAES, G. J. de; SILVA, E. S. & SILVA, L. O. Predation potential and biology of *Protogamasellopsis posnamiensis* Wisniewski & Hirschmann (Acari: Rhodacaridae). *Biol. Control*, v. 48, 164-167, 2009.
- ⁴⁷ HAINES, C. P. Laboratory studies on the role of an egg predator, *Blattisocius tarsalis* (Berlese) (Acari: Ascidae), in relation to the natural control of *Ephestia cautella* (Walker) (Lepidoptera: Pyralidae) in warehouses. *Bull. Entomol. Res.*, v. 71, p. 557-574, 1981.
- ⁴⁸ KRANTZ, G. W. The biology and ecology of granary mites of the Pacific Northwest I. Ecological considerations. *Ann. Entomol. Soc. Am.*, v. 54, p. 169-174, 1961.
- ⁴⁹ BAGGIO, D.; FIGUEIREDO, S. M.; FLECHTMANN, C. H. W.; ZAMBON, G. Q. & MIRANDA, S. H. G. Avaliação da presença de ácaros em cereais armazenados na grande São Paulo. *An. E.S.A. "Luiz de Queiroz"*, v. 44, p. 617-626, 1987.
- ⁵⁰ FLECHTMANN, C. H. W. *Ácaros de produtos armazenados e na poeira domiciliar*. Piracicaba: FEALQ, 1986. 97 p.
- mente quando as condições de armazenamento não são adequadas, por exemplo, quando o nível de umidade é alto. Assim, a correção das condições de armazenagem é a ação mais racional a se buscar do que o concomitante esforço para o controle biológico dos ácaros.
- Os ácaros encontrados em produtos armazenados são divididos em três grupos, de acordo com a preferência alimentar: primários (Astigmata) – que se alimentam diretamente dos produtos armazenados; secundários (Mesostigmata e Prostigmata) – que compreendem os predadores e parasitos; e terciários (Astigmata, Mesostigmata, Oribatida e Prostigmata) – que são micófagos.⁴⁸ Os ácaros primários são os primeiros a infestarem os depósitos, seguidos dos secundários e, por fim, dos terciários.⁴⁹
- Alguns dos principais ácaros que causam perdas em produtos armazenados pertencem à família Acaridae. No Brasil, *Tyrophagus putrescentiae* (Schrank), desta família, é a espécie predominante nos alimentos, enquanto *Acarus siro* L., também desta família, é a espécie predominante na Europa e América do Norte.⁵⁰ A colonização de armazéns por esses ácaros ocorre principalmente por forese em roedores, aves e insetos, em locais não adequadamente fechados.⁵¹
- A maioria dos ácaros que atuam como agentes de controle biológico de pragas em produtos armazenados pertence às famílias Ascidae, Blattisociidae, Cheyletidae e Pyemotidae.⁵²
- A espécie *Cheyletus eruditus* (Schrank) tem sido mencionada como útil em alguns países da Europa para o controle de espécies de Acaridae em produtos armazenados.⁵³ Predadores da família Blattisociidae são também comumente encontrados em armazéns.⁵⁴

De importância veterinária

Existem espécies de ácaros que parasitam animais criados para o consumo humano, causando prejuízos aos produtores. *Dermanyssus gallinae* (De Geer) (Dermanyssidae), é um importante ectoparasita sugador de sangue de aves, considerado parasito de grande importância econômica para as indústrias de aves em todo o mundo.⁵⁵ Ocorre principalmente em criações de aves poedeiras, mantidas em criação por períodos relativamente longos⁵⁶, o que permite o aumento populacional do ácaro.

Buffoni *et al.*⁵⁷ relataram a ocorrência espontânea do ácaro predador *C. eruditus* em aviários na Suíça, observando que estes se alimentavam dos estágios imaturos de *D. gallinae*. Lesna *et al.*⁵⁸ avaliaram os potenciais ácaros preda-

⁵¹ OLSEN, A. R. Food-contaminating mites from imported foods entering the United States through southern California. *Int. J. Acarol.*, v. 9, p. 189-193, 1983.

⁵² BRUCE, W. A. Mites as biological control of agents of stored product pests. In: HOY, M. A.; CUNNINGHAM, G. L. & KNUTSON, L. (Eds.). *Biological control of pests by mites*. Berkeley: Division of Agriculture and Natural Resources, University of California, 1983. p. 74-78.

ZDARKOVA, E. & FEIT, R. Biological control of stored mites on oilseeds using the mites predator *Cheyletus eruditus* (Schrank). *Plant Prot. Sci.*, v. 35, p. 136-138, 1999.

REZK, H. A. Mites associated with stored dried-dates in Egypt and the role of *Blattisocius keegani* Fox as a biological control agent. *Alexandria J. Agric. Res.*, v. 45, p. 179-191, 2000.

FLECHTMANN, C. H. W. & ZEM, A. C. Ácaros de produtos armazenados. In: LORINI, I.; MIKE, L. H. & SCUSSEL, V. M. *Armazenagem de grãos*. Campinas: IBG, 2002. p. 805-856.

⁵³ BRUCE, W. A. *Op. cit.* THIND, B. B. & FORD, H. L. Laboratory studies on the use of two new arenas to evaluate the impact of the predatory mites *Blattisocius tarsalis* and *Cheyletus eruditus* on residual populations of the stored product mite *Acarus siro*. *Exp. Appl. Acarol.*, v. 38, p. 167-180, 2006.

⁵⁴ GRAHAM, W. M. Warehouse ecology studies of bagged maize in Kenya – II. Ecological observations of an infestation by *Ephesttia (Cadra) cautella* (Walker) (Lepidoptera, Phycitidae). *J. Stored Prod. Res.*, v. 6, p. 157-167, 1970.

HUGHES, A. M. *The mites of stored food and houses*. London: Min. Agric. Fish. Food., 1976. 400 p.

dores de *D. gallinae* em ninhos de um pássaro conhecido como estorninho-comum, *Sturnus vulgaris* L., em aviários da Holanda. Os dois predadores mais frequentemente encontrados e em grande número nos ambientes avaliados foram *Gaeolaelaps aculeifer* (Canestrini), citado como *Hypoaspis aculeifer*, e *Androlaelaps casalis* (Berlese), ambos da família Laelapidae. No mesmo trabalho foi comprovado que os predadores não se alimentam do sangue das aves, mesmo na ausência de *D. gallinae*. Segundo os autores, *G. aculeifer*, *A. casalis* e *Stratiolaelaps miles* (Berlese) são considerados predadores candidatos ao controle biológico de *D. gallinae*.

Ácaros inimigos naturais de insetos-praga

Em plantas

Uma resenha dos principais trabalhos sobre ácaros parasitas e predadores de insetos da parte aérea das plantas foi apresentada por Eickwort⁵⁹.

Amblyseius swirskii é o ácaro predador mais utilizado para o controle de larvas de tripes, além de ovos e larvas das moscas-brancas *Trialeurodes vaporariorum* (West.) e *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Aleyrodidae), em cultivos protegidos de hortaliças e ornamentais na Europa. Este predador é capaz de se desenvolver e reproduzir quando alimentado com *B. tabaci* em casas de vegetação, suprimindo as populações da praga em plantas de pepino.⁶⁰ Temperaturas amenas (25 a 30°C) e umidade relativa superior a 60% constituem condições ótimas para o desenvolvimento desse predador.⁶¹ As empresas que comercializam tais ácaros na Europa desenvolveram um guia de recomendação, em que se estabelece a taxa de liberação em função do nível de infestação da praga. Para o controle preventivo, a taxa de liberação recomendada varia de 25 a 30 predadores por metro quadrado; já para o controle curativo essa taxa varia de 50, quando o tripes e/ou mosca branca estiver presente em níveis relativamente baixos, a 100 predadores por metro quadrado, quando a população da praga for alta.⁶²

Calvo *et al.*⁶³ avaliaram o controle de *B. tabaci* e do tripes *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thripidae) em pepino na Espanha, pela liberação de *A. swirskii*. O predador se mostrou capaz de controlar as pragas quando foram liberados à razão de 75 predadores por metro quadrado.

O primeiro fitoseídeo considerado para o controle de tripes foi *N. cucumeris*, conforme o primeiro relato sobre o potencial deste predador para o controle deste gru-

- ⁵⁵ AXTELL, R. C. & ARENDS, J. J. Ecology and management of arthropods pests of poultry. *Annu. Rev. Entomol.*, v. 35, p. 101-126, 1990.
- ⁵⁶ MAURER, V.; BAUMGÄRTNER, J.; BIERI, M. & FÖLSCH, D. W. The occurrence of the chicken mite *Dermanyssus gallinae* (Acari: Dermanyssidae) in Swiss poultry houses. *Mitt Schweiz Entomol. Ges.*, v. 66, p. 87-97, 1993.
- ⁵⁷ BUFONI, G.; DI COLA, G.; BAUMGÄRTNER, J. & MAURER, V. A mathematical model for trophic interactions in an acarine predator-prey system. *J. Biol. Syst.*, v. 3, p. 303-312, 1995.
- ⁵⁸ LESNA, I.; WOLFS, P.; FARAJI, F.; ROY, L.; KOMDEUR, J. & SABELIS, M. W. Candidate predators for biological control of the poultry red mite *Dermanyssus gallinae*. *Exp. Appl. Acarol.*, v. 48, p. 63-80, 2009.
- ⁵⁹ EICKWORT, G. C. Potential use of mites as biological control agents of leaf-feeding insects. In: HOY, M. A.; CUNNINGHAM, G. L. & KNUTSON, L. (Eds.). *Biological Control of Pests by Mites*. University of California, 1983. Special Publication, n. 3.304, p. 41-52.
- ⁶⁰ NOMIKOU, M.; JANSSEN, A.; SCHRAAG, R. & SABELIS, M. W. Phytoseiid predators as potential biological control agents for *Bemisia tabaci*. *Exp. Appl. Acarol.*, v. 25, p. 271-291, 2001.
- NOMIKOU, M.; JANSSEN, A.; SCHRAAG, R. & SABELIS, M. W. Phytoseiid predators suppress populations of *Bemisia tabaci* on cucumber plants with alternative food. *Exp. Appl. Acarol.*, v. 27, p. 57-68, 2002.
- NOMIKOU, M.; JANSSEN, A.; SCHRAAG, R. & SABELIS, M. W. Vulnerability of *Bemisia tabaci* immatures to phytoseiid predators: consequences for oviposition and influence of alternative food. *Entomol. Exp. Appl.*, v. 110, p. 95-102, 2004.

po de pragas feito na década iniciada em 1930.⁶⁴ Messelink *et al.*⁶⁵ avaliaram diversos fitoseídeos para o controle de *F. occidentalis* em pepino em casa de vegetação e compararam a eficiência de diferentes predadores com aquela de *N. cucumeris*, predador já comercializado para o controle do tripses. Concluíram que *Amblydromalus limonicus* (Garman & McGregor) (citado como *Typhlodromalus limonicus*), *A. swirskii* e *Euseius ovalis* (Evans) foram as espécies mais promissoras, especialmente *A. limonicus*. *Iphiseius degenerans* (Berlese) tem sido estudado para o controle de tripses em casas de vegetação na Europa, porém os resultados nem sempre têm sido muito satisfatórios.⁶⁶

Ácaros predadores das famílias Camerobiidae, Cheyletidae, Erythraeidae, Eupalopsellidae e Hemisarcoptidae são frequentemente encontrados atacando cochonilhas.⁶⁷ Segundo Calmasur & Oezbek⁶⁸, *Hemisarcoptes coccophagus* Meyer (Hemisarcoptidae) pode ser considerado um forte candidato ao controle biológico de *Chionaspis salicis* (L.) (Diaspididae), importante praga do salgueiro (*Salix* spp.), álamo (*Populus* spp.) e Olmo (*Ulmus* spp.), no leste da Turquia. O predador consome principalmente ovos e ninfas da cochonilha.

Tandon & Lal⁶⁹ relataram a predação de *Drosicha mangiferae* (Stebbing) (Margarodidae), uma praga da manga na Índia, pelos eritraeídeos *Leptus* sp. e *Bochartia* sp.. Por sua vez, *Pyemotes* spp. (Pyemotidae) foi relatado por Mallea *et al.*⁷⁰ parasitando *Saissetia miranda* (Cockerell & Parrott) (Coccidae) (citado como *S. oleae*), uma praga de citros na Argentina, enquanto *Cheletogenes ornatus* (Canestrini & Fanzago) foi encontrado associado à cochonilha escama-farinha [*Pinnaspis strachani* (Cooley) (citado como *P. aspidistrae*)] em ramos de citros, no interior da Bahia.⁷¹ Neste último estudo, determinou-se que o consumo médio foi de menos de uma ninfa de primeiro estágio por predador a cada dia, e que o nível máximo de oviposição foi de 0,3 ovos do predador por fêmea por dia. Os dados sugerem ser pequeno o efeito dos predadores sobre a praga no campo, embora fosse alto o número de ácaros encontrados em associação com as cochonilhas.

No solo

O ciclo de vida de *F. occidentalis* e de outras espécies de tripses inclui o desenvolvimento no solo das fases de pré-pupa e pupa. Nessas fases, os insetos podem ser afetados por ácaros predadores aí encontrados. Berndt *et al.*⁷² investigaram na Alemanha o potencial de predação de fêmeas de *S.*

- ⁶¹ LEE, H.-SU & GILLESPIE, D. R. Life tables and development of *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae) at different temperatures. *Exp. Appl. Acarol.*, v. 53, p. 17-27, 2011.
- ⁶² KOPPERT BIOLOGICAL SYSTEMS. Disponível em: <http://www.koppert.com/products/products-pests-diseases/products/detail/swirski-mite-1/>. Acesso em: 10 de outubro de 2011.
- ⁶³ CALVO, F. J.; BOLCKMANS, K. & BELDA, J. E. Control of *Bemisia tabaci* and *Frankliniella occidentalis* in cucumber by *Amblyseius swirskii*. *BioControl*, v. 56, p. 185-192, 2011.
- ⁶⁴ GERSON, U.; SMILEY, R. L. & OCHOA, R. *Op. cit.*
- ⁶⁵ MESSELINK, G. J.; STEENPAAL, S. E. F. van & RAMAKERS, P. M. J. Evaluation of phytoseiid predators for control of western flower thrips on greenhouse cucumber. *Bio Control*, v. 51, p. 753-768, 2006.
- ⁶⁶ MESSELINK, G. J.; STEENPAAL, S. E. F. van & RAMAKERS, P. M. J. *Op. cit.*
- ⁶⁷ GERSON, U.; SMILEY, R. L. & OCHOA, R. *Op. cit.* TANDON, P. L. & LAL, B. New record of predatory mites on mango mealy bug, *Drosicha magiferae* Green (Margarodidae: Hemiptera). *Current Sci.*, v. 45, p. 566-567, 1976.
- ⁶⁸ CALMASUR, O. & OEZBEK, H. Biological observations on *Hemisarcoptes coccophagus* Meyer (Acari: Astigmata: Hemisarcoptidae) associated with willow armored scale, *Chionaspis salicis* (L.) (Hemiptera: Diaspididae) in Erzurum, Turkey. *Proceedings of the Entomological Society of Washington*. v. 109, n. 4, p. 829-835, 2007.
- ⁶⁹ TANDON, P. L. & LAL, B. *Op. cit.*
- ⁷⁰ MALLEA, A. R.; MACOLA, G. S.; GARCIA SAEZ, J. G. & LAMATI, S. J. Localización de *Pyemotes* sp. (Acarina

miles e *G. aculeifer* sobre pré-pupas e pupas de *F. occidentalis* em condições de laboratório. Ambos os estágios de desenvolvimento do tripses foram aceitos como presa por cada uma das espécies predadoras. Segundo Castilho *et al.*⁷³, o ácaro *P. posnaniensis*, também de solo, demonstrou considerável potencial como predador *F. occidentalis* em laboratório.

Larvas do “fungus gnats” *Bradysia matogrossensis* (Lane) (Diptera: Sciaridae) causam danos consideráveis ao cogumelo *Agaricus blazei* (Murrill) ss. Heinemann. Freire *et al.*⁷⁴ avaliaram o efeito do ácaro predador *Stratiolaelaps scimitus* (Womersley) (Laelapidae) no controle desta praga em cogumelos no Brasil. Os resultados mostraram redução significativa de sua população com a liberação de 665 predadores por unidade de 15 L, em que os cogumelos eram produzidos. Em continuidade ao trabalho, Castilho *et al.*⁷⁵ também mostraram o efeito positivo de *S. scimitus* na redução da população da mesma praga sobre outra espécie de cogumelo cultivada no Brasil, *Agaricus bisporus* (Lange). O predador é hoje comercializado no país para o controle de pragas do grupo em outros cultivos. Ainda em relação ao controle de outra praga deste mesmo grupo, Rudzinska⁷⁶ investigou o ciclo de vida do ácaro *Arctoseius semiscissus* (Berlese) (Ascidae) alimentando-se de ovos do “fungus gnat” *Lycoriella auripila* (Winnertz) (Sciaridae) e mostrou o potencial daquele predador para reduzir a população de *L. auripila* em cultivos de cogumelos.

Em produtos armazenados

Algumas espécies de ácaros são relatadas alimentando-se de ovos de insetos em depósitos de grãos, principalmente os ácaros Blattisociidae.⁷⁷ Poucos estudos têm sido realizados para se avaliar o potencial destes ácaros para o controle de insetos em produtos armazenados. Haines⁷⁸ apontou *Blattisocius tarsalis* (Berlese) como eficiente predador de ovos de *Cadra cautella* (Walker) (Pyralidae) (citado como *Ephestia cautella*) em armazéns. No Brasil, *B. tarsalis* foi coletado em ovos de *Sitotroga cerealella* Olivier (Gelechiidae).⁷⁹ *Blattisocius keegani* Fox foi considerado potencial agente de controle de *Amyelois transitella* Walker (Pyralidae) em depósitos de grãos.⁸⁰ Segundo Flechtmann & Zem⁸¹, *B. keegani* alimenta-se de ovos de coleópteros dos gêneros *Cryptolestes* (Cucujidae), *Tribolium* (Tenebrionidae), *Trogoderma* (Dermestidae) e *Oryzaephilus* (Silvanidae), todos eles importantes pragas de grãos armazenados.

No Brasil, diversos trabalhos, resumidos por Oliveira *et al.*⁸², têm sido conduzidos com o objetivo de avaliar o

- Pyemotidae) sobre *Saissetia oleae* Bern. (Homoptera – Lecaniidae). *Intersectum*, v. 15, p. 8-10, 1983.
- ⁷¹ MORAES, G. J. de; SEVERO NETO, R. & PINTO, H. C. S. Morphology, biology and pesticide resistance of *Cheletogenes ornatus* (Canestrini & Fanzago) (Acari: Cheyletidae). *Entomophaga*, v. 34, p. 477-484, 1989.
- ⁷² BERNDT, O.; POEHLING, H.-M. & MEYHÖFER, R. Predation capacity of two predatory laelapid mites on soil-dwelling thrips stages. *Entomol. Exp. Appl.*, v. 112, p. 107-115, 2004.
- ⁷³ CASTILHO, R. de C.; MORAES, G. J. de; SILVA, E. S. & SILVA, L. O. *Op. cit.*
- ⁷⁴ FREIRE, R. A. P.; MORAES, G. J. de; SILVA, E. S.; VAZ, A. C. & CASTILHO, R. de C. Biological control of *Bradysia matogrossensis* (Diptera: Sciaridae) in mushroom cultivation with predatory mites. *Exp. Appl. Acarol.*, v. 42, p. 87-93, 2007.
- ⁷⁵ CASTILHO, R. de C.; MORAES, G. J. de; SILVA, E. S. & SILVA, L. O. *Op. cit.*
- ⁷⁶ RUDZINSKA, M. Life history of the phoretic predatory mite *Arctoseius semiscissus* (Acari: Ascidae) on a diet of sciarid fly eggs. *Exp. Appl. Acarol.*, v. 22, 643-648, 1998.
- ⁷⁷ FLECHTMANN, C. H. W. Ácaros de produtos armazenados e na poeira... *Op. cit.* FLECHTMANN, C. H. W. & ZEM, A. C. *Ácaros de produtos armazenados. Op. cit.* MORAES, G. J. de & FLECHTMANN, C. H. W. *Manual de Acarologia: Acarologia Básica e Ácaros de Plantas... Op. cit.*
- ⁷⁸ HAINES, C. P. *Op. cit.*
- ⁷⁹ FLECHTMANN, C. H. W. & ZEM, A. C. *Ácaros de produtos armazenados. Op. cit.*
- ⁸⁰ THOMAS, H. Q.; ZALOM, F. G. & NICOLA, N. L. Laboratory studies of *Blattisocius keegani* (Fox) (Acari: Ascidae) reared on eggs of navel orange-

efeito de *Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz) como agente de controle do coleóptero *Rhyzopertha dominica* (Fabricius) (Bostrichidae) em produtos armazenados. Outras espécies de *Acarophenax* têm sido relatadas atacando outros insetos em grãos armazenados e em outros habitats.⁸³

De importância médica e veterinária

As larvas de vários dípteros de importância médica e veterinária desenvolvem-se sobre excrementos animais tanto no solo quanto na água, e podem ser atacadas por ácaros. Dentre os dípteros de maior importância, encontram-se moscas (Muscidae), pernilongos (Culicidae) e borrachudos (Simuliidae). Os ácaros predadores de dípteros com larvas aquáticas pertencem principalmente a várias famílias do grupo Hydrachnidia. As larvas destes ácaros são normalmente parasitas de insetos adultos, enquanto suas ninfas e adultos são predadores de artrópodes aquáticos.⁸⁴ Uma resenha dos trabalhos relativos a este assunto foi apresentada por Smith⁸⁵.

Os ácaros predadores de dípteros com larvas que se desenvolvem em diferentes tipos de matéria orgânica em decomposição, pertencem mais comumente às famílias Eviphididae, Laelapidae, Macrochelidae, Pachylaelapidae, Parasitidae e Uropodidae, da ordem Mesostigmata.⁸⁶ Todos os estágios pós-embrionários desses ácaros são predadores de ovos e larvas de dípteros e sua comum associação com essas pragas sugere que possam ser usados como agentes de controle biológico.⁸⁷

Ácaros inimigos naturais de nematoides

Ácaros Astigmata, Mesostigmata e Oribatida podem ser considerados importantes inimigos naturais de fitonematoides no solo.⁸⁸

Diversos estudos têm sido realizados para avaliar, em laboratório, o potencial de ácaros predadores edáficos como predadores de nematoides, principalmente Ascidae, Laelapidae, Rhodacaridae e Oribatida.⁸⁹ No entanto, até o momento, nenhuma espécie de ácaro foi utilizada na prática para o controle desses organismos. O problema maior, neste caso, refere-se ao fato de que os nematoides fitopatogênicos vivem nas camadas do solo que não são aquelas preferidas pelos ácaros predadores. Muitos destes, por serem de tamanhos relativamente grandes, podem ter sua atividade predatória limitada sobre nematoides, em virtude de sua movimentação restrita pelo tamanho dos espaços do solo

- worm: potential for biological control. *B. Entomol. Res.*, v. 11, p. 1-6, 2010.
- ⁸¹ FLECHTMANN, C. H. W. & ZEM, A. C. *Ácaros de produtos armazenados. Op. cit.*
- ⁸² OLIVEIRA, C. R. F. de; FARONI, L. R. D'A.; GUEDES, R. N. C.; PALLINI, A. & GONÇALVES, J. R. Dispersão de *Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz) (Prostigmata: Acarophenacidae) em trigo armazenado, sob condições artificiais. *Neotrop. Entomol.*, v. 35, n. 4, p. 536-541, 2006.
- ⁸³ GERSON, U.; SMILEY, R. L. & OCHOA, R. *Op. cit.*
- ⁸⁴ KRANTZ, G. W. & WALTER, D. E. *A Manual of Acarology*. 3rd ed. Austin: Tech University Press, 2009. 807 p.
- ⁸⁵ SMITH, B. P. The potential of mites as biological control agents of mosquitoes. In: HOY, M. A.; CUNNINGHAM, G. L. & KNUTSON, L. (Eds.). *Biological Control of Pests by Mites. Op. cit.* p. 79-85.
- ⁸⁶ KRANTZ, G. W. Mites as biological control agents of dung-breeding flies, with special reference to *Macroschelidae*. In: HOY, M. A.; CUNNINGHAM, G. L. & KNUTSON, L. (Eds.). *Biological Control of Pests by Mites. Op. cit.* p. 91-98.
- KRANTZ, G. W. & WALTER, D. E. *Op. cit.*
- ⁸⁷ GERSON, U.; SMILEY, R. L. & OCHOA, R. *Op. cit.*
- ⁸⁸ KARG, W. Verbreitung and Bedeutung von Raubmilben der Cohors Gamasina als Antagonistern von Nematoden. *Pedobiologia*, v. 25, p. 419-32, 1983.
- OLIVEIRA, A. R.; MORAES, G. J. de & FERRAZ, L. C. C. B. Consumption rate of phytonematodes by *Pergalumna* sp. (Acari: Oribatida: Galumnidae) under laboratory conditions determined by a new method. *Exp. Appl. Acarol.*, v. 41, p. 183-189, 2007.

por onde têm que transitar para encontrar os nematoides. Segundo Walter⁹⁰, provavelmente ácaros pequenos, com corpo estreito e achatado, alimentam-se com mais facilidade de nematoides fitopatogênicos por poderem acessar mais facilmente os espaços do solo em que estes se encontram. Estudos de campo são necessários para se comprovar a significância dos ácaros predadores no controle de fitonematoides, o que incentivaria os produtores a adotarem práticas mais conservacionistas, visando preservar esses organismos benéficos no solo.

Ácaros inimigos naturais de plantas invasoras

A capacidade dos ácaros fitófagos em reduzir o crescimento e a reprodução de plantas invasoras tem despertado o interesse dos pesquisadores em utilizá-los como agentes de controle biológico. Os eriofídeos são os ácaros mais empregados para o controle dessas plantas por serem geralmente mais específicos, reduzindo as chances de que possam causar efeitos indesejáveis em outras espécies vegetais.⁹¹ No entanto, espécies de outras famílias também foram consideradas no passado na busca por agentes de controle de invasoras.

O principal fator a ser considerado para a introdução de uma espécie fitófaga visando ao controle de uma planta invasora é o risco que essa espécie pode trazer a outras plantas não alvo. Neste caso, antes que seja feita a introdução do inimigo natural, é necessário avaliar o potencial do agente de controle biológico em atacar outras plantas da região, para se evitar impactos ambientais indesejáveis. Segundo Andres⁹², a busca por organismos para o controle de plantas invasoras deve ser feita por meio da análise da literatura e de trabalhos de campo, que avaliam sua biologia, especificidade hospedeira e características alimentares. Segundo Cromroy⁹³, as características ideais de um ácaro a ser utilizado para o controle de uma planta invasora são: ser facilmente criado em condições de laboratório; alimentar-se exclusivamente da planta invasora alvo; ser adequado para liberações inundativas; debilitar e eventualmente erradicar a planta invasora.

Pesquisas iniciais sobre o uso de ácaros para o controle biológico de invasoras envolveram o tetraniquídeo *Tetranychus desertorum* Banks (citado como *Tetranychus opuntiae*) para o controle de *Opuntia stricta* (Haw.) (citado como *Opuntia inermis*); e de *Orthagalumma terebrantis* Wallwork (Oribatida), para o controle de aguapé, *Eichhornia crassipes* (Mart.).⁹⁴

- STURHAN, D. & HAMPEL, G. Pflanzenparasitische Nematoden als Beute der Wurzelmilbe *Rhizoglyphus echinopus* (Acarina, Tyroglyphidae). *Anz. Schädl. Pflanzensch., Umwelt.*, v. 50, p. 115-118, 1977.
- ⁸⁹ ABOU-AWAD, B. A.; KORAAYEM, A. M.; HASSAN, M. F. & ABOU-ELELA, M. A. Life history of the predatory mite *Lasioseius athiasae* (Acari, Ascidae) on various kinds of food substances: a polypeptide analysis of prey consideration. *J. Appl. Ent.*, v. 125, p. 125-130, 2001.
- BERNDT, O.; POEHLING, H.-M. & MEYHÖFER, R. *Op. cit.*
- CASTILHO, R. de C.; MORAES, G. J. de; SILVA, E. S. & SILVA, L. O. *Op. cit.*
- OLIVEIRA, A. R.; MORAES, G. J. de & FERRAZ, L. C. B. *Op. cit.*
- ⁹⁰ WALTER, D. E. Pradation and mycophagy by endeostigmatid mites (Acariformes: Prostigmata). *Exp. Appl. Acarol.*, v. 4, p. 159-166, 1988.
- ⁹¹ SKORACKA, A.; SMITH, L.; OLDFIELD, G.; CRISTOFARO, M. & AMRINE, J. W. Host-plant specificity and specialization in eriophyid mites and their importance for the use of eriophyid mites as biocontrol agents of weeds. *Exp. Appl. Acarol.*, p. 51:93-113, 2010.
- ⁹² ANDRES, L. A. Considerations in the use of phytophagous mites for the biological control of weeds. In: HOY, M. A.; CUNNINGHAM, G. L. & KNUTSON, L. (Eds.). *Biological Control of Pests by Mites. Op. cit.* p. 53-56.
- ⁹³ CROMROY, H. L. Potential use of mites in biological control of terrestrial and aquatic weeds. In: HOY, M. A.; CUNNINGHAM, G. L. & KNUTSON, L. (Eds.). *Biological Control of Pests by Mites. Op. cit.* p. 61-66.
- ⁹⁴ WILSON, F. A review of the *Biological Control of Insects*
- Os principais trabalhos até agora realizados com o uso de eriofídeos envolveram a introdução de *Aceria chondrillae* (Canestrini) da Grécia e Itália, para o controle de *Chondrilla juncea* L. na Austrália e Estados Unidos, respectivamente⁹⁵; de *Aceria malherbae* Nuzzaci de regiões do Mediterrâneo para o controle de *Convolvulus arvensis* L. nos Estados Unidos⁹⁶ e África do Sul⁹⁷; e de *Cecidophyes rouhollahi* Craemer do sul da França para o controle de *Galium aparine* L. e *G. spurium* L. (Rubiaceae) no oeste do Canadá.⁹⁸
- No Brasil, *Lantana camara* L. (Verbenaceae), conhecida comumente como lantana, é utilizada como ornamental, principalmente por florescer o ano todo. Entretanto, em diversos países da África e Ásia, assim como na Austrália, a lantana é considerada uma planta invasora extremamente agressiva, ocupando grandes áreas agrícolas e pastagens. Por essa razão, grande esforço tem sido dedicado em selecionar agentes promissores para o controle dessa planta naquelas regiões. Na década iniciada em 1970, o microácaro-da-galha, *Eriophyes lantanae* Cook, comumente associado a lantana no Brasil, chegou a ser considerado para a introdução na Austrália, porém sua exportação para esta finalidade não chegou a ocorrer.⁹⁹

Considerações finais

Existem atualmente dezenas de empresas especializadas na produção de ácaros predadores para uso agrícola, principalmente na América do Norte, Ásia e Europa. O quadro 1 mostra as principais espécies de ácaros predadores hoje comercializadas para o controle de diferentes organismos.

No Brasil existem hoje apenas uma pequena empresa que se dedica especialmente à produção de ácaros predadores para o controle biológico de ácaros fitófagos e outra empresa de grande porte, que deverá iniciar muito em breve a produção comercial desses organismos. O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) publicou a Instrução Normativa Conjunta nº 2 em 23 de janeiro de 2003, com intuito de estabelecer os procedimentos a serem adotados para efeito de registro de agentes biológicos de controle. Considera-se que a iniciativa promoverá a regulamentação da produção e comercialização de inimigos naturais no país, distinguindo legalmente os produtos biológicos dos agrotóxicos, os quais respondem a uma legislação específica para seu registro.¹⁰⁰

and Weeds in Australia and Australian New Guinea. Farnham: Commonwealth Agricultural Bureaux, 1960. DEL FOSSE, E. S. Interaction between the mottled waterhyacinth weevil, *Neochetina eichhorniae* Warner and the waterhyacinth mite, *Orthogalumna terebrantis* Wallwork. In: Proc. FREEMAN, T. E. (Ed.). IV Int. Symp. Biological Control of Weeds, University of Florida, 1978. p. 93-7.

ANDRES, L. A. *Op. cit.*

⁹⁵ ANDRES, L. A. *Op. cit.*
GERSON, U.; SMILEY, R. L. & OCHOA, R. *Op. cit.*

⁹⁶ BOLDT, P. E. & SOBHIAN, R. Release and establishment of *Aceria malherbae* Nuzzaci (Acari: Eriophyidae) for control of field bindweed in Texas. *Environ. Entomol.*, v. 22, n. 1, p. 234-237, 1993.

⁹⁷ CRAEMER, C. Host specificity, and release in South Africa, on *Aceria malherbae* Nuzzaci (Acari: Eriophyidae), a natural enemy of *Convolvulus arvensis* L. (Convolvulaceae). *Afr. Entomol.*, v. 3, p. 213-215, 1995.

⁹⁸ SOBHIAN, R.; MCCLAY, A.; HASAN, S.; PETERSCHMITT, M. & HUGHES, R. B. Safety assessment and potential of *Cecidophyes rouhollabi* (Acari, Eriophyidae) for biological control of *Galium spurium* (Rubiaceae) in North America. *J. Appl. Entomol.*, v. 128, p. 258-266, 2004.

⁹⁹ MORAES, G. J. de & FLECHTMANN, C. H. W. *Op. cit.*

¹⁰⁰ POLETTI, M.; KONNO, R. H.; SATO, M. E. & OMOITO, C. Controle biológico aplicado do ácaro rajado em cultivo protegido: viabilidade no emprego dos ácaros predadores. In: PINTO, A. S.; NAVA, D. E.; ROSSI, M. M. & MALERBO-SOUZA, D. T. (Orgs.). *Controle Biológico de Pragas: na Prática*. Piracicaba: FEALQ, 2006. p. 193-203.

Quadro 1: Principais ácaros predadores comercializados para o controle de diferentes grupos de organismos em diferentes países (2011)

Organismo a ser controlado		Predador	
Ácaros-praga			
Família	Espécie	Família	Espécie
Tarsonemidae	<i>Phytonemus pallidus</i>	Phytoseiidae	<i>Neoseiulus barkeri</i> <i>Neoseiulus californicus</i> <i>Neoseiulus cucumeris</i> <i>Neoseiulus fallacis</i>
Tarsonemidae	<i>Polyphagotarsonemus latus</i>	Phytoseiidae	<i>N. barkeri</i> <i>N. californicus</i> <i>N. cucumeris</i> <i>N. fallacis</i>
Tenuipalpidae	<i>Brevipalpus</i> spp.	Phytoseiidae	<i>N. californicus</i>
Tenuipalpidae	<i>Raoiella indica</i>	Phytoseiidae	<i>N. californicus</i>
Tetranychidae	<i>Panonychus citri</i>	Phytoseiidae	<i>N. californicus</i>
Tetranychidae	<i>Panonychus ulmi</i>	Phytoseiidae	<i>Amblyseius andersoni</i> <i>N. californicus</i>
Tetranychidae	<i>Tetranychus urticae</i>	Phytoseiidae	<i>A. andersoni</i> <i>N. californicus</i> <i>N. cucumeris</i> <i>Phytoseiulus macropilis</i> <i>Phytoseiulus persimilis</i> <i>N. fallacis</i>
Insetos-praga			
Aleyrodidae	<i>Mosca branca</i>	Phytoseiidae	<i>Amblyseius swirskii</i>
Crambidae	<i>Duponchelia fovealis</i>	Laelapidae	<i>Stratiolaelaps miles</i>
Keroplastidae	<i>Lyprauta</i> sp.	Macrochelidae	<i>Macrocheles robustulus</i>
Sciaridae	"Fungus gnats"	Laelapidae	<i>Gaeolaelaps aculeifer</i> <i>S. miles</i> <i>Stratiolaelaps scimitus</i>
		Macrochelidae	<i>M. robustulus</i>
Thripidae	Trips	Phytoseiidae	<i>A. swirskii</i> <i>N. barkeri</i> <i>N. cucumeris</i>
		Laelapidae	<i>S. miles</i> <i>S. scimitus</i>
		Macrochelidae	<i>M. robustulus</i>

Dada a importância da agricultura brasileira, estima-se que haja potencial para que novas empresas aqui se instalem e possam oferecer outras espécies eficientes de ácaros predadores para o controle das mais distintas espécies de organismos.

As exigências cada vez maiores da sociedade por produtos com menos resíduos químicos é uma tendência crescente em todo o mundo. Mesmo em países em que a legislação local não é tão restritiva em relação ao uso de agrotóxicos, a mesma tendência tem sido observada, tendo em vista que muitos destes países exportam seus produtos a outros em que a restrição ao uso de agrotóxicos tem aumentado. A utilização de ácaros como agentes de controle em programas de controle biológico é uma alternativa que deve ser explorada pelos pesquisadores da área.

No Brasil, a comercialização de ácaros inimigos naturais ainda é incipiente, limitada a apenas algumas culturas. A intensificação dos estudos de espécies nativas de agentes potenciais de controle biológico poderá levar à descoberta de espécies que sejam tão ou mais eficientes que as espécies atualmente em uso, aqui e em outros países. Os resultados obtidos poderão incentivar novos empreendimentos neste ramo da cadeia produtiva.

Daniel C. Oliveira é graduado em Engenharia Agrônoma, mestre em Entomologia e doutorando do programa de Pós-Graduação em Entomologia da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, São Paulo.

daniel_korggo@yahoo.com.br

Gilberto J. de Moraes é graduado em Engenharia Agrônoma, doutor em Entomologia e professor do Departamento de Entomologia e Acarologia da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, São Paulo.

moraesg@usp.br

○ PAPEL DOS INSETOS PREDADORES NO CONTROLE DE PRAGAS

Jorge Braz Torres
Christian Sherley Araújo da Silva-Torres

A predação como resultado da ação de insetos predadores sobre populações de herbívoros constitui elemento central no manejo integrado de pragas. Mas, a predação é difícil de ser medida e, portanto, pouco utilizada. Assim, parece decisivo o entendimento sobre como os insetos predadores ocorrem nos agroecossistemas, realizando para o produtor o serviço gratuito de controlar as pragas. Tomando essa ideia como ponto de partida, investigam-se aqui as razões pelas quais, no Brasil, alguns dos principais grupos de insetos predadores são considerados em pesquisas e no manejo de pragas, enquanto outros são negligenciados. De outra parte, insetos predadores podem ter suas populações aumentadas, seja por conservação, seja por atração, considerando as interações tróficas. Enfim, são apresentadas algumas sugestões que parecem úteis para ampliar e tornar mais eficientes as pesquisas em pauta.

Introdução e fundamentação

O controle biológico, seja ele obtido com insetos predadores ou parasitoides, seja com ácaros predadores e entomopatógenos, tem importância inquestionável na regulação das populações de herbívoros nos agroecossistemas. A riqueza de espécies de herbívoros pode ser dezenas de vezes superior ao número de espécies que atingem o status de praga. Assim, o papel dos insetos predadores é, certamente, o de contribuir para a manutenção do status de não praga para muitos desses herbívoros, que na ausência de predadores poderiam ocasionar grande prejuízo econômico ao produtor. Estudiosos acreditam que surtos de pragas ocorrem, em sua maioria, quando eventos ambientais não controláveis interferem na dinâmica populacional de predadores generalistas em presença de baixas densidades populacionais de pragas.¹ Assim, o escape ao controle natural caracteriza um ponto de equilíbrio na dinâmica populacional das espécies de herbívoros e inimigos naturais, iniciando-se então uma fase de crescimento populacional que resultará no surto.² Esse fato implica posterior tática de controle curativo, em especial, quando se trata de surto populacional equivalente ao nível de dano econômico para determinada praga agrícola. Dessa forma, a ação que se deseja de insetos predadores é a manutenção da densidade populacional dos herbívoros em patamar abaixo dos níveis de dano econômico. Este seria o conceito prático do papel dos insetos predadores no controle de pragas nos agroecossistemas.

A diversidade, caracterização e o uso de insetos predadores têm sido abordados em revisões de grupos específicos de predadores, ou em capítulos de livros nacionais e internacionais sobre o controle biológico. Quatro obras publicadas durante os últimos anos merecem destaque: *Handbook of biological control*³, *Natural enemies handbook: the illustrated guide to biological pest control*⁴, *Controle biológico no Brasil: parasitoides e predadores*⁵ e *Natural enemies: an introduction to biological control*⁶. Algum direcionamento pode ser dado para aqueles que desejarem se aprofundar no assunto relativo aos grupos de insetos predadores de maior expressão no Brasil, com vistas ao controle biológico aplicado. Apesar de apenas oito ordens de insetos – Isoptera, Phasmatodea, Phthiraptera, Strepsiptera, Psocoptera e Siphonaptera – não apresentarem espécies de predadores, aquelas com estudos voltados ao controle biológico de pragas agrícolas se concentram nas ordens Coleoptera, Hemiptera, Neuroptera, Hymenoptera, Diptera e Dermaptera.

¹ KLEMOLA, T.; TANHUAN-PÄÄ, M.; KORPIMÄKI, E. & RUOHOMÄKI, K. Specialist and generalist natural enemies as an explanation for geographical gradients in population cycles of northern herbivores. *Oikos*, n. 1, p. 83-94, 2002.

DWYER, G.; DUSHOFF, J. & YEE, S. H. The combined effects of pathogens and predators on insect outbreaks. *Nature*, v. 430, p. 341-345, 2004.

² MAY, R. M. Thresholds and breakpoints in ecosystems with a multiplicity of stable states. *Nature*, v. 269, p. 471-477, 1977.

³ Este título pode ser considerado, na atualidade, a principal fonte de informações sobre controle biológico, com abordagens desde taxonomia e biologia de grupos, metodologias de avaliação de eficiência até casos de utilização de agentes de controle biológico. BELLOWS, T. S. & FISHER, T. W. (Eds.). *Handbook of biological control: principles and applications of biological control*. San Diego: Academic Press, 1999.

⁴ Apresenta agentes de controle biológico com as principais espécies dos grupos de forma bastante didática. Infelizmente, foca apenas a entomofauna da Califórnia. FLINT, M. L. & DREISTADT, S. H. *Natural enemies handbook*. Berkeley: University of California Press, 1998.

⁵ Principal título nacional abordando o controle biológico com tópicos básicos e programas de controle biológico no Brasil. PARRA, J. R. P.; BOTELHO, P. S.; CORREA-FERREIRA, B. S. & BENTO, J. M. (Eds.). *Controle biológico no Brasil: Parasitoides e predadores*. São Paulo: Manole, 2002.

⁶ Título que traz resumos ilustrativos de programas ou aspectos de importância associados ao texto apresentado. HAJEK, A. *Natural enemies: an introduction to biological*

control. Cambridge: Cambridge University Press, 2004.

⁷ GORDON, R. D. The Coccinellidae (Coleoptera) of America north of Mexico. *Journal of the New York Entomological Society*, v. 93, n. 1, p. 1-912, 1985.

⁸ GORDON, R. D. South American Coccinellidae (Coleoptera). Part III. Definition of Exoplectrinae Crotch, Azyinae Mulsant, and Coccidulinae Crotch; a taxonomic revision of Coccidulini. *Revista Brasileira de Entomologia*, v. 38, p. 681-775, 1994.

GORDON, R. D. South American Coccinellidae. (Coleoptera). Part VI. A systematic revision of the South American Diomini, new tribe (Scymninae). *Annales Zoologici*, v. 49, p. 1-219, 1999.

⁹ HAGEN, K. S. Biology and ecology of predaceous Coccinellidae. *Annual Review of Entomology*, v. 7, p. 289-326, 1966.

HODEK, I. & HONEK, A. *Ecology of Coccinellidae*. Dordrecht: Kluwer Academic, 1996.

¹⁰ OBYCKI, J. J. & KRING, T. J. Predaceous Coccinellidae in biological control. *Annual Reviews of Entomology*, v. 43, p. 295-321, 1998.

¹¹ DIXON, A. F. G. *Insect predator-prey dynamics: ladybird beetles and biological control*. Cambridge: Cambridge University Press, 2000.

¹² LÖVEL, G. L. & SUNDERLAND, K. D. Ecology and behavior of ground beetles (Coleoptera: Carabidae). *Annual Review of Entomology*, v. 41, p. 231-256, 1996.

LAROCHELLE A. & LARIVIÈRE, M. C. *A natural history of the ground Beetles (Coleoptera: Carabidae) of America North of Mexico*. Sofia, Russia: Pensoft Publ., 2003.

HOLLAND, J. M. (Ed.). *The agroecology of carabid beetles*. Bedfordshire: Intercept, 2004.

Coleoptera

Nesta ordem, as principais espécies predadoras pertencem às famílias Coccinellidae e Carabidae. As informações sobre Coccinellidae enfatizam a descrição, a distribuição geográfica e os aspectos biológicos.⁷ Singularmente para espécies do Brasil e América do Sul⁸, concentram-se na biologia, comportamento e ecologia da família,⁹ além da utilização¹⁰ e modelagem da interação presa-predador¹¹. Predadores Carabidae (sentido *strictu sensu*), por sua vez, são amplamente conhecidos pela diversidade do hábito de predação. Estudos sobre a biologia e a ecologia das espécies são conduzidos amplamente em campos agricultáveis na Europa e América do Norte.¹² Sobre a família Cicindelidae, também considerada como Carabidae, existe um periódico específico denominado *Cicindela*¹³, no qual podem ser encontrados estudos de biologia, ecologia, comportamento e contribuição para o controle biológico das espécies.

Hemiptera

Informações sobre famílias/grupos de predadores da ordem Hemiptera podem ser obtidas em sete capítulos dedicados às famílias Anthocoridae, Nabidae, Miridae, Reduviidae, Geocoridae, Berytidae e Asopinae, publicados em *Heteroptera of economic importance*¹⁴, bem como no *Annual Review of Entomology*, contendo revisões específicas sobre as principais famílias com espécies predadoras ou, até mesmo, sobre determinada espécie de importância para o controle biológico¹⁵.

Neuroptera

A ordem Neuroptera abarca talvez o grupo de predadores de maior utilização no controle biológico aplicado. Espécies de Chrysopidae são criadas e comercializadas por insetários especializados. Descrições, biologia, ecologia e utilização de crisopídeos no mundo, bem como no Brasil¹⁶, estão em 31 capítulos publicados no livro *Lacewings in the crop environment*¹⁷.

Hymenoptera

Entre os predadores desta ordem, predominam as famílias Vespidae e Formicidae, importantes para o controle biológico de pragas. Vespidae possui várias espécies que contribuem como predadores. Estudos sobre vespas predadoras são publicados, por exemplo, em periódicos especializados como o *Journal of Hymenoptera* e o *Sociobiology*¹⁸,

- ¹³ Disponível em: <http://beetlesinthebush.wordpress.com/2010/08/20/cicindela-a-quarterly-journal-devoted-to-cicindelidae/>
- ¹⁴ SCHAEFER, C. W. & PANIZZI, A. R. (Eds.). *Heteroptera of economic importance*. Boca Raton: CRC Press, 2000.
- ¹⁵ TORRES, J. B.; ZANUNCIO, J. C. & MOURA, M. A. The predatory stinkbug *Podisus nigrispinus*: biology, ecology and augmentative releases for lepidopteran larval control in *Eucalyptus* forests in Brazil. *CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources*, v. 1, n. 15, p. 1-18, 2006.
- ¹⁶ FREITAS, S. O uso de crisopídeos no controle biológico de pragas. In: PARRA, J. R. P.; BOTELHO, P. S. M.; CORRÊA-FERREIRA, B. S. & BENTO, J. M. S. (Eds.). *Controle biológico no Brasil... Op. cit.* p. 209-224.
- ¹⁷ McEWEN, P. K.; NEW, T. R. & WHITTINGTON, A. E. (Eds.). *Lacewings in the crop environment*. Cambridge: Cambridge University Press, 2001.
- ¹⁸ Disponível em: <http://www.hymenopterists.org/publications.php> e <http://www.csuchico.edu/biol/Sociobiology/sociobiologyindex.html>
- ¹⁹ Disponível em: <http://www.hymenopterists.org/publications.php> e <http://www.csuchico.edu/biol/Sociobiology/sociobiologyindex.html>. *Op. cit.*
- ROSS, K. G. & MATTHEWS, R. W. (Eds.). *The social biology of wasps*. Ithaca: Comstock Publishing Associates, 1991. Ver também, RAVERET RICHTER, M. A. Social wasp (Hymenoptera: Vespidae) foraging behavior. *Annual of Review Entomology*, v. 45, p. 121-150, 2000. Uma abordagem interessante sobre aspectos das vespas no controle biológico de pragas é feita por

entre outros periódicos e revisões específicas¹⁹. As vespas são exemplos de insetos predadores cuja ação é considerada por ocasião da tomada de decisão no manejo integrado de pragas, pois dependendo da porcentagem de predação por vespas em função da infestação da praga, não é adotado o controle químico.²⁰

Apesar de no Brasil ser dado maior enfoque às formigas que são consideradas pragas, sejam as cortadeiras de plantas, sejam as doceiras, as formigas predadoras têm papel significativo no controle biológico natural de pragas.²¹ Comuns nos agroecossistemas, atuam tanto no solo quanto no dossel das plantas.²² Um dos estudos mais completos sobre biologia, ecologia e comportamento de formigas pode ser encontrado em *The Ants*.²³

Diptera

Moscas predadoras podem ser encontradas em várias famílias, como Syrphidae, Cecidomyiidae, Asilidae, Dolichopodidae, entre outras, porém Syrphidae é a que tem mais espécies citadas exercendo controle biológico natural.²⁴ Espécies de Syrphidae são abundantes em várias culturas de importância econômica para o Brasil e tentativas para sua multiplicação para uso aplicado são promovidas em laboratório.²⁵ Como os sirfídeos são predadores estenófagos de pulgões e a criação de pulgões é feita em hospedeiros naturais (plantas), a criação massal de sirfídeos torna-se difícil e, conseqüentemente, seu uso aplicado no controle biológico. Obviamente, trata-se de um grupo que merece estudos pela riqueza de espécies que ocorrem nos agroecossistemas e pela contribuição que exercem no controle biológico de pulgões.²⁶ Além de Syrphidae, espécies de Cecidomyiidae são quase desconhecidas no Brasil, embora produzidas para o controle biológico de pulgões em outros países.

Dermaptera

As tesourinhas – como são conhecidos os dermápteros, em referência aos cercos abdominais – fornecem exemplos relevantes para o controle biológico, embora pouco constatadas devido ao seu hábito noturno de forrageamento. No Brasil, espécies do gênero *Doru* (Forficulidae) são tidas de ocorrência natural nos agroecossistemas. Devido a sua importância no controle de pragas, programas de criação massal já estão estabelecidos para as espécies de *Doru luteipes* e *Euborellia annulipes* (Carcinophoridae).²⁷

PREZOTO, F.; OLIVEIRA, S. A. & MELO, A. C. Vespas – de vilãs a parceiras. *Ciência Hoje*, v. 43, 70-73, 2008.

²⁰ Para o bicho-mineiro do café (*Leucoptera coffeella*) somente é recomendado o controle químico se ocorrer acima de 30% de folhas minadas pela praga com ausência de sinais de predação das larvas do bicho-mineiro por vespas. REIS, P. R. & SOUZA, J. C. Controle biológico do bicho-mineiro das folhas do cafeeiro. *Informe Agropecuário*, n. 104, p. 16-20, 1983.

²¹ WAY, M. J. & KHOO, K. C. *Op. cit.*

²² WAY, M. J. & KHOO, K. C. Role of ants in pest management. *Annual Review of Entomology*, v. 37, p. 479-503, 1992.

²³ “The specialized predators, chapter 15” – HÖLLDOBLER & WILSON. *The Ants*. Cambridge: Harvard University Press, 1990. Neste mesmo livro, o capítulo 19 é dedicado às formigas com alto grau de cooperação social, incluindo o gênero *Oecophylla*, que, de acordo com a literatura, é o primeiro exemplo de uso aplicado de um inseto predador (*O. smaragdina*) para o controle biológico. O alvo era lagartas e coleópteros pragas dos citros. A prática foi a transferência dos ninhos entre plantas. Isto foi realizado na China em meados de 324 a. C. (antes de Cristo). Esta prática ainda persistia no Norte da China até 1950.

²⁴ THOMPSON, E. T. The flower flies of the West Indies (Diptera: Syrphidae). *The Memories of the Entomological Society of Washington*, 9:1-200, 1981.

ROJO, S.; GILBERT, F.; MARCOS GARCIA, M. A.; NIETO, J. & MIER, M. P. *World review of predatory hoverflies (Diptera: Syrphidae) and their prey*. Centro Iberoamericano de la Biodiversidad, 2003.

A maioria desses grupos/espécies de insetos predadores não têm programas de criação massal para liberação. Assim, programas devem ser implementados no contexto do controle biológico natural, pela utilização de práticas para a conservação de predadores nas lavouras, por sua importação de outras regiões ou pela coleta de materiais e liberação nas áreas desejadas.²⁸ Estas e outras modalidades de utilização de controle biológico são apresentadas e discutidas de forma vasta em livros nacionais e internacionais e em periódicos especializados. No Brasil, algumas revisões sobre predadores, incluindo sua caracterização, biologia e ecologia, bem como avanços na sua utilização, seja por conservação, seja por criação e liberação, estão reunidas em três números da revista *Informe Agropecuário*²⁹. Caso o interesse seja um enfoque mais específico, várias são as referências.³⁰

Quanto ao presente texto, não se espera caracterizar ou revisar o controle biológico por grupos de insetos predadores, o que pode ser encontrado nos títulos citados anteriormente, mas, sim, apresentar alguns pontos de discussão para o avanço dos estudos e o uso de insetos predadores no manejo integrado de pragas.³¹

A predação como fenômeno natural nos agroecossistemas

A predação é considerada um fenômeno comum na natureza, mas pouco investigada, seja no contexto ecológico, seja aplicada no controle de pragas, em função de algumas particularidades, como a ausência de sinais da predação. A presa é parcial ou totalmente consumida, não deixando pistas para sua avaliação, dificultando assim sua quantificação em campo. Também, muitos predadores são noturnos e de difícil observação. Além disso, usualmente, todos se dispersam após se saciarem da presa. Pela alta capacidade de dispersão, em especial na fase adulta, os predadores, sejam oriundos de liberação ou de ocorrência natural, abandonam as áreas alvo. Afora tais características, outros atributos biológicos tornam alguns grupos de insetos predadores difíceis de serem manipulados em condições de laboratório, para estudo e liberação. Entre esses atributos, estão a voracidade – que pode resultar em canibalismo (por exemplo: Reduviidae), o espaço necessário devido à territorialidade (por exemplo: Formicidae), o substrato verde para a postura endofítica (por exemplo: Anthocoridae, Nabidae), o comportamento social (por exemplo: Vespidae, Formicidae), o pouco conhecimento sobre a bioecologia do grupo (por exem-

²⁵ AUAD, A. M. Criação de sirfídeos (Diptera: Syrphidae) para o controle de afídeos. In: BORTOLI, S. A.; BOIÇA JUNIOR, A. L. & OLIVEIRA, J. E. M. (Eds.). *Agentes de controle biológico: metodologias de criação, multiplicação e uso*. Jaboticabal: FUNEP, 2006. p. 1-26.

²⁶ BUGG, R. L.; GOLFER, R. G.; CHANEY, W. E.; SMITH, H. A. & CANNON, J. *Flower flies (Syrphidae) and other biological control agents for aphids in vegetable crops*. Davis: University of California, 2008. (ANR Publication n° 8.285)

²⁷ Esta espécie, bem como *D. lineare*, são comuns no Brasil. *D. lineare* pode ser criada visando liberações com enfoque para predação de pragas do milho como *Spodoptera frugiperda*. CRUZ, I. Métodos de criação de agentes entomófagos de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith). In: BUENO, V. H. P. *Controle biológico de pragas: produção massal e controle de qualidade*. Lavras, UFLA, 2000. p. 111-135. No caso de *Euborellia annulipes*, esta espécie é criada e estudada na Embrapa Algodão visando liberações para o controle de pragas do algodoeiro.

²⁸ Por exemplo, a transferência de ninhos de predadores sociais como formigas e vespas são passíveis de serem realizados. Devido ao comportamento diurno das vespas, essas podem ter os ninhos coletados durante a noite e transportados para o interior ou bordas das áreas de lavoura como milho, mandioca, café etc.

²⁹ *Informe Agropecuário* n. 104, 1983; n. 167, 1991; n. 252, 2009.

³⁰ BORTOLI, S. A.; BOIÇA JUNIOR, A. L. & OLIVEIRA, J. E. M. (Eds.). *Agentes de controle biológico... Op. cit.* BUENO, V. H. P. (Ed.). *Controle biológico de pragas... Op. cit.*

plo: Asilidae) etc. A falta de dieta alternativa ou artificial para a produção de predadores, presas alternativas, bem como de dieta artificial para a produção das presas, têm dificultado os estudos e a criação massal. Assim, apesar da grande riqueza de espécies de insetos predadores, apenas alguns grupos possuem informações mais detalhadas para uso e conservação em programas de controle biológico de pragas agrícolas. Entre esses grupos, podemos citar os coleópteros (Coccinellidae e Carabidae), neurópteros (Chrysopidae), hemípteros (Anthocoridae, Geocoridae, Reduviidae e Pentatomidae) e as tesourinhas (Forficulidae), nos quais se concentram os estudos brasileiros. Em outros países, além desses grupos, há ainda dípteros (Cecidomyiidae e Syrphidae), percevejos (Miridae e Nabidae), tripes (Aeolothripidae) e neurópteros (Hemerobiidae), que têm sido utilizados ou se têm empreendido esforços para tal. Portanto, mesmo considerando os programas de controle biológico em outros países, o número não é tão expressivo quando comparado à riqueza de espécies de insetos predadores ocorrendo naturalmente nos agroecossistemas. De fato, são escassas as espécies cujo comportamento, biologia, ecologia e requerimento abiótico sejam suficientemente conhecidos para o estabelecimento de criações e comercialização. Apesar de toda a pesquisa básica sobre insetos predadores, há poucas espécies sendo adicionadas à lista das disponíveis para criação massal em insetários e comercialização.³²

Outro fato que dificulta o uso de insetos predadores nos agroecossistemas é o resultado final obtido. Apesar da predação natural resultar na regulação populacional – flutuação da presa-praga ocasionada pela ação do predador –, a regulação pode ocorrer em densidades populacionais acima do nível de dano econômico para uma dada praga e cultura. Isto ocorre porque a predação é resultado do consumo da presa pelo predador mais a interferência na biologia da presa. Apesar de poder apresentar resposta funcional – aumento na proporção de presas atacadas (mortas ou consumidas) em função do aumento na disponibilidade de presas³³ –, o predador mata para a sua nutrição. Após se saciar, o estímulo para o ataque é reduzido ou paralisado por um determinado período de tempo (digestão e conversão da presa consumida).

Além desses fatos, para o estabelecimento do predador em uma dada lavoura é necessário que a presa esteja presente, o que resultaria em crescimento populacional e impactos retardados na população da praga³⁴, caso esta não se utilize de presas alternativas ou de produtos de plantas (pólen, néctar e seiva). Portanto, somente a partir da ampla

PARRA, J. R. *et al.* *Op. cit.*, principal título nacional abordando o controle biológico com tópicos básicos e programas de controle biológico no Brasil.

³¹ HERBÍVORO – animais que se alimentam de plantas. Neste caso, artrópodes (insetos e ácaros) que exploram as plantas como recurso, sendo denominados de fitófagos. PRAGA – qualquer organismo que reduz a qualidade ou a produtividade da planta. No texto, o enfoque será sobre artrópodes fitófagos (insetos e ácaros infestando plantas cultivadas) que ocasionam perdas significativas ao produtor. PESTICIDA – substância utilizada para matar um organismo praga. Neste contexto, o termo será empregado em referência a inseticidas, fungicidas, acaricidas, herbicidas etc. MANEJO INTEGRADO DE PRAGAS (MIP) – são várias as interpretações, porém a expressão resume-se ao planejamento do controle de pragas empregando-se todas as ferramentas disponíveis (táticas de controle) e tendo como fundamentação o controle biológico natural, mais resistência de plantas, métodos físicos e mecânicos de controle e uso de pesticidas, com ênfase na seletividade.

³² LEPLA, N. C. & JOHNSON, K. L. *Guidelines for purchasing and using commercial natural enemies and biopesticides in florida and other states*. Disponível em <http://edis.ifas.ufl.edu/in849>. Acesso em 5 de outubro de 2011.

³³ SOLOMON, M. E. The natural control of animal populations. *Journal of Animal Ecology*, v. 18, p. 1-35, 1949.

³⁴ ARDITI, R. & ABILLON, J. M. The effect of a time-delay in a predator-prey model. *Mathematical Biosciences*, v. 33, p. 107-120, 1977.

divulgação do princípio ecológico do Manejo Integrado de Pragas (MIP), que enfatiza o nível de dano econômico como justificativa para a adoção de uma medida curativa de controle, é que a presença da praga abaixo do nível de dano econômico passou a ser vista como parte importante para a utilização do controle biológico, evitando assim as aplicações por calendário.³⁵

Desta forma, a conservação e a avaliação da eficiência de insetos predadores precisam considerar as características biológicas que governam o resultado da atuação dos insetos predadores nos agroecossistemas. No entanto, insetos predadores empregam algumas estratégias para contornar o problema de escassez de presa, seja a escassez devida à inconsistência na ocorrência da presa, seja na sua qualidade. O desenvolvimento de um hábito alimentar diversificado pela maioria dos insetos predadores (generalistas empregando presas alternativas) ou a utilização de produtos que não sejam a presa como complemento de dieta (onívoros consumindo produtos de plantas como pólen, néctar e seiva da planta, fungos e “honeydew” de presas) facilitam seu estabelecimento na ausência da praga-alvo.³⁶ Também, é importante o desenvolvimento de comportamento para a obtenção de sincronia com a fenologia de ocorrência da presa. A diapausa é um fenômeno comum entre joaninhas³⁷ e percevejos predadores³⁸ em regiões onde a temperatura determina a sazonalidade da presa e, conseqüentemente, do predador. Assim, a grande riqueza e abundância de insetos predadores nos agroecossistemas são indicativos de que a predação é conspícua e deve ser explorada no controle de pragas.

A predação e o controle de pragas

O sucesso da ação dos insetos predadores sobre a sua presa é conhecida e medida como predação. A predação pode ser referida como o consumo de presas pelos predadores, sendo limitada pelo status de saciação do predador. Porém, o resultado da ação dos insetos predadores sobre a população da praga vai além do consumo da presa. O papel do predador na regulação populacional pode ser resultante dos variados efeitos que o predador pode ocasionar sobre a população da praga, pelo consumo de parte da população; pela interferência na biologia da espécie, elevando os custos para a defesa e resultando em menor desempenho (sobrevivência e produção de descendentes); pelo aumento de movimentação com emigração da presa devido ao forrageamento do predador; e, conseqüentemente, pelo aumento da mortalidade por outros predadores e por outros fatores do

³⁵ Dois artigos foram fundamentais para a adoção do nível de controle e, assim, indiretamente, favorecer a manutenção dos inimigos naturais nas lavouras. STERN, V. M. & SMITH, R. F.; BOSCH, R. van den & HAGEN, K. S. The integrated control concept. *Hilgardia*, v. 28, p. 81-101, 1959. STERN, V. M. Economic thresholds. *Annual Review of Entomology*, v. 18, p. 259-280, 1973.

³⁶ Estudos recentes têm mostrado e enfatizado este comportamento como forma para a conservação de insetos predadores. COLL, M. & GUERSHON, M. Omnivory in terrestrial arthropods: mixing plant and prey diets. *Annual Review of Entomology*, v. 47, p. 267-297. 2002. LUNDGREN, J. G. *Relationships of natural enemies and non-prey foods*. Dordrecht: Springer-Verlag, 2009. (Progress in Biological Control, 7). WÄCKERS, F. L.; RIJIN, P. C. J. van & BRUIN, J. *Plant provided food for carnivorous in-sects: a protective mutualism and its applications*. Cambridge: Cambridge University Press, 2005.

³⁷ HAGEN K. S. Biology and ecology of predaceous Coccinellidae. *Annual Review of Entomology*, v. 7, p. 289-326, 1966. HODEK, I. & HONEK, A. *Ecology of Coccinellidae*. Dordrecht: Kluwer Academic, 1996.

³⁸ RUBERSON, J. R.; KRING, T. J. & ELKASSABANY, N. Overwintering and the diapause syndrome of predatory Heteroptera, p. 49-69. In: COLL, M. & RUBERSON, J. R. *Predatory Heteroptera: their ecology and use in biological control*. Laham: Entomological Society of America, 1998.

³⁹ Ver nota 36. TORRES, J. B. & BOYD, D. Jr. Zoophytophagy in predatory Hemiptera. *Brazilian Archives of Biology and*

ambiente. O resultado esperado é a regulação populacional da praga-alvo por meio do consumo ou pela interferência na biologia e comportamento das presas.

Insetos predadores monófagos, oligófagos ou polí-fagos desempenham papel importante no controle biológico. Além de polí-fagos, insetos predadores com ampla gama de presas, ou mesmo se alimentando em diferentes níveis tróficos, têm sido denominados de onívoros ou “super generalistas”.³⁹ Essas espécies de hábito generalista têm maior probabilidade de se estabelecer e permanecer nos agroecosistemas e, usualmente, apresentam alta variabilidade na disponibilidade de presas na fase inicial de sucessão.⁴⁰ Com base em revisão de estudos de impacto de parasitoides e predadores, conclui-se que predadores generalistas são potencialmente capazes de regular uma população de praga.⁴¹

A regulação da população da praga, no entanto, pode acontecer em densidades populacionais da praga acima do nível de dano econômico e, portanto, não ser compatível com o nível de dano econômico determinado pelo produtor com base no valor da cultura e nos custos do método de controle a ser adotado, que, na maioria das vezes, é o controle curativo com uso de pesticidas. Dessa forma, gera-se uma situação de necessidade de integração entre o controle biológico e o controle químico. A joaninha *Stetheros tridens*, por exemplo, é uma predadora voraz do ácaro vermelho do tomateiro, *Tetranychus evansi*, podendo consumir até 33 ninfas do ácaro por dia, porém parece estar associada somente a altas populações deste ácaro, requerendo a presença de densidades do ácaro acima dos níveis de controle para a joaninha se reproduzir com sucesso.⁴² Assim, este predador pode até regular a população da praga ao longo do tempo, mas acima do nível de dano econômico. Daí a grande importância de entendermos o papel dos insetos predadores nos agroecosistemas e buscarmos táticas de manejo, integrando a predação aos demais métodos de controle de pragas.

Conservação de insetos predadores

Os serviços que os insetos oferecem naturalmente nas mais variadas formas têm sido utilizados como apelo para a proteção da biodiversidade. A predação natural encontra-se entre os serviços que os insetos oferecem ao produtor pelo fato de muitos surtos de pragas serem oriundos do desequilíbrio na associação predador-presa.⁴³ De fato, o valor da predação como serviço na supressão de populações de pragas nos agroecosistemas tem-se tornado comum na literatura e têm sido feitas várias tentativas para dar valor

- Technology, v. 52, p. 1.199-1.208, 2009.
- ⁴⁰ SYMONDSON, W. O. C.; SUNDERLAND, K. D. & GREENSTONE, M. H. Can generalist predators be effective biocontrol agents? *Annual Review of Entomology*, v. 47, p. 561-594, 2002.
- ⁴¹ SYMONDSON, W. O. C. *et al. Op. cit.*
STILING, P. & CORNELISSEN, T. What makes a successful biocontrol agent?: a meta-analysis of biological control agent performance. *Biological Control*, v. 34, p. 236-246, 2005.
- ⁴² BRITTO, E. P. J.; GONDIM JUNIOR, M. G. C.; TORRES, J. B.; FIABOE, K. K. M.; MORAES, G. J. & KNAPP, M. Predation and reproductive output of the ladybird beetle *Stethorus tridentis* preying on tomato red spider mite *Tetranychus evansi*. *BioControl*, v. 54, p. 363-368, 2009.
- ⁴³ KLEMOLA, T. *et al., Op. cit.*
DWYER, G. *et al., Op. cit.*
MAY, R. M. *Op. cit.*
STILING, P. & CORNELISSEN, T. *Op. cit.*
- ⁴⁴ Ver nota 6.
- ⁴⁵ FURLONG, M. J. & ZALUCKI, M. P. Exploiting predators for pest management: the need for sound ecological assessment. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, v. 135, p. 225-236, 2010.
- ⁴⁶ HULL, L. A. & BEERS, E. H. Ecological selectivity: modifying chemical control practices to preserve natural enemies. In: HOY, M. A. & HERZOG, D. C. (Eds.). *Biological control in agricultural IPM systems*. New York: Academic Press, 1985. p. 103-122.
- ⁴⁷ Ver nota 36.
- ⁴⁸ SMITH, S. F. & KRISCHIK, V. A. Effects of systemic imidacloprid on *Coleomegilla maculata* (Coleoptera: Coccinellidae). *Environmental Entomology*, v. 28, p. 1.189-1.195, 1999.

econômico ao serviço do controle biológico,⁴⁴ apesar dos vários parâmetros subjetivos e de resultados indiretos difíceis de serem contabilizados.

O controle biológico natural é considerado a ferramenta de fundamentação do MIP nos agroecossistemas. No entanto, não se obtém integração de controle biológico no MIP. Diz-se que a adoção de níveis de controle e o uso de inseticidas seletivos são as principais formas de integração do controle biológico como tática de MIP. No entanto, não se vêem ambos os métodos, biológico e químico, atuando simultaneamente; portanto não se tem uma verdadeira integração.⁴⁵ A adoção do nível de controle e o abandono das aplicações de inseticidas por calendário levam apenas ao adiamento do impacto dos inseticidas sobre os inimigos naturais.

Entretanto, a integração de insetos predadores e pesticidas pode ser atingida mediante a seletividade ecológica e fisiológica. A seletividade ecológica pode ser obtida por variadas formas, entre elas, o uso de formulações para aplicação de inseticidas sistêmicos no solo, fazendo com que o produto tóxico circulando no interior da planta tratada não entre em contato com os predadores.⁴⁶ Tal forma, contudo, é desfavorecida em casos em que os insetos predadores utilizam produtos da planta para a complementação de dieta. Pólen, néctar, “honeydew” e seiva de plantas cultivadas e não cultivadas são amplamente consumidos por inimigos naturais para se sustentarem nos agroecossistemas.⁴⁷ A alimentação em plantas e produtos de plantas tratadas com produtos sistêmicos pode afetar os inimigos naturais.⁴⁸ O hábito alimentar onívoro predomina na maioria dos percevejos predadores (exceto Reduviidae), e a alimentação ocasional de seiva de plantas tratadas com inseticidas sistêmicos resulta na sua mortalidade.⁴⁹ Esse fato pode explicar a redução daqueles predadores quando do uso de inseticidas sistêmicos em lavouras de algodão, por exemplo.⁵⁰

A seletividade fisiológica medida pela toxicidade diferenciada do inseticida para a praga e para o predador é dificultada pelo fato de a maioria dos insetos predadores serem mais susceptíveis aos inseticidas que as pragas.⁵¹ Diante disso, a saída para o uso simultâneo do controle químico e biológico no MIP depende da disponibilidade de produtos biológicos não tóxicos aos predadores, como as viroses e bacterioses específicas de insetos pragas, ou a seleção de espécies de predadores resistentes aos inseticidas utilizados. A perspectiva da seleção de insetos predadores resistentes a inseticidas para atender à demanda de integração tem estimulado estudos nesta linha de pesquisa e

⁴⁹ TORRES, J. B.; BARROS, E. M.; COELHO, R. R. & PIMENTEL, R. M. M. Zoophytophagous pentatomids feeding on plants and implications for biological control. *Arthropod-Plant Interactions*, v. 4, p. 219-227, 2010.

⁵⁰ Resultados publicados em dois artigos há mais de três décadas já mostravam evidências do efeito negativo de inseticidas sistêmicos aplicados em algodoeiro e sua associação com surtos de pragas secundárias e ressurgência de pragas [EVELEENS, K. G. et al. *Environmental Entomology*, v. 2, p. 497-503, 1973; RIDGWAY, R. L. et al. *Journal of Economic Entomology*, 60:1.012-1.016, 1967].

⁵¹ TABASHNIK, B. E. & JOHNSON, M. W. Evolution of pesticide resistance in natural enemies. In: BELLOWS, T. S. & FISHER, T. W. (Eds.). *Handbook of biological control*. San Diego: Academic Press, 1999. p. 673-689.

⁵² RUBERSON, J. R.; ROBERTS, P. & MICHAUD, J. P. Pyrethroid resistance in Georgia populations of the predator *Hippodamia convergens* (Coleoptera: Coccinellidae). *Proceedings of Beltwide Cotton Conference*, v. 1, p. 361-365, 2007. Ver, também, dois estudos que enfatizam a resistência a inseticidas em *Chrysoperla carnea* [PATHAN, A. K. et al. *Journal of Economic Entomology*, v. 101, p. 1.676-1.684, 2008; e PATHAN, A. K. et al. *Journal of Economic Entomology*, v. 103, p. 823-834, 2010].

⁵³ TORRES, J. B. & RUBERSON, J. R. Canopy-and ground-dwelling predatory arthropods in commercial Bt and non-Bt cotton fields: Patterns and mechanisms. *Environmental Entomology*, v. 34, p. 1.242-1.256, 2005. Além deste artigo com resultados próprios, três artigos

predadores importantes como *Chrysoperla carnea* (Chrysopidae) e *Hippodamia convergens* (Coccinellidae) têm sido caracterizados com alto grau de resistência a inseticidas.⁵²

Na essência, a integração e a conservação de insetos predadores com o uso de inseticidas nos agroecossistemas devem ser obtidas simultaneamente como se consegue com a resistência de plantas e o controle biológico quando compatíveis com resultados de controle aditivo, ou até mesmo, aumentado. Neste sentido, a utilização de plantas geneticamente modificadas – plantas Bt – específicas para alguns grupos de herbívoros, como têm sido obtido em milho, algodão e soja para o controle de lagartas desfolhadoras, mostra uma nova oportunidade para maior utilização de insetos predadores no controle biológico. Apesar das controvérsias sobre a utilização de plantas Bt no MIP, os resultados mostram que insetos predadores generalistas – aqueles que independem de uma presa específica no agroecossistema – apresentam populações similares entre áreas cultivadas com plantas Bt ou não, ou mesmo com aumento populacional em lavouras cultivadas com plantas Bt devido às modificações no uso de inseticidas – produtos de menor espectro e frequência de aplicações – no manejo de pragas em plantas Bt.⁵³

Interações tróficas no controle biológico com insetos predadores

As plantas liberam naturalmente certa quantidade de substâncias voláteis, que aumentam significativamente após injúria ocasionada por insetos herbívoros.⁵⁴ Tais substâncias, induzidas após herbivoria, são liberadas tanto de tecidos com injúrias como também de partes não danificadas das plantas atacadas, ou seja, de forma sistêmica⁵⁵, sendo capazes de induzir plantas sadias adjacentes a aumentar suas defesas contra a herbivoria.⁵⁶ Estas substâncias estão envolvidas em interações tritróficas, sendo importantes aliadas das plantas no recrutamento de inimigos naturais, predadores e parasitoides dos herbívoros.

O estudo sobre as interações tritróficas evoluiu consideravelmente nas duas últimas décadas a partir de estudos iniciais desenvolvidos com o ácaro predador, *Phytoseiulus persimilis*, capaz de detectar voláteis de plantas de feijão *Phaseolus lunatus* atacadas pelo ácaro rajado *Tetranychus urticae*.⁵⁷

Anteriormente, era uma incógnita como um inseto, predador ou parasitoide, podia localizar sua presa/hospedeiro em campo diante do paradigma que os inimigos naturais

com revisão de resultados publicados (MARVIER, M. *et al. Science*, v. 316, p. 1.475-1.477, 2007; WOLFENBARGER, L. L. *et al. PLoS ONE* v. 3, n. 5, p. 2.118, 2008; NARANJO, S. *CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources*, n. 11, p. 1-23, 2009), estabelecem conclusões de que plantas Bt não causam impacto negativo para insetos predadores generalistas e que a redução no uso de inseticidas em plantas Bt resulta em maior abundância de insetos predadores.

⁵⁴ KARBAN, R. & BALDWIN, I. T. (Eds.). *Induced Responses to Herbivory*. Chicago, Illinois: University of Chicago Press, 1997.

⁵⁵ HEIL, M. & BUENO, J. C. S. Within-plant signaling by volatiles leads to induction and priming of an indirect plant defense in nature. *Proceedings of the Academy of Science USA*, v. 104, p. 5.467-5.472, 2007.

⁵⁶ FARMER, E. E. & RYAN, C. A. Interplant communication: Airborne methyl jasmonate induces synthesis of proteinase inhibitors in plant leaves. *Proceedings of the National Academy of Science USA*, vol. 87, p. 7.713-7.716, 1990.

⁵⁷ DICKE, M. & SABELIS, M. W. How plants obtain predatory mites as body guards. *Netherlands Journal of Zoology*, vol. 38, p. 145-165, 1988.

⁵⁸ DICKE, M.; TAKABAYASHI, J.; POSTHUMUS, M. A.; SCHUTTE, C. & KRIPS, O. E. Plant-phytoseiid interactions mediated by herbivore-induced plant volatiles: variation in production of cues and in responses of predatory mites. *Experimental and Applied Acarology*, vol. 22, p. 311-333, 1998.

⁵⁹ OLSON, D. M.; RAINS, G. C.; MEINERS, T.; TAKASU, K.; TERTULIANO, M.; TUMLINSON, J. H.;

enfrentam no forrageamento, ou seja, a grande quantidade de pistas produzidas pelas plantas hospedeiras dos herbívoros, mas que não indica precisamente a espécie de herbívoro presente. No entanto, hoje é fato amplamente conhecido que os inimigos naturais aumentam significativamente as chances de encontro com o alimento ao utilizar as pistas (voláteis) resultantes da interação planta hospedeira e inseto herbívoro. A habilidade de um inseto predador ou parasitoide em reconhecer ou responder a tais voláteis e diferenciá-los de outros odores presentes no ambiente indica que estas substâncias induzidas após a herbivoria são claramente diferenciáveis daquelas liberadas em resposta a outros tipos de injúria ou mesmo por plantas sadias.⁵⁸

Com os avanços nas pesquisas sobre interações tritróficas, ficou evidente que insetos entomófagos têm capacidade de utilizar as pistas liberadas pelas plantas após injúria do herbívoro. Grande parte dos estudos retrata a versatilidade principalmente dos insetos parasitoides, com grande capacidade de aprendizado e associação de pistas químicas ligadas à presença do hospedeiro⁵⁹, uma vez que muitos são especialistas e estão intimamente relacionados com o hospedeiro e, por consequência, com seu habitat. Por outro lado, o número de trabalhos retratando interações tritróficas com insetos predadores no tocante à percepção de voláteis é pequeno; a grande maioria é de hábito generalista, perdendo em parte esta relação de especificidade com a presa e exibindo um comportamento e biologia mais amplos, não fixados em uma determinada presa ou planta hospedeira. Acredita-se que a resposta de um predador seja guiada por um conjunto de fatores que vão além de voláteis induzidos, como os fatores físicos do ambiente até o seu próprio estado de saciação.⁶⁰

Insetos predadores podem apresentar resposta positiva aos voláteis de plantas atacadas (quadro 1), embora as pesquisas tenham sido desenvolvidas, em grande parte, em condições de laboratório, o que levanta dúvidas quanto à repetição dos resultados em condições de campo. Um dos primeiros exemplos mostrando a capacidade de insetos predadores localizarem a presa em campo foi desenvolvido com plantas de fumo selvagem, *Nicotiana attenuata*. A pesquisa mostrou que os voláteis induzidos após a herbivoria, além de repelir herbívoros, atraíam o percevejo predador *Geogoris pallens* para as plantas infestadas por *Manduca sexta*, resultando em maior predação de ovos e numa redução de mais de 90% no número de herbívoros nas plantas.⁶¹ Outro exemplo foi observado em plantas de *Datura wrightii*, em que, após a herbivoria, a quantidade de voláteis emitidos nas primeiras

WÄCKERS, F. L. & LEWIS, W. J. Parasitic Wasps Learn and Report Diverse Chemicals with Unique Conditionable Behaviors. *Chemical Senses*, vol. 28, p. 545-549, 2003.

fases de desenvolvimento da planta e a taxa de predação de ovos e larvas de *Lema daturaphila* pelo predador *G. pallens* foram diretamente proporcionais.⁶² Isto mostra que os voláteis emitidos em consequência da herbivoria favorecem o estabelecimento dos predadores em campo, permitindo que a alta taxa de predação perdure por todo o ciclo da planta.

Quadro 1: Exemplos de predadores que são atraídos por voláteis de plantas induzidos após herbivoria

Inimigo Natural	Herbívoro	Planta	Referências (ver notas)
Coleoptera Cleridae <i>Thanasimus dubius</i>	<i>Ipis pini</i> <i>Ipis grandicollis</i> (Col.: Scolytidae)	<i>Pinus</i> sp.	71, 87
Histeridae <i>Platysoma cylindrica</i>			
Tenebrionidae <i>Corticeneus parallelus</i>			
Coccinellidae <i>Coccinella septempunctata</i>	<i>Rhopalosiphum padi</i> (Hem.: Aphididae)	<i>Hordeum vulgare</i>	68
Hemiptera Geocoridae <i>Geogoris pallens</i>	<i>Manduca sexta</i> (Lep.: Sphingidae)	<i>Nicotiana attenuata</i>	61
	<i>Lema daturaphila</i>	<i>Datura wrightii</i>	52
Miridae <i>Cyrtorhinus lividipennis</i>	<i>Nilaparvata lugens</i> (Hem.: Delphacidae)	<i>Oryza</i> sp.	71
Pentatomidae <i>Podisus maculiventris</i> <i>Perillus bioculatus</i>	<i>Leptinotarsa decemlineata</i> (Col.: Chrysomelidae)	<i>Solanum tuberosum</i>	70
Anthocoridae <i>Orius laevigatus</i>	<i>Frankliniella occidentalis</i> (Thys.: Thripidae)	<i>Cucumis sativus</i>	88
Diptera Syrphidae <i>Allograpta obliqua</i> , <i>Eupeodes americanus</i> , <i>E. volucris</i> , <i>Syrphus opinator</i> , <i>Scaeva pyrastris</i> , <i>Sphaerophoria sulphuripes</i> , <i>Toxomerus occidentalis</i> , <i>Platycheirus stegnus</i>		<i>Brassica nigra</i>	75
Neuroptera <i>Chrysoperla carnea</i>	<i>Acyrtosiphon pisum</i> (Hem.: Aphididae)	<i>Medicago sativa</i>	89

- ⁶⁰ TORRES, J. B.; EVANGELISTA Jr., W. S.; BARROS, R. & GUEDES, R. N. C. Dispersal of *Podisus nigrispinus* (Het., Pentatomidae) nymphs preying on tomato leafminer: effect of predator release time, density and satiation level. *Journal of Applied Entomology*, vol. 126, p. 326-332, 2002.
- ⁶¹ KESSLER, A. & BALDWIN, I. T. Defensive function of herbivore-induced plant volatile emissions in nature. *Science*, vol. 291, p. 2.141-2.144, 2001.
- ⁶² HARE, J. D. & SUN, J. J. Production of herbivore-induced plant volatiles is constrained seasonally in the field but predation on herbivores is not. *Journal of Chemical Ecology*, vol. 37, p. 430-442, 2011.
- ⁶³ NORDLUND, D. A.; JONES, R. L. & LEWIS, W. J. (Eds.). *Semiochemicals: Their role in pest control*. John Wiley & Sons, 1981.
- ⁶⁴ BOO, K. S.; CHUNG, I. B.; HAN, K. S.; PICKETT, J. A. & WADHAMS, L. J. Response of the lacewing *Chrysopa cognata* to pheromones of its aphid prey. *Journal of Chemical Ecology*, vol. 24, p. 631-643, 1998.
- ⁶⁵ AL ABASSI, S.; BIRKETT, M. A.; PETERSSON, J.; PICKETT, J. A.; WADHAMS, L. J. & WOODCOCK, C. M. Response of the seven-spot ladybird to an aphid alarm pheromone and an alarm pheromone inhibitor is mediated by paired olfactory cells. *Journal of Chemical Ecology*, vol. 26, p. 1.765-1.771, 2000.
- ⁶⁶ NINKOVIC, V.; ABASSI, S. A. & PETERSSON, J. The influence of aphid-induced plant volatiles on ladybird beetle searching behavior. *Biological Control*, v. 21, p. 191-195, 2001.
- ⁶⁷ MEIRACKER, R. A. F. VAN DEN; HAMMOND, W. N. O. & ALPHEN, J. J. M. van. The role of kairomones in

Além da utilização de substâncias voláteis induzidas de plantas, algumas espécies de inimigos naturais utilizam pistas – cairomônios – liberadas diretamente pelas suas presas, simbiossiontes associados, ou presentes em seus subprodutos, como escamas, fezes, exúvia, feromônios sexual, de agregação, de alarme e de marcação.⁶³ Por exemplo, adultos de *Chrysopa cognata* foram capturados em armadilhas contendo componentes do feromônio sexual de pulgões⁶⁴ e joaninhas predadoras, entre elas *Coccinella septempunctata*, que são atraídas pelo feromônio de alarme de pulgões (E)- β -farneseno⁶⁵, bem como pelo “honeydew”. Contudo, esta atratividade é significativamente aumentada quando os voláteis de plantas infestadas por pulgões estão presentes.⁶⁶ Resultados semelhantes foram obtidos para outras espécies de joaninhas predadoras como *Harmonia axyridis*, *Diomus* sp. e *Exochomus* sp.⁶⁷ Outros insetos predadores também têm maior resposta quando expostos aos voláteis induzidos após a herbivoria. É o caso dos percevejos predadores *Podisus maculiventris* e *Perillus bioculatus*, ao detectarem voláteis produzidos após alimentação do besouro do Colorado, *Leptinotarsa decemlineata*, em plantas de batata⁶⁸, e o percevejo predador de ovos, *Cyrtorhinus lividipennis*, em plantas de arroz infestadas por cigarrinhas *Nilaparvata lugens*⁶⁹, uma das principais pragas de arroz na Ásia.

Outro aspecto interessante da interação tritrófica é que a resposta comportamental de algumas espécies de insetos predadores a feromônios liberados pelas presas pode ser modulada pela presença de voláteis de plantas.⁷⁰ Experimentos de campo demonstraram que monoterpenos liberados de árvores de *Pinus* spp., por si só, não são atrativos para os besouros predadores *Thanasimus dubius*, *Platysoma cylindrica* e *Corticus parallelus*. Por outro lado, alguns dos monoterpenos liberados pelas árvores afetaram significativamente a resposta desses predadores aos feromônios de agregação de suas presas, *Ipis pini* e *I. grandicollis*.⁷¹ O mirceno e o 3-careno reduziram a atratividade dos predadores, enquanto o α -pineno aumentou significativamente a atratividade das três espécies de predadores aos feromônios de agregação de *Ipis* spp.

Apesar da complexidade das interações planta, herbívoro e inseto predador, a implementação poderá ser feita nos agroecossistemas. Uma estratégia promissora é a implementação de liberadores com atrativos (voláteis) de plantas em áreas agrícolas para atração de inimigos naturais, independentemente da densidade de infestação da praga. Constituintes do óleo essencial de *Nepeta cataria* e voláteis

- prey finding by *Diomus* sp. and *Exochomus* sp., two coccinellid predators of the cassava mealybugs, *Phenacoccus manihoti*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, vol. 56, p. 209-217, 1990. OBATA, S. The influence of aphids on the behaviour of adults of the ladybird beetle, *Harmonia axyridis* (Col.; Coccinellidae). *Entomophaga*, vol. 42, p. 103-106, 1997.
- ⁶⁸ DICKENS, J. C. Predator-prey interactions: olfactory adaptations of generalist and specialist predators. *Agriculture and Forest Entomology*, v. 1, p. 47-54, 1999.
- ⁶⁹ LOU, Y. G. & CHENG, J. A. Role of rice volatiles in the foraging behaviour of the predator *Cyrtorhinus lividipennis* for the rice brown planthopper *Nilaparvata lugens*. *Biological Control*, v. 48, p. 73-86, 2003.
- ⁷⁰ MILLER, D. R. & BORDEN, J. H. Ⓢ-Phellandrene: kairomone for pine engraver, *Ips pini* (Say) (Coleoptera: Scolytidae). *Journal of Chemical Ecology*, v. 16, p. 2.519-2.531, 1990.
- ⁷¹ ERBILGIN, N. & RAFFA, K. F. Modulation of predator attraction to pheromones of two prey species by stereochemistry of plant volatiles. *Oecologia*, v. 127, p. 444-453, 2001.
- ⁷² HOOPER, A. M.; DONATO, B.; WOODCOCK, C. M.; PARK, J. H.; PAUL, R. L.; BOO, K. S.; HARDIE, J. & PICKETT, J. A. Characterization of (1R, 4S, 4aR, 7S, 7aR)-dihydronepetalactol as a semiochemical for lacewings, including *Chrysopa* spp. and *Peyerimhoffina gracilis*. *Journal of Chemical Ecology*, v. 28, p. 849-864, 2002. Em condições de campo, fêmeas de *Chrysopa oculata* são atraídas e depositam mais ovos em áreas contendo iridodial (CHAUHAN, K. R. et al. *Journal of Economic Entomology*, v. 100, p. 1.751-1.755, 2007).
- da planta *Actinidia polygama* foram bastante eficientes para atração e captura de adultos de *Chrysopa cognata*, *Nineta vittata* e *Peyerimhoffina gracilis*.⁷² Da mesma forma, a utilização do feromônio sexual de *Chrysopa oculata*. Outro estudo interessante desenvolvido em campo mostrou que armadilhas contendo o salicilato de metila (MeSA), um composto induzido após herbivoria, atrai significativamente *Chrysopa nigricornis* para áreas tratadas, em comparação a armadilhas sem MeSA, demonstrando, conseqüentemente, o potencial de utilização destas substâncias induzidas como atrativos para predadores em campos comerciais visando ao controle de pragas.⁷³ Atualmente, o que já vem sendo feito na prática é a disposição em campo de liberadores contendo feromônio sexual do percevejo predador *P. maculiventris*, com o intuito de atraí-lo para áreas inicialmente infestadas.⁷⁴
- Um fator importante para o sucesso do controle de pragas com a utilização de voláteis induzidos após a herbivoria seria a compatibilidade entre a defesa induzida (voláteis atrativos) e outros tipos de defesa da planta, pois os herbívoros estão sujeitos à ação de toxinas ou deterrentes (defesa direta constitutiva), o que poderia contribuir para uma baixa qualidade da presa para os predadores e, conseqüentemente, prejudicar sua capacidade de controle. Por exemplo, o pulgão da couve, *Brevicoryne brassicae*, tem a capacidade de sequestrar glucosinolatos de suas plantas hospedeiras (Brassicaceae) sem sofrer efeitos negativos da dieta em seu desenvolvimento e reprodução. No entanto, as moscas predadoras (Syrphidae) *Allograpta obliqua*, *Eupeodes americanus*, *Eupeodes volucris*, *Syrphus opinator*, *Scaeva pyrastris*, *Sphaerophoria sulphuripes*, *Toxomerus occidentalis* e *Platycheirus stegnus* apresentaram menor taxa de alimentação e maior mortalidade sobre pulgões alimentados em dieta rica em glucosinolato.⁷⁵ Portanto, são necessárias uma escolha cautelosa e uma combinação de estratégias aditivas ou até mesmo sinérgicas de manejo de pragas, de modo que possam promover um aumento da resistência de plantas ao ataque de pragas. Por exemplo, a técnica do “push-pull”, que utiliza plantas com capacidade de alta emissão de voláteis em policultivo para, simultaneamente, repelir as pragas e atrair seus inimigos naturais tem se mostrado promissora⁷⁶; também é o caso da utilização de plantas capazes de emitir simultaneamente voláteis que repelem os herbívoros e atraem seus respectivos inimigos naturais⁷⁷, fazendo com que as plantas tenham maiores chances de escapar à herbivoria.

O papel da pesquisa para o controle biológico com insetos predadores no Brasil

⁷³ JAMES, D. G. Field evaluation of herbivore-induced plant volatiles as attractants for beneficial insects: Methyl salicylate and the green lacing, *Chrysopa nigricornis*. *Journal of Chemical Ecology*, v. 29, p. 1.601-1.609, 2003.

⁷⁴ ALDRICH, J. R. & CANTELO, W. W. Suppression of Colorado potato beetle infestation by pheromone-mediated augmentation of the predatory spined soldier bug, *Podisus maculiventris* (Say) (Heteroptera: Pentatomidae). *Agriculture and Forest Entomology*, v. 1:209-217, 1999.

⁷⁵ CHAPLIN-KRAMER, R.; KLIEBENSTEIN, D. J.; CHIEM, A.; MORRILL, E.; MILLS, N. J. & KREMEN, C. Chemically mediated tritrophic interactions: opposing effects of glucosinolates on a specialist herbivore and its predators. *Journal of Applied Ecology*, v. 48, p. 880-887, 2011.

⁷⁶ KHAN, Z. R.; MIDEGA, C. A. O.; NJUGUNA, E. M.; ARNUDAVI, D. M.; WANYAMA, J. M. & PICKETT, J. A. Economic performance of the 'push-pull' technology for stem-borer and *Striga* control in smallholder farming systems in western Kenya. *Crop Protection*, v. 27, p. 1.084-1.097, 2008.

⁷⁷ BEALE, M. H. *et al.* Aphid alarm pheromone produced by transgenic plants affects aphid and parasitoid behavior. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, v. 103, p. 10.509-10.513, 2006.

⁷⁸ FREITAS, S. *Op. cit.*

⁷⁹ Percevejos Asopininae (várias espécies), mas especialmente *Podisus nigrispinus*, são criados e liberados em áreas propensas ou com surtos de lagartas desfolhadoras desde 1989. Mais de três milhões de percevejos foram liberados até 2005 pela V & M Florestal. Detalhes do programa podem ser obtidos em

O potencial de insetos predadores como meio para o controle biológico de artrópodes pragas tem recebido, no Brasil, crescente atenção. Nas últimas duas edições do Congresso Brasileiro de Entomologia (CBE), houve significativo crescimento no número de trabalhos apresentados com insetos predadores (105 em 2008, Uberlândia, Minas Gerais; 83 em 2010, Natal, Rio Grande do Norte), em relação às edições anteriores (38 em 2006, Recife, Pernambuco; e 49 em 2004, Gramado, Rio Grande do Sul). Também, ao realizarmos busca por assunto na principal base de currículos do Brasil (<http://lattes.cnpq.br>), observamos 2.077 currículos cadastrados com o tema "controle biológico", distribuídos entre Ciências Agrárias (52,15%) e Ciências Biológicas (47,85%). Destes registros, no entanto, apenas 882 tratam de pesquisa com "controle biológico e insetos predadores". Vale salientar que este resultado e os resultados a seguir não refletem os estudos publicados em revistas internacionais ou registrados na base de dados em outra língua além do português. As publicações registradas com a combinação "insetos predadores" e assuntos de pesquisa como "biologia" (578 registros), "ecologia" (404), "criação" (336), "predação" (313), "eficiência" (435), "campo" (424), "liberação" (93) e "tabela de vida ecológica" (41), demonstram claramente um acentuado decréscimo para as áreas de aplicação dos resultados da pesquisa (eficiência, campo e liberação). Se considerarmos que a aplicação dos resultados das pesquisas com insetos predadores (n = 882 registros) for a liberação ou o impacto medido mediante tabela de vida ecológica, o resultado é baixo, compreendendo 10,54% e 4,65% dos trabalhos, respectivamente.

Apesar de os estudos biológicos voltados ao desenvolvimento, reprodução, comportamento, entre outros, serem importantes para o desenvolvimento e estabelecimento de programas de controle biológico, a transferência destas informações para a aplicação através de técnicas de criação massal, liberação e avaliação do impacto ocasionado sobre a população da praga-alvo é difícil e pequena (tabela 1). Se formos apresentar estes fatos como resultados de programas estabelecidos de controle biológico com insetos predadores no Brasil, poucos deles podem ser considerados com início, aplicação e avaliação pós-liberação: entre eles, crisopídeos⁷⁸ e percevejos predadores Asopininae.⁷⁹

Tabela 1: Resultado de busca na base de dados Scielo para trabalhos publicados com insetos predadores em *Neotropical Entomology* (NE) e *Revista Brasileira de Entomologia* (RBE), e diretamente na página da revista *Pesquisa Agropecuária Brasileira* (PAB).

	NE (2011 a julho de 2011)	RBE (2004 a julho de 2011)	PAB (agosto de 1998)
Número de artigos	74*	16	27
Biologia	23 (31,1)**	06 (37,7)	10 (37,0)
Predação (consumo)	13 (17,6)	04 (25,0)	06 (22,2)
Impacto de pesticidas (seletividade)	12 (16,2)	00 (0)	07 (25,9)
Estudo de campo (ocorrência)	12 (16,2)	02 (12,5)	04 (14,8)
Criação (metodologia/biologia)	02 (2,7)	04 (25,0)	00 (0)
Impacto (tabela de vida ecológica)	02 (2,7)	00 (0)	00 (0)

* O número de artigos por linha de trabalho não corresponde ao total de artigos, pois alguns se ajustam melhor em outras linhas como morfologia, genética etc.

** Porcentagem de artigos por linha de trabalho em função do total de artigos publicados com insetos predadores

TORRES, J. B.; ZANUN-CIO, J. C. & MOURA, M. A. The predatory stinkbug *Podisus nigrispinus*: biology, ecology and augmentative releases for lepidopteran larval control in *Eucalyptus* forests in Brazil. *CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources*, n. 15, p. 1-18, 2006.

⁸⁰ FURLONG, M. J. & ZALUCKI, M. P. *Op. cit.*

⁸¹ Várias metodologias desde o confinamento, exclusão química, construção de tabela de vida de fertilidade e ecológica, uso de isótopos radioativos, e outras metodologias são apresentadas e discutidas por LUCK, R. F.; SHEPARD, B. M. & KENMORE, P. E. Experimental methods for evaluating arthropod natural enemies. *Annual Review of Entomology*, v. 33, p. 367-391, 1988. Estes mesmos autores expandem o assunto no capítulo "Evaluation of biological control with experimental methods" publicado em *Handbook of Biological Control*; BELLOWS, T. S. & DRIESCHER, R. G. van. apresentam o capítulo "Life

A constatação que se faz é que os trabalhos realizados não medem o impacto dos predadores na população da praga-alvo, problema generalizado entre os trabalhos publicados seja em resumos de reuniões científicas, seja entre os artigos em periódicos científicos (tabela 1). Insetos predadores ou guilda de predadores, para contribuir com a supressão da praga-alvo, devem impactar negativamente a população da praga e não apenas consumir certa quantidade de indivíduos, ou ser mencionado como predador da espécie praga naquele agroecossistema. Assim, para preconizar que um predador ou guilda de predadores sejam capazes de suprimir ou regular a população da praga no contexto do MIP, é necessário que estudos sejam conduzidos em escala que represente a realidade e mostre uma relação na dinâmica entre as espécies estudadas.⁸⁰ Metodologias para a quantificação do impacto de inimigos naturais sobre populações de pragas têm sido revisadas e algumas apresentam praticidade⁸¹ na sua aplicação, enquanto outras requerem maior instrumentação (biotecnologia)⁸². A evidência de alteração na população da praga em presença e ausência de predadores é uma forma conceitual simples de inferir sobre o impacto da predação. Coleta de dados com construção de tabela de vida ecológica da praga na presença e ausência de predadores, análise de amplitude e preferência de dieta, atributos como capacidade de dispersão e resposta às condições ambientais que favorecem a manutenção dos predadores nos agroecossistemas podem ser empregados para identificar

table construction and analysis for evaluating biological control agents” no livro citado. Várias técnicas também são apresentadas em DENT, D. *Insect pest management*. 2 ed. Wallingford: CABI Publishing, 2000; bem como em JERVIS, M. A. & KIDD, N. A. C. (Eds.). *Insect natural enemies: practical approach to their study and evolution*. London: Chapman & Hall, 1996.

⁸² Método sorológico em predadores e presas, auxilia na qualificação de potenciais predadores da praga-alvo, bem como predadores carregando marcadores genéticos e diferenciação fenotípica facilitam a avaliação em campo. HAGLER, J. R. & JACKSON, C. G. Methods for marking insects: current techniques and future prospects. *Annual Review of Entomology*, v. 46, p. 511-543, 2001.

⁸³ Três artigos recentes abordam a predação na tomada de decisão para o controle (CONWAY, H. E. *et al.* *Journal of Entomological Science*, v. 41, p. 361-373, 2006; MUSSER, F. R. *et al.* *Journal of Economic Entomology*, v. 99, p. 1.538-1.549, 2006; ZHANG, W. & SWINTON, S. M. *Ecological Modeling*, v. 220, p. 1.315-1.324, 2009).

⁸⁴ URANO, S. *et al.*, *Op. cit.*

⁸⁵ GRAVENA, S. *Op. cit.*

⁸⁶ Ver nota 20.

⁸⁷ AUKEMA, B. H.; DAHLSTEN, D. L. & RAFFA, K. F. Improved population monitoring of bark beetles and predators by incorporating disparate behavioral responses to semiochemicals. *Environmental Entomology*, v. 29, p. 618-629, 2000.

⁸⁸ VENZON, M.; JANSSEN, A. & SABELIS, M. W. Attraction of a generalist predator towards herbivore-infested plants. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, v. 93, n. 3, p. 306-314, 1999.

espécies com capacidade de regular populações de pragas e, então, empregá-las no processo de tomada de decisão de controle de pragas. No entanto, é importante salientar que, em estudos de dinâmica populacional entre predadores e pragas, as análises entre as densidades do predador e da praga sejam mais detalhadas, considerando o efeito da defasagem temporal no crescimento populacional do predador. Isto levando-se em conta que a dinâmica predador-presa tem os picos não sincronizados. Assim, a análise de série de dados permite obtenção de possíveis correlações significativas entre as populações e conclusão da capacidade de atuação da densidade dependente do predador, sugerindo a capacidade do predador em regular a população da praga-alvo.

A partir de estudos de dinâmica populacional, a população do predador e da praga pode ser quantificada e gerar níveis passíveis de consideração para a tomada de decisão de controle.⁸³ A falta de dados para se determinar os níveis de não ação limita a utilização e conservação de predadores com a adoção deste nível, embora tentativas nesse sentido venham sendo feitas.⁸⁴ Na prática, a adoção do nível de não ação – densidade de predadores ou níveis de ação de predadores – é recomendado, até o momento, no Brasil, apenas para o manejo de pragas do algodoeiro⁸⁵ e do cafeeiro⁸⁶, permanecendo um campo totalmente aberto para futuras pesquisas. Pragas-chaves ou grupo de pragas (por exemplo, lagartas desfolhadoras, pulgões etc.) de culturas importantes do ponto de vista econômico já possuem estudos que caracterizam predadores específicos ou guilda de predadores-chaves que poderiam ser investigados visando à determinação de nível de não ação. Alguns exemplos:

- tesourinhas e vespas predadoras para a lagarta-do-cartucho do milho;
- guilda de joaninhas e moscas sírfides para o controle de pulgões das brássicas, algodoeiro, milho, trigo etc. não susceptíveis a viroses;
- guilda de percevejos predadores e carabídeos para o controle de lagartas desfolhadoras da soja;
- guilda de vespas predadoras para o controle do mandarová da mandioca;
- guilda de vespas predadoras e percevejos predadores para o controle de lagartas desfolhadoras de espécies florestais.

Também a diversidade de sistemas de produção dos cultivos – como o agroecológico, o orgânico, o familiar, o empresarial etc –, e de agroecossistemas – como hortaliças, cultivos anuais e perenes etc –, no Brasil, deve ser conside-

⁸⁹ ZHU, J.; OBRYCKI, J. J.; OCHIENG, S. A.; BAKER, T. C.; PICKETT, J. A. & SMILEY, D. Attraction of two lacewing species to volatiles produced by host plants and aphid prey. *Naturwissenschaften*, v. 92, p. 277-281, 2005.

rada na forma de implementar o controle biológico. É sabido que, independentemente da agricultura agroecológica ou empresarial, é importante considerarmos o controle natural exercido pelos insetos predadores como parte do MIP. Daí, em cada sistema de cultivo e agroecossistema formado, devemos adotar formas viáveis voltadas ao MIP, focadas na conservação de insetos predadores. Isto porque existem poucas opções de programas de controle biológico aplicado de que se pode lançar mão para aquisição do predador e sua liberação. Assim, algumas práticas são preponderantes para a expansão do controle biológico com insetos predadores:

- Estudos para o aumento da diversidade ambiental mediante policultivo, barreiras com plantas atrativas a inimigos naturais e refúgio para a acomodação dos inimigos naturais na entressafra e ocasiões de práticas adversas adotadas durante o cultivo.
- Seleção de variedades e cultivares de plantas adaptadas às condições locais de cultivo, com ênfase nos graus relativos de resistência às pragas e na compatibilidade com os insetos predadores, sejam essas plantas obtidas pelo método convencional de melhoramento ou geneticamente modificadas, que resultem na redução de uso dos pesticidas.
- Estudos visando à redução do impacto de pesticidas sobre os insetos predadores mediante uso de inseticidas biológicos, seletivos e até mesmo dando ênfase a inimigos naturais resistentes aos inseticidas, bem como redução do número de pulverizações pela adoção do nível de controle, retardando, assim, o efeito dos pesticidas sobre os insetos predadores.
- O aumento da participação da ação de insetos predadores no MIP será expandido se mais pesquisas forem dedicadas a determinar densidades de insetos predadores capazes de suprimir populações de pragas (níveis de não ação) e seleção de insetos predadores resistentes a inseticidas para permitir a conservação de predadores nas lavouras por ocasião da necessidade de pulverizações para o controle de pragas não alvo.
- Financiamento de projetos de pesquisas a longo prazo, visando ao estabelecimento de programas de controle biológico que permitam estudos básicos, estudos intermediários de confinamento e semicampo, liberação e avaliação pós-liberação.
- Enfim, incentivo à formação de grupos de pesquisas no sentido de coibir estudos repetitivos, simultâneos, com sobreposição de objetivos, para permitir avanços reais nos estudos com insetos predadores.

Jorge Braz Torres é engenheiro agrônomo, doutor em Entomologia e professor do Programa de Pós-Graduação em Entomologia Agrícola da Universidade Federal Rural de Pernambuco. jtorres@depa.ufrpe.br

Christian S. A. Silva-Torres é engenheira agrônoma, doutora em Entomologia e pesquisadora do Programa de Pós-Graduação em Entomologia Agrícola da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como bolsista PNPd/CAPES. christian@depa.ufrpe.br

NEMATOIDES ENTOMOPATOGÊNICOS BIOLOGIA, PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO NO CONTROLE DE PRAGAS

Claudia Dolinski

Nematoides entomopatogênicos (NEPs) são importantes agentes do controle biológico, notadamente no solo e em ambientes crípticos, pois infectam e matam insetos de diversas ordens e de dezenas de famílias. Como principais características poderiam ser citadas a produção dos juvenis infectantes de maneira barata em insetos hospedeiros ou em meios artificiais e a capacidade de armazenamento. Além disso, os nematoides têm a vantagem de ser facilmente aplicados a campo na água de irrigação ou pulverizados, além de possuir a habilidade de buscar o hospedeiro. Compatíveis com a maioria dos pesticidas, seguros a invertebrados e vertebrados, reproduzem-se no inseto hospedeiro produzindo novas gerações e reciclando os nematoides no solo. Possuem também um estreito espectro de hospedeiros, além de bastante específicos e de não causar mortalidade indiscriminada.

Introdução

Nematoídes entomopatogênicos (NEPs) pertencem à ordem Rhabditida (Nematoda: Secernentea), onde estão localizadas as famílias Steinernematidae e Heterorhabditidae. A família Steinernematidae possui dois gêneros, *Steinernema* Travassos e *Neosteinerinema* Nguyen & Smart, enquanto a família Heterorhabditidae possui somente o gênero *Heterorhabditis* Poinar. Adams *et al.*¹ listaram 43 espécies do gênero *Steinernema*, uma do gênero *Neosteinerinema* e nove do gênero *Heterorhabditis*, descritas até então. Depois disso, outras 25 espécies foram descritas no gênero *Steinernema* e nove no gênero *Heterorhabditis* (quadro 1).

Os NEPs são assim conhecidos porque causam doença e morte a diferentes espécies de insetos com rapidez (24 a 72 horas).² Estes nematoídes particularizam-se pela associação simbiote com bactérias entomopatogênicas dos gêneros *Xenorhabdus* e *Photorhabdus* (associação com espécies dos gêneros *Steinernema* e *Heterorhabditis*, respectivamente). Tais bactérias são as principais responsáveis pela rápida morte do hospedeiro por septicemia, além da produção de antibióticos e fungistáticos que mantêm o inseto infectado livre de oportunistas. Nematoídes entomopatogênicos infectam e matam insetos de dezenas de famílias e ordens, e muitas dessas espécies já fazem parte do Manejo Integrado de Pragas de várias culturas.³

Ciclo de vida da família Steinernematidae

O ciclo de vida desses nematoídes inclui três fases de desenvolvimento: ovo, juvenil e adulta (fêmeas e machos). A fase juvenil é composta por quatro estádios (J1, J2, J3 ou Juvenil Infectante e J4). O juvenil infectante (JI) é o estádio do nematoíde encontrado no solo. Estes juvenis buscam o hospedeiro e os localizam pelos produtos de excreção, níveis de CO₂ e gradientes de temperatura. A infecção é iniciada com a penetração dos nematoídes pelas aberturas naturais (boca, ânus ou espiráculos); dentro do inseto migram para a hemolinfa e liberam suas bactérias simbiotes do gênero *Xenorhabdus*. As bactérias produzem toxinas que provocam a morte do inseto-hospedeiro por septicemia em 24 a 72 horas. Depois essas bactérias se multiplicam rapidamente e posteriormente os JIs se alimentam delas e dos tecidos por elas decompostos, passando então para o estádio J4. Deste estádio sairão fêmeas e machos (fase adulta) da primeira geração. As fêmeas colocarão ovos que darão origem à segunda geração (figura 1).⁴

¹ ADAMS, B. J.; FODOR, A.; KLEIN, M. G.; SMITH, H. L.; STACKEBRANDT, E. & STOCK, S. P. Biodiversity and systematics of nematode-bacterium entomopathogens. *Biological Control*, vol. 1, n. 1, p. 32-49, 2006.

² DOWDS, B. C. A. & PEETERS, A. Virulence Mechanisms. In: GAUGLER R. (Ed.). *Entomopathogenic Nematology*. New York: CABI Publishing, 2002. p. 79-98.

³ WOUTS, W. M. *Steinernema* and *Heterorhabditis* species. In: NICKLE W. R. (Ed.). *Manual of Agricultural Nematology*. New York: Marcel Dekker, Inc., 1991. p. 855-897.

⁴ FORST, S. & CLARKE, D. Bacteria-Nematode Symbiosis. In: GAUGLER R. (Ed.). *Entomopathogenic Nematology*. New York: CABI Publishing, 2002. p. 57-77.

Quadro 1: Lista de espécies das famílias Steinernematidae e Heterorhabditidae até hoje descritas

Família Steinernematidae Chitwood & Chitwood, 1937

Gênero: *Steinernema* Travassos, 1927

Espécie tipo: *S. kraussei* (Steiner, 1923) Travassos, 1927

- S. abbasi* Elawad, Ahmad & Reid, 1997
S. aciari Qui, Yan, Zhou, Nguyen & Pang, 2005
S. affine (Obvien, 1937) Wouts *et al.*, 1982
S. akhursti Qiu, Hu, Zhou, Nguyen & Pang, 2005
S. anatoliense Hazir, Stock & Keskin, 2003
S. apuliae Trigiani, Mráček & Reid, 2004
S. arenarium (Artyukhovskiy, 1967) Wouts *et al.*, 1982
S. asiaticum Anis, Shahina, Reid, 2004
S. australe Edgington *et al.*, 2009
S. backanense Phan *et al.*, 2006
S. beddingi Qiu, Hu, Zhou, Nguyen & Pang, 2005
S. bicornutum Tallosi, Peters & Ehlers, 1995
S. boemarei Lee, Sicard, Skeie, Stock, 2008
S. brazilense Nguyen *et al.*, 2010
S. carpocapsae (Weiser, 1955) Wouts *et al.* 1982
S. caudatum Xu, Wang & Li, 1991
S. ceratophorum Jian, Reid & Hunt, 1997
S. cholashanense Nguyen, Puza, & Mracek, 2008
S. colombiense López-Núñez *et al.*, 2008
S. costaricense Uribe-Lorío, Mora, Stock, 2007
S. cubanum Mracek, Hernandez & Boemare, 1994
S. cumgarensis Phan *et al.*, 2006
S. diaprepesi Nguyen & Duncan, 2002
S. eapokense Phan *et al.*, 2006
S. everestense Khatri-Chhetri *et al.*, 2011
S. feltiae (Filipjev, 1934) Wouts *et al.*, 1982
S. glaseri (Steiner, 1929) Wouts *et al.* 1982
S. guangdongense Qui *et al.*, 2004
S. hebeiense Chen *et al.*, 2006
S. ichnusae Tarasco, Mracek, Nguyen & Trigiani, 2008
S. intermedium (Poinar, 1985) Mamiya, 1988
S. jollieti Spiridonov, Krasomil-Osterfeld & Moens, 2004
S. kavii Waturu, Hunt & Reid, 1997
S. kboisanae Nguyen, Malan & Gozel, 2007
S. kushidai Mamiya, 1988
S. lamjungense Khatri-Chhetri *et al.*, 2011
S. leizhouense Nguyen, Qiu, Zhou & Pang, 2006
S. loci Phan, Nguyen & Moens, 2001
S. longicaudum Shen & Wang, 1992
S. monticolum Stock, Choo & Kaya, 1997
S. neocurtillae Nguyen & Smart, 1992
S. oregonense Liu & Berry, 1996
S. pakistanense Shahina *et al.*, 2001
S. phyllophagae Nguyen, Buss, 2011
S. piu Qiu *et al.*, 2011

- S. puertoricense* Román & Figueroa, 1994
S. puntauvene Uribe-Lorío, Mora, Stock, 2007
S. rarum (De Doucet, 1986) Mamiya, 1988
S. riobrave (Cabanillas, Poinar & Raulston, 1994)
S. ritteri Doucet & Doucet, 1990
S. robustispiculum Long, *et al.*, 2005
S. sangi Ohan, Nguyen & Moens, 2001
S. sasonense Phan *et al.*, 2006
S. scapterisci Nguyen & Smart, 1990
S. scarabei Stock & Koppenhofer, 2003
S. siamkayai Stock, Somsook & Reid, 1998
S. sichuanense Mráček *et al.*, 2006
S. silvaticum Sturhan, Spiridonov, Mrá, Ciracek, 2005
S. tami Van Luc, Nguyen, Reid & Spiridonov, 2000
S. texanum Nguyen *et al.*, 2007
S. thanhi Phan, Nguyen & Moens, 2001
S. thermophilum Gangula & Singh, 2000
S. vulcanicum Clausi *et al.*, 2011
S. websteri Cutler & Stock, 2003
S. weiseri Mráček, Sturhan & Reid, 2003
S. xiueshanense Mráček *et al.*, 2009
S. yirgalemense Nguyen, Tesfamariam, Gozel, Gaugler, Adams, 2005

Gênero: *Neosteinerinema*

N. longicurvicauda Nguyen & Smart, 1994

Família Heterorhabditidae Poinar, 1976

Gênero: *Heterorhabditis* Poinar, 1976

Espécie tipo: *H. bacteriophora* Poinar, 1976

- H. amazonensis* Andaló, Nguyen, Moino Jr., 2006
H. atacamensis Edgington, Buddie, Moore, France, Merino, Hunt, 2010
H. baujardi Phan, Subbotin, Nguyen & Moens, 2003
H. brevicaudis Liu, 1994
H. dowesi Stock *et al.*, 2002
H. floridensis Khuong, Gozel, Koppenhöfer, Adams, 2006
H. georgiana Nguyen, Shapiro-Ilan, Mbata, 2008
H. gerrardi Plichta, Joyce, Clarke, Waterfield, Stock, 2009
H. hawaiiensis (Gardner *et al.*, 1994)
H. indica Poinar *et al.*, 1992
H. marelatus Liu, 1996
H. megidis Poinar *et al.*, 1987
H. mexicana Nguyen *et al.*, 2004
H. poinari Kakulia & Mikaia 1997
H. safricana Malan, Nguyen, de Waal, Tiedt, 2008
H. sonorensis Stock, Rivera-Orduño, Flores-Lara, 2008
H. taysearae Shamseldeen *et al.*, 1996
H. zealandica Poinar, 1990

Os nematóides podem ter duas ou três gerações dentro do hospedeiro, dependendo da disponibilidade de alimento no cadáver. Quando o alimento se exaure, juvenis no terceiro estágio retêm células da bactéria em seu interior e abandonam o cadáver como JIs. Os JIs permanecem no solo à procura de um novo inseto hospedeiro por dias, semanas ou meses, dependendo da temperatura, da umidade do solo e da espécie de nematoide envolvida.⁵

O ciclo do *Neosteinerinema* é similar ao do *Steinerinema*, com a diferença de que em *Neosteinerinema* só há uma geração no hospedeiro.⁶

Ciclo de vida da família Heterorhabditidae

O ciclo dos heterorhabditídeos é muito semelhante aos dos steinermatídeos, com algumas ressalvas. Os JIs desta família, além de penetrar pelas aberturas naturais, também podem fazê-lo através da cutícula do inseto hospedeiro por meio de um dente quitinoso localizado frontalmente em sua extremidade anterior. Estes chegam à hemolinfa do inseto hospedeiro e liberam bactérias do gênero *Photorhabdus*. Na primeira geração dentro do inseto, ao invés de surgirem fêmeas e machos, ocorrem apenas adultos hermafroditas que produzem os demais estádios (ovos, J1, J2, J3 e J4). Na segunda geração, os adultos se diferenciam em machos e fêmeas.⁷

⁵ PATEL, M. N.; STOLINSKI, M. & WRIGHT, D. J. Neutral lipids and the assessment of infectivity in entomopathogenic nematodes: observations on four *Steinerinema* species. *Parasitology*, vol. 114, p. 489-496, 1997.

⁶ NGUYEN, K. B. & SMART, G. C. *Neosteinerinema longicurvicauda* n. gen., n. sp. (Rhabditida: Steinerematidae), a parasite of the termite *Reticulitermes flavipes* (Koller). *Journal of Nematology*, vol. 26, p. 162-174, 1994.

⁷ POINAR Jr., G. O. Biology and taxonomy of Steinerematidae and Heterorhabditidae. In: GAUGLER, R. & KAYA, H. K. (Eds.). *Entomopathogenic nematodes in biological control*. Boca Raton, FL: CRC Press Inc., 1990. p. 23-58.

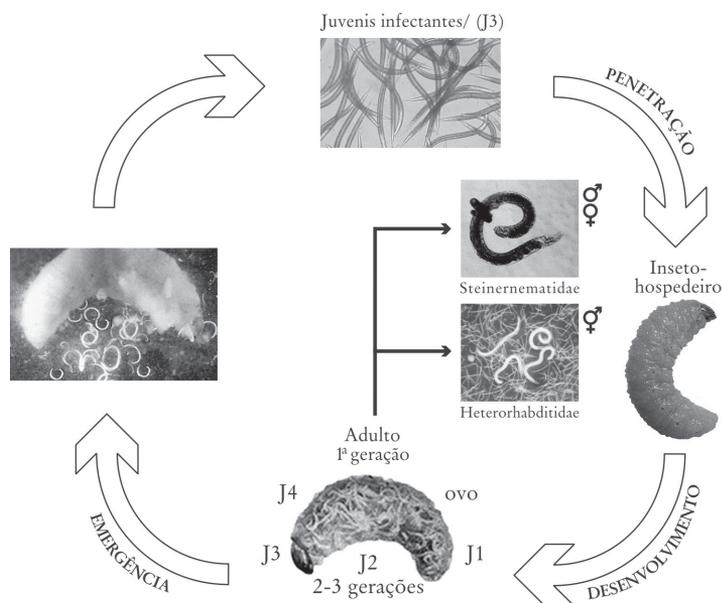


Figura 1: Ciclo de vida dos nematóides entomopatogênicos dos gêneros *Steinerinema* e *Heterorhabditis*

Biogeografia

As espécies dos gêneros *Steinernema* e *Heterorhabditis* já foram encontradas em todas as regiões do mundo, com exceção da Antártida, em diferentes tipos de solos e ambientes, adaptadas co-evolutivamente a um grande número de insetos hospedeiros.⁸

Hominick⁹ compilou uma lista com a distribuição geográfica de diferentes espécies de nematoides entomopatogênicos de acordo com seus locais de isolamento. Algumas espécies do gênero *Steinernema* são cosmopolitas quanto à sua distribuição, como no caso de *S. glaseri* e *S. carpocapsae*. Outras são adaptadas a temperaturas mais amenas, como *S. feltiae*. Outras, ainda, possuem uma distribuição geográfica mais restrita, como, por exemplo, *S. kushidai*, encontrada apenas no Japão.

O gênero *Heterorhabditis* também está amplamente distribuído no mundo, como por exemplo, *H. bacteriophora*, encontrada desde as Américas, Europa Meridional e Central, Austrália até a Ásia Oriental (China, Japão e Coreia). *H. indica* possui ampla distribuição, mas apenas nas regiões tropicais e subtropicais, e zonas temperadas subtropicais e quentes do Japão. Em contraste, *H. zealandica* e *H. marelatus* aparecem em poucas áreas, como Nova Zelândia e, nos Estados Unidos, nos estados de Oregon e Califórnia. *H. megidis* até hoje só foi encontrada no hemisfério norte.

No Brasil, a amostragem e isolamento de nematoides entomopatogênicos foram feitos em Rondônia¹⁰, Amazonas¹¹, Minas Gerais¹² e São Paulo¹³, e em sua maioria foram isoladas espécies do gênero *Heterorhabditis*.

Como nematoides entomopatogênicos têm potencial para serem encontrados em solos de diferentes lugares, recomenda-se que antes de qualquer introdução de NEPs seja feita uma amostragem local ou de maior amplitude, visando obter a maior variabilidade possível de nematoides para uma futura aplicação a campo, já que esses nematoides locais estão adaptados às condições ambientais em que vivem.

Formas de isolamento dos nematoides entomopatogênicos

O isolamento de nematoides entomopatogênicos pode ser feito através de diferentes técnicas de extração dos JIs do solo (quadro 2). Na técnica da “isca viva”, um hospedeiro susceptível é adicionado ao solo, por exemplo, larvas de *Galleria mellonella* L. (Lepidoptera: Pyralidae). Por essa técnica recupera-se uma parte da população de nematoides entomopatogênicos que figuram no local onde a larva é adi-

⁸ WOODRING, J. L. & KAYA, H. K. *Sternematidae and Heterorhabditidae nematodes: a handbook of techniques*. Southern Cooperative. Arkansas: Arkansas Agricultural Experimental Station Fayetteville, 1988. (Series Bulletin, 331).

⁹ HOMINICK, W. H. Biogeography. In: GAUGLER, R. (Ed.). *Entomopathogenic nematology*. New York: CABI Publishing, 2002. p. 115-143.

¹⁰ DOLINSKI, C.; KAMITANI, F. L.; MACHADO, I. R. & WINTER, C. E. Molecular and morphological characterization of heterorhabditid entomopathogenic nematodes from the tropical rainforest in Brazil. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, vol. 103, p. 150-159, 2008.

¹¹ ANDALÓ, V.; NGUYEN, K. B. & MOINO Jr., A. *Heterorhabditis amazonensis* n. sp. (Rhabditida: Heterorhabditidae) from Amazonas, Brazil. *Nematology*, vol. 8, p. 853-867, 2007.

¹² ACEVEDO, J. P. M.; MOINO Jr., A.; CAVALCANTI, R. S. & DOLINSKI, C. M. Amostragem e avaliação de técnicas para isolamento de nematoides entomopatogênicos nativos. *Nematologia Brasileira*, vol. 29, n. 1, p. 17-23, 2005.

¹³ FOWLER, H. G. Occurrence and infectivity of entomogenous nematodes in mole crickets in Brazil. *International Rice Research Newsletter*, vol. 113, n. 3, p. 34-35, 1988.

NGUYEN, K. B.; GINARTE, C. A.; LEITE, G. L.; SANTOS, J. & HARAKAVA, R. *Steinernema brazilense* n. sp. (Rhabditida: Steinernematidae), a new entomopathogenic nematode from Mato Grosso, Brazil. *Journal of Invertebrate Pathology*, vol. 103, p. 8-20, 2010.

cionada. Se as larvas não apresentarem sintomas de infecção, a amostra é considerada negativa pela ausência de nematoides ou pela falta de infectividade das populações de NEPs existentes no momento da amostragem.¹⁴

Quadro 2: Diferentes técnicas para extração de nematoides entomopatogênicos do solo

	Centrifugação	Funil de Baerman	Isca viva
Atividade do nematoide	passiva	ativa	infectante
Eficiência	alta	mais baixa	a mais baixa
População obtida	misturada	misturada	uma
Mão-de-obra necessária	alta	alta	baixa
Cultura estabelecida	não	possível	sim
Estádios recuperados	juvenis infectantes	juvenis infectantes	todos
Experiência taxonômica necessária	alta	alta	moderada
Trabalho taxonômico possível	não	não	sim
Quantitativo	sim	sim	sim

¹⁴ HOMINICK, W. M.; REID, A. P.; BOHAM, A. P. & BRISCOE, B. R. Entomopathogenic nematodes: Biodiversity, geographical distribution and the convention on biological diversity. *Bio-control Science and Technology*, vol. 6, p. 317-331, 1996.

¹⁵ HOMINICK, W. H. *Op. cit.*

¹⁶ JENKINS, W. R. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. *Plant Diseases Reporter*, vol. 48, p. 692, 1964.

¹⁷ SPIRIDONOV, S. E. & MOENS, M. Two previously unreported species of steinernematids from woodlands in Belgium. *Russian Journal of Nematology*, vol. 7, p. 39-42, 1999.

¹⁸ STURHAN, D. & MRACEK, Z. Comparison of the *Galleria* baiting technique and a direct extraction method for recovering *Steinernema* infective stage juveniles from soil. *Folia Parasitologica*, vol. 47, p. 315-318, 2000.

Um outro método também usado é o do funil de Baerman, que extrai nematoides do solo por gravidade. A técnica consiste no uso de um funil de vidro ou plástico com água onde o solo é posto acima da água com breve contato. A água atrai os nematoides do solo e estes são recolhidos na suspensão. A desvantagem deste método é o espaço ocupado pelos funis e o laborioso trabalho para “pescar” os nematoides da suspensão e identificá-los.¹⁵ Já o método de Jenkins¹⁶ consiste em peneirar, centrifugar e separar os nematoides em solução de sacarose. Tanto para o método do funil Baerman como para o de Jenkins, vários tipos de nematoides são recuperados do solo, e a experiência em identificação é necessária para se diferenciar corretamente os NEPs dos outros nematoides.

Em relação ao método mais eficiente e apropriado para recuperação de nematoides entomopatogênicos, Spiridonov & Moens¹⁷ recuperaram duas espécies de steinernematídeos do solo de uma floresta na Bélgica, pelo método de Jenkins, mas nenhuma espécie foi recuperada usando-se larvas de *G. mellonella* como iscas vivas por três vezes. Em um esforço para comparar a eficiência do método de extração com *G. mellonella*, Sturhan & Mracek¹⁸ usaram as duas técnicas nas mesmas amostras. Ambos os métodos recuperaram cinco espécies, mas a técnica de iscas vivas com *G. mellonella* foi tida como menos efetiva, especialmente na identificação de espécies misturadas. No entanto, essa técnica funciona bem em laboratório, pois ocupa um espaço menor e é bem me-

nos trabalhosa que as demais. De fato, o método de escolha depende do objetivo de estudo e nenhum deles é desprovido de limitações ou concessões. O mau uso das diferentes técnicas torna difícil a afirmação convicta de que uma espécie não exista em uma determinada localidade.

Sintomatologia e sinais de infecção

Insetos infectados por NEPs exibem sintomas específicos, causados pelas bactérias simbiotes associadas a eles. É importante destacar que estas bactérias são específicas para cada espécie de nematoide. Como relatado anteriormente, as bactérias associadas a heterorhabditídeos pertencem ao gênero *Photorhabdus* e aquelas associadas aos steinernematídeos pertencem ao gênero *Xenorhabdus*¹⁹. Bactérias de ambos os gêneros são móveis, Gram negativas, pertencem à família Enterobacteriaceae e produzem toxinas que causam a morte do inseto. São, portanto, antibióticos e fungistáticos que impedem o crescimento de outros microrganismos oportunistas. Além disso, produzem pigmentos que dão aos cadáveres hospedeiros cores características. Por exemplo, cadáveres infectados pelo complexo *Heterorhabditis-Photorhabdus* adquirem cores avermelhadas ou alaranjadas e são bioluminescentes, enquanto que cadáveres infectados pelo complexo *Steinernema-Xenorhabdus* adquirem cores que variam de creme a pardo escuro, sem apresentar bioluminescência.²⁰

Tais bactérias não sobrevivem no meio ambiente, razão pela qual precisam dos nematoides como proteção e meio de transporte. Por outro lado, os nematoides se beneficiam do alimento por elas provido.²¹ Nos heterorhabditídeos, as bactérias se localizam na parte anterior do intestino.²² Nos JIs do gênero *Steinernema*, as células bacterianas estão apreendidas em uma vesícula localizada no intestino.²³

Mobilidade

Quanto à movimentação, os juvenis infectantes dos nematoides entomopatogênicos podem ser classificados como “ambusher” ou “cruiser”. As espécies “ambusher” promovem uma movimentação própria chamada de nictação, a qual consiste na suspensão do corpo, ficando este apoiado apenas na ponta da cauda. A parte anterior do nematoide fica livre, aguardando a passagem de um hospedeiro para então “saltar” sobre ele. Exemplos de nematoides entomopatogênicos que fazem nictação: *S. carpocapsae* e *S. scapterisci*.²⁴ Os nematoides do tipo “cruiser” não aguardam a passagem do hospedeiro, mas o buscam ativamente no

¹⁹ BOEMARE, N. Biology, taxonomy and systematic of *Photorhabdus* and *Xenorhabdus*. In: GAUGLER, R. (Ed.). *Entomopathogenic Nematology*. New York: CABI Publishing, 2002. p. 35-56.

²⁰ BOEMARE, N. *Op. cit.*

²¹ FORST, S. & CLARKE, D. *Op. cit.*

²² CICHE, T. A. & ENSIGN, J. C. For the insect pathogen *Photorhabdus luminescens*, which end of a nematode is out? *Applied and Environmental Microbiology*, vol. 69, n. 4, p. 1.890-1.897, 2003.

²³ MARTENS, E. C. & GOODRICH-BLAIR, H. The *Steinernema carpocapsae* intestinal vesicle contains a subcellular structure with which *Xenorhabdus nematophila* associates during colonization initiation. *Cellular Microbiology*, vol. 7, n. 12, p. 1.723-1.735, 2005.

²⁴ LEWIS, E. E.; GAUGLER, R. & HARRISON, R. Response of cruiser and ambusher entomopathogenic nematodes (Steinernematidae) to host volatile cues. *Canadian Journal of Zoology*, vol. 71, n. 4, p. 765-769, 1993.

solo, respondendo positivamente aos seus voláteis deslocando-se a uma certa distância até localizá-lo (resposta direcional). É o caso de espécies como *H. bacteriophora* e *S. glaseri*.²⁵ Ainda, existem espécies de NEPs que apresentam características tanto de “ambrushers” como de “cruisers”, de acordo com a proximidade do hospedeiro, como é o caso de *S. feltiae*.²⁶

Fatores bióticos e abióticos que afetam a eficiência dos NEPs

Organismos como fungos, bactérias e nematoídes predadores fazem parte dos fatores bióticos que podem causar mortalidade aos NEPs a campo. Os fungos nematófagos são considerados os mais importantes, pois afetam negativamente a capacidade dos NEPs como controladores biológicos. As espécies do gênero *Arthrobotrys* têm recebido uma atenção maior dos pesquisadores, por se tratar de fungos comuns a diversos solos e por possuírem alta capacidade predatória de nematoídes. Recomenda-se que antes de se aplicar os NEPs em determinada área, faça-se um levantamento dos fungos nematófagos existentes no local, uma vez que aqueles podem vir a ser predados pelos fungos, e por consequência, afetar a eficiência no controle dos insetos-praga. Havendo fungos nematófagos no solo, faz-se necessário aumentar a quantidade de juvenis infectantes.

Fatores abióticos como falta d'água, presença de pesticidas e temperaturas elevadas também afetam a viabilidade dos juvenis no solo. A mortalidade seria ainda maior se os NEPs não tivessem desenvolvido mecanismos de sobrevivência. Quando os JIs emergem de seu hospedeiro e estão no solo, conservam a cutícula da fase anterior (J2), garantindo sua viabilidade por mais tempo.²⁷

Produção dos nematoídes entomopatogênicos

Os atuais sistemas de produção são capazes de gerar NEPs em pequena, média e larga escala, mas os altos custos da maioria dos processos ainda constituem um fator limitante para o uso desses nematoídes em programas de Manejo Integrado de Pragas. Há duas técnicas para a produção dos NEPs: produção *in vivo* e produção *in vitro*. A associação entre nematoíde-bactéria favorece o cultivo do nematoíde por ambos os métodos, mas as bactérias precisam estar em condições nutricionais e ambientais favoráveis para que os nematoídes possam se desenvolver e multiplicar. Existem 27 empresas fabricando e/ou comercializando cerca de sete espécies de nematoídes entomopatogênicos no mundo.²⁸

²⁵ ISHIBASHI, N. & KONDO, E. Behaviour of infective juveniles. In: GAUGLER, R. & KAYA, H. K. (Eds.). *Entomopathogenic nematodes in biological control*. Boca Raton, FL: CRC Press Inc., 1990. p. 139-150.

²⁶ GREWAL, P. S.; LEWIS, E.; GAUGLER, R. & CAMPBELL, J. F. Host finding behavior as a predictor of foraging strategy in entomopathogenic nematodes. *Parasitology*, vol. 108, n. 2, p. 207-215, 1994.

²⁷ EPSKY, N. D.; WALTER, D. E. & CAPINEIRA, J. I. Potential role of nematophagous microarthropods as biotic mortality factors of entomogenous nematodes (Rhabditida: Steinernematidae, Heterorhabditidae). *Journal of Economic Entomology*, vol. 8, n. 1, p. 821-825, 1998. KAYA, H. K. Soil Ecology. In: GAUGLER, R. & KAYA, H. K. (Eds.). *Entomopathogenic nematodes in biological control*. Boca Raton, FL: CRC Press Inc., 1990. p. 93-115.

²⁸ SHELTON, A. Biological Control: a guide to natural enemies in North America. 2005. <http://www.nysaes.cornell.edu/ent/biocontrol/pathogens/nematodes.html>. Acessado em setembro de 2011.

Produção *in vivo*

- ²⁹ GLASER, R. W. The cultivation of a nematode parasite of an insect. *Science*, vol. 73, n. 1901, p. 614-615, 1931.
- ³⁰ DUTKY, S. R.; THOMPSON, J. V. & CANTWELL, G. E. A technique for the mass propagation of the DD-136 nematode. *Journal Insect Pathology*, vol. 6, p. 417-422, 1964.
- ³¹ MOLINA, J. P. A.; MOINO Jr., A. & CAVALCANTI, R. S. Produção *in vivo* de nematoides entomopatogênicos em diferentes insetos hospedeiros. *Arquivos do Instituto Biológico*, v. 71, n. 3, p. 347-354, 2004.
- ³² POINAR Jr., G. O. *Op. cit.*
- ³³ SHAPIRO-ILAN, D. I.; GAUGLER, R.; TEDDERS W. L.; BROWN, I. & LEWIS, E. Optimization of inoculation for *in vivo* production of entomopathogenic nematodes. *Journal of Nematology*, vol. 34, n. 4, p. 343-350, 2002.
- ³⁴ WHITE, C. F. A method for obtaining larvae from culture. *Science*, vol. 66, p. 302-303, 1927.
GAUGLER, R.; BROWN, I.; SHAPIRO-ILAN, D. & ATWA, A. Automated technology for *in vivo* mass production of entomopathogenic nematodes. *Biological control*, vol. 24, p. 199-206, 2002.

Sem dúvida, hoje o método mais simples e o mais utilizado para multiplicar nematoides entomopatogênicos é o realizado em insetos hospedeiros. A técnica foi tentada pela primeira vez por Glaser²⁹, mas foi Dutky *et al.*³⁰ que primeiro obtiveram uma grande produção de juvenis infectantes em larvas de *Galleria mellonella* (Lepidoptera: Pyralidae), a traça pequena dos favos (figura 2A). O número de JIs obtidos vai depender da susceptibilidade do hospedeiro, mas também da espécie de nematoide multiplicada.³¹ Em geral, obtêm-se de 100.000 a 300.000 JIs por larva infectada.³² Neste tipo de produção, o inseto hospedeiro atuará como um pequeno reator biológico, onde as bactérias utilizarão nutrientes dissolvidos na hemolinfa, mas também quebrarão compostos e tecidos do inseto com suas próprias enzimas.

As larvas de insetos são infectadas adicionando-se juvenis infectantes em meio aquoso a um papel absorvente ou submergindo as larvas no mesmo meio, sendo que este “banho” não deve passar de dois segundos. Em geral são utilizados cerca de 100 JIs por larva no primeiro método e 4.000 JIs/ml no segundo, devendo ser submersas nesta solução mais de 400 larvas.³³ Após 24 a 48 horas de infecção, as larvas adquirem a coloração característica do complexo nematoide-bactéria que as estão colonizando e, depois de completados dois a três ciclos do nematoide no hospedeiro (cerca de 5 a 10 dias), já não haverá mais alimento disponível e os juvenis infectantes começarão a deixar o cadáver em busca de novos hospedeiros. Esta etapa, também chamada de colheita, pode ser feita em diferentes escalas, desde placas de Petri até sistemas de colheita para grande volume de nematoides, como o LOTEK.³⁴



Figura 2: A. Larvas no sétimo instar de *Galleria mellonella* (Lepidoptera: Pyralidae). B. Larvas de *G. mellonella* sendo colocadas sobre papel absorvente com solução aquosa de juvenis infectantes (JIs). C. Larvas de *G. mellonella* sendo submersas em solução aquosa de JIs. Fotos 2B. e 2C. cedidas por Edwin Lewis, University of California Davis

A cultura *in vivo* possui uma série de vantagens dentre elas a simplicidade, o baixo custo da matéria-prima e dos equipamentos empregados, e a não necessidade de mão-de-obra especializada. O maior gasto neste sistema está na criação das larvas de *G. mellonella*, cuja dieta colabora com a maior parcela dos gastos de criação. Essa dieta vem sendo modificada com sucesso, para que se torne mais barata e a multiplicação dos nematoídes mais viável (dados não publicados).

Nos EUA, larvas de *G. mellonella* podem ser compradas por US\$0,01 cada; levando-se em consideração que cada larva produz cerca de 1 a 3,5 x 10⁵ JIs³⁵, então 25.000 larvas são necessárias para tratar um hectare com base em 2,5 x 10⁹ JIs/ha. Para baixar ainda mais o custo de produção, é preciso continuar melhorando alguns aspectos da criação das larvas e implementar sistemas de armazenamento e conservação de nematoídes.³⁶

Produção *in vitro*

A produção em meios artificiais começou 30 anos antes de Dutky *et al.*³⁷ ter proposto a multiplicação *in vivo*. Glaser³⁸ cultivava NEPs em bandejas cobertas com 4mm de um meio composto por vísceras de animais e dextrose ágar. Nesse sistema, eram produzidos cerca de 9.000 a 12.000 nematoídes por cm² de meio de cultura, atingindo 140 milhões de juvenis ao dia. Muitos outros meios foram testados, uns com mais e outros com menos sucesso, mas somente a partir da descoberta da bactéria simbiote, foi que se pode eliminar do meio as vísceras animais, tão fáceis de contaminar e tão desagradáveis de se trabalhar. Apesar de não conhecer a bactéria simbiote, Glaser observou que nematoídes mantidos neste meio por muito tempo, perdiam sua infectividade e que de tempos em tempos deveria infectar larvas de insetos para recuperá-los. Hoje a produção *in vitro* pode ser feita em meio artificial sólido e líquido.

a) Meio Artificial Sólido

A produção em meio sólido era feita com pedaços de um suporte inorgânico, como esponja de poliuretano, embebidos em um meio nutritivo constituído de tecidos animais e óleo como substrato, para a reprodução e desenvolvimento do complexo nematoide-bactéria. Dos meios desenvolvidos, o de Bedding³⁹ mostrou ser o de maior sucesso, e graças a este meio sólido e sua alta produção de JIs, a exploração comercial dos NEPs teve início. Ao invés de bandejas, Bedding usou garrafas de Erlenmeyers com es-

³⁵ DUTKY, S. R.; THOMPSON, J. V. & CANTWELL, G. E. *Op. cit.*

³⁶ FLANDERS, K. L.; MILLER, J. M. & SHIELDS, E. J. *In vivo* production of *Heterorhabditis bacteriophora* "Oswego" (Rhabditida: Heterorhabditidae), a potential biological control agent for soil-inhabiting insects in temperate regions. *Journal of Economic Entomology*, vol. 89, n. 2, p. 373-380, 1996.

³⁷ DUTKY, S. R.; THOMPSON, J. V. & CANTWELL, G. E. *Op. cit.*

³⁸ GLASER, R. W. *Op. cit.*

³⁹ BEDDING, R. A. Low cost *in vitro* mass production of *Neoplectana* and *Heterorhabditis* species (Nematoda) for field control of insect pests. *Nematologica*, vol. 27, p. 109-114, 1981.

ponja e substrato, obtendo produções da ordem de 1.300 milhões de juvenis em 3kg de meio sólido.

O meio nutritivo deve ser autoclavado juntamente com os pedaços de esponja em sacos plásticos ou Erlenmeyers. A bactéria simbiote é adicionada ao meio, e 24 horas depois os nematoides são adicionados. Após 14 ou 15 dias faz-se a colheita, espremendo-se a esponja (ou centrifugando-a) em peneiras, onde são retidos os juvenis infectantes. Hoje, ao invés de vísceras de animais utilizam-se meios nutritivos à base de extrato de levedura, óleos vegetais e ração de cachorro.⁴⁰ Essa mudança nos componentes do substrato vem tornando o processo mais acessível e hoje o custo de produção está menor do que US\$ 0,01 por 1 milhão de nematoides.⁴¹

Multiplicação de nematoides em meio sólido é considerado um método maleável, pois pode ser de pequena, média e grande escala, com custos de capital e matéria-prima relativamente baixos, sem a necessidade de mão-de-obra especializada. Por isso, é considerado atrativo a muitas pequenas empresas que começam a produzir nematoides entomopatogênicos. Ainda são necessários ajustes e melhorias nos processos de mistura do meio com o suporte, na inoculação da bactéria e dos JIs e na colheita dos JIs.⁴² A grande vantagem em relação ao método *in vivo* é a maior produção de JIs em um mesmo espaço de tempo.

b) Meio Artificial Líquido

O método de multiplicação de nematoides utilizando-se meio sólido, apesar de prático, é considerado laborioso, pois todo meio e esponja precisam ser autoclavados antes das inoculações. Além do mais, as esponjas não são biodegradáveis e descartar toneladas de esponja pode ser dispendioso e danoso ao meio ambiente. Pensando-se nisso, surgiu a produção de NEPs *in vitro* em meio líquido, utilizando-se fermentadores do tipo tanque de 3 a 10.000 L, com produções de 90×10^3 JIs/mL. Friedman⁴³ relata concentrações superiores a 95×10^3 JIs/mL em fermentadores “airlift”, nos quais a aeração é feita através de hélices no fundo destes, que fazem o líquido circular de baixo para cima. Apesar dos aspectos positivos deste sistema, como a não utilização de esponjas ou centrífugas, o controle de qualidade e o volume produzido, os rendimentos continuam insatisfatórios devido ao alto custo de produção. Nesse método, bactérias precisam ser multiplicadas em fermentadores menores de 2 L de capacidade, para então serem adicionadas a um fermentador maior com os nematoides. Uma desvantagem adicional é ter

⁴⁰ HUSSAINI, S. S.; SINGH, S. P.; PARTHASARATHY, R. & SHAKEELA, V. *In vitro* production of entomopathogenic nematodes in different artificial media. *Indian Journal of Nematology*, v. 32, n. 1, p. 44-46, 2002.

⁴¹ WOUTS, W. M. *Op. cit.*

⁴² FRIEDMAN, M. J. Commercial production and development. In: GAUGLER, R. & KAYA, H. R. (Eds.). *Entomopathogenic nematodes in biological control*. Boca Raton, FL: CRC Press., 1990. p. 153-172.

⁴³ FRIEDMAN, M. J. *Op. cit.*

que renovar a virulência das bactérias, multiplicando-se os nematoides *in vivo* constantemente. O processo leva de 15 a 18 dias e, não raro, depois deste tempo, verifica-se a presença de contaminação por outros microrganismos e que não houve multiplicação dos nematoides, exigindo que todo o material seja descartado.

Outra desvantagem é o custo elevado do equipamento utilizado e o de produção. O fermentador deve ser controlado por um software, o qual faz leituras constantes do pH, do nível de espuma, da temperatura e da pressão, e todos estes fatores precisam ser corrigidos caso haja necessidade de mão-de-obra especializada⁴⁴. A composição do meio líquido empregado não é conhecida. Em geral, as empresas se protegem patenteando todo o processo de produção, que vai variar de acordo com a espécie de NEP a ser produzida. A mudança de espécies encarece mais ainda o sistema, pois todo o equipamento deve ser desinfetado antes de usado para outra espécie de nematoide.⁴⁵

Formulação dos nematoides entomopatogênicos

Diferentes tipos de formulações têm sido testados para diferentes espécies de nematoides entomopatogênicos. Formulações variam desde esponja a grânulos solúveis em água, e estudos vêm sendo feitos para lançar uma formulação que utilize insetos cadáveres. O tipo de formulação vai depender da forma como os nematoides são produzidos, disponibilidade de material, tipo de nematoide e financiamento disponível.⁴⁶

Alguns nematoides possuem uma característica única, que é a de perder água paulatinamente sem perder sua integridade. O fenômeno é chamado de anidrobiose. NEPs são capazes de entrar em anidrobiose parcial, chamada de anidrobiose quiescente.⁴⁷ Tal característica foi explorada para gerar formulações com maior tempo de prateleira, como é o caso dos grânulos solúveis em água (tabela 1). Atualmente, as formulações comerciais disponíveis podem ser subdivididas em formulações nas quais os nematoides permanecem ativos, com mobilidade reduzida, ou ainda em anidrobiose parcial. Formulações em que os nematoides são levados a campo em insetos cadáveres serão comentadas também.

Formulações com nematoides ativos

Nessas formulações, o tempo de prateleira é curto, porque os nematoides permanecem se movimentando e despendendo energia.

⁴⁴ EHLERS, R. U.; NIEMANN, I.; HOLLMER, S.; STRAUCH, O.; JENDE, D.; SHANMUGASUNDRAM, M.; MEHTA, U. K.; EASWARAMOORTHY, S. K. & BURNELL, A. Mass production potential of the bacto-helminthic biocontrol complex *Heterorhabditis indica-Photorhabdus luminescens*. *Biocontrol Science and Technology*, v. 10, p. 607-616, 2000.

⁴⁵ WOUTS, W. M. *Op. cit.*

⁴⁶ GEORGIS, R. Formulation and application technology. In: GAUGLER, R. & KAYA, H. K. (Eds.). *Entomopathogenic nematodes in biological control*. Boca Raton, FL: CRC Press, 1990. p. 173-191.

⁴⁷ WOMERSELY, C. Z. Dehydration survival and anhydrobiotic potential. In: GAUGLER, R. & KAY, H. K. (Eds.). *Entomopathogenic nematodes in biological control*. Boca Raton, FL: CRC Press Inc., 1990. p. 117-137.

Tabela 1: Tempo de prateleira de diferentes formulações usadas com nematoides entomopatogênicos

Formulações	Espécies de nematoides	Linhagens	Tempo de prateleira (meses) em diferentes temperaturas	
			22-25°C	2-10°C
Nematoides ativos				
Esponja*	<i>S. carpocapsae</i>	All	0,03-0,1	2,0-3,0
	<i>H. bacteriophora</i>		0	1,0-2,0
Vermiculita*	<i>S. carpocapsae</i>	All	0,1-0,2	5,0-6,0
	<i>H. megidis</i>	UK	0	2,0-3,0
Nematoides com mobilidade reduzida				
Gel de alginato	<i>S. carpocapsae</i>	All	3,0-4,0	6,0-9,0
Concentrado líquido	<i>S. carpocapsae</i>	All	0,16-0,2	0,4-0,5
	<i>S. riobrave</i>	RGV	0,1-0,13	0,23-0,3
Nematoides em anidrobiose				
Pó molhável*	<i>S. carpocapsae</i>	All	2,0-3,5	6,0-8,0
	<i>S. feltiae</i>	UK	2,5-3,0	5,0-6,0
Grânulos*	<i>S. carpocapsae</i>	All	4,0-5,0	9,0-12,0
	<i>S. feltiae</i>	SN	1,5-2,0	5,0-7,0
	<i>S. riobrave</i>	RGV	2,0-3,0	4,0-5,0

* Formulação disponível comercialmente.

a) Esponja de poliuretano

Bastante utilizada por seu custo baixo e facilidade de manuseio, seu tempo de prateleira, contudo, deixa a desejar. Outra desvantagem seria a extração dos nematoides, pois as esponjas precisam ser encharcadas e espremidas para a sua retirada e, no caso de grandes áreas de aplicação, isto se torna inviável. Os nematoides em suspensão aquosa são adicionados às camadas de esponja. Em geral, consegue-se manter 500-1.000 JIs/cm². “I3 MAX” e “GrubStake™”, com os nematoides *S. carpocapsae* e *H. bacteriophora*, respectivamente, são exemplos de produtos com formulação em esponja atualmente comercializados.

b) Vermiculita

Formulações utilizando vermiculita conseguem maior tempo de prateleira do que em esponja, além de serem melhores para aplicação e conseguirem uma concentração maior de nematoides por volume. Da mesma forma que a primeira, nematoides em suspensão são adicionados e misturados à vermiculita, e esta mistura pode ser armazenada ou misturada em água para pulverização.

Formulações com nematoides com mobilidade reduzida

Nesses tipos de formulações, nematoides se movimentam menos, portanto perdem menos energia e permanecem viáveis por mais tempo.

a) Alginato de cálcio

O que se pretende neste caso é “prender” os nematoides, para que não haja movimentação. Nematoides são adicionados a telas plásticas circulares – com 10cm de diâmetro – cobertas com alginato de cálcio, as quais permanecem viáveis por vários meses, em temperatura ambiente ou sob refrigeração (tabela 1). Foi a primeira formulação criada com tempo de prateleira maior do que um mês a temperatura ambiente. Na hora da aplicação, as telas são lavadas com citrato de sódio, que dissolve o gel e libera os nematoides. As desvantagens do método estão no trabalho em retirar os nematoides, no custo das telas e no lixo produzido, já que as telas não são biodegradáveis.⁴⁸ Até hoje essa formulação só mostrou bons resultados com uma espécie de *Steinernema* (tabela 1).

⁴⁸ GEORGIS, R. *Op. cit.*

b) Concentrado líquido

Nesse processo diminui-se o metabolismo dos nematoides adicionando-se um inibidor, que faz com que o nematoide se movimente menos, respire menos, portanto gaste menos energia. O composto foi patenteado e não se sabe do que se trata. Esta formulação é bastante usada nos EUA para aplicação de *S. riobrave* em *Diaprepes*, na Flórida.

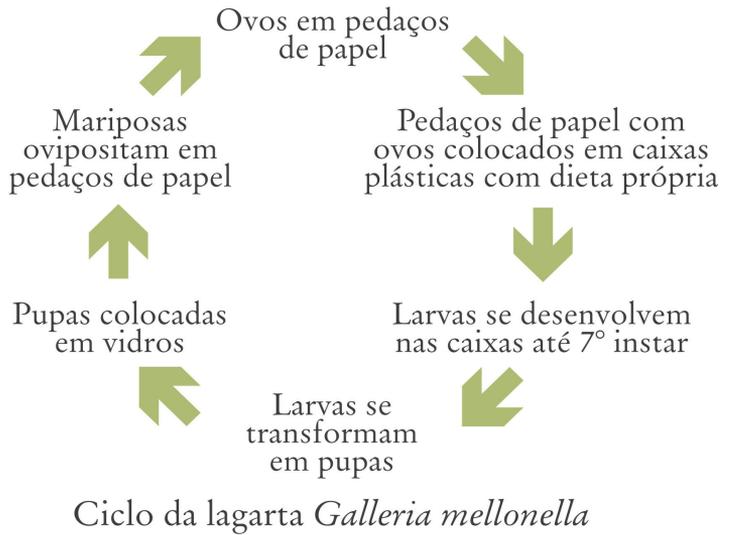
Formulações com nematoides em anidrobiose parcial

Nematoides requerem pelo menos um filme de água ao seu redor para manter o metabolismo ótimo e poder se movimentar. Nessas formulações, nematoides são parcialmente desidratados, ou seja, a água livre ao seu redor é retirada, mas a umidade relativa da formulação permanece alta (80%).

a) Pó molhável

Esta formulação foi primeiramente proposta e patenteada por Bedding⁴⁹: nematoides eram misturados em argila, que os desidratava parcialmente. A argila não é um bom material inerte, pois entope os bicos dos pulverizadores. Outras tentativas foram feitas adicionando-se absorvantes de água à formulação, mas o tipo de absorvante não é conhecido. O produto Nemasys[®] da Inglaterra, a base do nematoide *S. feltiae*, dentre outros, é formulado com absorvantes (figura 4A).

⁴⁹ BEDDING, R. A. *Op. cit.*



Ciclo do nematoide entomopatogênico

Figura 3: Diagrama da criação de *Galleria mellonella* L. para utilização na produção *in vivo* de nematoides entomopatogênicos

b) Grânulos

Os grânulos solúveis em água foram um avanço em termos de formulação dos NEPs, pois permitem longo tempo de prateleira, são fáceis de aplicar, mas, por outro lado, demandam mão-de-obra e equipamentos especializados, o que se reflete em seu custo. Em grânulos de 10 a 20mm de diâmetro, os JIs em altas concentrações são primeiramente envoltos em um gel à base de celulose, lignina e outros componentes. Gotas do gel caem sobre uma bandeja com diferentes pós, como sílica, argila, amido, talco, dentre outros. Ao entrar em contato com os pós, o gel começa a perder água e endurece.⁵⁰ Os nematoides em seu interior entram em anidrobiose parcial em 4 a 7 dias depois de formado o grânulo. Somente as espécies que são capazes de entrar em anidrobiose podem ser usadas nesta formulação. Nematoides grandes como *S. glaseri*, ou que se movimentam muito como *H. bacteriophora*, também não são recomendados (figura 4B).

⁵⁰ GREWAL, P. S. Formulation and application technology. In: GAUGLER, R. (Ed.). *Entomopathogenic Nematology*. New York: CABI Publishing, 2002. p. 265-287.

Formulação em insetos cadáveres

Este tipo de formulação pode ser usado com todos os nematoides entomopatogênicos e seu custo é baixo. Pode ser utilizado quando a multiplicação dos nematoides é feita *in vivo* em larvas de *G. mellonella*. Os juvenis infectantes provenientes dos cadáveres são mais viáveis do que aqueles em outras formulações.⁵¹

Larvas no último instar de *G. mellonella* são infectadas com o nematoide que se quer utilizar a campo, e após quatro dias de infecção são envoltas em óleo vegetal e amido.⁵² Isto confere turgidez e durabilidade ao cadáver, sem afetar os nematoides em seu interior (figuras 4C e 4D). Desta forma, as larvas infectadas podem ser embaladas em caixas e transportadas sem o risco de se romperem ou grudarem umas às outras. Para aplicar, são feitos pequenos buracos com 5cm de profundidade onde os cadáveres são colocados e depois cobertos por solo. Os insetos cadáveres podem ainda ser colocados em cápsulas de gelatina. Essa formulação é indicada para locais onde formigas do gênero *Atta* estejam presentes, pois elas carregam e destroem os insetos cadáveres.⁵³

⁵¹ SHAPIRO, D. I. & GLAZER, I. Comparison of entomopathogenic nematode dispersal from infected hosts versus aqueous suspension. *Environmental Entomology*, vol. 25, p. 1.455-1.461, 1996.

⁵² SHAPIRO-ILAN, D. I.; LEWIS, E. E.; BEHLE, R. W. & MCGUIRE, M. R. Formulation of entomopathogenic nematode-infected cadavers. *Journal of Invertebrate Pathology*, vol. 78, p. 17-23, 2001.

⁵³ DEL VALLE, E. E.; DO-LINSKI, C.; BARRETO, E. L. S. & SOUZA, R. M. Effect of cadaver coatings on emergence and infectivity of the entomopathogenic nematode *Heterorhabditis baujardi* LPP7 (Rhabditida: Heterorhabditidae) and the removal of cadavers by ants. *Biological Control*, vol. 50, p. 21-24, 2009.

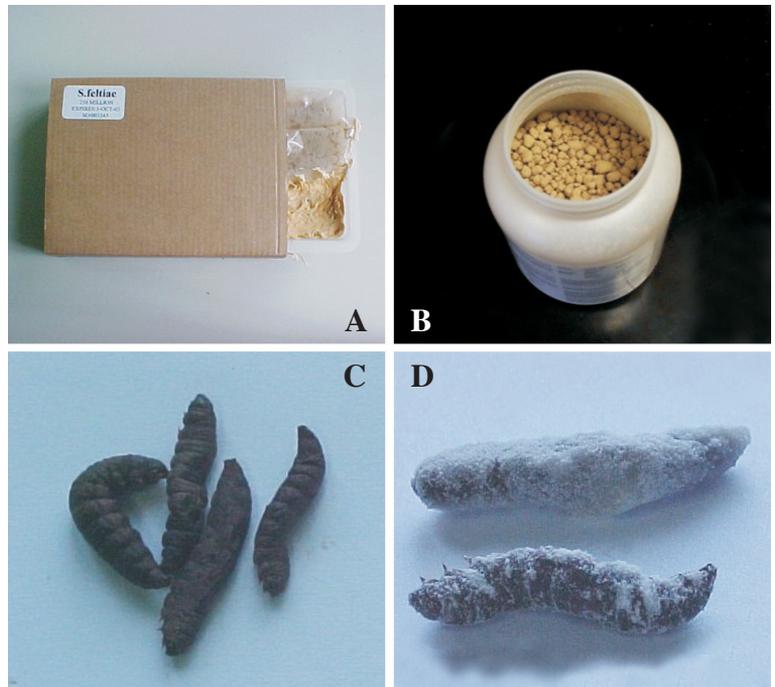


Figura 4: Diferentes formulações. A. Pó molhável. B. Grânulo. C. Larvas de *Galleria mellonella* infectadas com *Heterorhabditis baujardi* LPP7 sem cobertura. D. Larvas cobertas por óleo e amido

Legislação e regulamentação

A alta demanda de nematoides entomopatogênicos nos Estados Unidos na década de 1980, levou muitos grupos de pesquisadores em vários países do mundo a isolar novas espécies e linhagens. As amostragens e isolamentos expandiram enormemente o germoplasma de nematoides entomopatogênicos disponíveis para pesquisa, e aumentou o risco da introdução de nematoides exóticos em terras onde não eram nativos. Especificamente para o controle de pragas, os nematoides *S. scapterisci* e *S. feltiae* foram introduzidos, multiplicados e comercializados sem nenhum critério. Isto resultou em muitas críticas por parte de alguns pesquisadores, e William R. Nickle e colaboradores, em 1988, propuseram um guia para introdução de nematoides entomopatogênicos. Algum tempo depois, uma legislação sobre a introdução de espécies exóticas foi estabelecida.⁵⁴

Hoje todas as introduções de nematoides devem ser notificadas e todos os nematoides são analisados, identificados e estudados quanto a diversos fatores, que foram extensivamente discutidos por Jansson⁵⁵ antes da legislação ser estabelecida. Dentre esses fatores, o autor destaca como de maior importância o impacto dos nematoides exóticos em organismos não-alvos, bem como os efeitos que produzem no microcosmos local por sua capacidade de deslocar ou eliminar nematoides entomopatogênicos nativos.

Após tantas introduções aleatórias, os Estados Unidos se comportam como exemplo, pois promovem levantamentos do microcosmos e testes de patogenicidade com invertebrados locais, antes de qualquer introdução de nematoide entomopatogênicos exóticos. Exemplo que deveria ser seguido.

Na Europa, a situação foi um pouco diferente. Enquanto discussões estavam ocorrendo nos Estados Unidos, na Europa um comitê foi estabelecido para analisar o caso dos nematoides entomopatogênicos, prevendo-se problemas associados com a introdução de nematoides exóticos. Os membros do comitê concluíram que as evidências científicas suportavam a premissa de que os nematoides entomopatogênicos são inócuos, e poucos riscos foram identificados. Eles concluíram que os nematoides não precisavam de registro, mas que a introdução de nematoides não nativos devia ser regulada. Concluiu-se também que nematoides entomopatogênicos são organismos benéficos, pois vêm sendo usados há muitos anos sem causar problemas até o momento e afinal constituem menor ameaça ao ambiente do que os pesticidas.⁵⁶

⁵⁴ RIZVI, S. A.; HENNESSEY, R. & KNOTT, D. Legislation on the introduction of exotic nematodes in the US. *Biocontrol Science and Technology*, vol. 6, p. 477-480, 1996.

⁵⁵ JANSSON, R. K. Introduction of exotic entomopathogenic nematodes (Rhabditida: Heterorhabditidae and Steinernematidae) for biological control of insects: potential and problems. *Florida Entomologist*, vol. 76, n. 1, p. 82-96, 1993.

⁵⁶ EHLERS, R. U. & HOKKANEN, H. M. T. Insect control with non-endemic entomopathogenic nematodes (*Steinernema* and *Heterorhabditis* spp.): conclusions and recommendations of a combined OECD and COST workshop on scientific and regulatory policy issues. *Biocontrol Science and Technology*, vol. 6, p. 295-302, 1996.

RICHARDSON, P. N. British and European legislation regulating rhabditid nematodes. *Biocontrol Science and Technology*, vol. 6, p. 449-463, 1996.

Quadro 3: Exemplos de efeitos causados por nematoides entomopatogênicos em invertebrados

Organismo não-alvo	Espécie de nematoide testada	Efeito
Parasitoides		
<i>Apanteles militares</i> (Hym.: Braconidae)	<i>Steinernema carpocapsae</i> , <i>Heterorhabditis bacteriophora</i>	Indireto em laboratório (hospedeiro morto)
<i>Compsilura concinnata</i> (Dip.: Tachinidae)	<i>S. carpocapsae</i>	Indireto em laboratório (hospedeiro morto)
<i>Cephalcia arvensis</i> (Hym.: Ichneumonidae)	<i>S. feltiae</i>	Reduzida emergência no campo
Insetos Predadores		
<i>Harmonia axyridis</i> (Col.: Coccinellidae)	<i>S. carpocapsae</i>	Em placa de Petri, algumas joaninhas ficaram temporariamente paralisadas e outras morreram
<i>Harpalus</i> sp. e <i>Pterostaticus</i> sp. (Col.: Carabidae); <i>Cicindela</i> sp. e <i>Tetracha</i> sp. (Col.: Cicindelidae); <i>Philonthus</i> sp. (Col.: Staphylinidae); <i>Labidura</i> <i>riparia</i> (Derm.: Labiduridae)	<i>S. carpocapsae</i> , <i>H. bacteriophora</i>	Em laboratório, formas imaturas foram mortas, mas não adultos; não houve efeito nas populações no campo
<i>Bembidion proerans</i> , <i>Pterostichus cupreus</i> (Col.: Carabidae)	<i>S. carpocapsae</i>	Em testes no laboratório, adultos mortos, larvas não; pequena redução nas populações no campo
Outros invertebrados		
<i>Onychiurus</i> (Collembola)	<i>S. carpocapsae</i>	Redução nas populações no campo
<i>Scutigera immaculata</i> (Symphyla)	<i>S. carpocapsae</i>	Mortos em laboratório
<i>Armadillidium vulgare</i> , <i>Porcellio scaber</i> (Crustácea: Isopoda)	<i>S. carpocapsae</i> , <i>H. bacteriophora</i> , <i>S. glaseri</i>	Mortos em laboratório pelos dois primeiros, mas não por <i>S. glaseri</i>
<i>Atyia innocous</i> , <i>Macrobrachium acanthurus</i> (Crustacea: Caridae)	<i>S. carpocapsae</i>	Sem efeito no laboratório
Várias espécies de Arachnida	<i>H. bacteriophora</i>	Mortos no laboratório
<i>Aporrectodea</i> sp.	<i>S. carpocapsae</i>	Minhocas intactas não foram afetadas
<i>Aporrectodea caliginosa</i>	<i>Steinernema</i> sp.	Sem efeito nos casulos das minhocas em laboratório
<i>Aporrectodea turgida</i> , <i>Aporrectodea tapezoides</i> , <i>Lumbricus terrestris</i> e <i>Eisenia</i> sp.	<i>S. carpocapsae</i> , <i>S. glaseri</i>	Sem efeito no laboratório
<i>Macrobotus richtersi</i> (Tardigrada)	<i>S. carpocapsae</i>	Infecções no laboratório
<i>Dericeras agreste</i> , <i>D. reticulatum</i> (Gastropoda)	<i>S. carpocapsae</i>	Mortos no laboratório

Quadro 4: Testes dos efeitos de nematoides entomopatógenos e suas bactérias simbiotes em vertebrados

Animal testado	Espécie de nematoide	Aplicação	Efeito
Porquinho da Índia	<i>Xenorhabdus bovienii</i>	Oral, nasal, intradermal, subcutânea, intraperitoneal	Sem patologia
Rato	<i>Steinernema glaseri</i>	Intraperitoneal	Sem patologia
	<i>S. carpocapsae</i>	Oral, intraperitoneal	Sem patologia ou efeito no ganho de peso
	<i>X. bovienii</i>	Oral, intradermal, subcutânea, intraperitoneal	Sem patologia
Camundongo	<i>S. carpocapsae</i>	Oral, subcutânea, intraperitoneal	Úlceras na pele quando administrado subcutaneamente
	<i>S. feltiae</i> , <i>S. glaseri</i>	Oral, subcutânea, intraperitoneal	Sem patologia
	<i>Heterorhabditis bacteriophora</i>	Oral	Sem patologia
	<i>S. carpocapsae</i> , <i>H. bacteriophora</i>	Subcutânea	Sem patologia
	<i>X. nematophila</i> , <i>Photorhabdus luminescens</i>	Subcutânea, intracerebral	Sem patologia
	<i>X. bovienii</i>	Oral, nasal, intradermal, subcutânea, intraperitoneal	Sem patologia
Coelho	<i>S. glaseri</i>	Oral, abdominal, cavidade orbital	Sem patologia
	<i>X. bovienii</i>	Conjuntiva	Sem patologia
Macaco	<i>S. glaseri</i>	Oral, abdominal, nasal	Sem patologia
Galinha	<i>S. carpocapsae</i>	Oral	Sem patologia
	<i>X. nematophila</i> , <i>P. luminescens</i>	Subcutânea	Sem patologia
Sapo	<i>S. carpocapsae</i>	Na água	Girinos mortos
Rã	<i>S. carpocapsae</i> , <i>H. bacteriophora</i> , <i>S. anomali</i> , <i>S. feltiae</i> , <i>Heterorhabditis</i> sp.	Na água	Girinos mortos, adultos não afetados
Peixe	<i>S. carpocapsae</i>	Na água	Sem patologia
Salamandra	<i>S. carpocapsae</i> , <i>S. glaseri</i> , <i>S. anomali</i> , <i>S. feltiae</i> , <i>Heterorhabditis</i> sp.	Oral	Sem patologia; presença de outras bactérias no fígado (<i>Pseudomonas aeruginosa</i> e <i>Chromobacterium</i>)

- ⁵⁷ BARBERCHECK, M. E. & MILLAR, L. C. Environmental impacts of entomopathogenic nematodes used for biological control in soil. In: FOLLETT, P. A. & DUAN, J. J. (Eds.). *Non target effects of Biological Control*. Boston: Kluwer Academic Publishers, 2000. p. 287-308.
- ⁵⁸ AKHURST, R. & SMITH, K. Regulation and safety. In: GAUGLER, R. (Ed.). *Entomopathogenic Nematology*. New York: CABI Publishing, 2002. p. 311-332.
- ⁵⁹ SOSA Jr., O. & BEAVERS, J. B. Entomogenous nematodes as biological control organisms for *Ligyris subtropicus* (Coleoptera: Scarabaeidae) in sugarcane. *Environmental Entomology*, vol. 14, n. 1, p. 80-82, 1985.
- ⁶⁰ CABANILLAS, H. E. & RAULSTON, J. R. Impact of *Steinernema riobrave* (Rhabditida: Steinernema) on the control of *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: Noctuidae) in corn. *Journal of Economic Entomology*, vol. 88, p. 58-64, 1995.
- ⁶¹ SHAPIRO-ILAN, D. I.; STUART, R. & MCCOY, W. Comparison of beneficial traits among strains of the entomopathogenic nematode, *Steinernema carpocapsae*, for control of *Curculio caryae* (Coleoptera: Curculionidae). *Biological Control*, vol. 28, p. 129-136, 2003.
- ⁶² ANDALÓ, V.; MOINO Jr., A.; SANTACECÍLIA, L. V. C. & SOUZA, G. C. Seleção de isolados de fungos e nematoides entomopatogênicos para a cochonilha-da-raiz-do-cafeeiro *Dysmicoccus texensis* (Tinsley). *Arquivos do Instituto Biológico*, vol. 71, n. 2, p. 181-187, 2004.
- ⁶³ DOLINSKI, C. Developing a research and extension program for control of the guava weevil in Brazil using entomopathogenic nematodes. In: XXXV Annual Meeting of the Society of Nematologists. Abstracts,

O impacto causado por NEPs após aplicação inundativa foi estabelecido por Barbercheck & Millar⁵⁷. Segundo os autores, NEPs teriam o potencial de infectar espécies não-alvo suscetíveis, com estágios no solo no momento da aplicação dos nematoides. Vale ressaltar que isto não ocorre com a maioria dos parasitoides ou predadores. Alguns testes com diferentes invertebrados são mostrados no quadro 3. Importa ressaltar a não susceptibilidade das minhocas a estes nematoides. Com relação aos vertebrados, inúmeros nematoides foram testados contra diversas espécies, desde peixes até macacos. O quadro 4 resume os referidos testes. Somente os girinos se mostraram suscetíveis, quando nematoides foram adicionados à água onde estavam. Akhurst & Smith⁵⁸ acreditam que as dosagens usadas nos girinos tenham sido absurdamente altas e que outras dosagens deveriam ser testadas.

Finalizando, as bactérias entomopatogênicas associadas aos NEPs não são consideradas perigosas ao meio ambiente, pois raramente são encontradas fora do nematoide ou do hospedeiro. Sua sobrevivência no solo é mínima, já que não possuem formas de sobrevivência.

Conclusões

Dentre os inúmeros testes de NEPs com diferentes insetos-praga revelados na literatura, vale citar algumas avaliações feitas com diferentes linhagens de nematoides entomopatogênicos contra os coleópteros *Cosmopolites sordidus*, *Diaprepes abbreviatus*, *Curculio caryae* e *Ligyris subtropicus* (testes a campo), ou contra o lepidóptero *Choristoneura rosaceana* (testes em laboratório e a campo), apenas para citar alguns. Vale ainda lembrar alguns trabalhos com testes de infectividade de *S. carpocapsae* contra *Agrotis ipsilon*⁵⁹, *S. riobrave* contra *Helicoverpa zea*⁶⁰, *S. carpocapsae* contra *Curculio caryae*⁶¹. Atualmente, a aplicação de NEPs é parte do MIP em citros, nozes, cogumelos, flores ornamentais, grama em campos de golfe e framboesa.

No Brasil, trabalhos com nematoides entomopatogênicos são ainda escassos. Mais recentemente, testes com a cochonilha-da-raiz-do-cafeeiro (*Dysmicoccus texensis*)⁶² e contra o gorgulho-da-goiaba (*Conotrachelus psidii*)⁶³ no contexto de programas de manejo integrado, estão em andamento. Além destes, NEPs vêm sendo testados no controle biológico do carrapato bovino, *Boophilus microplus*⁶⁴, e de diferentes pragas da cana-de-açúcar⁶⁵.

Apesar do grande potencial de utilização dos nematoides entomopatogênicos como agentes do controle bioló-

Hawaii, Lihue, vol. 38, p. 270, 2006.

DOLINSKI, C. M.; DEL VALLE, E. E. & STUART, R. Virulence of entomopathogenic nematodes to larvae of the guava weevil *Conotrachelus psidii* (Coleoptera: Curculionidae) in laboratory and greenhouse experiments. *Biological Control*, vol. 38, n. 3, p. 422-427, 2006.

⁶⁴ VASCONCELOS, V. O.; FURLONG, J.; FREITAS, G. M.; DOLINSKI, C. M.; AGUILLERA, M. M.; RODRIGUES, R. C. & PRATA, M. C. *Steinernema glaseri* Santa Rosa strain (Rhabditida: Steinernematidae) and *Heterorhabditis bacteriophora* CCA strain (Rhabditida: Heterorhabditidae), as biological control agents of *Boophilus microplus* (Acari: Ixodidae) under laboratory conditions. *Parasitology Research*, vol. 94, p. 201-206, 2004.

FREITAS, G. M.; FURLONG, J.; VASCONCELOS, V. O. & DOLINSKI, C. M. Analysis of biological parameters of *Boophilus microplus* Canestrini, 1887 exposed to entomopathogenic nematodes *Steinernema carpocapsae* SANTA ROSA and ALL strains (Steinernema: Rhabditidae). *Brazilian Archives of Biology and Technology*, vol. 48, p. 911-919, 2005.

⁶⁵ GIOMETTI, F. H. C.; LEITE, L. G.; TAVARES, F. M.; SCHMIT, F. S.; BATISTA FILHO, A. & DELL'ACQUA, R. Virulência de nematoides entomopatogênicos (Nematoda: Rhabditida) a *Sphenophorus levis* (Coleoptera: Curculionidae). *Bragantia*, vol. 70, n. 1, p. 81-86, 2011.

gico de pragas, a escolha do nematoide deve ser feita com critério e parcimônia para que o método realmente tenha sucesso. Além disso, é importante conhecer a área onde os NEPs serão aplicados, assim como os fatores bióticos e abióticos que possam ali intervir.

Nematoides nativos devem ser devidamente identificados em nível específico, e ter sua biologia definida antes de serem usados a campo. Com relação à biologia, diferentes aspectos devem ser observados, por exemplo, a progênie produzida em larvas de *G. mellonella*. Outra característica importante seria a temperatura ótima para migração e reprodução. Testes de virulência em laboratório devem ser feitos para que se conheça a espécie ou linhagem que melhor controlaria uma dada praga. Alguns nematoides possuem alta especificidade, mas outros não, por isso o ideal é buscar sempre aqueles com menor espectro de hospedeiros.

A utilização dos nematoides nativos deve ter prioridade sobre os exóticos, que devem ser aplicados em último caso. Os nativos já estão adaptados às condições climáticas como também a entomofauna local. Como não se conhece o impacto real que estes nematoides exóticos podem causar aos nativos, recomenda-se que pelo menos sejam feitos testes em laboratório contra os inimigos naturais encontrados na área a ser aplicada. Estes nematoides exóticos devem ser aplicados localmente e um cuidado além deve ser tomado para não serem dispersos.

A metodologia para a produção de NEPs evoluiu de forma significativa nos últimos 70 anos, principalmente no cultivo *in vitro*. Isto ocorreu devido a necessidade de se obter maior quantidade de JIs para aplicação nas lavouras contra importantes pragas. No Brasil, a aplicação dos nematoides a campo está apenas no começo e mais estudos nesta área são necessários.

O sistema de multiplicação de nematoides deve ser escolhido de acordo com a necessidade e a disponibilidade de espaço e investimento. A produção *in vivo* pode ser uma boa alternativa em laboratórios, para associações ou pequenas empresas. Este tipo de produção favorece a formulação em cadáveres. A desvantagem deste método seria a impossibilidade de se aumentar a produção ("scale-up"), pois demanda muito espaço e mão-de-obra. A produção *in vitro* em meio sólido, também parece ser uma boa alternativa para pequenos mercados em franca expansão. A multiplicação em meio líquido precisa ser estudada com mais afinco antes de ser implementada, para que não haja perda

da confiabilidade nos nematoides entomopatogênicos pelo mercado. Por ser um método mais elaborado deve-se fazer uma boa pesquisa de mercado para constatar a real necessidade de se produzir tão grande quantidade de juvenis infectantes e aplicar tantos recursos. Este tipo de produção deve estar associado à formulação em pós molhável ou em grânulos, para que possa atingir grandes mercados. Produtos biológicos não deveriam chegar ao mercado com preços mais elevados do que produtos químicos já estabelecidos. Por isso, o custo de produção precisa ser baixo e o produto de alta qualidade.

Claudia Dolinski é engenheira agrônoma, mestre em Fitopatologia, PhD. em Plant Pathology e professora da Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro.

claudia.dolinski@censanet.com.br

Outro ponto que se deve ter em mente é que uma espécie de NEPs não deve e não pode ser utilizada para o controle de todas as pragas, portanto quando se almeja produzir várias espécies ao mesmo tempo, deve-se focar no cultivo *in vivo* ou *in vitro* em meio sólido.

BACTÉRIAS ENTOMOPATOGÊNICAS

Ricardo Antonio Polanczyk

Lidia Mariana Fiuza

Sergio Antonio De Bortoli

O controle microbiano é uma importante alternativa ao uso incorreto e abusivo dos agrotóxicos no controle de pragas agrícolas. Entre as bactérias entomopatogênicas, destaca-se *Bacillus thuringiensis* (Bt) como a mais promissora, devido a sua alta atividade inseticida contra ampla gama de espécies-praga, especialmente lepidópteros e coleópteros. Além da sua utilização como bioinseticida há cerca de 40 anos, mais recentemente, plantas transformadas expressando genes desta bactéria começaram a ser utilizadas como forma de controlar pragas agrícolas. Enquanto o uso de bioinseticidas à base de Bt avança em ritmo lento, o uso de plantas Bt cresce em escala exponencial, podendo ser citado como o principal exemplo de sucesso comercial do controle microbiano de pragas.

Introdução

O aumento da produção agrícola brasileira para atender à crescente demanda por alimentos, exportação de grãos e seus subprodutos têm impactos diretos sobre o agroecossistema. Tais impactos estão ligados ao uso intenso de insumos visando diminuir as perdas causadas por fatores bióticos e abióticos, durante o processo produtivo. Os agrotóxicos, apesar da importância no controle de pragas, são frequentemente utilizados em grandes quantidades, sem orientação técnica, causando uma série de problemas ao ambiente, aos agricultores e consumidores. Devido a estes fatores, a busca por alternativas que possam minimizar ou até mesmo substituir os inseticidas convencionais foi intensificada e, atualmente, as novas táticas abrangem uma série de alternativas: plantas resistentes, inseticidas seletivos, parasitoides, predadores e microrganismos entomopatogênicos.

A microflora bacteriana dos insetos, confinada no intestino, é rica, diversa e compreende bactérias Gram positivas e negativas. Muitas delas auxiliam na digestão dos alimentos, porém algumas são patogênicas e recebem grande atenção dos pesquisadores devido ao seu magnífico potencial para o controle de pragas agrícolas e urbanas.¹

Atualmente são conhecidas inúmeras espécies de bactérias associadas a insetos, embora poucas apresentem as características desejáveis à aplicação no controle biológico de pragas. Na classificação das entomopatogênicas, os critérios de Falcon² são os mais viáveis por agrupar as bactérias em apenas duas categorias: esporulantes e não-esporulantes. Entre essas categorias destacam-se, com maior importância à patologia de insetos, as espécies das famílias *Bacillaceae* e *Enterobacteriaceae*. As bactérias esporulantes apresentam uma característica de persistência, podendo manter-se em condições ambientais adversas através de estruturas de resistência denominadas endósporos. Tal característica dessa categoria de bactérias vem sendo considerada um pré-requisito à produção de agentes microbianos em escala comercial. Entre as bactérias entomopatogênicas potencialmente aplicadas no controle microbiano de insetos, destacam-se as espécies que apresentam alta virulência, elevada capacidade invasora e produção de toxinas, podendo causar toxemias nos insetos-alvo. Com essas características, na categoria de bactérias esporulantes, destacam-se os gêneros *Bacillus* e *Clostridium*.³

No gênero *Bacillus*, destaca-se *Bacillus thuringiensis* (Bt) Berliner, 1915, pela sua ampla utilização no combate

¹ PRIEST, F. G. Biodiversity of the entomopathogenic, endospore-forming bacteria. In: CHARLES, J. F.; DELÉCLUSE, A. & NIELSEN-LE ROUX, C. (Eds.). *Entomopathogenic bacteria: from laboratory to field application*. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 2000. p. 1-22.

² FALCON, L. A. Use of bacteria for microbial control. In: BURGESS, N. & HUSSEY, W. (Ed.). *Microbial control of insects and mites*. New York: Academic Press, 1971. p. 67-95.

³ COSTA, E. L. N.; LUCHO, A. P. R. & FRITZ, L. L. *et al.* Artrópodes e Bactérias Entomopatogênicas. *Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento*, v. 38, p. 4-13, 2009.

- ⁴ BERLITZ, D. L.; PINTO, L. M. N.; CASTILHOS-FORTES, R. *et al.* Toxinas de *Bacillus thuringiensis*. *Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento*, v. 38, p. 24-31, 2009.
- BRAVO, A.; LIKITVIVATANAVONG, S.; GILL, S. S. & SOBERON, M. *Bacillus thuringiensis*: a story of a successful bioinsecticide. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, v. 41, p. 423-431, 2011.
- JAMES, C. *Situação global das lavouras GM comercializadas*: 2010. ISAAA Brief No. 42. New York: ISAAA, 2010. 30 p.
- ⁵ COSTA, E. L. N.; LUCHO, A. P. R.; FRITZ, L. L. *et al.* *Op. cit.*
- ⁶ AZAMBUJA, A. O.; ALLES, G. C.; FRITZ, L. L. *et al.* Ecologia de *Bacillus* entomopatogênicos. *Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento*, v. 38, p. 14-23, 2009.
- BIZZARRI, M. F. & BISHOP, A. H. Recovery of *Bacillus thuringiensis* in vegetative form from phylloplane of clover (*Trifolium hybridum*) during a growing season. *Journal of Invertebrate Pathology*, v. 94, p. 38-47, 2007.
- BRAVO, A.; SARABIA, S.; LOPEZ, L. *et al.* Characterization of cry genes in mexican *Bacillus thuringiensis* strain collection. *Applied and Environmental Microbiology*, p. 4.965-4.972, 1998.
- FORSYTH, G. & LOGAN, N. A. Isolation of *Bacillus thuringiensis* from Northern Victoria Land, Antarctica. *Letters in Applied Microbiology*, v. 30, p. 263-266, 2000.
- GLARE, T. R. & O'CALLAGHAM, M. *Bacillus thuringiensis: biology, ecology and safety*. Chichester: John Wiley & Sons, 2000.
- HERNÁNDEZ, C. S.; ANDREW, R.; BEL, Y. *et al.* Isolation and toxicity of *Bacillus thuringiensis* from potato-growing areas in Bolivia. *Journal of Invertebrate*

dos insetos-praga, especialmente lepidópteros e coleópteros, seja na forma de bioinseticida ou como plantas transformadas expressando suas toxinas.⁴ O gênero *Clostridium* compreende cerca de 100 espécies distribuídas em 19 grupos de acordo com a homologia de ARN16s. As células têm forma de bastonetes, geralmente Gram-positivas, com endósporos ovais ou esféricos que as deformam. As espécies desse gênero são estritamente anaeróbias, havendo algumas que toleram a presença de oxigênio livre, porém não formam esporos. Essas bactérias são encontradas naturalmente no solo, sedimentos marinhos, restos animais e vegetais, assim como na flora intestinal de vertebrados e invertebrados, como os insetos.

Os efeitos entomopatogênicos de *Clostridium brevisfasciens* e *Clostridium malacosomae* foram observados em larvas de *Malacosoma pluviale* (Lepidoptera: Lasiocampidae), ocorrendo a germinação dos esporos na luz intestinal e o rápido crescimento vegetativo, o que causa a morte em poucos dias, sem haver invasão na cavidade do corpo do inseto. Alguns autores citam que *Clostridium bifermentans malaysia* sintetiza uma proteína tóxica às larvas dos dípteros culicídeos *Aedes aegypti*, *Culex pipiens* e *Anopheles stephensi* que apresenta elevada similaridade às δ -endotoxinas sintetizadas por Bt.⁵

Isolados de Bt são obtidos a partir de amostras de solos, rios, superfícies de plantas, restos vegetais, insetos e pequenos mamíferos mortos, teias de aranha, grãos armazenados e locais inabitados.⁶ A atividade entomopatogênica desta bactéria se deve à presença de inclusões protéicas cristalinas (cristais), produzidas durante a esporulação.⁷ O modo de ação de Bt é motivo de debate entre pesquisadores, mesmo 40 anos após o início de sua utilização comercial.⁸

O Bt foi descrito em 1901, no Japão, pelo bacteriologista Ishiwata, que verificou sua patogenicidade para lagartas do bicho-da-seda, *Bombyx mori* (Lepidoptera: Bombycidae). Um microbiologista alemão redescreveu a mesma bactéria, isolada de larvas mortas de *Anagasta kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae), a traça da farinha, praga de grãos armazenados e a denominou *Bacillus thuringiensis*, em homenagem a Thuringia, cidade alemã onde foram coletadas as lagartas. Em 1915, este mesmo autor notou presença de inclusões parasporais nas células de Bt e, em 1953, Hannay sugeriu a associação entre a patogenicidade da bactéria e presença das inclusões cristalinas (cristais) formadas nas células durante a esporulação. Em 1968, Angus demonstrou que a hipótese de Hannay era válida.⁹

- Pathology*, v. 94, p. 56-63, 2007.
- KONECKA, E.; KAZNOWSKI, A. & ZIEMNICKA, J. Molecular and phenotypic characterisation of *Bacillus thuringiensis* isolated during epizootics in *Cydia pomonella* L. *Journal of Invertebrate Pathology*, v. 94, p. 56-63, 2007.
- SWIECICKA, I.; FIEDORUK, K. & BEDNARZ, G. The occurrence and properties of *Bacillus thuringiensis* isolated from free-living animals. *Letters in Applied Microbiology*, v. 34, p. 194-198, 2002.
- THAMMASITTIRONG, A. & ATTATHOM, T. PCR-based method for the detection of *cry* genes in local isolates of *Bacillus thuringiensis* from Thailand. *Journal of Invertebrate Pathology*, v. 98, n. 2, p. 121-126, 2008.
- ⁷ GLARE, T. R. & O'CALLAGHAM, M. *Op. cit.*
- BRAVO, A.; GILL, S. S. & SOBERÓN, M. Mode of action of *Bacillus thuringiensis* Cry and Cyt toxins and their potential for insect control. *Toxicon*, v. 49, p. 423-435, 2007.
- ⁸ BRODERICK, N. A.; ROBINSON, C. J.; McMAHON, M. D. *et al.* Contributions of gut bacteria to *Bacillus thuringiensis*-induced mortality vary across a range of Lepidoptera. *BMC Biology*, v. 7, 2009. doi: 10.1186/1741-7007-7-11.
- JOHNSTON, P. R. & CRICKMORE, N. Gut bacteria are not required for the insecticidal activity of *Bacillus thuringiensis* toward the tobacco hornworm *Manduca sexta*. *Applied and Environmental Microbiology*, v. 75, n. 15, p. 5.094-5.099, 2009.
- RAYMOND, B.; JOHNSTON, P. R.; WRIGHT, D. J. *et al.* *Environmental Microbiology*, v. 11, n. 10, p. 2.556-2.563, 2009.
- ⁹ GLARE, T. R. & O'CALLAGHAM, M. *Op. cit.*

Bacillus thuringiensis tem ação patogênica para Diptera, Coleoptera, Hymenoptera, Hemiptera, Isoptera e Orthoptera.¹⁰ Também foi relatada toxicidade para algumas espécies de nematóides, protozoários, ácaros e para *Leishmania major*, parasita causador da leishmaniose.¹¹ Estima-se que existam cerca de 50.000 a 60.000 estirpes de *Bacillus* spp. em coleções espalhadas pelo mundo e este número deve ultrapassar 100.000 em 2012.¹²

As proteínas Cry individualmente apresentam um espectro de ação restrito a uma Ordem de insetos em particular¹³, porém existem algumas exceções como Cry1A que é ativa para Lepidoptera e Diptera; Cry1B para Coleoptera, Diptera e Lepidoptera; Cry2A para Diptera, Hemiptera e Lepidoptera; e Cry3A para Coleoptera, Hemiptera e Hymenoptera.¹⁴ As proteínas conhecidas por δ -endotoxinas recebem este nome devido a sua localização intracelular e à análise dos cristais por microscopia de contraste de fase e do perfil eletroforético das proteínas Cry que podem indicar o espectro de ação destas proteínas.¹⁵ A maioria das estirpes de Bt pode sintetizar mais de um tipo de cristal formados por diferentes δ -endotoxinas, podendo haver casos em que cinco a seis toxinas são encontradas. O peso molecular das δ -endotoxinas varia entre 13,6 e 142 kDa; sua constituição é glicoprotéica, representando normalmente 20 a 30% do peso seco das células.¹⁶

O processo de formação desse cristal está ligado à esporulação, uma vez que estudos de cristalografia mostraram que ele é constituído a partir do segundo estágio de esporulação e liberado no momento em que as células são lisadas.¹⁷ O cristal pode ser bipiramidal, cuboide, romboide, ovoide, esférico ou, ainda, sem forma definida.¹⁸ De Barjac & Bonnefoi¹⁹ propuseram uma classificação baseada em propriedades bioquímicas e na sorotipagem da aglutinação de antígenos flagelares (antígeno H) das células vegetativas, um caráter específico e estável, facilitando bastante a diferenciação entre as várias estirpes e proporcionando uma considerável ordenação aos isolados de Bt, que passaram a ser agrupados em subespécies.

Hofte & Whiteley²⁰ apresentaram uma nomenclatura baseada nas sequências de aminoácidos e no espectro de ação das toxinas. Nessa classificação, as toxinas Cry I apresentaram atividade contra lepidópteros, Cry II ativas contra lepidópteros e dípteros, Cry III ativas contra coleópteros, Cry IV ativas contra dípteros e Cyt (associada à Cry IV), por não apresentar homologia com as demais classes ou atividade específica, foi reconhecida como uma classe a

- ¹⁰ EDWARDS, D. L.; PAYNE, J. & SOARES, G. G. Novel isolates of *Bacillus thuringiensis* having activity against nematodes. *European Patent Application* EP O 303 426 A2, 1988.
- FEITELSON, J. S. Novel pesticidal delta-endotoxins from *Bacillus thuringiensis*. In: ANNUAL MEETING OF THE SOCIETY FOR INVERTEBRATE PATHOLOGY, 27, Montpellier, 1994. *Proceedings...* Montpellier: SIP, 1994. p. 184.
- FRANKENHUYZEN, K. van. Insecticidal activity of *Bacillus thuringiensis* crystal proteins. *Journal of Invertebrate Pathology*, v. 101, n. 1, p. 1-16, 2009.
- ¹¹ RAYMOND, B.; JOHNSTON, P. R. & WRIGHT, D. J. *et al.* *Op. cit.*
- EDWARDS, D. L.; PAYNE, J. & SOARES, G. G. *Op. cit.*
- FEITELSON, J. S. *Op. cit.*
- FRANKENHUYZEN, K. van. *Op. cit.*
- WEISER, J. Impact of *Bacillus thuringiensis* on applied entomology in eastern Europe and in Soviet Union. In: KRIEG A. & HUGER, A. M. (Eds.) *Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land und Forstwirtschaft*. Berlin-Dahlem Heft 233, p. 37-50, 1986.
- AMANCHI, N. R. & HUSSAIN, M. M. Cytotoxic effects of delfin insecticide (*Bacillus thuringiensis*) on cell behaviour, phagocytosis, contractile vacuole activity and macronucleus in a protozoan ciliate *Paramecium caudatum*. *African Journal of Biotechnology*, v. 7, n. 15, p. 2.637-2.643, 2008.
- EL-SADAWY, H. A.; EL-HAG, H. A.; GEORGY, J. M. *et al.* *In vitro* activity of *Bacillus thuringiensis* (H14) 43 kDa crystal protein against *Leishmania major*. *American-Eurasian Journal of Agriculture & Environmental Science*, v. 3, n. 4, p. 583-589, 2008.

mais. Com isso, rapidamente, percebeu-se que esta classificação não era adequada, pois se poderiam encontrar toxinas muitos semelhantes, mas com especificidades diferentes ou mesmo toxinas com atividade dupla para larvas de coleópteros e lepidópteros e que foram chamadas de Cry V, criando uma grande confusão na nomenclatura.²¹

Diante deste quadro, em 1994, foi criado um comitê internacional que propôs nomenclatura baseada apenas nas sequências de aminoácidos. Nesta nova classificação, os números romanos foram substituídos por números arábicos e os parênteses removidos.²² Essas proteínas são codificadas por cerca de 600 genes *cry* (223 genes do tipo *cry1*) já sequenciados e as proteínas Cry estão classificadas em 68 grupos e diferentes subgrupos. A atualização constante destes dados pode ser visualizada via Internet no sítio: http://www.lifesci.sussex.ac.uk/home/Neil_Crickmore/Bt/.

O uso de *Bacillus thuringiensis* como estratégia do MIP

O Manejo Integrado de Pragas (MIP) surgiu como um novo conceito de controle de pragas, caracterizado pela interdisciplinaridade e racionalização do uso das táticas disponíveis, priorizando sempre o uso daquelas com efeito reduzido sobre o meio ambiente e com retorno econômico satisfatório ao agricultor. Kogan define o MIP como “Sistema de decisão para uso de táticas de controle, isoladamente ou associadas harmoniosamente, numa estratégia de manejo baseada em análises de custo/benefício que levam em conta o interesse e/ou impacto nos produtores, sociedade e ambiente”²³.

Uso de Bacillus thuringiensis como bioinseticida

Desde a sua descoberta, em 1900, a bactéria entomopatogênica *Bacillus thuringiensis* vem liderando os estudos de patologia e controle microbiano. Atualmente é considerada um dos principais patógenos de insetos utilizados no controle de pragas agrícolas.²⁴ Trezentos e vinte e dois produtos à base de *Bt* são responsáveis por 53% do mercado mundial de bioinseticidas, gerando um faturamento anual de 210 milhões de dólares.²⁵ Desde 2000, no entanto, a participação dos bioinseticidas à base de *Bt* vem diminuindo nesse segmento de mercado. No ano de 2000 era de 90%, diminuindo para 60% em 2005 e para 53% em 2010. Essa redução ocorreu devido ao grande incremento no uso de vírus entomopatogênicos (+100%) e fungos entomopatogênicos (+52%) para o controle de pragas agrícolas, enquanto o mercado de produtos à base de *Bt* aumentou apenas 36%.²⁶

- ¹² GLARE, T. R. & O'CALLAGHAM, M. *Op. cit.*
SILVEIRA, L. F. V.; POLANCZYK, R. A.; PRATISSOLI, D. *et al.* Seleção de isolados de *Bacillus thuringiensis* para *Tetranychus urticae* Koch. *Arquivos do Instituto Biológico*, v. 78, n. 2, p. 273-278, 2011.
- ¹³ POLANCZYK, R. A.; FRANCO, C. R. & MONNERAT, R. G. Plantas geneticamente modificadas expressando toxinas de *Bacillus thuringiensis*. In: POLANCZYK, R. A. *et al.* (Org.). *Estudos Avançados em Produção Vegetal*. Vitória: G M Gráfica e Editora, 2008. v. 2. p. 471-488.
- ¹⁴ FEITELSON, J. S. *Op. cit.*
- ¹⁵ DE MAAGD, R. A.; BRAVO, A. & CRICKMORE, N. How *Bacillus thuringiensis* has evolved specific toxins to colonize the insect world. *Trends in Genetics*, v. 17, n. 4, p. 193-199, 2001.
- ¹⁶ GLARE, T. R. & O'CALLAGHAM, M. *Op. cit.*
- ¹⁷ VALADARES-INGLIS, M. C. C.; SHILER, W. & DESOUSA, M. T. Engenharia genética de microrganismos agentes de controle biológico. In: MELO, I. S. (Eds.). *Controle Biológico*. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 1998. p. 201-230.
- ¹⁸ MONNERAT, R. G. & BRAVO, A. Proteínas bioinseticidas produzidas pela bactéria *Bacillus thuringiensis*: modo de ação e resistência. v. 3 In: ITAMAR, M. (Ed.). *Controle Biológico*. 1. ed. São Paulo: Embrapa, 2000. p. 163-192.
- HABIB, M. E. M. & ANDRADE, C. F. S. Bactérias Entomopatogênicas. In: ALVES, S. B. *Controle Microbiano de Insetos*. 2. ed. Piracicaba: FEALQ, 1998. p. 383-446.
- ¹⁹ DE BARJAC, H. & BONNEFOI, A. Essai de classification biochimique et sérologique de 24 souches de *Bacillus* du type *Bacillus thuringiensis*. *Entomophaga*, v. 7, n. 1, p. 5-31, 1962.

As primeiras tentativas de utilização de *Bt* no controle de pragas foram feitas na Europa, somente após 20 anos de sua descoberta. Devido aos êxitos obtidos em alguns ensaios laboratoriais, a produção comercial deste patógeno começou na França e, em 1938, o produto Sporeine foi lançado naquele país. Nos EUA, o interesse pela utilização deste patógeno aumentou após 1950, principalmente para o controle de lepidópteros, resultando na produção de um formulado denominado Thuricide.²⁷

Deve-se salientar que a preocupação do público consumidor com os resíduos de agrotóxicos nos alimentos e seu efeito sobre o ambiente incentivou a utilização de produtos microbianos, principalmente em hortaliças e frutíferas de alto valor comercial. Em 1970, começou a ser comercializado o Dipel (bioinseticida à base de *Bt kurstaki*). Este provou ser 20 a 200 vezes mais potente que outros formulados com *Bt*²⁸, sendo utilizado para o controle de mais de 167 lepidópteros-praga.²⁹ Em 1976, foi descoberto um isolado eficaz contra Diptera, denominado *Bt israelensis* e, em 1983, outro denominado *Bt tenebrionis*, letal para Coleoptera.

Na América do Norte, merece destaque a utilização de *Bt kurstaki* (Dipel) contra insetos desfolhadores em florestas, especialmente *Choristoneura fumiferana* (Lepidoptera: Tortricidae) e *Lymantria dispar* (Lepidoptera: Lymantriidae). No Canadá, a área pulverizada com *Bt* para o controle de *C. fumiferana* aumentou de 5% para quase 100% da área cultivada entre 1980 e 1995. A eficiência no controle causou rápido decréscimo populacional desta praga, diminuindo drasticamente a área aplicada no início da década de 1990 no leste do Canadá, embora o mesmo não tenha sido observado no oeste do país. Em 1999, foram pulverizados cerca de 6 milhões de hectares com Dipel para o controle desta praga no Canadá. Nos Estados Unidos da América do Norte, cerca de 2,4 milhões de hectares de florestas (ou 82% da área cultivada com florestas decíduas) recebem aplicações anuais de bioinseticidas à base de *Bt* contra *L. dispar*, estratégia que faz parte de um programa governamental de supressão desta praga.³⁰

Os primeiros trabalhos no Brasil visando ao emprego de produtos à base de *Bt* foram realizados por Figueiredo *et al.*³¹ e Pigatti *et al.*³². Esses autores ressaltaram o elevado potencial desse entomopatógeno no controle de várias pragas como: *Ascia monuste orseis* (Lepidoptera: Pieridae), *Sylepta silicalis* (Lepidoptera: Pyralidae), *Dirphia sabina* (Lepidoptera: Saturniidae), *Azochis gripusalis* (Lepidoptera:

- ²⁰ HOFTE, H. & WHITELEY, H. R. Insecticidal crystal protein of *Bacillus thuringiensis*. *Microbiological Reviews*, v. 53, n. 2, p. 242-255, 1989.
- ²¹ TAYLOR, R.; TIPPET, J. GIBB, G. *et al.* Identification and characterization of a novel *Bacillus thuringiensis* d-endotoxin entomocidal to coleopteran and lepidopteran larvae. *Molecular Microbiology*, v. 6, n. 9, p. 1.211-1.217, 1992.
- ²² CRICKMORE, N.; ZEIGLER, D. R.; FEITELSON, J. *et al.* Revision of the nomenclature for the *Bacillus thuringiensis* pesticidal crystal proteins. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, v. 62, p. 807-813, 2008.
- ²³ KOGAN, M. Integrated pest management: historical perspectives and contemporary development. *Ann. Rev. Entomol.*, v. 43, p. 243-270, 1998.
- ²⁴ BRAVO, A.; LIKITVIVATANAVONG, S.; GILL, S. S. & SOBERON, M. *Op. cit.* LORD, J. C. From Metchnikoff to Monsanto and beyond: The path of microbial control. *Journal of Invertebrate Pathology*, v. 89, p. 19-29, 2005.
- BRAR, S. K.; TYAGI, V. R. D. & VALÉRO, J. R. Recent advances in downstream processes and formulations of *Bacillus thuringiensis* based biopesticides. *Process Biochemistry*, 41:323-342, 2006. CAB International Centre. *The 2010 Worldwide Biopesticides Market Summary*. Wallingford: CAB International Centre, 2010. 40 p.
- ²⁵ CAB International Centre. *Op. cit.*
- ²⁶ CAB International Centre. *Op. cit.*
- ²⁷ LORD, J. C. *Op. cit.* BEEGLE, C. C. & YAMAMOTO, T. Invitation paper (C. P. Alexander Fund): history of *Bacillus thuringiensis* Berliner research and development. *Canadian Entomologist*, v. 124, p. 587-616, 1992.

Pyralidae), *Alabama argillacea* (Lepidoptera: Noctuidae), *Mocis repanda* (Lepidoptera: Noctuidae), *Xanthopastis timais* (Lepidoptera: Noctuidae), *Musca domestica* (Diptera: Muscidae) e *Erinnyis ello* (Lepidoptera: Noctuidae). Os primeiros resultados obtidos foram considerados promissores e impulsionaram as pesquisas com este entomopatógeno. O primeiro projeto que teve como objetivo o controle de uma importante praga agrícola brasileira, a lagarta-do-cartucho do milho, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) com *Bt*, foi iniciado em 1993 pela Embrapa Milho e Sorgo, em Sete Lagoas, Minas Gerais.

Até o início da década de 1990, somente três produtos comerciais estavam disponíveis no mercado brasileiro, todos à base de *Bt kurstaki* (Dipel, Thuricide e Bactospeine).³³ Sua introdução sofreu com problemas relacionados às estratégias de uso, marketing, e também pela propaganda negativa feita pelos vendedores de inseticidas químicos, os quais difundiam a concepção de que os insetos deveriam ser rapidamente controlados.³⁴ Atualmente, embora o número de produtos disponíveis no mercado não tenha sofrido grande incremento, seis bioinseticidas à base de *Bt* são recomendados para o controle de 26 pragas, em flores, hortaliças e grandes culturas.

Este incremento deu-se, principalmente, devido à mudança nas estratégias de marketing das empresas que comercializam estes produtos, as quais passaram a enfatizar algumas vantagens, como por exemplo, a manutenção das populações de parasitoides, predadores e polinizadores.³⁵ Porém, apesar das vantagens ecológicas e sociais dos produtos microbianos, a área tratada com biopesticidas à base de *Bt* no Brasil é incerta, pois os extensionistas raramente relatam as suas atividades de campo em trabalhos científicos. Levantamento feito pela CAB International em 2010 aponta que o mercado brasileiro de produtos à base de *Bt* é de US\$12,5 milhões e o volume comercializado atinge 275 toneladas. Essa reduzida utilização se deve a uma série de fatores como competição com produtos químicos (alto custo), especificidade (espectro de ação reduzido) e baixa persistência no campo da maioria das formulações disponíveis no mercado (inativação por radiação ultravioleta). Novos produtos à base de *Bt* devem estar disponíveis no mercado brasileiro nos próximos anos, aumentando a disponibilidade destes biopesticidas. Em relação ao custo de tratamento de um hectare, varia de US\$ 7,5 a US\$ 15, conforme a cultura.³⁶

Apesar da predominância de insetos parasitoides em programas de controle biológico na Colômbia, alguns pro-

- LAMBERT, B. & PEFEROEN, M. Insecticidal promise of *Bacillus thuringiensis*. *BioScience*, 42:112-122, 1992.
- ²⁸ BEEGLE, C. C. & YAMAMOTO, T. *Op. cit.*
- ²⁹ GLARE, T. R. & O'CALLAGHAM, M. *Op. cit.*
- ³⁰ FRANKENHUYZEN, K. van. Application of *Bacillus thuringiensis* in forestry. In: CHARLES, J. F.; DELECLUSE, A. & LEROUX, C. N. (Eds.). *Entomopathogenic bacteria: from laboratory to field application*. 2000. p. 371-382.
- ³¹ FIGUEIREDO, M. B.; CONTINHO, J. M. & ORLANDO, A. Novas perspectivas para o controle biológico de algumas pragas com *Bacillus thuringiensis*. *Arquivos do Instituto Biológico*, v. 27, p. 77-88, 1960.
- ³² PIGATTI, A.; FIGUEIREDO, M. B. & ORLANDO, A. Experiências de laboratório sobre a atividade de novos inseticidas contra o mandorová da mandioca. *Biológico*, v. 26, p. 47-51, 1960.
- ³³ MONNERAT, R. G. & BRAVO, A. *Op. cit.*
- ³⁴ ALVES, S. B.; MOINO Jr., A. & ALMEIDA, J. E. M. Desenvolvimento, potencial de uso e comercialização de produtos microbianos. In: *Controle microbiano de insetos*. ALVES, S. B. (Ed.). Piracicaba: FEALQ, 1998. p. 1.143-1.163.
- ³⁵ MONNERAT, R. G. & BRAVO, A. Proteínas bioinseticidas produzidas pela bactéria *Bacillus thuringiensis*: modo de ação e resistência. In: ITAMAR, M. (Ed.). *Controle Biológico*. 1. ed. São Paulo: Embrapa, 2000. v. 3, p. 163-192.
- ³⁶ ALVES, S. B.; MOINO Jr., A. & ALMEIDA, J. E. M. *Op. cit.*
- ³⁷ REVELO, M. A. Efectos del *Bacillus thuringiensis* sobre algunas plagas Lepidópteras del maíz bajo condiciones tropicales. *Agricultura Tropi-*

ditos à base de *Bt*, embora em pequena escala, são utilizados no controle de pragas.³⁷ Porém, algumas décadas antes, Revelo³⁸ enfatizava o potencial deste patógeno no controle de *S. frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae), *Agrotis ipsilon* (Lepidoptera: Noctuidae) e *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae), as três principais pragas da cultura do milho naquele país. Para mostrar a importância da primeira praga citada, foram gastos para seu controle, em 1990, US\$ 5,8 milhões em algodão e US\$ 4,2 milhões em milho e sorgo. Isto representa uma área tratada de 430.000 hectares a 440.000 hectares, respectivamente.³⁹

Pragas importantes de várias hortaliças como *Leptophobia aripa* (Lepidoptera: Pieridae), *A. monuste* e *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) têm sido bem controladas por produtos à base de *Bt*. Segundo Ruiz⁴⁰, os danos causados por estes insetos são economicamente insignificantes. Porém, o mesmo autor ressaltou que, na maioria dos casos, medidas de controle envolvendo a utilização do controle biológico devem ser acompanhadas por outras táticas visando manter o nível populacional das pragas abaixo do nível de dano econômico.

Em 1989, a empresa Laverlam iniciou os trabalhos com biopesticidas, visando proteger o meio e integrar as táticas do manejo integrado de pragas à agricultura colombiana. Tais esforços resultaram no Turilav (*Bt kurstaki*), utilizado no controle de *Heliothis* sp. (Lepidoptera: Noctuidae), *A. argillacea*, *Agrotis* sp. e *Spodoptera* spp., principalmente na cultura do algodão.

No Valle del Cauca, a utilização de *Bt* no controle de *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) faz parte de um programa de manejo integrado de pragas que obteve êxito reduzindo os custos de controle em mais de 54%, cerca de US\$ 650 por hectare.⁴¹ Nesta mesma região, formulações à base de *Bt* são utilizadas contra *Caligo ilioneus* (Lepidoptera: Brassolidae), importante praga da cana-de-açúcar, que reduz o peso da planta entre 26 e 56% e conteúdo de açúcar de 8 a 18%. Na cultura do algodão, o *Bt* é aplicado contra surtos ocasionais de *A. argillacea* quando o desfolhamento excede 30%.

A partir de 1990, devido à redução drástica da assistência dada pela ex-União Soviética, Cuba sofreu reformas necessárias para o atendimento das necessidades básicas da população local. O país entrou em transformação em diversas áreas, inclusive na agricultura, levando ao desenvolvimento de tecnologias ecologicamente mais sustentáveis a serem utilizadas em programas de manejo integrado de pra-

- cal, v. 27, n. 1, p. 392-395, 1965.
- ³⁸ REVELO, M. A. *Op. cit.*
- ³⁹ BOSA, C. F. & COTES, A. M. Evaluación de la actividad insecticida de aislados nativos de *Bacillus thuringiensis* contra *Spodoptera frugiperda* (Smith). *Revista Colombiana de Entomología*, v. 23, n. 3-4, p. 107-112, 1997.
- ⁴⁰ RUIZ, R. A. V. El control biológico de insectos plagas en hortalizas. In: LIZÁRRAGA, T. A.; BARRETO, C. U. & HOLLANDS, J. (Eds.). *Nuevos aportes del control biológico en la agricultura sostenible*. Bogotá: Editora Nacional, 1998. p. 269-294.
- ⁴¹ BELLOTI, A. C.; CARDONNA, C. & LAPOINTE, S. L. Trends in pesticide use in Colombia and Brazil. *Journal of Agricultural Entomology*, v. 7, p. 191-201, 1990. GARCIA, F. R. Manejo integrado de plagas en cultivos del Valle del Cauca. *ICA Informa*, v. 26, p. 11-12, 1992.
- ⁴² ROSSET, P. & MOORE, M. Food security and local production of biopesticides in Cuba. *ILEIA Newsletter*, v. 13, n. 4, p. 18-23, 1999.
- ⁴³ PÉREZ, N. & VASQUÉZ, L. L. Manejo ecológico de plagas. In: FUNES, F. et al. (Eds.). *Transformando el campo cubano. Avances de la agricultura sostenible*. Cuba: La Habana, 2001. p. 191-226.
- ⁴⁴ PÉREZ, N. & VASQUÉZ, L. L. *Op. cit.*
- ⁴⁵ CARRILLO, J. L. Pruebas de Thuricide (*Bacillus thuringiensis*) para combatir gusanos de la col en Chapingo, Mex. *Agricultura Técnica en México*, v. 3, n. 2, p. 58-60, 1971.
- ⁴⁶ VALLÉS, S. S. Avances en el uso del control biológico en el estado de Aguascalientes. *Cuaderno de Trabajo*, v. 85, p. 1-22, 1998.
- ⁴⁷ LOGUERCIO, L. L.; CARNEIRO, N. P. & CARNEIRO, A. A. Milho Bt: Alternativa tecnológica para con-
- gas.⁴² Já na década de 1960, a importação de alguns produtos à base de *Bt*, eficientes para o controle de *H. virescens* e *M. latipes*, estimulou a busca por isolados nativos deste patógeno.⁴³ Durante muito tempo a utilização de inseticidas químicos, fornecidos principalmente pela ex-União Soviética, prevaleceu na agricultura cubana, e antes de 1990, o paration-metil foi muito empregado no controle de pragas.
- O Ministério da Agricultura de Cuba acelerou e expandiu, de forma significativa, os planos para incrementar a produção de inimigos naturais e assim substituir a importação de inseticidas. A partir de 1990, verificou-se uma redução de 89% na importação de inseticidas químicos e fertilizantes. No final de 1990, em torno de 56% dos inseticidas utilizados na agricultura cubana eram de origem biológica, representando uma economia de US\$ 15,6 milhões por ano. Em 1994, cerca de 222 laboratórios artesanais, os Centros de Producción de Entomófagos y Entomopatógenos (CREE), entraram em operação produzindo insetos, nematoides e entomopatógenos em 15 províncias de Cuba. Atualmente este número alcançou 280 (53 em áreas de cultivo de cana-de-açúcar e 227 em áreas de frutíferas e outras culturas), e está fortemente ligado à utilização de *Bt* na agricultura cubana.⁴⁴
- O emprego de entomopatógenos no controle de pragas no México iniciou na década de 1950 e em 1968/69 testes demonstraram a eficácia de produtos formulados com *Bt* (Thuricide 90T e Thuricide 90TS) no controle de *P. xylostella*.⁴⁵ Porém, a utilização desses bioinseticidas sofreu um aumento significativo apenas a partir de 1990, devido ao grande interesse de instituições públicas e privadas na utilização de patógenos no combate às pragas.
- Em 1999 verificou-se no México um incremento de 15 a 20% na utilização de inseticidas à base de *Bt*, com aplicação estimada em 100.000 hectares de milho, 174.000 hectares de algodão e outros 200.000 hectares em hortaliças e outros cultivos. Somente na região de Bajío Guanajuatense foram aplicadas cerca de 100 toneladas de produtos comerciais à base de *Bt* em 2001. No Estado de Aguascalientes são utilizados produtos à base de *Bt kurstaki* e *Bt aizawai* contra pragas de hortaliças, espinafre e batata em uma área de aproximadamente 1.000 hectares.⁴⁶ Em todo o México, estima-se que 4 a 10% dos inseticidas utilizados tem esta bactéria como ingrediente ativo. As principais companhias produtoras de *Bt* são multinacionais e o custo do controle é de US\$ 19/ha, podendo competir com os produtos químicos existentes no mercado.⁴⁷

trole biológico de insetos-praga. *Biotecnologia, Ciência & Desenvolvimento*, n. 24, p. 47-52, 2002.

- ⁴⁸ QAIM, M.; PRAY, C. E. & ZILBERMAN, D. Economic and social considerations in the adoption of *Bt* crops. In: ROMEIS, J. et al. (Ed.). *Integration of insect-resistant genetically modified crops within IPM programs*. Berlin: Springer, 2008. p. 329-356.
- RIE, J. van. *Bacillus thuringiensis* and its use transgenic insect control technologies. *International Journal of Medical Microbiology*, v. 290, p. 463-469, 2000.
- GUERRA, P. T.; WONG, L. J. G.; ROLDÁN, H. M. et al. Bioinseticidas: su empleo, producción y comercialización en México. *Ciencia UANL*, v. 4, n. 2, p. 143-152, 2001.

- ⁴⁹ FIUZA, L. M. & PINTO, L. M. N. Plantas transgênicas que sintetizam toxinas de *Bacillus thuringiensis* e outras. *Biotecnologia, Ciência & Desenvolvimento*, n. 38, p. 62-67, 2009/2010.

Uso de plantas modificadas geneticamente expressando toxinas de *Bacillus thuringiensis*

O progresso atual da engenharia genética e da biotecnologia tem permitido o desenvolvimento de alternativas concretas para viabilizar o emprego de novas táticas de controle dos insetos-praga em algumas culturas. Dentre as alternativas, destaca-se a possibilidade de obtenção e uso de plantas geneticamente modificadas que contêm genes codificadores das δ -endotoxinas de *B. thuringiensis* (Bt).⁴⁸

Genes de Bt codificadores de proteínas Cry foram isolados e introduzidos em plantas agronomicamente importantes, utilizando diferentes métodos de transformação genética como aqueles que empregam *Agrobacterium*, transformação direta de protoplastos e bombardeamento de partículas ou biobalística. No início da década de 1980, o primeiro gene *cry* foi clonado e expresso em *Escherichia coli*, sendo no final dessa década produzida a primeira planta de tomate com genes de Bt. O milho Maximizer™ da Novartis, o algodão Bollgard™ e a batata Newleaf™ da Monsanto foram introduzidos no mercado norte-americano em 1995, sendo genericamente conhecidas como *plantas-Bt*. Atualmente, o *milho-Bt* é a planta transgênica mais cultivada no mundo sendo utilizada em países como EUA, Brasil, Canadá, Argentina, África do Sul, Espanha e França; o *algodão-Bt* ocupa o segundo lugar. Além do milho, da batata, do tomate e do algodão, outras plantas cultivadas expressam uma ou várias proteínas Cry para o controle de lepidópteros e coleópteros.⁴⁹

A área cultivada no mundo com culturas biotecnológicas continuou a crescer em 2010, alcançando 148 milhões de hectares. Os oito países líderes, cada um dos quais cultivando mais do que um milhão de hectares, em ordem decrescente de área cultivada foram: EUA (66,8 milhões de hectares), Brasil (25,4), Argentina (22,9), Índia (9,4), Canadá (8,8), China (3,5), Paraguai (2,9), Paquistão (2,4) e África do Sul (2,2). Em 2010, o número de agricultores que se beneficiaram dos cultivos biotecnológicos globalmente, em 25 países, subiu para 14,0 milhões, um incremento de 0,7 milhões acima do registrado em 2008. Do total global de 14,0 milhões de produtores rurais biotecnológicos beneficiários em 2009 (ultrapassando os 13,3 milhões em 2008), mais de 90% ou 13,0 milhões (ultrapassando os 12,3 milhões em 2008) eram agricultores pequenos e sem recursos em países em desenvolvimento; o saldo de um milhão eram agricultores de países industrializados,

como EUA e Canadá, e de países em desenvolvimento, como Argentina e Brasil. Dos 13,0 milhões de agricultores pequenos e sem recursos, a maioria era de agricultores de algodão Bt, sendo 6,5 milhões na China e 6,3 milhões na Índia.⁵⁰

⁵⁰ JAMES, C. *Op. cit.*

Em 2008, no município de Manoel Viana, Rio Grande do Sul (Brasil), iniciou-se o cultivo oficial de milho transgênico (Yieldgard). Esta planta geneticamente modificada é resistente às lagartas do colmo, cartucho e espiga. No município foram cultivados 200ha com milho Bt, que se mostra 10 a 15% mais produtivo que o milho convencional.⁵¹ Atualmente o milho Bt é responsável pela maior parte do incremento de plantas transgênicas no Brasil.⁵²

⁵¹ POLANCZYK, R. A.; FRANCO, C. R. & MONNERAT, R. G. Plantas geneticamente modificadas expressando toxinas de *Bacillus thuringiensis*. v. 2. In: POLANCZYK, R. A. et al. (Org.). *Estudos Avançados em Produção Vegetal*. Vitória: G. M. Gráfica e Editora, 2008. p. 471-488.

⁵² JAMES, C. *Op. cit.*

Em 2010, dos 27 países na União Européia, seis oficialmente plantaram milho Bt para produção comercial. Os seis países da UE que cultivaram o milho Bt em 2009, especificados em ordem decrescente de área cultivada, foram Espanha, República Checa, Portugal, Romênia, Polônia e Eslováquia. Em 2008, todos os sete países que cultivaram milho Bt relataram aumento na área plantada em relação a 2007. Entre 2008 e 2009, a situação se modificou. Dos seis países da UE cultivando milho Bt em 2009, Portugal teve uma área cultivada maior do que em 2008, a Polônia manteve a área e a Espanha registrou 4% a menos em área cultivada. O total de lavouras de milho também caiu em 2008 por uma margem semelhante e, sendo assim, o índice de adoção de 22% foi igual para 2008 e 2009. Os outros três países restantes da UE – República Checa, Romênia e Eslováquia –, registraram uma redução de áreas cultivadas com milho Bt em 2009, mesmo tomando com base as áreas cultivadas reduzidas por país de 1.000 a 7.000 hectares.⁵³

⁵³ JAMES, C. *Op. cit.*

O arroz Bt foi aprovado pela China em 27 de novembro de 2009. Essa é a cultura alimentar mais importante do mundo e o arroz modificado expressando toxinas de Bt pode oferecer benefícios calculados em US\$4 bilhões por ano para até 110 milhões de famílias que dele dependem, só na China (440 milhões de beneficiários), que cultivam 30 milhões de hectares; em média, eles plantam um terço de um hectare de arroz. O aumento de rendimento e de renda do agricultor, ao plantar o arroz Bt, pode contribuir para uma melhor qualidade de vida e um ambiente mais seguro e mais sustentável em razão de menor dependência de inseticidas.⁵⁴

⁵⁴ JAMES, C. *Op. cit.*

Um milho biotecnológico inédito, designado de “SmartStax™”, ganhou registro da Agência de Proteção Ambiental (EPA) norte-americana e autorização regulamentar

da Agência de Inspeção Alimentar Canadense (CFIA) em julho de 2009. O SmartStax™ resultou de um acordo de licenciamento mútuo e da colaboração entre o setor de Pesquisa e Desenvolvimento, assinado em 2007, entre a Monsanto Company e a Dow AgroSciences. O SmartStax™, produto de tratamentos múltiplos baseado em um total de 8 genes, é a espécie agrícola biotecnológica de genes combinados mais moderna aprovada até hoje. Tem o objetivo de propiciar o controle mais abrangente de insetos-praga no milho, além de tolerância a herbicidas para o controle de plantas daninhas. O SmartStax™ é o resultado de um conjunto de 4 produtos aprovados dos seguintes eventos: MON 89034 x TC1507 x MON 88017 x DAS-59122-7. Os 8 genes são *cry2Ab*, *cry1A.105*, *cry1F*, *cry3Bb1*, *cry34*, *cry35Ab1*, *cp4*, e *bar* que protegem contra os insetos-alvo: *Ostrinia nubilalis* (Lepidoptera: Pyralidae), *S. frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae), *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: Noctuidae), *A. ipsilon* (Lepidoptera: Noctuidae), *Richia albicosta* (Lepidoptera: Noctuidae), *Diatraea grandiosella* (Lepidoptera: Crambidae), *Diabrotica barberi* (Coleoptera: Chrysomelidae) e *D. vergifera vergifera*.⁵⁵

⁵⁵ JAMES, C. *Op. cit.*
MONSANTO. SmartStax:
new industry standard
stacked-trait platform. (<http://www.monsanto.com/pdf/investors/2007/09-14-07.pdf>)

A agricultura convencional tem causado um impacto expressivo no meio ambiente e a biotecnologia pode ser usada para reduzir essas marcas. Avanços na primeira década incluem redução expressiva no uso de agrotóxicos, economia no uso de combustíveis fósseis e diminuição das emissões de CO₂ através do plantio direto ou de menos aração. Incluem ainda a conservação do solo e da umidade pela otimização da prática de plantio direto através do plantio das variedades de tolerância a herbicidas. A redução acumulada no uso dos pesticidas para o período de 1996 a 2008 foi estimada em 268 milhões de quilos (kg) de ingredientes ativos (i.a.), portanto, uma economia de 6,9% em agrotóxicos, o que corresponde à redução de 13,5% no impacto ambiental associado ao uso de agrotóxicos nestas lavouras, conforme o Quociente de Impacto Ambiental (EIQ). O Quociente é uma medida baseada em diversos fatores que contribuem para o impacto ambiental líquido de um dado ingrediente ativo. As plantas geneticamente modificadas podem contribuir para a redução na emissão dos gases de efeito estufa e ajudar a mitigar as mudanças climáticas de duas maneiras importantes. Em primeiro lugar, na economia permanente nas emissões de dióxido de carbono, através do uso reduzido de combustíveis fósseis, juntamente com a diminuição nas aplicações de inseticidas e herbicidas; em 2008, verificou-se uma economia estimada em 1,22

bilhões de quilos de dióxido de carbono (CO₂), equivalente à retirada de 0,53 de um milhão de carros de circulação. Em segundo lugar, na economia adicional através do plantio conservacionista (necessidade de menos ou nenhuma aração facilitada pelas plantas com tratamento de tolerância a herbicidas) de alimentos para humanos e animais e fibras de origem biotecnológica, levando a um sequestro adicional de carbono no solo equivalente, em 2008, a 13,2 bilhões de quilos de CO₂, ou à retirada de 6,41 milhões de carros de circulação. Assim, em 2008, as economias permanentes e adicionais de sequestro de carbono, juntas, corresponderam a 14,4 bilhões de quilos de CO₂, ou à retirada de 6,94 (cerca de 7) milhões de carros de circulação.⁵⁶

⁵⁶ JAMES, C. *Op. cit.*

Considerações finais

A eficiência de bioinseticidas à base de *B. thuringiensis* e das plantas geneticamente modificadas que expressam toxinas desta bactéria no controle de pragas agrícolas é consenso mundial; porém, no primeiro caso, os Bt-inseticidas sofrem concorrência dos agrotóxicos convencionais que são tradicionalmente usados para controlar as pragas e, por outro lado, a mudança de atitude do agricultor e a procura por um produto com menor impacto sobre o ambiente e sobre a saúde humana ainda são tímidas e sobrepujadas, muitas vezes, pela falácia *da necessidade de aplicar agrotóxicos para poder colher*. O treinamento dos técnicos e agrônomos ligados à extensão rural e o estímulo à produção dos Bt-inseticidas são passos importantes para ampliar os horizontes de uma agricultura sustentável e ecologicamente correta.

As plantas-Bt, embora eficientes no controle das pragas, ainda não são 100% seguras ambientalmente, embora nenhum trabalho científico publicado até hoje seja conclusivo a favor ou contra o uso desta estratégia de controle. Questões como área de refúgio, efeito sobre inimigos naturais, fluxo gênico e efeito sobre a saúde humana ainda são debatidas no cenário científico. Porém, é quase certo que seu efeito sobre o meio ambiente e organismos não alvo é significativamente menor do que o efeito já conhecido dos agrotóxicos sobre os mesmos, amplamente documentado e cientificamente reconhecido. Dessa forma, a questão a ser levantada é se a redução do uso dos agrotóxicos causado pelo aumento da área cultivada com plantas transgênicas é mais importante do que as dúvidas que ainda restam sobre a utilização de transgenia no manejo de pragas na agricultura moderna.

Ricardo Antonio Polanczyk é graduado em Agronomia, doutor em Entomologia e professor do Departamento de Fitosanidade da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Jaboticabal, São Paulo.
rapolanc@fcav.unesp.br

Lidia Mariana Fiuza é graduada em Agronomia, doutora em Ciências Agronômicas e professora do Centro de Ciências da Saúde da Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, Rio Grande do Sul.
fiuza@unisisinos.br

Sergio Antonio De Bortoli é graduado em Agronomia, doutor em Entomologia e professor do Departamento de Fitosanidade da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Jaboticabal, São Paulo.
bortoli@fcav.unesp.br

VÍRUS ENTOMOPATOGÊNICOS COMO COMPONENTES DE PROGRAMAS DE MANEJO INTEGRADO DE PRAGAS

Flávio Moscardi
Fabiane Cunha
Maurício Lara Moscardi

O uso de baculovírus é elemento importante em programas de Manejo Integrado de Pragas (MIP), uma vez que se trata de grupo bastante específico em relação aos seus hospedeiros, não afetando outros artrópodes, inclusive predadores e parasitoides de pragas. Além disso, o seu uso é seguro para vertebrados e plantas, bem como para o meio ambiente. A utilização desses agentes tem ocorrido desde a década de 1970, em vários países, e contra Lepidoptera, em diversas culturas, inclusive no Brasil. Até agora foram desenvolvidos cerca de 50 produtos comerciais à base de vírus da família Baculoviridae. Dentre eles, cabe destacar o Nucleopolyhedrovirus da lagarta-da-soja, *Anticarsia gemmatalis* (AgMNPV), que se tornou um programa reconhecido mundialmente por sua área de abrangência no Brasil e em alguns países da América Latina.

Introdução

Há pelo menos 12 famílias de vírus associados a insetos e outros artrópodes¹ (quadro 1), sendo a Baculoviridae a mais pesquisada e utilizada como bioinseticida no mundo. Isso se deve às suas características favoráveis como segurança a insetos não visados, aos vertebrados, às plantas e ao ambiente, além de sua compatibilidade com programas de Manejo Integrado de Pragas (MIP) por não afetarem os agentes naturais de controle (entomopatógenos, predadores e parasitoides), quando aplicados como inseticidas biológicos². Os baculovírus são, na maioria, altamente específicos, não afetando outras espécies de insetos, incluindo espécies que são consideradas pragas. Devido a essas características, os baculovírus são agentes ideais para uso em programas de MIP, para o controle de pragas em culturas anuais ou perenes, em florestas e em pastagens.

¹ ERLANDSON, M. Insect pest control by viruses. In: MAHY, B. W. J. & REGEN-MORTEL, M. H. V. (Eds.). *Encyclopedia of Virology*, third edition. Oxford: Academic Press, 2008. 3:125-133.

² MOSCARDI, F. Assessment of the application of baculoviruses for the control of Lepidoptera. *Annual Review of Entomology*, Palo Alto, CA, v. 44, p. 257-289, 1999. MOSCARDI, F.; SOUZA, M. L.; CASTRO, M. E. B.; MOSCARDI, M. L. & SZEWCZYK, B. Baculovirus pesticides: present state and future perspectives. In: AHMAD, I; AHMAD, F. & PICHEL, J. (Eds.). *Microbes and Microbiological*

Quadro 1: Famílias de vírus associadas a insetos e relação com vírus associados a vertebrados (V) e/ou plantas (P). Adaptado de Erlandson, M.³

Família/gênero	Ácido Nucleico	Forma do Virion	OB ⁴	Vírus relacionados a	
				V	P
Baculoviridae					
Nucleopolyhedrovirus	dsDNA, circular	bastonete	+	-	-
Granulovirus	dsDNA, circular	bastonete	+	-	-
Reoviridae					
Cypovirus	dsRNA, linear	isométrico	+	+	+
Poxviridae					
Entomopoxvirus	dsDNA, linear	ovóide	+	+	-
Tetraviridae					
Betatetraviridae	ssRNA+, 1-linear	isométrico	-	-	-
Omeгатetravirus	ssRNA+, 2-linear	isométrico	-	-	-
Dicistroviridae					
Cripavirus	ssRNA+, linear	isométrico	-	-	-
Nodaviridae					
Alphanodavirus	ssRNA+, 2-linear	isométrico	-	+	-
Iridoviridae					
Iridovirus e Chloridovirus	dsDNA	isométrico	-	+	-
Ascoviridae					
Ascovirus	dsDNA, circular	bastonete a circular	-	-	-
Polydnaviridae					
Bracovirus	dsDNA, m-circular	bastonete	-	-	-
Ichnovirus	dsDNA, m-circular	fusiforme	-	-	-
Parvovirus					
Densovirus	ssDNA	isométrico	-	+	-

Technology: Agricultural and Environmental Applications. Springer, 2011. p. 415-445.

³ ERLANDSON, M. Insect pest control by viruses. *Op. cit.*

⁴ OB significa presença ou ausência de corpos de oclusão dos virions.

⁵ THEILMANN, D. A. *et al.* Baculoviridae. In: FAUQUET, C. X. *et al.* (Eds.). *Virus Taxonomy. Classification and Nomenclature of Viruses.* Report of the International Committee on Viruses. Amsterdam: Elsevier, 2005. p. 177-185.

⁶ ROHRMANN, G. F. Baculovirus molecular biology. In: *National Library of Medicine.* Bethesda, US: NCBI, 2008.

⁷ JEHLE, J. A. *et al.* On the classification and nomenclature of baculoviruses: a proposed revision. *Archives of Virology*, v. 151, p. 1.257-1.266, 2006.

Os baculovírus se constituem num grupo amplo de vírus patogênicos a artrópodes, principalmente de insetos das ordens Lepidoptera, Hymenoptera e Diptera. Replicam no núcleo de células infectadas e possuem DNA de dupla fita variando de 80 a 180kbp, codificado por 100 a 180 proteínas⁵. Genomas de mais de 50 baculovírus foram analisados e publicados, incluindo o da lagarta-da-soja, *Anticarsia gemmatalis*⁶. Esses vírus pertencem à família Baculoviridae, que é presentemente subdividida em quatro gêneros, com base na evidência filogenética e características moleculares, segundo proposição de um grupo de especialistas em virologia de insetos⁷:

- *Alphabaculovirus* (vírus de poliedrose nuclear de Lepidoptera)
- *Betabaculovirus* (vírus de granulose de Lepidoptera)
- *Deltabaculovirus* (vírus de poliedrose nuclear de Diptera)
- *Gammabaculovirus* (vírus de poliedrose nuclear de Hymenoptera)

Os baculovírus associados a lepidópteros têm um modo de ação que se inicia pela ingestão de poliedros (NPV) ou grânulos virais (GV) pelo inseto hospedeiro, com a infecção ocorrendo resumidamente da seguinte forma: a) após a ingestão dos poliedros ou grânulos virais, os corpos de oclusão (poliédricos ou granulares) se dissolvem no intestino médio da larva hospedeira, devido ao elevado pH (acima de 11), liberando os virions; b) estes se fundem às microvilosidades das células epiteliais do intestino médio, liberando os nucleocapsídeos virais, constituídos basicamente de ácido nucléico (DNA) e “envelope”; c) os nucleocapsídeos penetram através dessas microvilosidades, liberando DNA viral através dos poros nucleares, onde há a replicação viral, sem a formação de poliedros ou grânulos, constituindo numa infecção primária, mas com a produção de grande quantidade de nucleocapsídeos; d) estes migram para a membrana basal ou através da traquéia, assumindo a forma de “budded virus”, que será responsável pela infecção secundária (ou sistêmica) em diferentes tecidos após atingir a hemolinfa do inseto hospedeiro. Ou seja, os “budded virus” são responsáveis pela transmissão viral em diferentes tecidos do inseto, enquanto os poliedros ou grânulos são responsáveis pela transmissão de inseto para inseto em campo; e) as lagartas infectadas perdem sua capacidade motora e de alimentação, em cerca de quatro dias após a alimentação, morrendo de seis a dez dias após a infecção; f) os sintomas típicos em lagartas infectadas se configuram pela descoloração do corpo (amarelo a esbranquiçado, figura 1), em relação a lagartas sadias (figura 2), como no caso da lagarta-da-soja, *A. gemmatalis*.



Figura 1: Lagarta-da-soja (*Anticarsia gemmatalis*), com sintoma típico de infecção por seu baculovírus. Descoloração do corpo, com cor “leitosa”. Geralmente morrem de penduradas na parte superior das plantas



Figura 2: Lagarta sadia de *Anticarsia gemmatalis*

A maioria dos baculovírus possui duas enzimas (quitinase e catepsina), que promovem rápida desintegração da cutícula e liquefação de larvas de Lepidoptera. Essas enzimas não estão presentes no genoma da lagarta-da-soja, fazendo com que os corpos das larvas mortas fiquem intactos por alguns dias, propiciando sua coleta em condições de campo, conforme será discutido em item posterior. Até hoje, não foi possível a produção comercial de baculovírus “in vitro” por problemas técnicos, uma vez que há atenuação viral, através de mutação, após quatro a cinco passagens em células de insetos em fermentadores.⁸ Portanto, a produção comercial de baculovírus tem sido realizada apenas “in vivo”, utilizando insetos produzidos em laboratório e/ou através da aplicação em campo e coleta de lagartas mortas, que serão exemplificados com o caso do uso do AgMNPV contra a lagarta-da-soja no Brasil e outros países da América Latina. O uso de baculovírus em nível mundial será discutido resumidamente, com base no trabalho de Moscardi *et al.*, bem como o uso do baculovírus da lagarta-da-soja e outros vírus no Brasil.⁹

⁸ MOSCARDI, F.; SOUZA, M. L.; CASTRO, M. E. B.; MOSCARDI, M. L. & SZEWCZYK, B. *Op. cit.*

⁹ MOSCARDI, F.; SOUZA, M. L.; CASTRO, M. E. B.; MOSCARDI, M. L. & SZEWCZYK, B. *Op. cit.*

Fatores que limitam o uso de baculovírus

Para o sucesso de programas de uso de baculovírus há dependência de uma combinação de fatores, incluindo a seleção do isolado mais virulento, momento adequado da aplicação (uma vez que os estádios iniciais são os mais suscetíveis e as larvas podem levar de sete a dez dias para morrer), monitoramento populacional frequente, tecnologia apropriada de aplicação, clima, dentre outros. Entretanto, a radiação solar é o principal fator que afeta a persistência de baculovírus em campo. A atividade viral pode ser completamente comprometida em 24 horas, mas a meia vida média varia de 2 a 5 dias. Esse problema pode ser resolvido, usando na formulação substâncias que atuam como protetores solares, prolongando a atividade viral em campo.

Devido a sua alta especificidade, os baculovírus são mais adequados para uso em culturas em que o inseto hospedeiro não ocorre simultaneamente com outras pragas importantes. Ainda, se um programa de MIP não é adotado pelos agricultores, há dificuldades para o sucesso do uso de baculovírus, uma vez que o inseto-alvo precisa ser monitorado frequentemente (pelo menos uma vez por semana), de modo a aplicar o inseticida biológico quando a maioria das larvas se encontram em estádios iniciais (mais suscetíveis). A velocidade para matar a praga (baculovírus são len-

tos) pode levar agricultores a não adotar o inseticida viral e dar preferência a inseticidas químicos, de rápida ação sobre a praga. Apesar dessa e outras limitações, é perfeitamente possível obter êxito no controle de uma praga por baculovírus, adotando-se estratégias corretas recomendadas pela pesquisa.

Uso de baculovírus no mundo

Os principais baculovírus utilizados desde a década de 1970 estão discriminados no quadro 2. Desde o registro do primeiro baculovírus para o controle do complexo *Helicoverpa/Heliiothis*, em 1975, sob o nome comercial Elcar, produzido pela Sandoz, nos Estados Unidos da América, foram desenvolvidos mais de 50 produtos à base de baculovírus nos diferentes continentes.¹⁰ O complexo de espécies dos gêneros *Helicoverpa* e *Heliiothis* tem sido um dos mais estudados e utilizados comercialmente pela importância econômica em várias culturas nos vários continentes, envolvendo países como Austrália, China, EUA e Índia. Na China, NPVs de *H. armigera* são utilizados em mais de 100.000ha anualmente, envolvendo sua produção por pelo menos 12 empresas. A China deve ser o país com maior número de baculovírus autorizados para a produção comercial, incluindo onze produtos para vários insetos e várias culturas, além do NPV de *H. armigera*. Outro gênero que causa impacto econômico severo na produção de alimentos é *Spodoptera*, representado principalmente pelas espécies *S. frugiperda*, *S. exigua*, *S. littoralis* e *S. litura*. Atualmente, o NPV de *S. exigua*, sob diferentes nomes comerciais, tem sido utilizado para controlar essa espécie em hortaliças e flores nos EUA, Europa, China e Tailândia, principalmente em cultivos protegidos.

Outro exemplo importante é o uso de granulovírus (GV) para controlar larvas de tortricídeos (*Adoxophyes honmai* e *Hormona magnanima*) na cultura do chá, na província da Kagoshima no Japão. Estabeleceram cinco laboratórios de produção, subsidiados pelo governo, mas operacionalizado por uma cooperativa de produtores de chá. A área pulverizada com os GV atingiu 5.850ha em 1995, equivalente a 80% das áreas de chá no distrito. Um dos casos de sucesso se verifica quanto à comercialização de um baculovírus (GV) na Europa para controlar a lagarta *Cydia pomonella* em frutíferas, especialmente maçã e pera. O CpGV tem sido produzido por diferentes empresas, com diferentes nomes comerciais e empregado na Argentina,

¹⁰ MOSCARDI, F.; SOUZA, M. L.; CASTRO, M. E. B.; MOSCARDI, M. L. & SZEWCZYK, B. *Op. cit.*

Canadá, França, Alemanha, Rússia e Suíça. O produto Madex (Andermatt Biocontrol) é utilizado em mais de 250.000ha/ano. Considerando a adoção de outros nomes comerciais do CpGV, esse pode ser um dos inseticidas mais aplicados na atualidade, em termos de área tratada. Em sistemas florestais, principalmente em regiões temperadas, larvas de Lepidoptera e de Hymenoptera são pragas significativas. Um NPV de *Lymantria dispar* (Lep.: Lymantridae) foi desenvolvido desde a década de 1980 como inseticida viral, sob diferentes nomes comerciais, como Gypcheck e Disparvirus. NPV de himenópteros, como *Neodiprion sertifer*, *N. abietis* e *Diprion pini* (Diprionidae) também foram desenvolvidos como produtos comerciais.

¹¹ MOSCARDI, F.; SOUZA, M. L.; CASTRO, M. E. B.; MOSCARDI, M. L. & SZEWCZYK, B. *Op. cit.*

Quadro 2: Principais exemplos de baculovírus utilizados como inseticidas microbianos. Modificado de Moscardi, F. *et al.*¹¹

Inseto Hospedeiro	Ordem	Baculovírus	Nome do Produto	Cultura(s) alvo
<i>Adoxophyes honmai</i>	Lepidoptera	GV	–	Chá
<i>Adoxophyes orana</i>	Lepidoptera	GV	Capex 2	Macieira
<i>Anticarsia gemmatalis</i>	Lepidoptera	NPV	Baculovírus Nitral Coopervirus, Baculovírus AEE	Soja
<i>Buzura supressaria</i>	Lepidoptera	NPV	–	Chá, tung e palmas
<i>Cydia pomonella</i>	Lepidoptera	GV	Madex, Virosoft, Capex Carpovirusine, Granupon, Virin Cyap, Cyd-X	Macieira e pereira
<i>Erinnyis ello</i>	Lepidoptera	GV	– Virin Cyap, Cyd-X	Mandioca
<i>Helicoverpa/Heliothis</i>	Lepidoptera	NPV	Elcar, GemStar e outros	Algodoeiro, Hortaliças
<i>Hormona magnanima</i>	Lepidoptera	GV	–	Chá
<i>Lymantria dispar</i>	Lepidoptera	NPV	Gypcheck	Florestas
<i>Neodiprion abietis</i>	Hymenoptera	NPV	Abietiv	Bálsamo do Canadá
<i>Neodiprion lecontei</i>	Hymenoptera	NPV	Lecontvirus	Pinheiros
<i>Neodiprion sertifer</i>	Hymenoptera	NPV	Neocheck-S, Virox	Florestas
<i>Orgyia pseudotsugata</i>	Lepidoptera	NPV	TM Biocontrol	Abeto vermelho
<i>Phthorimmaea operculella</i>	Lepidoptera	GV	PTM Baculovírus, Matapol	Batata em campo e em armazenagem
<i>Spodoptera exigua</i>	Lepidoptera	NPV	Spod-X, Ness-A, Ness-E	Hortaliças, plantas em cultivos protegidos e cultivadas em campo
<i>Spodoptera frugiperda</i>	Lepidoptera	NPV	–	Milho

Na América Latina, o principal vírus em uso é o NPV da lagarta-da-soja, *Anticarsia gemmatalis*. Os exemplos de utilização no Brasil serão discutidos resumidamente na sequência: o NPV da lagarta-da-soja merecerá discussão em maior detalhe como estudo de caso, dada a importância desse programa.

Uso de baculovírus no Brasil

O GV do mandarová-da-mandioca, *Erinnyis ello*, foi inicialmente utilizado em Santa Catarina e depois no Paraná, com ênfase para a região de Paranaíba, que tem produção significativa dessa cultura. Sua multiplicação é realizada apenas em campo através da aplicação e coleta de lagartas mortas, que são liquefeitas e armazenadas em freezer já em recipientes plásticos, com quantidade (cerca de 50ml) para 1 alqueire. Atualmente, a área de cultivo na região de Paranaíba é de 40.000ha, sendo 80% tratada com o GV de *E. ello*. Até 2004, o vírus era produzido pela Emater/Paraná, mas hoje só os produtores o fazem.

Outro vírus em uso é o NPV do mandarová-do-álamo, *Condylorrhiza vestigialis*, que é produzido em larvas do hospedeiro em dieta artificial. O objetivo principal é sua aplicação em 2.000ha/ano, o que representa a área infestada de um total de 5.500ha de plantações de álamo (*Populus* spp) no sul do Brasil. O NPV da lagarta-do-cartucho do milho, *Spodoptera frugiperda*, uma praga de alta relevância econômica em vários cultivos, chegou a ser produzido pela Embrapa Milho e Sorgo e utilizado em 20.000ha/ano. Entretanto, devido a dificuldades técnicas e altos custos, este programa foi encerrado temporariamente. Há alguns anos tem sido realizados ajustes na metodologia de produção que devem possibilitar a retomada do programa.

Uso do NPV da lagarta-da-soja, A. gemmatalis (AgMNPV)

O único baculovírus registrado no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para uso no Brasil é o NPV da lagarta-da-soja. Esse vírus serve como prova importante de que os baculovírus representam estratégia viável para o controle de insetos no contexto de programas de MIP. A evolução do uso do AgMNPV pode servir de exemplo, uma vez que chegou a ser utilizado em aproximadamente 2,0 milhões de hectares de soja na safra 2003/2004. Entretanto, devido a mudanças nas práticas culturais pelos sojicultores, o uso do AgMNPV apresentou um drástico declínio nos últimos 8 anos, para aproximadamente 300.000ha/ano.¹²

¹² MOSCARDI, F.; SOUZA, M. L.; CASTRO, M. E. B.; MOSCARDI, M. L. & SZEWCZYK, B. *Op. cit.*

O programa foi implantado em campo na safra 1982/1983, com base em um conjunto inicial de resultados de pesquisa e testes em várias áreas “piloto”, em propriedades de sojicultores.¹³ Inicialmente, pequenas quantidades do AgMNPV foram produzidas em larvas de *A. gemmatalis* criadas na Embrapa Soja, em Londrina, Paraná. Amostras eram distribuídas a técnicos da extensão para o tratamento de parcelas de demonstração e aos agricultores para a produção do agente biológico, através da coleta de insetos mortos e armazenamento sob congelamento para uso na safra subsequente. Uma formulação do AgMNPV foi desenvolvida em 1986, o que permitiu melhor padrão e controle de qualidade em contraposição ao uso do vírus extraído através de maceração de lagartas.¹⁴ Um acordo legal entre a Embrapa e companhias privadas, em 1990, permitiu consolidar e expandir o programa para várias regiões do país. Esforços iniciais para a produção comercial do AgMNPV em laboratório, utilizando-se insetos criados em dieta artificial, revelaram-se tecnicamente viáveis, mas devido ao alto custo do produto final, as empresas interromperam a produção.

Por outro lado, a produção em campo se tornou importante por possibilitar a obtenção de grandes quantidades de lagartas mortas pelo vírus a um custo baixo. Esse método consiste na aplicação do vírus em grandes áreas de produtores de soja para a coleta (utilizando inúmeros diaristas) de lagartas mortas diariamente e seu armazenamento em freezers para posterior extração do vírus e formulação. Esse método se tornou um grande negócio para pequenas empresas. Essas se encarregavam da obtenção da matéria-prima (lagartas mortas) que era vendida para empresas privadas formuladoras de produtos comerciais à base do AgMNPV. Para demonstrar a importância desse método de produção, na safra 2002/2003 cerca de 45 toneladas de lagartas mortas pelo vírus foram coletadas e vendidas às companhias privadas, representando material suficiente para o tratamento de aproximadamente dois milhões na safra seguinte. Entretanto, a produção a campo apresenta variabilidade na quantidade obtida, devido a maior ou menor incidência do inseto de safra a safra. Também, a qualidade do material produzido é variável e passou a declinar em função de mudanças na coleta das lagartas.¹⁵ Com isso, foram retomadas atividades de pesquisa para levar a uma produção comercial do AgMNPV em laboratório, que resultasse num produto final de custo competitivo quando comparado aos inseticidas químicos disponíveis no mercado para o controle do inseto.

¹³ MOSCARDI, F. Utilização de vírus para o controle da lagarta da soja. In: ALVES, S. B. (Ed.). *Controle Microbiano de Insetos*. São Paulo: Manole, 1986. p. 188-202.

¹⁴ MOSCARDI, F. Assessment of the application of baculoviruses for the control of Lepidoptera. *Annual Review of Entomology*, Palo Alto, CA, v. 44, p. 257-289, 1999.

¹⁵ MOSCARDI, F.; SOUZA, M. L.; CASTRO, M. E. B.; MOSCARDI, M. L. & SZEWCZYK, B. *Op. cit.*

Viabilização da produção comercial do AgMNPV em laboratório: avanço importante

¹⁶ MOSCARDI, F.; LEITE, L. G. & ZAMATARO, C. E. Production of nuclear polyhedrosis virus of *Anticarsia gemmatalis* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae): effect of virus dosage, host density, and age. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*, v. 26, p. 121-132, 1997.

¹⁷ SANTOS, B. *Avanços na produção massal de lagartas de Anticarsia gemmatalis Hübner 1818 (Lepidoptera: Noctuidae) infectadas com o seu vírus de poliedrose nuclear, em laboratório, e do bioinseticida à base desse vírus*. UFPR, Tese de Doutorado, 2003.

Através de pesquisas, tomando como ponto de partida trabalho anterior¹⁶, modificaram-se aspectos importantes da produção em laboratório e que resultavam em alto custo do produto final obtido. Entre essas modificações, destacou-se o uso de ingredientes da dieta artificial do inseto, o tipo de recipiente para produção de lagartas, além da dosagem do vírus na dieta, estágio larval na inoculação e número de larvas por recipiente.¹⁷ O custo da dieta artificial foi reduzido em aproximadamente 85%, através da substituição do Ágar por outra substância jelificante e a redução de 50% no conteúdo de caseína. Com isso, obteve-se um produto à base do AgMNPV com custo igual ou inferior à maioria dos inseticidas químicos, viabilizando sua produção em laboratório.

Em 2003, uma empresa privada (Coodetec) instalou um laboratório piloto para a produção do vírus em Cascavel, Paraná, e em sete meses estava inoculando 100.000 larvas por dia, empregando 14 pessoas. O sucesso da produção levou a Coodetec a estabelecer, em 2004, dois grandes laboratórios de 750m² cada: um para a produção do inseto e outro para a produção do vírus. O objetivo era atingir 800.000 a 1.000.000 lagartas por dia, empregando 45 pessoas de modo a produzir anualmente vírus suficiente para 2.000.000 de hectares. A produção durou alguns anos, mas a empresa encerrou essa atividade em virtude da drástica redução na demanda pelo produto biológico, em função de problemas que serão discutidos a seguir.

Retrocesso no programa de uso do AgMNPV no Brasil

O retrocesso no programa de manejo integrado de pragas da soja (MIP Soja) nos últimos sete anos se deve ao abandono da amostragem das pragas e de outros procedimentos recomendados pelo programa. Isso levou a práticas equivocadas pelos sojicultores, como o “aproveitamento” de operações, tais como mistura de inseticidas de amplo espectro com herbicidas utilizados na dessecação e com herbicidas pós-emergentes. Essas práticas são prejudiciais aos inimigos naturais das pragas, causando desequilíbrio no sistema de produção, promovendo insetos/organismos outrora secundários na cultura como insetos de importância econômica, a exemplo da lagarta-falsa-medideira, *Pseudoplusia includens*, *Spodoptera* spp., ácaros, mosca branca, dentre outros. Os sojicultores, com isso, entram num círculo vi-

cioso, o que gera mais aplicações. Passam a aplicar inseticidas contra essas pragas, não sendo possível utilizar um produto biológico, como o AgMNPV, que só controla a lagarta-da-soja, levando a uma redução drástica no uso desse inseticida biológico.

Considerações finais

Os baculovírus são agentes ideais para o controle de pragas em programas de MIP, pois não promovem desequilíbrio, danos ambientais e intoxicação humana, ao contrário da maioria dos inseticidas químicos. Apesar de mais de 50 produtos comerciais à base desses agentes terem sido desenvolvidos em vários países desde 1975, seu uso ainda é baixo (cerca de 0,5%) em relação ao mercado total de inseticidas. Portanto, há muito a se fazer para aumentar o uso de baculovírus no Brasil e no exterior, dados os benefícios inerentes às características desses agentes. Com a crescente conscientização sobre a necessidade de se obter produtos de qualidade, sem prejuízos ambientais, espera-se um aumento no uso de produtos à base desses agentes. Entretanto, a utilização de agentes muito específicos vai depender de programas estabelecidos de MIP, em que a integração de diferentes técnicas disponíveis é recomendada para reduzir o número de aplicações de inseticidas químicos em cada cultura e para minimizar o impacto ambiental do controle de pragas. Em culturas como a soja, em que houve retrocesso do MIP, há necessidade do estabelecimento de estratégias envolvendo diversas instituições (governamentais, ensino, pesquisa, assistência técnica e empresas privadas – por exemplo, cooperativas, associações de classe etc.) visando a retomada do MIP. Esse tipo de ação já está sendo empreendida no Paraná. O caso da soja no Brasil é emblemático, pois com o abandono do MIP Soja, o uso do AgMNPV decresceu de 2,0 milhões de hectares para cerca de 300.000ha em oito anos. A educação de produtores quanto à importância do controle biológico e do uso de inseticidas virais será decisiva para incrementar a utilização desses agentes em vários sistemas de produção.

Flávio Moscardi é engenheiro agrônomo, doutor em Entomologia e professor senior dos Programas de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, Paraná, e da Universidade do Oeste Paulista, São Paulo.

fmoscaldi@gmail.com

Fabiane Cunha é bióloga, doutora em Entomologia, professora da Universidade do Oeste Paulista, São Paulo, e professora colaboradora da Universidade Estadual de Londrina, Paraná.

fabiane@unoeste.br

Maurício Lara Moscardi é engenheiro agrônomo e mestrando em Agronomia na Universidade Estadual de Londrina, Paraná.

mauriciomoscardi@hotmail.com

FUNGOS ENTOMOPATOGÊNICOS

Pedro Manuel Oliveira Janeiro Neves
Patricia Helena Santoro

Os fungos entomopatogênicos, descobertos por Agostino Bassi por volta de 1830, representam importante ferramenta para o controle de pragas, em particular no atual contexto do manejo integrado. Esse grupo de organismos ganha relevância quando inserido em estratégias de controle biológico devido à capacidade de supressão de populações de artrópodes, ao amplo espectro de hospedeiros e às possibilidades de cultivo *in vitro* e também de formulação. Doze espécies de fungos têm sido utilizadas em aplicações inundativas e inoculativas, com destaque para *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae*, que juntos representam 65% do total comercializado em escala mundial e também no Brasil. Apesar do grande potencial patogênico dos fungos, fatores como a ação mais lenta, a dependência de variáveis ambientais e a incompatibilidade com agrotóxicos, entre outros, acabam por impor limitações à expansão do seu uso.

A teoria microbiana das doenças teve início com a descoberta dos fungos entomopatogênicos na década de 1830, quando Agostino Bassi demonstrou, pela primeira vez, que um microrganismo era capaz de causar doença, e que esta podia ser transmitida de um indivíduo doente para outro sadio. Tratava-se da “muscardina”, doença causada pelo fungo *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill., que dizimava as populações de bichos-da-seda em toda a Europa.¹ Apesar da descoberta de Bassi, apenas no final da década de 1870 é que o pesquisador russo Elie Metschnikoff realizou o primeiro trabalho de controle microbiano, utilizando o fungo *Metarhizium anisopliae* (Metsch) para o controle de *Anisoplia austriaca* (Herbst) (Coleoptera: Scarabeidae).²

Atualmente, a utilização do controle biológico e as práticas culturais adequadas para promovê-lo formam a base do manejo integrado de pragas (MIP), que pode ser complementado com o uso racional de inseticidas químicos e outras formas de controle.³ No controle biológico, os fungos são organismos bastante eficazes devido à capacidade de supressão de populações de artrópodes, ao amplo espectro de hospedeiros, bem como à possibilidade de serem cultivados *in vitro* e de serem formulados.⁴ A ocorrência desses patógenos é relativamente comum, sendo importantes agentes de controle em condições naturais.⁵ Uma de suas principais vantagens é a ampla variabilidade genética intra e interespecífica, o que possibilita selecionar isolados altamente virulentos para um vasto espectro de hospedeiros e que sejam mais adaptados às diferentes condições ambientais.

Cerca de 12 espécies de fungos têm sido utilizadas em aplicações inundativas e inoculativas, das quais *M. anisopliae* (figura 1) e *B. bassiana* (figura 2) são as mais comuns, pois representam juntas mais de 65% do total comercializado⁶, fato que provavelmente se deve à ampla distribuição geográfica, vasta gama de hospedeiros e alta variabilidade genética destas espécies.⁷ No Brasil, elas também são as mais utilizadas para o controle de pragas como as cigarrinhas-da-cana-de-açúcar, *Mahanarva posticata* e *M. fibriolata*; cigarrinhas-da-pastagem pertencentes aos gêneros *Mahanarva*, *Deois* e *Zulia*; cupim de montículo, do gênero *Cornitermes*, em pastagem; gafanhotos *Schistocerca pallens*, *Stiphra robusta*, *Rhammatocerus schistocercoides*; moleque-dabananeira, *Cosmopolites sordidus*; percevejo-de-renda em seringueira, *Leptopharsa haveae*; broca-do-café, *Hypothenemus hampei* e pragas em cultivos protegidos como *Tetranychus urticae*, *Frankliniella occidentalis* e *Bemisia tabaci*.⁸

¹ FERREIRA, R. R. & MARTINS, R. A. Primórdios da moderna teoria dos germes: Agostinho Bassi e a doença dos bichos-da-seda. *Episteme: Filosofia e História das Ciências em Revista*, Porto Alegre, v. 3, p. 55-71, 1997.

² ALVES, S. B. Patologia e controle microbiano: vantagens e desvantagens. In: ALVES, S. B. (Ed.). *Controle Microbiano de Insetos*. Piracicaba: FEALQ, 1998. p. 21-38.

³ PEREIRA, O. M.; ALVES, S. B.; SOSA-GOMES, D. R. & MACEDO, N. Utilização de entomopatógenos no Manejo Integrado de Pragas. In: ALVES, S. B. (Ed.). *Controle Microbiano de Insetos*. Op. cit. p. 1.096-1.118.

⁴ LEITE, L. G.; BATISTA FILHO, A.; ALMEIDA, J. E. M. & ALVES, S. B. *Produção de fungos entomopatogênicos*. Ribeirão Preto, 2003. 92 p.

⁵ BUTT, T. M.; JACKSON, C. & MAGN, N. *Fungi as biocontrol agents: progress, problems and potencial*. New York: CAB, 2001. 390 p.

⁶ FARIA, M. R. & WRAIGHT, S. P. Mycoinsecticides and Mycoacaricides: A comprehensive list with worldwide coverage and international classification of formulation types. *Biological Control*, Orlando, v. 43, p. 237-256, 2007.

⁷ ALVES, S. B. Fungos entomopatogênicos. In: ALVES, S. B. (Ed.). *Controle Microbiano de Insetos*. Op. cit. p. 289-382.

⁸ ALVES, S. B.; LOPES, R. B.; VIEIRA, S. A. & TAMAI, M. A. Fungos entomopatogênicos usados no controle de pragas na América Latina. In: ALVES, S. B. & LOPES, R. B. (Eds.). *Controle Microbiano de Pragas na América Latina*. Piracicaba: FEALQ, 2008. p. 69-110.



Figura 1: *Metarhizium anisopliae* infectando *Coraliomela brunnea* (Coleoptera: Chrysomelidae), falsa-barata-do-coqueiro (à direita, larva sadia; à esquerda, larva infectada)



Figura 2: *Beauveria bassiana* infectando *Hedypathes betulinus* (Coleoptera: Cerambycidae), broca da erva-mate

Os fungos podem infectar diferentes estágios de desenvolvimento dos insetos, como ovos, larvas, pupas e adultos. A maioria é altamente especializada na penetração via tegumento (figura 3), o que os coloca em vantagem com relação a outros patógenos que infectam o inseto por via oral, como por exemplo, os vírus e as bactérias. O ciclo das relações fungo-hospedeiro apresenta as seguintes fases: adesão dos conídios sobre o corpo do inseto, germinação, formação dos apressórios, penetração, colonização, reprodução do patógeno e disseminação, para o início de um novo ciclo.⁹

⁹ ALVES, S. B. Fungos entomopatogênicos... *Op. cit.*



Figura 3: Conídios de *Beauveria bassiana* sobre garra tarsal de *Alphitobius diaperinus* (Coleoptera: Tenebrionidae), cascudinho dos aviários

Apesar das vantagens, alguns fatores têm limitado o aumento do uso de fungos no controle microbiano em várias culturas. Um dos problemas para sua aceitação está relacionado à sua ação mais lenta quando comparada à dos inseticidas químicos. Além disso, é necessário que haja condições ambientais favoráveis de temperatura, umidade e luminosidade para que sejam eficientes, pois a atividade fúngica é fortemente influenciada por esses fatores.¹⁰ Observa-se que os fungos apresentam bom desempenho no controle de insetos em laboratório, mas a maioria torna-se menos eficaz em condições de campo.¹¹ Isso se deve à ação de fatores climáticos, de microrganismos competidores ou antagonistas e da incompatibilidade com agrotóxicos e outros insumos agrícolas, utilizados principalmente no manejo fitossanitário. Assim, todos esses fatores devem ser considerados e, quando possível, manipulados de modo a proporcionar a conservação do patógeno na área, favorecer a ocorrência natural de epizootias e aumentar a eficiência dos fungos aplicados.

A estratégia de conservação dos agentes de controle biológico, também conhecida como controle conservativo,

¹⁰ PELL, J. K.; EILENBERG, J.; HAJEK, A. E. & STEINKRAUS, D. C. Biology, ecology and pest management potential of Entomophthorales. In: BUTT, T. M.; JACKSON, C. & MAGAN, N. (Ed.). *Fungi as biocontrol agents: progress, problems and potential*. Wallingford: CAB International, 2001. p. 71-153.

¹¹ BUTT, T. M. & COPPING, L. G. Fungal biological control agents. *Pesticide outlook*, v. 11, p. 186-191, 2000.

deve ser considerada uma das mais importantes no MIP, pois afeta diretamente a introdução inoculativa, a inundativa e o controle microbiano por incremento. Esta estratégia, baseada em estudos ecológicos e epizootiológicos, é muito importante para os patógenos que se caracterizam por causar epizootias, dentre os quais se destacam os fungos. O controle biológico conservativo visa à preservação do inóculo no ambiente, contribuindo para a formação de focos primários da doença, que podem desencadear epizootias e/ou evitar a ressurgência ou surtos de pragas.

A manipulação do ambiente pode favorecer a conservação dos patógenos e, conseqüentemente, diminuir as populações das pragas sem a necessidade de aplicações de unidades infectivas, contribuindo para a prevalência da doença no agroecossistema. As práticas culturais disponíveis e usualmente empregadas devem ser alteradas de modo a aumentar a atividade do entomopatógeno. Como exemplo, é possível atrasar ou antecipar uma prática cultural que pode ser deletéria para a população do entomopatógeno, de modo que esta não coincida com sua aplicação. Contudo, a melhor conservação dos fungos entomopatogênicos depende da integração de várias táticas, pois quando aplicadas de forma isolada são pouco representativas, uma vez que os fungos podem ser afetados positiva ou negativamente pela ação simultânea e interativa de vários fatores bióticos e abióticos.

A fase mais crítica da sobrevivência dos fungos corresponde ao momento em que os propágulos infectivos, esporos e conídios, ficam expostos às condições adversas do meio ambiente. Isso ocorre no período entre a aplicação, seja ela inundativa, inoculativa ou por incremento, e a infecção do hospedeiro, e também após a multiplicação do fungo sobre o corpo do inseto e sua disseminação antes de atingir um novo hospedeiro. No processo de infecção de um inseto por um fungo, o crescimento do microrganismo sobre o cadáver do hospedeiro pode resultar na produção de um número significativo de conídios, entretanto, uma proporção mínima vai infectar outros insetos.¹² Assim, a preservação das estruturas infectivas, quer sejam aplicadas ou se desenvolvam em insetos mortos pelo fungo, é o principal foco do controle microbiano conservativo dentro do MIP e pode ser melhor entendida com estudos epizootiológicos aplicados. O aumento da ocorrência de epizootias, por sua vez, está relacionado aos fatores que governam a dinâmica da doença dentro da população de insetos, e são influenciados pelas condições do agroecossistema.

¹² DAZOLTO, P. R. & UHRY, K. F. Controle biológico de pragas no Brasil por meio de *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. *Biológico*, São Paulo, v. 71, p. 37-41, 2009. (Divulgação Técnica).

Para promover a conservação dos fungos e criar condições favoráveis para a ocorrência de epizootias, há necessidade de se conhecer a ação de diversos fatores bióticos e abióticos sobre o patógeno e o processo de desenvolvimento da doença. Entre os fatores bióticos mais relevantes estão os diferentes estágios de desenvolvimento do entomopatógeno, a fenologia da cultura, a biologia e comportamento do inseto e a ação de outros microrganismos. Já entre os fatores abióticos, são considerados de extrema importância a temperatura, a umidade relativa, a radiação ultravioleta e os produtos fitossanitários. Além destes, todas as práticas culturais utilizadas e os demais componentes do sistema agrícola podem afetar, de forma direta ou indireta, a eficiência do patógeno.

A temperatura pode agir sobre o metabolismo, a produção de enzimas e toxinas, a germinação, a penetração, a colonização e a reprodução dos fungos entomopatogênicos.¹³ A radiação ultravioleta (UV) pode causar danos às macromoléculas celulares, como o DNA, às proteínas, às biomembranas, ao RNA e aos ribossomos, caracterizando-se como um dos fatores mais importantes na desativação dos patógenos.¹⁴ As temperaturas elevadas associadas à radiação UV contribuem para falhas na eficiência do controle biológico com fungos.¹⁵ Mesmo proporcionando condições que protejam os fungos da radiação UV, em condições de temperaturas amenas, a ocorrência de epizootias está, de maneira geral, relacionada com altas umidades relativas (70 a 100%), das quais são dependentes o processo de germinação e principalmente de formação dos conídios sobre os cadáveres para a formação de novo inóculo.¹⁶

Para a utilização dos fungos entomopatogênicos no MIP é importante que se faça, inicialmente, um processo de seleção de isolados, quando são escolhidos os que apresentem maior virulência à espécie de inseto-alvo. Deste modo, a quantidade de conídios necessária para matar o hospedeiro será menor, o que implica menor potencial de inóculo necessário para causar uma epizootia. Outra característica importante é a capacidade de produção de conídios sobre os insetos mortos pelo fungo. Quanto maior a quantidade de conídios produzidos, maior será a chance de que estes infectem outros insetos.

A variabilidade genética dos fungos permite a seleção de isolados que sejam mais tolerantes às diferentes condições ambientais, principalmente aquelas que podem comprometer a eficiência de controle. Este tipo de seleção minimiza os danos causados ao patógeno, favorece sua conser-

¹³ ALVES, S. B. & LECUONA, R. E. Epizootiologia aplicada ao controle microbiano de insetos. In: ALVES, S. B. (Ed.). *Controle Microbiano de Insetos*. Op. cit. p. 97-170.

¹⁴ ENGELBERG, D.; KLEIN, C.; MARTINETTO, H.; STRUHL, K. & KARIN, M. The UV response involving the Ras signaling pathway and AP-1 transcription factors is conserved between yeast and mammals. *Cell*, Cambridge, v. 77, p. 381-390, 1994.

¹⁵ RANGEL, D. E. N.; BRAGA, G. U. L.; ANDERSON, A. J. & ROBERTS, D. W. Variability in conidial thermotolerance of *Metarhizium anisopliae* isolates from different geographic origins. *Journal of Invertebrate Pathology*, San Diego, v. 88, p. 116-125, 2005.

¹⁶ ALVES, S. B. & LECUONA, R. E. Epizootiologia aplicada ao controle... Op. cit.

- ¹⁷ BIDOCHKA, M. J.; KAMP, A. M.; LAVENDER, T. M.; DEKONING, J. & De CROSS, J. N. A. Habitat association in two genetic groups of the insect-pathogenic fungus *Metarhizium anisopliae*: uncovering cryptic species? *Applied and Environmental Microbiology*, Washington, v. 67, p. 1.335-1.342, 2001.
- ¹⁸ RANGEL, D. E. N.; BRAGA, G. U. L.; ANDERSON, A. J. & ROBERTS, D. W. Variability in conidial thermotolerance of *Metarhizium anisopliae* isolates from different geographic origins. *Journal of Invertebrate Pathology*, San Diego, v. 88, p. 116-125, 2005.
- ¹⁹ FARGUES, J.; GOETTEL, M. S.; SMITS, N.; OUEDRAGO, A. & ROUGIER, M. Effect of temperature on vegetative growth of *Beauveria bassiana* isolates from different origins. *Mycologia*, New York, v. 89, p. 383-392, 1997.
- ²⁰ FERNANDES, E. K. K.; RANGEL, D. E. N.; MORAES, A. M. L.; BITTENCOURT, V. R. E. P. & ROBERT, D. W. Variability in tolerance to UV-B radiation among *Beauveria* spp. isolates. *Journal of Invertebrate Pathology*, San Diego, v. 96, p. 237-243, 2007.
- LELAND, J. E.; MCGUIRE, M. R.; GRACE, J. A.; JARONSKI, S. T.; ULLOA, M.; PARK, Y. & PLATTNER, R. D. Strain selection of a fungal entomopathogen, *Beauveria bassiana*, for control of plant bugs (*Lygus* spp.) (Heteroptera: Miridae). *Biological Control*, Orlando, v. 35, p. 104-114, 2005.
- ²¹ BRAGA, G. U. L.; FLINT, S. D.; MILLER, C. D.; ANDERSON, A. J. & ROBERTS, D. W. Variability in response to UV-B among species and strains of *Metarhizium* isolated from sites at latitudes from 61°N to 54°S. *Journal of Invertebrate Pathology*, San Diego, v. 78, p. 98-108, 2001.

vação no ambiente e aumenta as chances de sucesso no controle de pragas. Um exemplo de tal variabilidade foi observado para isolados de *M. anisopliae*: os coletados em áreas agrícolas mostraram-se mais tolerantes à exposição ao calor e à radiação ultravioleta, quando comparados aos coletados em regiões de floresta em latitudes semelhantes.¹⁷ Ainda para isolados desta mesma espécie, verificou-se que aqueles obtidos de maiores latitudes demonstraram maior sensibilidade ao calor do que os obtidos próximos ao equador.¹⁸ De maneira geral, os fungos entomopatogênicos também apresentam ampla variação na tolerância ao calor, o que lhes proporciona notável adaptação às condições de grande flutuação térmica.¹⁹

Em relação à radiação solar, alguns estudos comprovam a associação entre o grau de resistência aos raios UV e a origem geográfica dos isolados, sendo que os oriundos de menores latitudes oferecem menor suscetibilidade quando expostos à radiação.²⁰ Para diferentes espécies e isolados de *Metarhizium*, expostos à radiação UV, observou-se que quanto maior a latitude de origem dos isolados, menor foi a tolerância à radiação.²¹

A alteração ou manejo ambiental deve ter o propósito de promover a conservação e o aumento de fungos entomopatogênicos, diminuindo os efeitos deletérios. Em cultivos perenes, como citros e café, é importante manter as entrelinhas vegetadas, para promover a proteção do patógeno contra a radiação UV e proporcionar um microclima favorável à sua conservação e atuação como agente de controle de pragas. A diversificação de cultivos também irá propiciar condições favoráveis à sobrevivência de outros artrópodes, que podem servir de hospedeiros alternativos aos fungos, favorecendo a multiplicação de propágulos infectivos para desencadear focos primários da doença e posteriormente causar epizootias.

Outra estratégia importante é o sombreamento por arborização, que pode ser utilizada, por exemplo, em sistemas silvipastoris, como pastagens sombreadas com eucalipto e outras espécies arbóreas, ou sistemas agroflorestais, como café consorciado com seringueiras ou com espécies frutíferas. Para culturas anuais, a redução dos espaçamentos e a utilização de espécies com desenvolvimento rápido favorecem a melhor cobertura do solo e o maior sombreamento em menor espaço de tempo, criando condições favoráveis aos fungos, principalmente pela diminuição da incidência da radiação UV e da temperatura, pelo aumento da umidade relativa.

- ²² YAO, S.; YING, S.; FENG, M. & HATTING, J. L. In vitro and in vivo responses of fungal biocontrol agents to gradient doses of UV-B and UV-A irradiation. *BioControl*, Dordrecht, v. 55, p. 413-422, 2010.
- ²³ ALVES, S. B. & LECUONA, R. E. Epizootiologia aplicada ao controle microbiano de insetos. In: ALVES, S. B. (Ed.). *Controle Microbiano de Insetos*. Op. cit., p. 97-170.
- ²⁴ RANGEL, D. E. N.; BRAGA, G. U. L.; ANDERSON, A. J. & ROBERTS, D. W. Variability in conidial thermotolerance of *Metarhizium anisopliae* isolates from different geographic origins. *Journal of Invertebrate Pathology*, San Diego, v. 88, p. 116-125, 2005.
- ²⁵ SOSA-GÓMEZ, D. R.; DELPIN, K. E.; MOSCARDI, F. & FARIAS, J. R. B. Natural occurrence of the entomopathogenic fungi *Metarhizium*, *Beauveria*, *Paecilomyces* in soybean under till and no-till cultivation systems. *Biological Control*, v. 30(3), p. 407-410, 2001.
- ²⁶ SILVA, R. Z.; NEVES, P. M. O. J. & SANTORO P. H. Técnicas e parâmetros utilizados nos estudos de compatibilidade entre fungos entomopatogênicos e produtos fitossanitários. *Semina Ciências Agrárias*, v. 26, p. 305-311, 2003.
- ²⁷ HALL, I. M. & DUNN, P. H. The effect of certain insecticides and fungicides on fungi pathogenic to the spotted alfalfa aphid. *Journal of Economic Entomology*, Washington, v. 52, p. 28-29, 1959.
- IGNOFFO, C. M.; HOSTETTER, D. L.; GARCIA, C. & PINNELL, R. E. Sensitivity of the entomopathogenic fungus *Nomuraea rileyi* to

A irrigação também favorece a conservação dos fungos por aumentar a umidade e reduzir as amplitudes térmicas. Essa prática, contudo, quando utilizada de maneira isolada, não proporciona a proteção contra a radiação solar, que é limitante para algumas espécies. Para *B. bassiana* e *M. anisopliae*, por exemplo, observou-se que, mesmo os isolados mais tolerantes à radiação UV, não seriam capazes de sobreviver a um dia de exposição à luz solar.²²

Apesar de o solo possuir uma fantástica capacidade antagonista exercida por microrganismos que neles habitam, tem sido referido como grande reservatório de patógenos. Isso se deve à ocorrência de grande número de insetos que vive ou passa parte do seu ciclo biológico no solo e também pela proteção que este oferece aos patógenos contra a radiação ultravioleta.²³ A exposição ao calor por condução no solo ou por radiação direta é um dos fatores que podem contribuir para falhas em programas de controle biológico.²⁴ Assim, práticas como as queimadas para a eliminação de restos culturais ou de culturas, bem como a queima da cana-de-açúcar que antecede a colheita, contribuem para a diminuição de inóculos de fungos entomopatogênicos e, por este motivo, devem ser evitadas.

Dentre os manejos agrícolas que são prejudiciais aos fungos entomopatogênicos está o sistema convencional de preparo do solo, com práticas como a aração, gradagem e escarificação. Com o revolvimento do solo pelos implementos, o patógeno fica exposto à radiação UV, à redução da umidade e ao aumento da temperatura. Para minimizar estes efeitos, o sistema de plantio direto, utilizado principalmente para promover a conservação dos solos, é uma forma de manejo que favorece a conservação dos fungos entomopatogênicos nas áreas cultivadas. Os restos culturais irão proteger os fungos dos danos diretos provocados pela radiação UV, além de reter maior umidade e amenizar o efeito das altas temperaturas até que se desenvolva um novo cultivo na área. Na comparação entre os dois sistemas de cultivo, foi constatado que em solos conduzidos sobre o sistema de plantio direto há maior ocorrência de fungos entomopatogênicos que são favorecidos pelas condições microclimáticas deste sistema de cultivo.²⁵

Na manipulação do ambiente, e com estreita relação com o MIP, podemos também citar o Manejo Fitossanitário das Lavouras como um dos fatores que influenciam na conservação de fungos entomopatogênicos. O termo Manejo Fitossanitário abrange todas as aplicações de produtos, químicos sintéticos ou não, que visem ao controle de insetos,

chemical pesticides used on soybeans. *Environmental Entomology*, Lanham, v. 4, p. 765-768, 1975.

ALVES, S. B.; RIGITANO R. L. O. & CAMARGO, J. L. G. Avaliação da influência de alguns herbicidas utilizados em cana-de-açúcar e pastagens sobre o fungo *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin, 1883. *Ecossistema*, Espírito Santo do Pinhal, v. 5, p. 21-24, 1980.

ALVES, S. B.; JUNIOR, A. M. & VIEIRA, S. A. Ação tóxica de alguns defensivos sobre fungos entomopatogênicos. *Ecossistema*, Espírito Santo do Pinhal, v. 18, p. 161-170, 1993.

BATISTA FILHO, A.; ALMEIDA, J. E. M. & LAMAS, C. Effect of thiametoxam on entomopathogenic microorganisms. *Neotropical Entomology*, v. 31, p. 437-447, 2002.

NEVES, P. M. O. J.; HIROSE, E.; TCHUJO, P. T. & MOINO Jr., A. Compatibility of entomopathogenic fungi with neonicotinoids insecticides. *Neotropical Entomology*, v. 31, p. 263-268, 2002.

LOUREIRO, E. S.; MOINO JUNIOR, A.; ARNOSTI, A. & SOUZA, G. C. Efeito de produtos fitossanitários químicos utilizados em alface e crisântemo sobre fungos entomopatogênicos. *Neotropical Entomology*, v. 31, p. 263-269, 2002.

TANZINI, M. R.; ALVES, S. B. & SETTEN, A. Toxicidade de produtos fitossanitários utilizados no controle de *Leptopharsa heveae* para fungos entomopatogênicos. *Arquivos do Instituto Biológico*, v. 69, p. 65-69, 2002.

ALMEIDA, J. E. M., BATISTA FILHO, A.; LAMAS, C.; LEITE, L. G.; TRAMA, M & SANO, A. H. Avaliação da compatibilidade de defensivos agrícolas na conservação de microrganismos entomopatogênicos no manejo de pragas do cafeeiro. *Arquivos do Instituto Biológico*. v. 70, p. 79-84, 2003.

ácaros, nematoides, doenças e plantas daninhas. Estes produtos podem causar a mortalidade dos propágulos infectivos dos fungos, diminuindo a eficiência de controle tanto para os patógenos que foram aplicados na lavoura quanto para aqueles que ocorrem naturalmente no ambiente. Por este motivo, é importante conhecer a ação de tais produtos sobre os fungos e procurar utilizar no MIP apenas os que são mais seletivos.

As interações entre fungos entomopatogênicos e produtos fitossanitários podem ser positivas, quando ocorre uma ação sinérgica ou aditiva; ou negativas, quando se verifica a inibição de um dos componentes, que geralmente é o patógeno. Os fungicidas normalmente inibem a germinação dos conídios/esporos dos fungos, diminuindo o potencial de inóculo. Assim, as interações, principalmente as negativas, devem ser consideradas nos programas de MIP, pois, quanto mais seletivo (compatível) for o produto químico, melhor será a conservação do entomopatógeno. Este aspecto é mais importante em agroecossistemas em que o fungo é um dos principais fatores de redução populacional de insetos, sendo considerado um inimigo natural chave.²⁶

Diversos trabalhos avaliam, há mais de 50 anos, a ação de agrotóxicos em relação às várias espécies de fungos entomopatogênicos,²⁷ com o objetivo de selecionar produtos que causem menor dano ao patógeno.

Os riscos decorrentes do uso dos agrotóxicos e a crescente demanda por alimentos isentos de contaminantes fez com que insumos com uso permitido na agricultura orgânica passassem a ter seus efeitos estudados. Nesse contexto, os efeitos do produto EM-4 (microrganismos eficazes) foram testados sobre *B. bassiana*, observando-se redução da produção de conídios, do crescimento vegetativo e das unidades formadoras de colônias.²⁸ Testes que avaliaram os efeitos de uma formulação comercial de óleo de nim (*Azadirachta indica* A. Juss.) e do extrato aquoso de sementes e folhas da mesma espécie sobre *B. bassiana*, mostraram ações do óleo de nim que variaram de moderadamente tóxica a tóxica. Já os extratos aquosos de sementes e folhas foram compatíveis.²⁹ Extratos de cúrcuma (*Curcuma longa*), capim-limão (*Cymbopogon citratus*) e citronela (*C. nardus*) apresentaram efeitos que variaram, dependendo da concentração utilizada, de compatível a muito tóxico à *B. bassiana*.³⁰ Os resultados mostram que mesmo produtos permitidos na agricultura orgânica devem ser utilizados com critério, pois podem afetar negativamente os fungos entomopatogênicos.

- BARCI, L. A. G.; WENZEL, I. M.; ALMEIDA, J. E. M. de; NOGUEIRA, A. H. de C. & PRADO, A. P. do. Compatibilidade de isolados de *Beauveria bassiana* (Ascomycetes: Clavicipitaceae) com carrapaticidas químicos utilizados no controle do carrapato dos bovinos. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*, Jaboticabal, v. 18, p. 63-68, 2009.
- ²⁸ SANTORO, P. H.; NEVES, P. M. O. J.; CAVAGUCHI, S. A.; CONSTANSKI, K.; AMARO, J. T.; ALVES, L. F. A. & GOMES, B. B. Controle associado de *Alphitobius diaperinus* e efeito de microrganismos eficazes no desenvolvimento de *Beauveria bassiana*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 43, p. 1-8, 2008.
- ²⁹ DEPIERI, R. A.; MARTINEZ, S. S. & MENEZES Jr., A. O. Compatibility of the fungus *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. (Deuteromycetes) with extracts of neem seeds and leaves and the emulsible oil. *Neotropical Entomology*, v. 34, n. 4, p. 601-606, 2005.
- ³⁰ MERTZ, N. R.; ALVES, L. F. A.; MARCOMINI, A. M.; OLIVEIRA, D. G. P. de & SANTOS, J. C. dos. Efeito de produtos fitossanitários naturais sobre *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. *in vitro*. *BioAssay*, v. 5, p. 1-10, 2010.
- ³¹ ROSSI-ZALAF, L. S.; ALVES, S. B.; LOPES, R. B.; SILVEIRA NETO, S. & TANZINI, M. R. Interação de microrganismos com outros agentes de controle biológico. In: ALVES, S. B. & LOPES, R. B. (Eds.). *Controle Microbiano de Pragas na América Latina*. Op. cit., p. 279-298.
- ³² KLINGEN, I.; EILENBERG, J. & MEADOW, R. Effects of farming system, field margins and bait insect on the occurrence of insect pathogenic fungi in soils. *Agriculture Ecosystems & Environment*, v. 91, p. 191-198, 2002.
- Dentre os efeitos deletérios mais importantes sobre os fungos, pode ocorrer inibição do crescimento vegetativo, reprodução, germinação, diminuição da virulência e mutações. Dessa forma, em função da espécie ou do isolado, da natureza química, concentração e tipos de inertes da formulação dos produtos fitossanitários, observa-se maior ou menor impacto sobre os entomopatógenos. Normalmente, os efeitos são mais danosos que benéficos, podendo-se afirmar que a manutenção dos padrões atuais da agricultura, em termos de controle fitossanitário, tem sido o principal responsável pela redução da biodiversidade nos agroecossistemas.³¹ Sendo assim, é necessário que se utilizem produtos seletivos, que não afetem o equilíbrio entre as pragas e seus inimigos naturais. Na comparação entre sistemas de cultivo orgânico e convencional, verificou-se maior incidência de fungos entomopatogênicos em sistemas orgânicos.³²
- Além da seletividade, que pode dever-se à ação não letal dos produtos aos patógenos, também conhecida como compatibilidade ou seletividade fisiológica, podem ocorrer as seletividades espacial e temporal. A primeira se dá quando o produto não entra em contato com o entomopatógeno, como, por exemplo, na utilização de produtos granulados ou aplicados por regas localizadas, em talhões específicos ou reboleiras. Já a seletividade temporal manifesta-se quando os produtos são aplicados em épocas diferentes das aplicações, principalmente as inundativas, dos fungos. Por outro lado, os patógenos já existentes no agroecossistema, sejam provenientes de ocorrência natural ou de aplicações anteriores, ficam expostos à ação dos produtos, devendo-se, nestes casos, priorizar a utilização daqueles que apresentem seletividade fisiológica.
- Embora muitos produtos fitossanitários possam interferir negativamente na ação dos entomopatógenos, alguns podem ser utilizados em associações com os fungos por apresentarem uma ação sinérgica, ou seja, há um aumento na eficiência de controle em comparação as aplicações isoladas dos fungos e outros agentes de controle, normalmente utilizando-se concentrações subletais.
- Na associação do inseticida Imidacloprid com os fungos *M. anisopliae* e *B. bassiana*, foi possível reduzir a concentração de conídios em até quatro vezes e a do inseticida Imidacloprid em até 157 vezes em relação às concentrações usualmente recomendadas, obtendo-se eficientes níveis de controle de cupins de montículo *Cornitermes cumulans* (Kollar). Além da redução considerável nos custos, é im-

- KLEESPIES, R. von; BATHON, H.; ZIMMERMANN, G. & GEEST, L. P. S. van der. Investigations on the natural occurrence of entomopathogenic fungi and nematodes in different soils in the surroundings of Dramstadt. *Gesunde Pflanz.*, 41, 350-354, 1989.
- ³³ NEVES, M. J. O. & ALVES, S. B. Controle associado de *Cornitermes cumulans* (Kollar, 1832) (Isoptera: Termitidae) com *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana* e imidacloprid. *Scientia Agricola*, v. 56, p. 305-311, 1999.
- ³⁴ SANTORO, P. H.; NEVES, P. M. O. J.; CAVAGUCHI, S. A.; CONSTANSKI, K.; AMARO, J. T.; ALVES, L. F. A. & GOMES, B. B. Controle associado de *Alphitobius diaperinus* e efeito de microrganismos eficazes no desenvolvimento de *Beauveria bassiana*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 43, p. 1-8, 2008.
- ³⁵ ROSSI-ZALAF, L. S. *et al.* *Op. cit.*
- ³⁶ QUINTELA, E. D.; TEIXEIRA, S. M.; FERREIRA, S. B.; GUIMARÃES, W. F. F.; OLIVEIRA, L. F. C. de & CZEPAK, C. *Desafios do Manejo Integrado de Pragas da Soja no Brasil Central*, 2007. 6 p. (Comunicado técnico, n. 149)
- ³⁷ ALMEIDA, J. E. M. *et al.* *Op. cit.*
- OLIVEIRA, C. N. de; NEVES, P. M. O. J. & KAWAZOE, L. S. Compatibility between the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* and insecticides used in coffee plantations. *Scientia Agricola*, v. 60, p. 663-667, 2003.
- ANDALÓ, V.; MOINO Jr. A.; SANTA-CECÍLIA, L. V. C. & SOUZA, G. C. Compatibilidade de *Beauveria bassiana* com agrotóxicos visando o controle da cochonilha-da-raiz-do-cafeeiro *Dysmicoccus texensis* Tinsley (Hemiptera: Pseudococcidae). *Neotropical Entomology*, v. 33, p. 463-467, 2004.

portante considerar os benefícios ecológicos decorrentes da diminuição na quantidade de inseticida utilizado.³³

A ação sinérgica também pode ocorrer pela associação dos fungos com produtos naturais, como a terra diatomácea. Para *Alphitobius diaperinus* (Panzer), praga que apresenta alta tolerância aos fungos entomopatogênicos, foi possível obter efeitos sinérgicos quando *B. bassiana* foi associada à terra diatomácea. Na associação, a eficiência de controle foi 10 vezes maior que na aplicação isolada de terra diatomácea e duas vezes maior que a aplicação isolada do fungo.³⁴

Outra estratégia importante para reduzir as aplicações de produtos fitossanitários e favorecer a conservação dos fungos, é a utilização de plantas resistentes ou tolerantes às pragas e às doenças. Verifica-se que, dentre os agrotóxicos utilizados, os grupos de fungicidas são os que apresentam, de maneira geral, maior toxicidade aos fungos entomopatogênicos.³⁵ Um exemplo disso é o grande número de pulverizações de fungicidas na cultura da soja, feitas para o controle da ferrugem asiática *Phakopsora pachyrhizi* (Syd.) e que tem afetado de forma negativa o fungo *Nomuraea rileyi* (Farlow) Samson, importante patógeno que se caracteriza por causar epizootias em populações de *Anticarsia gemmatalis* (Hübner).³⁶ Recentemente, foram lançadas cultivares de soja que são resistentes à ferrugem. Com isso, a redução de aplicações de fungicidas em áreas com essas cultivares poderá contribuir para a conservação do entomopatógeno e para a ocorrência de epizootias, reduzindo a necessidade do controle químico de *A. gemmatalis*.

Outros exemplos de plantas com resistência que contribuem para a conservação de fungos entomopatogênicos são as cultivares de café resistente à ferrugem (*Hemileia vastatrix*). Quando associadas ao uso de produtos fitossanitários seletivos, como os descritos em vários trabalhos³⁷, e ao equilíbrio nutricional da planta, para redução de incidência de cercosporiose (*Cercospora coffeicola*)³⁸, contribuem para a conservação do fungo *B. bassiana*, um dos principais agentes de controle biológico da broca-do-café (*Hypothenemus hampei*).

As relações existentes nos agroecossistemas são complexas devido à influência de diversos fatores, como por exemplo, o tipo de solo, as condições climáticas, a composição florística e faunística, os insumos agrícolas, as práticas culturais, entre outros, os quais afetam direta ou indiretamente a eficiência e conservação dos fungos entomopatogênicos e a sua utilização no MIP. De maneira geral, os estu-

³⁸ GARCIA JÚNIOR, D.; POZZA, E. A.; POZZA, A. A.; SOUZA, P. E.; CARVALHO, J. G. & BALIEIRO, A. C. Incidência e severidade da cercosporiose do cafeeiro em função do suprimento de potássio e cálcio em solução nutritiva. *Fitopatologia Brasileira*, v. 28, p. 286-291, 2003.

Pedro Manuel Oliveira Janeiro Neves é engenheiro agrônomo, doutor em Entomologia e professor associado da Universidade Estadual de Londrina, Paraná.

pedroneves@uel.br

Patricia Helena Santoro é engenheira agrônoma, doutora em Agronomia e pesquisadora do Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR), Londrina.

patriciasantoro@iapar.br

dos com estes patógenos são pontuais e desenvolvidos principalmente em laboratórios, em condições controladas, onde as interferências de muitos dos fatores que ocorrem no campo não são consideradas, o que pode explicar uma maior eficiência de controle nos experimentos conduzidos em laboratórios.

Ainda são necessários estudos que avaliem as interações dos diferentes componentes do agroecossistema em relação às principais espécies de fungos entomopatogênicos, visando obter informações que possam ser utilizadas para proporcionar condições que favoreçam maior eficiência de controle. Entretanto, deve ficar claro que estes patógenos, como componentes do MIP, irão contribuir para a redução da população de espécies consideradas pragas e não para sua completa eliminação. A eficiência dos fungos não deve ser medida apenas em função do nível de controle, mas também em função da manutenção do equilíbrio ecológico que ele proporcionará ao longo do tempo e do menor impacto ambiental que eles causam, quando comparados aos agrotóxicos.

SOJA

CONTROLE BIOLÓGICO APLICADO

Beatriz S. Corrêa-Ferreira

Flávio Moscardi

Adeney de Freitas Bueno

O controle biológico das principais pragas da soja – lagartas e percevejos –, aliado aos resultados promissores com agentes potenciais para o controle de outras pragas, são estratégias fundamentais de programas de manejo integrado que contribuem para um controle com menor impacto ao ambiente, gerando sistemas produtivos mais sustentáveis. Paralelamente a todos esses benefícios, a pressão pelo uso indiscriminado e muitas vezes abusivo do controle químico é hoje uma realidade nas lavouras de soja do Brasil. Portanto, é incontornável a necessidade de se discutir e implementar ações para a retomada do manejo integrado de pragas na cultura da soja, viabilizando o uso de técnicas de controle biológico com maior sucesso.

Introdução

O Brasil é referência mundial na comercialização de soja, em condições de atender com regularidade e em quantidade aos exigentes mercados globais. Como fonte de proteína e energia, a soja é estratégica na alimentação humana e animal, bem como na geração de energia, contribuindo significativamente com a economia nacional e o desenvolvimento social. Sua produção cresce em área e produtividade, chegando, na safra 2010/2011, a 24,2 milhões de hectares, com produtividade média de 3.115 quilos por hectare, segundo dados da Conab¹. Paralelamente a todo este crescimento produtivo que tem impactos diretos sobre o agroecossistema, é fundamental que o Brasil, como um dos maiores produtores e exportadores de grãos, esteja atento à crescente demanda por produtos mais saudáveis e seguros e à necessidade, cada vez maior, de se praticar uma agricultura mais limpa e sustentável. Neste contexto, um requisito para a sustentabilidade do agronegócio da soja é a implementação e o aperfeiçoamento de programas de manejo integrado de pragas (MIP) que visam produzir com qualidade, buscando a preservação ambiental, a agrobiodiversidade e a qualidade de vida do homem.

Entre os fatores que limitam a produção de soja, os insetos-praga, representados especialmente pela lagarta-da-soja *Anticarsia gemmatalis* e pelo complexo de percevejos, são de grande importância. Outras pragas, anteriormente consideradas como secundárias, vêm preocupando os sojicultores brasileiros, entre elas, a lagarta falsa-medideira *Chrysodeixis includens* e a lagarta-das-vagens, representada por um complexo de espécies do gênero *Spodoptera*, que além de se alimentarem das folhas, atacam também as vagens das plantas. Outros insetos-praga como o tamanduá-da-soja *Sternechus subsignatus*, pragas de solo como os corós (Scarabaeidae) e o percevejo-castanho *Scaptocoris castanea*, a mosca-branca e os ácaros podem também causar danos à soja em algumas regiões produtoras.

Nos sistemas de produção agrícola, que buscam produzir com qualidade e sustentabilidade, os programas de manejo integrado de pragas contribuem para minimizar o impacto de medidas de controle sobre o ambiente² e, nesse contexto, o controle biológico assume importância cada vez maior. Primeiramente, por ser um dos pilares de sustentação do programa, em que os inimigos naturais são os principais fatores de mortalidade do agroecossistema, com papel relevante na manutenção do equilíbrio de pragas. Em

¹ CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Séries históricas de produtividade de grãos. Disponível em: <http://www.conab.gov.br>. Acesso em 1º de novembro de 2011.

² MOSCARDI, F. O controle de pragas agrícolas e a sustentabilidade ecológica. *Ciência & Ambiente*, v. 27, p. 67-84, 2003.

segundo lugar, como importante medida de controle para a manutenção das pragas em níveis populacionais toleráveis, ao lado de outros métodos de controle.

Nesse sentido, para a cultura da soja foram desenvolvidos dois programas de controle biológico aplicado utilizados no manejo da lagarta-da-soja e do complexo de percevejos. Outros programas, ainda em pesquisa, têm mostrado resultados promissores e com grande potencial para uso futuro no controle biológico de pragas também importantes na cultura da soja, todos buscando reduzir o uso de produtos químicos nas aplicações e assim contribuir para situações de maior equilíbrio ambiental.

Uso de entomopatógenos como inseticidas biológicos

Há vários agentes microbiológicos (fungos, vírus, bactérias, nematoides, protozoários) de ocorrência natural na soja e que contribuem para a redução de populações de pragas. Dentre esses inimigos naturais, dois foram desenvolvidos e registrados como produtos comerciais para uso como inseticidas biológicos: a) o Nucleopoliedrovírus (vírus de poliedrose nuclear) da lagarta-da-soja (AgMNPV) e b) a bactéria *Bacillus thuringiensis*, para o controle de larvas de Lepidoptera. Esses agentes têm modo de ação muito distintos, com *B. thuringiensis* paralisando a capacidade alimentar e matando o inseto hospedeiro mais rapidamente que o AgMNPV. Na sequência serão apresentadas informações sobre a correta utilização desses inseticidas biológicos na cultura da soja.

Uso do AgMNPV para o controle da lagarta-da-soja, A. gemmatalis (Lepidoptera: Noctuidae)

Dentre as espécies de Lepidoptera, a lagarta-da-soja é a que primeiro coloniza essa cultura no Brasil. É, portanto, a principal lagarta a ser controlada durante o período vegetativo e de florescimento. Entretanto, nos últimos anos têm aumentado em importância outras lagartas desfolhadoras, além de ácaros e outros organismos, fruto de desequilíbrios biológicos promovidos pela aplicação de inseticidas de amplo espectro, em mistura aos herbicidas usados para a dessecação do mato em pré-plantio ou pós-emergência, práticas que provocam reduções drásticas nas populações de parasitoides e predadores.³ Como o AgMNPV é específico para a lagarta-da-soja, não há possibilidade de seu uso em ambiente desequilibrado, onde pragas outrora secundárias assumiram papel de pragas principais.

³ MOSCARDI, F.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; SOSA-GÓMEZ, D. R.; CORSO, I.; BUENO, A. F. & HOFFMANN-CAMPO, C. B. Diagnóstico da situação atual do manejo de pragas na cultura da soja no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 5., 2009, Londrina. Anais... Londrina: Embrapa Soja, 2009. 1 CD-ROM.

O AgMNPV tem sido utilizado como inseticida biológico desde 1983, após um “projeto piloto” conduzido por duas safras consecutivas, em diferentes regiões do Paraná e do Rio Grande do Sul, utilizando um conjunto de informações geradas pela pesquisa.⁴ Em todos os 17 locais, nas áreas pareadas com o baculovírus, houve apenas uma aplicação do inseticida biológico, enquanto na área onde se aplicou inseticida químico segundo os preceitos do MIP Soja, a média geral foi de aproximadamente 1,2 aplicações, sendo cerca de duas nas áreas pareadas conduzidas segundo os critérios dos próprios agricultores. Para o uso adequado do AgMNPV no contexto do MIP, é muito importante o momento da aplicação considerando o tamanho das lagartas, o nível populacional, o estágio fenológico da cultura e as condições climáticas.

O vírus deve ser aplicado quando a maioria das lagartas se encontra nos três primeiros estádios (até 1cm de comprimento), pois são os mais suscetíveis, enquanto que nos quarto e quinto estádios há grande decréscimo de suscetibilidade (tabela 1); já as do sexto estágio praticamente não são suscetíveis. Outro aspecto importante é que até atingirem 1,5cm de comprimento (quarto estágio), a capacidade de consumo de área foliar é incipiente (menos de 2% do consumo total até transformação em pupa). Por exemplo, lagartas inoculadas com o AgMNPV no terceiro estágio (1,0cm) tem seu consumo reduzido em mais de 70%, em relação às lagartas sadias, enquanto a redução no consumo de área foliar de lagartas inoculadas no segundo estágio (0,5cm) é de mais de 90%.⁵ Portanto, é fundamental a amostragem semanal em lavouras de soja, para que se possa aplicar o vírus quando as lagartas se encontram nos primeiros três estádios e em número que não acarretará desfolha acima do nível de dano econômico. Além disso, é importante considerar a fase de desenvolvimento da soja e as condições climáticas para definir o momento da aplicação.⁶ Dessa forma, deve-se considerar ao menos duas situações: a) na ocorrência de período de estiagem ou em plantas menores que 50cm, deve-se aplicar quando forem encontradas, no máximo, 10 lagartas pequenas ou 8 lagartas pequenas e 2 grandes (> 1,0cm) por metro e b) em situação de precipitação normal e em plantas maiores que 50cm, deve-se aplicar quando forem encontradas, no máximo, 20 lagartas pequenas ou 15 lagartas pequenas e 5 grandes por metro, em amostragem com o pano-de-batida.

Outros fatores também podem afetar a eficiência do AgMNPV, tais como diferentes formulações, pH da água utilizada para a pulverização, horário de aplicação, volume de

⁴ MOSCARDI, F. Utilização de vírus para o controle da lagarta da soja. In: ALVES, S. B. (Ed.). *Controle Microbiano de Insetos*. São Paulo: Manole, 1986. p. 188-202.

⁵ MOSCARDI, F. & CARVALHO, R. Z. Consumo e utilização de folhas de soja por *Anticarsia gemmatilis* Hüb. (Lepidoptera: Noctuidae) infectada, em diferentes estádios larvais, por seu vírus de poliedrose nuclear. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*, v. 22, p. 267-280, 1993.

⁶ MOSCARDI, F. Uso de baculovírus e *Bacillus thuringiensis* no controle da lagarta-da-soja, *Anticarsia gemmatilis*. In: CORRÊA-FERREIRA, B. S. (Org.). *Soja Orgânica: Alternativas para o Manejo dos Insetos-Pragas*. Londrina: Embrapa Soja, 2003. p. 15-25.

⁷ SILVA, M. T. B. & MOSCARDI, F. Field efficacy of the Nucleopolyhedrovirus of *Anticarsia gemmatalis* (Lepidoptera: Noctuidae): effect of formulations, water pH, volume and time of application, and type of spray nozzle. *Neotropical Entomology*, v. 31, p. 75-83, 2002.

⁸ MOSCARDI, F. Utilização de vírus para o controle da lagarta da soja. *Op. cit.* MOSCARDI, F. & CARVALHO, R. Z. *Op. cit.*

⁹ MOSCARDI, F. Utilização de vírus para o controle da lagarta da soja. *Op. cit.*

calda e tipo de bico do pulverizador.⁷ A dose do vírus a ser aplicada por hectare foi determinada através de pesquisas, como a apresentada na tabela 2. Nesta, verifica-se que a dose de 40 lagartas equivalente (LE)/ha propiciou mais de 84% de mortalidade da lagarta-da-soja, o que é suficiente para manter essa praga sob controle, considerando o contexto e recomendações do MIP Soja. Dessa forma, passou-se a indicar uma dose de 50 LE/ha para uso pelo sojicultor, ou seja, cerca de $1,5-2,0 \times 10^{11}$ corpos poliédricos do AgMNPV/ha. O tempo médio de mortalidade da lagarta, nessa dose, é de cerca de 7,2 dias, mas há parada alimentar até os quatro dias após a aplicação, dependendo do estágio larval em que o inseto é infectado, reduzindo drasticamente o consumo alimentar.⁸ É importante mencionar que lagartas mortas após a aplicação do AgMNPV resultam em rompimento do tegumento e liberação do vírus, promovendo grande quantidade de inóculo para a contaminação de lagartas que eclodem dos ovos depositados ao longo do tempo. Com isso há reposição contínua do vírus e, em mais de 95% dos casos, apenas uma aplicação do AgMNPV é suficiente para manter a lagarta-da-soja sob controle e evitar a necessidade de controle químico, que pode causar desequilíbrios que transformam pragas secundárias em principais, como a lagarta-falsa-medideira (*C. includens*), lagartas do gênero *Spodoptera*, como *S. cosmioides* e *S. eridania*, ácaros, mosca branca etc.

Tabela 1: Dose letal média (DL₅₀) – corpos poliédricos de inclusão - CIP/lagarta – do vírus de poliedrose nuclear de *Anticarsia gemmatalis* (AgMNPV), para diferentes estádios larvais do inseto. (Adaptado de Moscardi, F.⁹)

Estádio larval	Tamanho da lagarta (cm)	DL50
1	< 0,5	NA ^a
2	0,5	9,3
3	1,0	28,0
4	1,5	70,0
5	2,0	445,0

^a Não avaliado

Recentemente, foi realizado trabalho de pesquisa durante três safras de soja consecutivas, em propriedade de agricultor, demonstrando a importância de se aplicar um inseticida biológico, altamente seletivo, no início da ocorrência da lagarta-da-soja, em relação às práticas de controle atualmente realizada pelos sojicultores. Nesses três anos, verificou-se que as práticas adotadas por muitos produtores

são equivocadas e podem provocar desequilíbrio. Em áreas conduzidas de acordo com os critérios dos agricultores, houve uma média de três aplicações de inseticidas de amplo espectro. Já nas conduzidas com uma aplicação do AgMNPV no momento correto, apenas essa aplicação levou à solução do problema de lagartas, incluindo a lagarta-falsa-medideira e outras já mencionadas, pois a ocorrência de parasitoides e predadores foi muito mais significativa na área de aplicação do AgMNPV, seguida de área de MIP utilizando inseticida regulador de crescimento, em comparação à área tratada segundo critério do agricultor.¹⁰

¹⁰ CORRÊA-FERREIRA, B. S.; ALEXANDRE, T. M.; PELLIZZARO, E. C.; MOSCARDI, F. & BUENO, A. de F. *Práticas de manejo de pragas utilizadas na soja e seu impacto sobre a cultura*. Londrina: Embrapa Soja, 2010. 15 p. (Circular Técnica, 78).

¹¹ MOSCARDI, F. Utilização de vírus para o controle da lagarta da soja. *Op. cit.*

Tabela 2: Mortalidade de *Anticarsia gemmatalis* e tempo médio para mortalidade para diferentes dosagens do AgMNPV aplicadas a campo. (Adaptado de Moscardi, F.¹¹)

Dosagem do vírus ^a (LE/ha)	Mortalidade ^b (%)	Tempo médio de mortalidade (dias)
0	2,6 e	-
10	72,4 d	8,13
20	79,3 cd	7,57
40	84,6 c	7,23
80	93,1 b	6,67
160	98,9 a	6,68

^a 1 LE (larva equivalente) = 1 lagarta grande (> 2,5 cm) morta pelo vírus ou cerca de $1,3 \times 10^9$ poliedros do AgMNPV por LE

^b Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si (teste de Duncan a 5% de probabilidade)

Apesar de nos últimos oito ou nove anos ter ocorrido um retrocesso no programa MIP Soja, devido ao abandono das amostragens semanais pelo pano-de-batida e uso de práticas inadequadas de controle, o que levou à drástica redução no uso do AgMNPV, esse inseticida biológico continua sendo a melhor alternativa aos agrotóxicos. Hoje há apenas uma empresa produzindo o AgMNPV em laboratório e cerca de 300.000ha sendo tratados anualmente (a área já foi de 2 milhões de hectares). Espera-se, no entanto, que o programa de uso do AgMNPV seja retomado gradativamente nos vários estados produtores de soja, devendo haver forte participação da assistência técnica oficial.

Uso de Bacillus thuringiensis para o controle de noctuídeos

A bactéria *B. thuringiensis* é gram-positiva e aeróbica. No processo de esporulação são produzidas inclusões proteicas cristalinas, compostas por proteínas denominadas en-

dotoxinas. Essas toxinas é que promovem uma parada alimentar rápida e, posteriormente, a morte de lagartas infectadas. As larvas infectadas têm sua capacidade alimentar paralisada em horas, embora a morte possa ocorrer entre dois e quatro dias pós infecção. A lagarta-da-soja, *A. gemmatalis* é muito suscetível a *B. thuringiensis*, pois 300g/ha do produto comercial são suficientes para o controle dessa praga.¹²

Como se trata de um inseticida biológico de ação muito mais rápida que o baculovírus, pode ser aplicado em situações em que as populações da praga já tenham ultrapassado aquelas recomendadas para uso do baculovírus, conforme especificadas acima. O *B. thuringiensis* pode ser aplicado quando a população de lagartas atingir 20 lagartas grandes (> 1,5cm)/m de fileira de soja. O uso desse produto é fundamental na produção de soja orgânica para o controle da lagarta-da-soja. Pode ser utilizado isoladamente, mas também pode ser misturado na dose de 125g do produto comercial ao baculovírus, quando a população da lagarta tiver extrapolado o limite para seu uso isoladamente. É importante mencionar que a lagarta-falsa-medideira, *C. includens*, tem suscetibilidade de três a cinco vezes menor que *A. gemmatalis*¹³, o que exigiria uma dose elevada por hectare e o custo, provavelmente, não seria competitivo com o dos inseticidas químicos disponíveis. Espécies de *Spodoptera*, por sua vez, tendem a ser muito tolerantes aos produtos à base de *B. thuringiensis*.

Uso de parasitoides de ovos para o controle de percevejos

Embora os percevejos, representados especialmente pelas espécies *Euschistus heros*, *Piezodorus guildinii*, *Dichelops melacanthus* e *Nezara viridula*, estejam presentes desde o período vegetativo da soja, é no período reprodutivo que assumem maior importância, podendo atingir densidades populacionais elevadas em diferentes regiões produtoras e causar danos significativos à soja. Paralelamente, a este complexo de percevejos sugadores, um grande número de inimigos naturais está normalmente presente nas lavouras de soja, sendo responsáveis, muitas vezes, pela manutenção da população dos percevejos em níveis reduzidos, sem necessidade de medidas de controle. Além dos predadores, destacam-se os parasitoides de ovos: 23 espécies de micro-himenópteros já foram constatadas atacando ovos de pentatomídeos no Brasil, além de dípteros que parasitam ninfas e adultos de percevejos da soja.¹⁴

¹² MOSCARDI, F. Efeito de aplicações de *Bacillus thuringiensis* sobre populações de *Anticarsia gemmatalis* em soja. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA, 3, 1984, Campinas. Anais... Londrina: Embrapa Soja, 1984. p. 158-165.

¹³ MORALES, L.; MOSCARDI, F.; KASTELIC, J. G.; SOSA-GOMEZ, D. R.; PARO, F. E. & BONO, I. L. Suscetibilidade de *Anticarsia gemmatalis* Hüb. e *Chrysodeixis includens* (Walker) (Lepidoptera: Noctuidae) a *Bacillus thuringiensis*. Anais da Sociedade Entomológica do Brasil, Londrina, PR, v. 24, p. 593-598, 1995.

¹⁴ CORRÊA-FERREIRA, B. S. & MOSCARDI, F. Seasonal occurrence and host spectrum of egg parasitoids associated with soybean stink bugs. *Biological Control*, v. 5, p. 196-202, 1995.

Em geral, os maiores índices de parasitismo nos percevejos são verificados no início do desenvolvimento da soja (novembro a dezembro). São, portanto, de fundamental importância, desde a implantação da cultura, a adoção de estratégias de manejo que favoreçam a preservação e o aumento deste potencial, para que o controle biológico natural possa atuar com maior eficiência e contribuir para a sustentabilidade ecológica de agroecossistemas.¹⁵ Entretanto, muitas práticas adotadas hoje nas lavouras de soja têm levado a um grande desequilíbrio e, na ausência do controle biológico natural, os problemas com as pragas tornam-se ainda mais preocupantes.¹⁶

Como estratégia do Manejo Integrado de Pragas, o controle biológico dos percevejos da soja, realizado através de parasitoides de ovos, visa à preservação e ao aumento das populações desses agentes nas lavouras de soja, mediante produção e liberação dos parasitoides *Trissolcus basalis* e *Telenomus podisi*. Com isto, é possível manter a população dos percevejos sob controle durante o período crítico de ataque às plantas de soja. Este programa, desenvolvido pela Embrapa Soja, passou por diferentes etapas, desde a coleta e identificação do parasitoide até os testes de eficiência em campo. Implementado através de um projeto piloto, foi conduzido em diferentes regiões produtoras de soja do Paraná e do Rio Grande do Sul, com a colaboração da Emater e de cooperativas, ficando comprovada a eficiência de liberações dos parasitoides em áreas de produção de soja.¹⁷ Na década de 1990, o programa foi iniciado com a produção e liberação de *T. basalis*, multiplicado em laboratório em ovos de *N. viridula*. Entretanto, em função das alterações ocorridas no complexo de percevejos, com predomínio acentuado do percevejo marrom, *E. heros*, na maioria das áreas de soja a produção de *T. podisi* foi implementada na colônia e, a partir da safra 2000/2001, foram realizadas liberações mistas das duas espécies de parasitoides. Hoje, *T. podisi* é a espécie que vem sendo produzida em maior quantidade e liberada a campo para o controle dos percevejos da soja.

Esses parasitoides, micro-himenópteros da família Scelionidae, ocorrem desde a região central até o extremo sul do Brasil e a predominância de uma ou outra espécie está diretamente relacionada à abundância da espécie hospedeira. Hoje, *T. podisi* é a espécie mais comum, estando diretamente associada a *E. heros*, principal percevejo sugador de sementes encontrado nas lavouras de soja. Embora tenham comportamento generalista, ocorrendo em ovos de diferentes espécies de percevejos pentatomídeos, esses pa-

¹⁵ CORRÊA-FERREIRA, B. S. & PANIZZI, A. R. *Percevejos da soja e seu manejo*. Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 1999. 45 p. (Circular Técnica, 24).

¹⁶ CORRÊA-FERREIRA, B. S.; ALEXANDRE, T. M.; PELLIZZARO, E. C.; MOSCARDI, F. & BUENO, A. de F. *Op. cit.*

¹⁷ CORRÊA-FERREIRA, B. S. *Utilização do parasitoide de ovos Trissolcus basalis (Wollaston) no controle de percevejos da soja*. Londrina: Embrapa-CNPSo, 1993. 40 p. (Circular Técnica, 11)

CORRÊA-FERREIRA, B. S. & MOSCARDI, F. Biological control of soybean stink bugs by inoculative releases of *Trissolcus basalis*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, v. 79, p. 1-7, 1996.

rasitoides apresentam nítida preferência por determinados hospedeiros, *T. basalis* para ovos de *N. viridula* e *T. podisi* para *E. heros*.

No interior do ovo hospedeiro, os parasitoides passam por diferentes fases de desenvolvimento – ovo, larva e pupa –, completando o ciclo de vida num período médio de dez a doze dias.¹⁸ Os adultos, pequenas vespas com cerca de 1mm de comprimento, são de vida livre e se alimentam de néctar. Como agentes de controle biológico, esses parasitoides, além de apresentar potencial e características biológicas importantes (atacam na fase inicial do desenvolvimento do hospedeiro, ciclo de desenvolvimento curto, capacidade de busca elevada, alto potencial reprodutivo, razão sexual com predominância de fêmeas etc.), são facilmente mantidos em colônias de laboratório; entretanto, dependem diretamente de criações de percevejos como fonte contínua de fornecimento de ovos. Para atender o programa de controle biológico, vários estudos básicos de ecologia nutricional de pentatomídeos fitófagos foram realizados¹⁹ e metodologias de criação de insetos foram desenvolvidas, adaptadas e aperfeiçoadas²⁰. Atualmente, *T. podisi* e *T. basalis* são multiplicados em colônias de laboratório, utilizando ovos de *E. heros*, *N. viridula* e *D. melacanthus*, como os principais hospedeiros.

Como no programa de controle biológico de percevejos, as liberações dos parasitoides dependem diretamente de criações massais de insetos hospedeiros, a preservação dos ovos por períodos prolongados viabiliza a liberação desses agentes benéficos a campo em quantidades maiores e na época mais indicada, buscando a maior eficiência de controle e o sucesso do programa. A partir do conhecimento de que parasitoides podem se desenvolver em ovos de pentatomídeos hospedeiros submetidos a condições de baixas temperaturas²¹, buscou-se metodologia que permitisse a multiplicação desses parasitoides em ovos de percevejos conservados em laboratório. Na multiplicação de *T. basalis* em ovos de *N. viridula*, verificou-se que estes são viáveis ao parasitismo e emergência dos adultos por períodos de armazenamento de até 30 dias quando mantidos a 5°C (geladeira), até 180 dias a -15°C (freezer) e até 360 dias a -196°C, em nitrogênio líquido. Entretanto, ovos de *E. heros* visando à multiplicação de *T. podisi* tem apresentado uma sensibilidade maior a estas condições de armazenamento, sendo, até o momento, a estocagem em nitrogênio líquido a técnica que apresentou maior viabilidade no parasitismo dos ovos.

¹⁸ CORRÊA-FERREIRA, B. S. *Trissolcus basalis* para o controle de percevejos da soja. In: PARRA, J. R. P. et al. (Eds.). *Controle biológico no Brasil: parasitoides e predadores*. São Paulo: Manole, 2002. p. 449-476.

¹⁹ PANIZZI, A. R.; VIVAN, L. M.; CORRÊA-FERREIRA, B. S. & FOERSTER, L. A. Performance of southern green stink bug (Heteroptera: Pentatomidae) nymphs and adults on a novel food plant (Japanese privet) and other hosts. *Entomological Society of America Annals*, v. 89, p. 822-827, 1996.

²⁰ PERES, W. A. A. & CORRÊA-FERREIRA, B. S. Nymphal and adult performance of *Euschistus heros* (Fabr.) (Hemiptera: Pentatomidae), as a potential alternative host for egg parasitoids multiplication. *Neotropical Entomology*, v. 30, p. 535-540, 2001.

SILVA, C. C.; LAUMANN, R. A.; BLASSIOLI, M. C.; PAREJA, M. & BORGES, M. *Euschistus heros* mass rearing technique for multiplication of *Telenomus podisi*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 43, p. 575-580, 2008.

²¹ ORR, D. B. Scelionid wasps (Wollaston) as biological control agents: a review. *Florida Entomologist*, v. 71, p. 506-528, 1988.

Após a multiplicação dos parasitoides em ovos de percevejos hospedeiros, realizada normalmente em frascos plásticos, os ovos são colados em cartelas de papelão e protegidos por tela de nylon.²² A liberação desses parasitoides nas lavouras de soja é realizada como adultos previamente alimentados com mel ou como pupas no interior dos ovos parasitados, na quantidade de 5.000 adultos ou três cartelas por hectare, respectivamente. Recomenda-se que os parasitoides sejam liberados nas primeiras semeaduras, na época em que os percevejos estão colonizando a cultura e iniciando a oviposição (período do florescimento da soja). Assim, o efeito dos parasitoides sobre a população dos percevejos é antecipado, mantendo-os em densidades populacionais menores durante o período crítico de ataque à cultura.

Devido à capacidade de dispersão desses parasitoides e da sua sensibilidade aos inseticidas químicos normalmente utilizados nas lavouras de soja, e para que esta tecnologia de controle biológico seja viabilizada com sucesso, é de vital importância que a sua utilização seja realizada em áreas que empregam as estratégias de manejo integrado de pragas. Isso permitiria condições mais favoráveis à multiplicação e especialmente à preservação desses agentes benéficos, possibilitando atuarem com maior eficiência no controle dos percevejos da soja.

Desde que os critérios para o melhor uso desta tecnologia sejam respeitados, o emprego do controle biológico dos percevejos através de liberações de parasitoides de ovos poderá contribuir para ambientes mais equilibrados, tanto em áreas de soja orgânica²³, onde as condições são mais favoráveis pelo não uso de produtos químicos, como em áreas contínuas de microbacias, onde diferentes comunidades de produtores adotam as ações do MIP e buscam produzir com qualidade²⁴. Isto também vale para produtores em áreas isoladas, que buscam alternativas mais viáveis a longo prazo e de forma mais duradoura e sustentável.²⁵ Entretanto, o abandono das ações de MIP nas lavouras de soja e o uso de práticas totalmente contrárias à sustentabilidade dos sistemas produtivos, hoje amplamente utilizadas em diferentes regiões produtoras, têm levado a áreas totalmente desequilibradas, com densidades populacionais elevadas e sérios danos causados à soja pelos percevejos, além da ocorrência de populações resistentes aos inseticidas. Portanto, é necessária e urgente a retomada do MIP nos sistemas agrícolas produtivos, para permitir que técnicas de controle biológico tenham maior chance de ser utilizadas com sucesso.

²² CORRÊA-FERREIRA, B. S. *Utilização do parasitóide de ovos Trissolcus basalís... Op. cit.*
CORRÊA-FERREIRA, B. S. *Trissolcus basalís para o controle de percevejos... Op. cit.*

²³ CORRÊA-FERREIRA, B. S. & PERES, W. A. A. Uso dos parasitoides no manejo dos percevejos-pragas da soja. In: CORRÊA-FERREIRA, B. S. (Org.). *Soja Orgânica: Alternativas para o Manejo dos Insetos-Pragas*. Londrina: Embrapa Soja, 2003. p. 33-45.
SUJII, E. R.; PIRES, C. S. S.; SCHMIDT, F. G. V.; ARMANDO, M. S.; PAIS, J. S. de O.; SANTOS, H. M. dos; BORGES, M. M.; CARNEIRO, R. G. & VALLE, J. C. V. *Recomendações para o controle biológico de insetos – pragas na soja orgânica no Distrito Federal*. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2001. 8 p. (Comunicado Técnico, 53).

²⁴ CORRÊA-FERREIRA, B. S.; DOMIT, L. A.; MORALES, L. & GUIMARÃES, R. C. Integrated soybean pest management in micro river basins in Brazil. *Integrated Pest Management Review*, v. 5, p. 75-80, 2000.

²⁵ CORRÊA-FERREIRA, B. S.; ALEXANDRE, T. M.; PELLIZZARO, E. C.; MOSCARDI, F. & BUENO, A. de F. *Op. cit.*

Perspectivas do controle biológico

Parasitoides de ovos de lepidópteros

Uma das táticas promissoras no controle de lepidópteros é a liberação de parasitoides de ovos²⁶, alternativa ainda não utilizada em larga escala na cultura de soja. Entre esses agentes de controle biológico, as espécies do gênero *Trichogramma* são as que apresentam potencial muito promissor para o MIP-Soja. Esse inimigo natural destaca-se por controlar a praga na fase de ovo e, portanto, antes desta causar qualquer injúria à planta; pela capacidade de ser criado em larga escala a um custo relativamente baixo; e por apresentar ampla distribuição geográfica com inúmeros hospedeiros.

A ordem Lepidoptera abrange um grande complexo de lagartas que são pragas importantes na soja, como *A. gemmatalis*, o complexo de espécies do gênero *Spodoptera*, *C. includens*, além de outras lagartas de menor importância, como a lagarta-enroladeira, lagarta-elasma, broca-das-vagens e das axilas que eventualmente podem ocorrer na cultura.

Assim, as espécies de *Trichogramma*, normalmente generalistas, são agentes de controle biológico potenciais para todas essas espécies-praga. Entretanto, para assegurar o sucesso do controle realizado por *Trichogramma* spp., é importante considerar que algumas etapas de pesquisa precisam ser realizadas nos diferentes sistemas produtivos-alvos (figura 1), sendo que apenas algumas dessas etapas já foram finalizadas para a cultura da soja.

²⁶ PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A. & SILVEIRA NETO, S. Biological control of pests through egg parasitoids of the genera *Trichogramma* and/or *Trichogrammatoidea*. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, v. 82, p. 153-160, 1987.

²⁷ PARRA, J. R. P. A passos lentos. *Cultivar grandes culturas*, ano IX, n. 95, abril de 2007.



Figura 1: Etapas do desenvolvimento do pacote tecnológico de um programa de controle biológico aplicado com a utilização de uma espécie de parasitoide de ovos. Adaptado de Parra, J. R. P.²⁷

²⁸ BUENO, R. C. O. F.; PARRA, J. R. P.; BUENO, A. F. & HADDAD, M. L. Desempenho de tricogramatídeos como potenciais agentes de controle de *Pseudoplusia includens* Walker (Lepidoptera: Noctuidae). *Neotropical Entomology*, v. 38, p. 389-394, 2009.

a) Escolha da espécie/linhagem do parasitoide a ser utilizado

A escolha da espécie de *Trichogramma* deve levar em consideração principalmente a praga-alvo, a cultura e o clima do local de utilização. Para o controle da *C. includens* na soja, a linhagem de *T. pretiosum* coletada em Rio Verde, Goiás (*T. pretiosum* linhagem RV), apresentou melhor desempenho biológico entre os diferentes tricogramatídeos avaliados²⁸, com maior taxa de parasitismo (81,6%), menor

duração do período ovo-adulto (9,4 dias), alta emergência (97,5%) e maior proporção de fêmeas (0,7), sendo, portanto, a mais indicada para controle de *C. includens* na soja.

b) Aspectos bioecológicos da espécie do gênero *Trichogramma*

O desenvolvimento de *Trichogramma* spp. é bastante influenciado por fatores como a temperatura, a umidade e a luz. A temperatura pode afetar, entre outros parâmetros, a duração do desenvolvimento, a razão sexual, o parasitismo e a longevidade dos adultos.²⁹ A redução do ciclo biológico à medida que aumenta a temperatura é comum entre várias espécies de *Trichogramma*, independente da origem das linhagens ou do hospedeiro. Estudos de biologia em diferentes temperaturas têm oferecido informações valiosas para a determinação das exigências térmicas para estes parasitoides, o que fornece subsídios para o aprimoramento dos programas de controle biológico na prática.³⁰ Nesse contexto, a linhagem de *T. pretiosum* RV escolhida para ser utilizada na cultura da soja, especialmente para o controle de *C. includens*, mostrou-se bem adaptada a diferentes temperaturas entre 18°C e 32°C, sendo que a temperatura ideal para seu melhor desempenho foi entre 22°C e 30°C.³¹

c) Densidade ideal dos parasitoides a ser liberados em campo

A determinação da densidade ideal de parasitoides a ser liberados é dependente das características bioecológicas de cada espécie de *Trichogramma*, como a capacidade de “busca”, preferência hospedeira e tolerância às condições climáticas.³² A melhor densidade de *T. pretiosum* linhagem RV para liberação em soja, no manejo das lagartas desfolhadoras *C. includens* e *A. gemmatalis*, foi determinada em casa de vegetação, por Bueno e colaboradores³³, como sendo de 25,6 parasitoides/ovo da praga. Após a liberação dessa densidade, o parasitismo em ovos de *A. gemmatalis* e *C. includens* foi superior a 70%, quando a soja estava no período reprodutivo, portanto, na situação de maior dificuldade para o parasitoide. Entretanto, o grande desafio atualmente é também relacionar esse número de ovos com o número de lagartas e/ou de adultos coletados em armadilhas no campo, visto que a amostragem de ovos seria inviável comercialmente.

d) Dispersão e frequência de liberação dos parasitoides

A dispersão e frequência das liberações são determinadas pela fenologia da planta e também pela densidade de ovos da praga. A dinâmica de ovos do hospedeiro deve ser

²⁹ CALVIN, D. D.; KNAPP, M. C.; WELCH, S. M.; POSTON, F. L. & ELZINGA, R. J. Impact of environmental factors on *Trichogramma pretiosum* reared on southwestern corn borer eggs. *Environmental Entomology*, v. 13, p. 774-780, 1984.

³⁰ CALVIN, D. D.; KNAPP, M. C.; WELCH, S. M.; POSTON, F. L. & ELZINGA, R. J. *Op. cit.* PARRA, J. R. P. & ZUCCHI, R. A. *Trichogramma* in Brazil: feasibility of use after twenty years of research. *Neotropical Entomology*, v. 33, p. 271-281, 2004.

³¹ BUENO, R. C. O. F.; PARRA, J. R. P. & BUENO, A. F. Biological characteristics and thermal requirements of a Brazilian strain of the parasitoid *Trichogramma pretiosum* reared on eggs of *Pseudoplusia includens* and *Anticarsia gemmatalis*. *Biological Control*, v. 51, p. 355-361, 2009.

³² HASSAN, S. A. Strategies to select *Trichogramma* species for use in biological control. In: WAJNBERG, E. & HASSAN, S. A. (Ed.). *Biological control with egg parasitoids*. Wallingford: CAB International, 1994. chap. 3, p. 55-68.

³³ BUENO, R. C. O. F.; PARRA, J. R. P. & BUENO, A. F. *Trichogramma pretiosum* parasitism and dispersal capacity: a basis for developing biological control programs for soybean caterpillars. *Bulletin of Entomological Research*, p. 1-8, 2011.

³⁴ SMITH, S. M.; HUBBES, M. & CARROW, J. R. Factors affecting inundative releases of *Trichogramma* Ril. against the spruce budworm. *Journal of Applied Entomology*, v. 101, p. 29-39, 1986.

³⁵ LOPES, J. R. S. *Estudos bio-otológicos de Trichogramma galloï Zucchi, 1988 (Hym.: Trichogrammatidae) para o controle de Diatraea saccharalis (Fabr., 1794) (Lep.: Pyralidae)*. 1988. 141 p. Dissertação (Mestrado em Entomologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1988. ZACHRISSON, B. A. & PARRA, J. R. P. Capacidade de dispersão de *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 para o controle de *Anticarsia gemmatalis* Hübner, 1818 em soja. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v. 55, p. 133-137, 1998.

³⁶ LOPES, J. R. S. *Op. cit.*

³⁷ DOBZHANSKY, T. & WRIGHT, S. Genetics of natural populations x Dispersion rates in *Drosophila pseudoobscura*. *Genetics*, Toronto, v. 28, p. 304-340, 1943.

³⁸ BUENO, R. C. O. F. *Bases biológicas para utilização de Trichogramma pretiosum Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) para controle de Pseudoplusia includens (Walker, 1857) e Anticarsia gemmatalis Hübner, 1818 (Lepidoptera: Noctuidae) em soja*. 2008. 119p. Tese (Doutorado em Entomologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008. BUENO, R. C. O. F.; PARRA, J. R. P. & BUENO, A. F. *Trichogramma pretiosum* parasitism... *Op. cit.*

³⁹ BUENO, R. C. O. F. *Bases biológicas... Op. cit.*

avaliada periodicamente, para que as primeiras liberações do parasitoide coincidam com o início da infestação da praga.³⁴ Como contar ovos de pragas no campo é muito trabalhoso, um método indireto alternativo para esta avaliação ainda precisa ser estudado.

O número ótimo de pontos de liberação do parasitoide em uma determinada área depende da capacidade de sua dispersão. Em geral, a dispersão de *Trichogramma* spp. é pequena, mostrando-se inferior a 20m em experimentos em que as avaliações foram realizadas em períodos menores que 36h após a liberação.³⁵ Entretanto, esse parâmetro pode variar entre as espécies de *Trichogramma* e a cultura-alvo.³⁶ Na soja, baseando-se no modelo de Dobzhanky e Wright³⁷, o raio de ação médio e a área de dispersão do parasitoide foram de 8,0m e 85,2m², respectivamente³⁸. Portanto, o número de pontos de liberação do parasitoide nesta cultura, determinado através do raio efetivo de dispersão, deve ser de 117 pontos/ha, para a obtenção de uma distribuição homogênea na área tratada, em 24 horas após a liberação.

Com relação à frequência de liberação de *T. pretiosum* na soja, o parasitismo atingiu 70% em 24 horas após a liberação e decresceu drasticamente apenas a partir do quinto dia (120 horas).³⁹ Assim, são desnecessárias liberações de *T. pretiosum* na soja em intervalos menores do que quatro dias. Entretanto, é importante salientar que o momento ideal para seu uso deve ser definido com base na infestação da praga, cuja intensidade deve ser igual ao nível de ação. Estudos que demonstram o nível de ação para a liberação de *T. pretiosum* ainda são escassos e precisam ser revistos já que os níveis de ação atuais recomendados para a cultura da soja são delineados para aplicações de inseticidas, um método rápido que controla os insetos-praga na fase de desenvolvimento, quando causam a injúria na planta.

Associação de diferentes espécies de parasitoides de ovos no controle biológico de lepidópteros

Uma praga que tem causado preocupação entre sojicultores brasileiros é a lagarta-das-vagens, representada por um complexo de espécies do gênero *Spodoptera*. Como essas espécies de noctuídeos normalmente realizam a postura em camadas sobrepostas de ovos, *T. pretiosum* é capaz de parasitar apenas os ovos da camada superior, permitindo que lagartas das camadas inferiores eclodam. Uma outra espécie, o *Telenomus remus*, apresenta alta taxa de parasitismo em ovos de *Spodoptera* spp., por ser capaz de realizar

a oviposição em todas as camadas de ovos das posturas, o que o diferencia de outros parasitoides. Devido a esta característica, o *T. remus* apresenta grande potencial de utilização na cultura da soja, principalmente para complementar o controle de espécies de *Spodoptera* pelo *T. pretiosum*.

No Brasil, os estudos com *T. remus* ainda são escassos e não fornecem informações suficientes para que um programa de controle com este parasitoide seja implementado. Essa espécie tem sido utilizada em larga escala em programas de MIP na Venezuela, através de liberações inundativas em áreas de milho, com índices de parasitismo de até 90% em ovos de *Spodoptera frugiperda*⁴⁰, o que indica o seu grande potencial para também ser usada na soja no Brasil. Assim, no futuro, esse parasitoide pode ser adotado com sucesso no MIP-Soja em regiões em que *Spodoptera* spp. ocorrer como praga importante, notadamente em liberações conjuntas com o *T. pretiosum* para o controle de outras espécies de lepidópteros-pragas da soja. Em estudos preliminares de laboratório, observou-se que em torno de 10 a 20% de *T. remus* do total de parasitoides utilizados (*T. remus* associado com *T. pretiosum*) seria o suficiente para elevar o parasitismo em ovos de *Spodoptera* spp. para mais de 80%.⁴¹ Esses resultados indicam que a associação de *T. pretiosum* e *T. remus* é bastante promissora para utilização em programas de controle biológico do MIP-Soja, visto que poderá aliar um bom espectro de controle (incluindo as espécies pragas do gênero *Spodoptera*), com um preço mais baixo de criação de *T. pretiosum*.

Considerações finais

Considerando as exigências cada vez maiores por ambientes mais sustentáveis e alimentos mais seguros, e os problemas presentes hoje nas lavouras de soja em consequência do mau manejo empregado no controle das pragas, as alternativas de controle biológico capazes de reduzir o impacto do sistema agrícola ao meio ambiente serão cada vez mais demandadas. Entretanto, para a eficiência e sucesso desses programas, será necessário que a sua adoção seja sempre enfocada como uma das estratégias de programas de manejo de pragas. Assim, várias outras ações e técnicas devem ser empregadas, dentre elas: o monitoramento constante das pragas e de seus inimigos naturais nas lavouras; a decisão de controle com base nos níveis de ação estabelecidos para as principais pragas; e o uso de produtos mais seletivos, buscando sempre o equilíbrio do sistema produtivo como um todo e não de culturas isoladas.

⁴⁰ FERRER, F. Biological control of agricultural insect pests in Venezuela; advances, achievements, and future perspectives. *Biocontrol News and Information*, v. 22, p. 67-74, 2001.

⁴¹ GOULART, M. M. P.; BUENO, A. F.; BUENO, R. C. O. F. & VIEIRA, S. S. Interaction between *Telenomus remus* and *Trichogramma pretiosum* in the management of *Spodoptera* spp. *Revista Brasileira de Entomologia*, v. 55, p. 121-124, 2011.

Beatriz S. Corrêa-Ferreira é bióloga, doutora em Ciências Biológicas/Entomologia e pesquisadora/consultora da Fundação de Apoio à Pesquisa e ao Desenvolvimento do Agronegócio (Fapeagro) junto à Embrapa Soja, Londrina, Paraná. bscferreira@gmail.com

Flávio Moscardi é engenheiro agrônomo, doutor em Entomologia e professor senior dos Programas de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, Paraná, e da Universidade do Oeste Paulista, São Paulo. fmoscardi@gmail.com

Adeney de Freitas Bueno é engenheiro agrônomo, doutor em Entomologia e pesquisador da Embrapa Soja, Londrina, Paraná. adeney@cnpsa.embrapa.br

CONTROLE BIOLÓGICO DE *DIATRAEA SACCHARALIS* EM CANA-DE-AÇÚCAR

José Francisco Garcia
Paulo Sérgio Machado Botelho

Nos próximos dez anos, estima-se, para o Brasil, a agregação de novas fronteiras agrícolas pelo setor sucroalcooleiro, as quais serão norteadas pelos avanços esperados no melhoramento genético de variedades mais resistentes à seca e pelo crescimento da demanda interna por etanol e açúcar. Entretanto, projeções para a safra de 2011/2012 revelam que, enquanto o crescimento da produção de açúcar deverá atingir 1 milhão de toneladas, as exportações poderão avançar apenas 600 mil toneladas. Quanto ao etanol, sua exportação deverá apresentar retração significativa em relação à do ano passado. Face a essa estimativa, não há como postergar a produção de matéria-prima de qualidade. É nesse contexto que o controle biológico de *Diatraea saccharalis* se impõe. Introduzido de modo pioneiro no Estado de São Paulo, o programa desenvolve pesquisas desde 1972, mostrando que *Cotesia* (= *Apanteles*) *flavipes* é um importante agente de combate à broca da cana-de-açúcar. As liberações massais do parasitoide em canaviais foram iniciadas naquele Estado em 1977 e desde então os resultados se têm refletido na sensível redução dos danos causados pela praga.

Introdução

As projeções do setor sucroenergético indicam, para o Brasil, um crescimento de aproximadamente 83% na área plantada com cana-de-açúcar nos próximos 10 anos. No mesmo período, prevê-se um aumento da ordem de 120% na produção, a qual deverá atingir em torno de 1 bilhão de toneladas, concentradas principalmente no Centro-Sul. O aumento de produtividade agrícola da cultura deve ser da ordem de 30%, dos quais 23% na produtividade por hectare e 7% no teor de sacarose. Este cenário configura a diferença entre o aumento de área plantada e o da produção.¹

A pouca disponibilidade de terras em São Paulo concentrará o crescimento nas regiões oeste e noroeste do estado. No Paraná, cada vez mais a produção cresce na direção do arenito de Caiuá. Outras regiões de expansão continuam sendo o Triângulo Mineiro, o sul de Goiás e a bacia do Rio Paraná, em Mato Grosso do Sul. A escolha de tais áreas se deve ao relevo propício à colheita mecanizada, à boa quantidade de chuvas e à proximidade dos sistemas de transporte para o escoamento da produção para os portos.²

As novas fronteiras serão o Vale do São Francisco e o oeste da Bahia, o Maranhão, o Piauí e o Pará. Tais regiões deverão ser eleitas por oferecerem boas condições técnicas à produção de cana-de-açúcar e por estarem localizadas próximas a portos de exportação.

Porém, na avaliação da União da Indústria de Cana-de-Açúcar (UNICA), apenas cinco novas unidades iniciarão suas atividades na safra 2011/2012. É um número significativamente inferior ao observado nos últimos anos, reflexo da desaceleração no crescimento do setor sucroenergético após a crise global de crédito em 2008 e 2009. Foram 25 novas usinas na safra 2007/2008, 30 em 2008/2009, 19 em 2009/2010 e 10 unidades produtoras na última safra. Uma moagem de 568,50 milhões de toneladas é esperada na safra 2011/2012, crescimento de 2,11% em relação ao total processado na safra 2010/2011, que foi de 556,74 milhões de toneladas. O setor precisará investir fortemente na renovação do canavial ao longo deste ano, para garantir o crescimento da oferta a partir da safra 2012/2013, já que as exportações brasileiras de açúcar devem apresentar índice de crescimento inferior ao esperado. Enquanto o crescimento na produção de açúcar deverá atingir 1,09 milhão de toneladas, as exportações podem avançar apenas 0,60 milhão de toneladas, um total de 24,90 milhões de toneladas a serem exportadas na próxima safra. Ao contrário do que

¹ AGRIANUAL 2007. *Anuário da Agricultura Brasileira*. São Paulo: Instituto FNP, 2007. p. 237-268.

² AGRIANUAL 2007. *Op. cit.*

- ³ UNICA. Estimativa da safra 2011/2012. 23 p. <http://unica.com.br/noticias>
- ⁴ MOUTIA, L. A. & COURTOIS, C. M. Parasites of the moth-borers of sugarcane in Mauritius. *Bull. Ent. Res.*, v. 2, p. 325-359, 1952.
- ⁵ BETBEDER-MATIBET, M. & MALINGE, P. A biological control success: control of *Chilo sachariphagus*, the spotted sugar-cane borer, in Madagascar by an introduced parasite, *A. flavipes*. *Agron. Trop.*, v. 12, p. 1.196-1.220, 1967.
- ⁶ WATANABE, C. Notes on the *Apanteles flavipes* complex (Hymenoptera: Braconidae). *Mushi*, v. 38, p. 111-116, 1965.
- ⁷ BENNETT, F. D. Tests with parasites of Asian graminaceous moth borer on *Diatraea* and allied genera in Trinidad. *Commonw. Inst. Biol. Control Tech. Bull.*, v. 5, p. 101-116, 1965.
- ⁸ GIFFORD, J. R. & MANN, G. A. Biology, rearing, and a trial release of *Apanteles flavipes* in the sugar cane borer. *J. Econ. Ent.*, v. 60, p. 44-47, 1967.
- ⁹ HALL, D. G. Seasonal activity of parasitoids against sugarcane borer larvae in Florida. *J. Amer. Soc. Sugar Cane Technol.* v. 6, p. 19-23, 1986.
- ¹⁰ BENNETT, F. D. *Op. cit.*
- ¹¹ ALAM, M. M.; BENNETT, F. D. & CARL, K. P. Biological control of *Diatraea saccharalis* (F.) in Barbados by *Apanteles flavipes* Cam. and *Lixophaga diatraeae* T. T. *Entomophaga*, v. 16, p. 151-158, 1971.
- ¹² GALICHET, P. F. Introducción y cria de *Apanteles flavipes* Cameron (Hym., Braconidae) en las Antillas Francesas. *Rev. Per. Entomol.*, v. 14, n. 2, p. 373-375, 1971.
- ¹³ BENNETT, F. D. & SQUIRE, F. A. Investigations on the biological control of some insect pests in Bolivia.

ocorre no mercado de açúcar, as exportações de etanol devem apresentar uma retração significativa na safra 2011/2012, chegando a 1,45 bilhão de litros – queda superior a 18% em relação à safra 2010/2011.³

Face a essa realidade, para se produzir álcool e açúcar, cada vez mais se torna necessário ter matéria-prima de qualidade, de modo a assegurar altos rendimentos na indústria, minimizar custos e garantir a competitividade no cenário interno e externo.

Histórico

Cotesia (= *Apanteles*) *flavipes* é um endoparasitoide larval gregário de *Chilo* spp. e outros gêneros de Crambidae, brocas de colmos de gramíneas do sudeste da Ásia e da Austrália. Foi introduzido e estabeleceu-se nas ilhas Maurício para o controle de *Proceras calamistis*⁴ e, de lá, foi levado para Madagascar, em 1955, onde também se estabeleceu.⁵ Relatos anteriores de sua distribuição e lista de hospedeiros na Ásia são vistos com reserva por causa de confusões com a espécie próxima *Apanteles chilonis*, mas Watana-be⁶ esclareceu a taxonomia.

Uma primeira tentativa de introduzir *C. flavipes* no Caribe, procedente das ilhas Maurício, fracassou.⁷ A primeira introdução bem sucedida deste braconídeo nas Américas ocorreu no início dos anos sessenta, quando experimentos de laboratório na Flórida foram seguidos por liberações de 30.000 adultos nos Everglades, em 1963.⁸ Depois de algumas recuperações, o inseto desapareceu, para reaparecer anos depois, vindo a tornar-se o parasitoide dominante, coexistindo com o braconídeo *Agathis stigmatera*. Em um estudo de 3 anos (1982-1984), os níveis de parasitismo em *Diatraea saccharalis* atingiram 58, 42 e 61%, nos quais *A. stigmatera* contribuía com 5 a 20%.⁹ Para Sosa, *D. saccharalis* é, correntemente, uma praga menos séria na Flórida devido à ação dos parasitoides e do predador importado, a “formiga lava-pé”, *Solenopsis invicta*.

Introduções procedentes das ilhas Maurício e da Índia para Trinidad¹⁰ e para Barbados¹¹, em 1966, resultaram no seu estabelecimento permanente, sobre *D. saccharalis*, a partir de 1967 nessas ilhas.

Esse parasitoide foi introduzido em Guadalupe, em 1969 e 1979, procedente de Barbados e de Reunião, respectivamente.¹² Em 1970 foi introduzido em St. Kitts, a partir de Barbados, subsequentemente a partir de Trinidad, para controle de *D. saccharalis*.¹³

- PANS, v. 4, p. 459-467, 1972.
- ¹⁴ GAVIRIA, J. Evaluación del control biológico en la industria azucarera colombiana. Su utilización práctica en el ingenio Río Paila. En: Primer seminario nacional sobre el problema de los taladradores de la caña de azúcar (*Diatraea* spp.). Barquisimeto, Venezuela, 1977. p. 77-94.
- ¹⁵ MENDONÇA FILHO, A. F.; RISCO, S. H. B. & COSTA, J. M. B. Introduction and rearing of *Apanteles flavipes* Cameron (Hym.: Braconidae) in Brazil. In: CONGRESS OF INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGARCANE TECHNOLOGISTS, XIX., São Paulo, 1977. *Proceedings...* São Paulo, v. 1, p. 703-710.
- ¹⁶ NARVAEZ, L. *Informação pessoal*.
- ¹⁷ AYQUIPA, A. G.; CUEVA, C. M. A. & SIRLOPÚ, R. J. Introduction of *Apanteles flavipes* Cameron (Hym.: Braconidae) for biological control of the sugarcane borer *Diatraea saccharalis* Fabr. (Lep.: Crambidae) in Peru. *ISSCT Entomology Newsletter*, v. 7, p. 8, 1979.
- ¹⁸ TERÁN, F. O. Controle biológico da broca da cana-de-açúcar nas usinas cooperadas. In: SEMINÁRIO COPERSUCAR DA AGROINDÚSTRIA AÇUCAREIRA. Águas de Lindóia, 1975. *Anais...* Águas de Lindóia: Copersucar, 1975, p. 245-252.
- ¹⁹ MENDONÇA FILHO, A. F.; RISCO, S. H. B. & COSTA, J. M. B. *Op. cit.*
- ²⁰ MACEDO, N.; BOTELHO, P. S. M. & MENDES, A. C. Liberação de *Apanteles flavipes* Cam. em São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 4., Goiânia, 1977. *Resumo...* Goiânia: SEB, 1977. p. 114.
- MENDONÇA FILHO, A. Território Federal do Amapá, uma nova região de controle biológico de *Diatraea*
- Na Colômbia, *C. flavipes* foi introduzido a partir de Trinidad, em 1970-1975¹⁴, e mostrou alta capacidade para se adaptar e parasitar *D. saccharalis* em cana-de-açúcar, milho e sorgo, bem como *D. lineolata* nestes cereais. Na Venezuela, passou a ocorrer em 1975, procedente de Trinidad.¹⁵
- No Panamá, onde *D. tabernella* é mais importante do que *D. saccharalis* como broca da cana-de-açúcar, entre 1978 e 1980, parasitoides procedentes de Trinidad foram multiplicados e liberados 2,654 milhões de indivíduos. Isto resultou na redução do Índice de Intensidade de Infestação Final da praga (% I.I.I.F.) de 10% entre 1977 e 1979 para 7,2% no período de 1980 a 1981.¹⁶ No Peru, *C. flavipes* foi introduzido em 1975.¹⁷
- No Brasil, as primeiras tentativas de utilização desse parasitoide foram feitas pela COPERSUCAR e pelo Departamento de Entomologia da ESALQ/USP em 1971¹⁸, porém, ficaram restritas a observações de laboratório e poucas liberações isoladas; nenhuma recuperação em lavoura da cana-de-açúcar foi mencionada. Dificuldades nas criações do inseto em laboratórios foram os principais obstáculos que justificaram a interrupção das atividades.
- Em abril de 1974, *C. flavipes*, proveniente de Trinidad-Tobago, foi introduzido em Alagoas, iniciando-se então sua efetiva participação no Programa Nacional de Controle Biológico de *Diatraea* spp. no Brasil, desenvolvido pelo IAA/PLANALSUCAR.¹⁹
- Durante o período de 1974 a 1976, *C. flavipes* foi liberado em Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte, Sergipe, Bahia e Rio de Janeiro para controlar *D. saccharalis* e *D. flavipenella* e, em São Paulo e Amapá, para controlar *D. saccharalis*.²⁰
- Desde a primeira liberação de *C. flavipes* em lavouras de cana-de-açúcar em Alagoas, em julho de 1974, observou-se seu grande potencial, uma vez que 16 dias após a liberação, massas de casulos foram recuperadas em lagartas de *D. flavipenella*. De 1974 a 1976, outras recuperações se fizeram em diferentes regiões canavieiras de Alagoas, bem como nos Estados de Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte, Sergipe, Bahia, Rio de Janeiro, São Paulo e Amapá, permitindo a conclusão de que o parasitoide se estabeleceu, embora nos dois últimos Estados, ainda de forma temporária.²¹
- No Estado de São Paulo, o programa de controle biológico da broca da cana-de-açúcar conduzido pelo então IAA/PLANALSUCAR desde 1972, começou com levantamentos de intensidade de infestação da praga e estudos

spp. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 3., Maceió, 1976. *Resumo...* Maceió: SEB, 1976, p. 149.

MENDONÇA FILHO, A. F.; COSTA, J. M. B. & RISCO, S. H. B. Situação atual do controle da broca da cana-de-açúcar *Diatraea* spp. no Estado de Alagoas, Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 3., Maceió, 1976. *Resumo...* Maceió: SEB, 1976, p. 147-148.

PEREIRA, C. E. F.; LIMA, R. O. R. & VILAS BOAS, A. M. Introdução e adaptação de *Apanteles flavipes* Cam. (Hym.: Braconidae), parasito de *Diatraea* spp. nos Estados de Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 4., Goiânia, 1977. *Resumo...* Goiânia: SEB, 1977, p. 94.

RISCADO, G. M. & LIMA FILHO, M. Situação da *Diatraea* spp. nos canaviais do Estado do Rio de Janeiro e E. Santo (Programa Nacional de Controle Biológico de *Diatraea* spp., no Brasil) IAA-PLANALSUCAR. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 3., Maceió, 1976. *Resumo...* Maceió: SEB, 1976, p. 145-146.

RISCADO, G. M.; LIMA FILHO, M. & BARBOSA, J. T. Complexo de inimigos naturais de *Diatraea* spp. e sua ação de controle no Rio de Janeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 4., Goiânia, 1977. *Resumo...* Goiânia: SEB, 1977, p. 97.

RISCO, S. H. B. Control biológico de la broca de la caña de azúcar *Diatraea* spp. en Brasil. Relatório de las pesquisas y resultados obtenidos durante el periodo enero/abril/76. Coord. Reg. Nordeste Planalsucar, Alagoas, Junio, 37 p. 1976.

SOUZA, H. D. & SILVA, M. F. A broca de cana-de-açúcar e seu comportamento

de opções de controle.²² Foi tentado o controle biológico através da produção massal e liberação do parasitoide importado de Cuba, *Lixophaga diatraeae*, sem resultados positivos. O programa prosseguiu com a produção dos taquínídeos nativos *Lydella* (= *Metagonistylum*) *minense* e *Billaea* (*Paratheresia*) *claripalpis*, ao mesmo tempo que o controle químico também era investigado.²³ Em ambas as opções, os resultados foram pouco encorajadores. Em 1975 iniciaram-se as pesquisas com *C. flavipes*, a partir de material procedente do nordeste do Brasil. Até 1978, o aperfeiçoamento na tecnologia tornou mais simples a produção de *C. flavipes* em laboratório e a melhoria de sua performance no campo deu-se com a introdução de novos “strains” originários de regiões mais frias e úmidas da Índia e do Paquistão. Esse avanço ocorreu em 1978²⁴ com a colaboração de F. D. Bennett, na época pesquisador do *Commonwealth Institute of Biological Control*. Os resultados de dez anos demonstravam que o controle biológico de *D. saccharalis*, através de sistemáticas liberações de *C. flavipes*, de acordo com a metodologia do IAA/PLANALSUCAR, era um sucesso com real contribuição na redução do Índice de Intensidade de Infestação Final da praga, a despeito de fatores desfavoráveis à mesma, como expansão da área cultivada e plantio de variedades mais susceptíveis.²⁵

A COPERSUCAR que, paralelamente ao IAA/PLANALSUCAR, vinha desenvolvendo, na década de 70, um programa de controle biológico da broca da cana-de-açúcar baseado na produção massal de *L. minense* e *B. claripalpis*, já admitia, em 1982, que o inimigo natural importado *C. flavipes* se mostrava um valioso auxiliar, em época e situações específicas, no controle biológico daquela praga. Dez anos depois, o “Annual Report 1991/92 da COPERSUCAR” citava que, em 1991, dezessete laboratórios de usinas cooperadas haviam liberado 943 milhões de adultos de *C. flavipes*, representando 76,8% do contingente de parasitoides liberados, e que o Índice de Intensidade de Infestação Final da praga, em canaviais de 26 Usinas Cooperadas, havia apresentado uma média de redução de 3,17%, em 1980, contra 9%, em 1991.

Hospedeiro

Descrição e bioecologia de D. saccharalis

A broca da cana-de-açúcar, *D. saccharalis*, é um inseto que apresenta desenvolvimento holometabólico, ou seja, passa pelas fases de ovo (figura 1A), lagarta (figura 1B),

- na região canavieira da Bahia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 3., Maceió, 1976. *Resumo...* Maceió: SEB, 1976. p. 150.
- ²¹ MENDONÇA FILHO, A. F.; RISCO, S. H. B. & COSTA, J. M. B. *Op. cit.*
- ²² MACEDO, N. & BOTELHO, P. S. M. Ten years of biological control of *Diatraea saccharalis* by *Apanteles flavipes* in São Paulo State (Brazil). In: CONGRESS OF INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGARCANE TECHNOLOGISTS, XIX., Jakarta, 1986. *Proceedings...* Manila, v. 1, p. 551-562.
- MACEDO, N.; BOTELHO, P. S. M.; DEGASPARI, N.; ALMEIDA, L. C.; ARAÚJO, J. R. & MAGRINI, E. A. *Controle biológico da broca da cana-de-açúcar*. Manual de Instrução. Piracicaba: IAA/PLANALSUCAR, 1983. 22 p.
- ²³ DEGASPARI, N.; BOTELHO, P. S. M. & MACEDO, N. Controle químico da *Diatraea saccharalis* em cana-de-açúcar, na região Centro-Sul do Brasil. *Bol. Téc. PLANALSUCAR*, Piracicaba, 3(6):5-16, jun. 1981.
- ²⁴ MACEDO, N. New strain of *Apanteles flavipes* was imported to increase its adaptative potential in the Southern Brazil. *ISSCT Entomology Newsletter*, v. 4, p. 11-12, 1978.
- ²⁵ MACEDO, N. & BOTELHO, P. S. M. Ten years of biological control... *Op. cit.*
- ²⁶ LIMA FILHO, M. & LIMA, J. O. G. Aspectos naturais de massas de ovos de *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794), sadias e parasitadas por *Trichogramma*, em cana-de-açúcar. In: SIMPÓSIO DE CONTROLE BIOLÓGICO. 5., Foz do Iguaçu, 1996. *Resumos...* Foz do Iguaçu: EMBRAPA, 1996, p. 308.

pupa (figura 1C) e adulto (figura 1D). Seus ovos são depositados frequentemente nas folhas ainda verdes, tanto na face superior como inferior do limbo foliar e, ocasionalmente, na bainha. De formato oval e achatado, são depositados em grupos de forma embricada, pois um ovo cobre 2/3 ou a metade do que vem logo a seguir. Essa massa de ovos, de número bastante variável (em média de 13^{26}), pode chegar a algumas dezenas e se assemelha a escama de peixe ou couro de cobra. No início mostram coloração amarelo-pálido, passando a rósea até chegar ao marrom-escuro, quando são visíveis as cápsulas cefálicas dos embriões no interior do ovo. A duração dessa fase é bastante variável – nas condições brasileiras, de uma a duas semanas – em função, principalmente, da temperatura.

Após a eclosão, a lagarta migra para a região do cartucho da planta à procura de abrigo, permanecendo por um período que varia de uma a duas semanas, alimentando-se ao raspar a folha da cana ou a casca do entrenó em formação. Durante essa fase, o inseto passa por uma a duas mudas de pele (ecdises), quando então inicia a perfuração da casca do colmo. Geralmente, essa perfuração ocorre próximo à base do entrenó, porção mais mole, abrindo galeria no sentido ascendente na região do palmito da planta. Em certas situações, por razões ainda desconhecidas, a lagarta se alimenta abrindo uma galeria de forma circular, enfraquecendo com isso o entrenó, que pode se quebrar, sobretudo pela ação do vento.

Quando o ataque se dá próximo à região de crescimento da planta, ocorre a morte da gema apical, sintoma facilmente reconhecido pelo amarelecimento das folhas mais novas, denominado “coração morto” ou “olho morto”.

Uma vez tendo penetrado no colmo da cana, a lagarta passa toda essa fase ali protegida, mas, em alguns casos, principalmente pela inundação de sua galeria por água da chuva, ao sentir-se “molestada”, abre um orifício na casca e sai, vindo a abrir outro buraco num entrenó mais abaixo, onde torna a penetrar.

Durante o período de lagarta, esta sofre um número variável de ecdises, frequentemente seis. A duração dessa fase é a mais longa das quatro pelas quais o inseto passa em sua vida – em média de 70 dias, nas condições do Estado de São Paulo. Em função principalmente da temperatura, esse período é abreviado a menos da metade ou dobrado, nesse caso devido a um alongamento no ciclo, considerado por alguns autores como um tipo de diapausa.

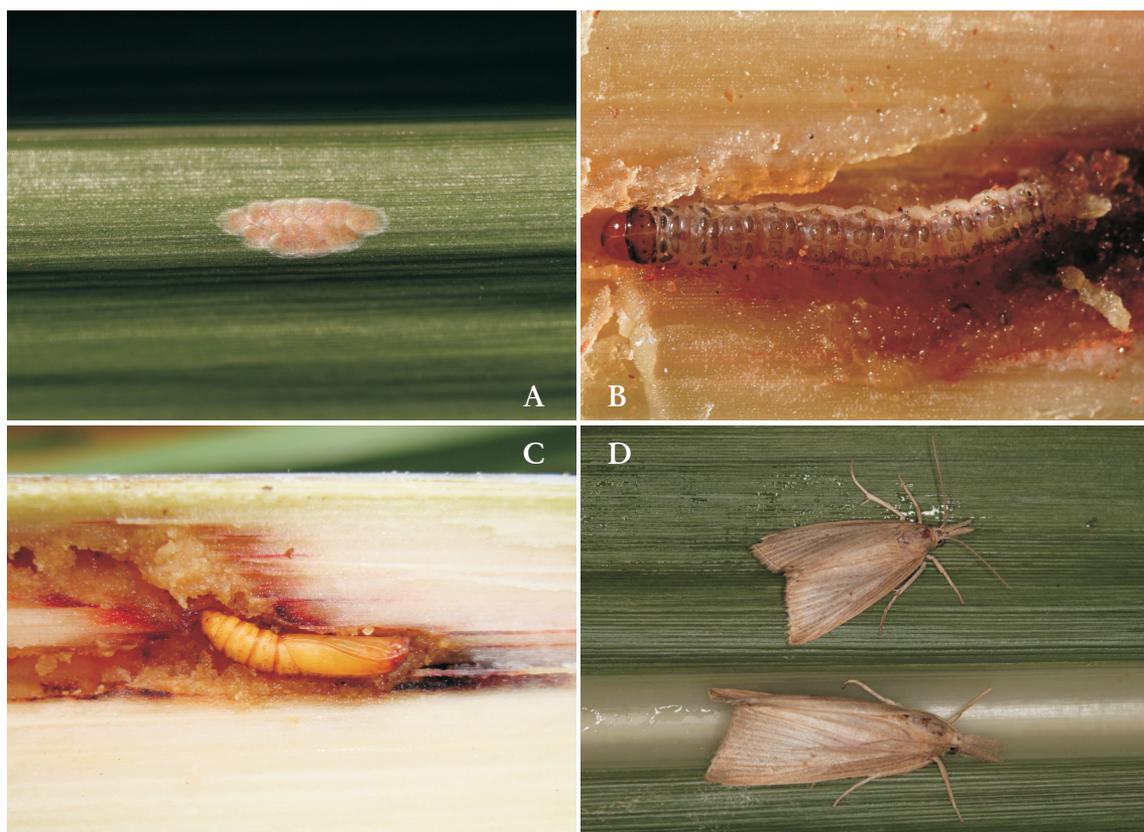


Figura 1: Fases de desenvolvimento de *D. saccharalis* – (A) ovo; (B) lagarta; (C) pupa; (D) adulto

Assim, dentro da população do inseto, nem todos os indivíduos apresentam a mesma velocidade de desenvolvimento, o que funciona como uma autodefesa, assegurando à espécie a possibilidade de sobreviver, caso condições desfavoráveis ocasionem a morte de parte da população.

A lagarta de *D. saccharalis* apresenta coloração branco-leitosa, com cápsula cefálica marrom-escuro e pequenas manchas de cor marrom-claro, distribuídas ao longo de todo o corpo. Possui três pares de pernas torácicas, quatro pares de falsas pernas abdominais e um par de falsas pernas anais. Quando completamente desenvolvida, mede cerca de 25mm.

Próximo à pupação, a lagarta abre um orifício na casca e o fecha parcialmente com fios de seda e restos de sua alimentação e, assim protegida, passa à fase de pupa. A pupa livre, é inicialmente de coloração marrom-claro, escurecendo ao se aproximar da emergência do adulto. A duração dessa fase é de cerca de 10 dias, quando emerge o adulto. Este é de coloração amarelo-palha com manchas escuras nas asas anteriores, lembrando dois “Vs” invertidos quando fe-

chadas. As asas posteriores são brancas. Há diferenças entre os sexos: a fêmea, maior, apresenta abdome volumoso, com as asas de coloração menos pigmentada do que as do macho; este caracteriza-se por uma concentração de cerdas no último par de pernas, ausente na fêmea. O período de vida do adulto é de cinco dias em média. A fêmea atrai o macho para a cópula através da liberação de feromônio e, após o acasalamento, deposita cerca de 300 ovos.

Época de ocorrência

A cana-de-açúcar sofre o ataque dessa praga durante todo o seu desenvolvimento. Sua incidência é menor quando a cana é jovem e não apresenta entrenós formados, aumentando os danos com o crescimento da planta. Esse comportamento, entretanto, pode variar em função da época do ano e da variedade, principalmente.

No Estado de São Paulo, em canas plantadas nos primeiros meses do ano (cana de ano e meio), a ocorrência de lagartas, em termos médios, torna-se mais frequente no início da primavera (setembro-outubro), atingindo os mais altos índices no começo do ano seguinte, coincidente com o verão nessa região. Nas canas plantadas nos meses de setembro-outubro (cana de ano), os problemas se acentuam no início do ano seguinte e são crescentes até o começo do inverno (junho-julho). Em certas variedades, regiões ou anos, porém, o ataque é quase constante ao longo do ano, com ligeira queda no inverno e aumento nos períodos quentes e úmidos (final e começo de ano na região centro-oeste). Em outra situação, soqueiras, por exemplo, o ataque pode concentrar-se quase que exclusivamente nos meses quentes e úmidos.

Como tendência geral, as canas-plantas (canas que não passaram por nenhum corte) sofrem ataques mais severos, quando comparadas às socas (canas que já sofreram cortes). Esse fato é parcialmente explicado, ao se considerar que a cana nova possui maior vigor vegetativo e fica exposta durante um período maior à praga. Ao mesmo tempo, nesses canaviais, a atuação dos inimigos naturais é menor, pois a grande maioria teve o seu habitat desestruturado pelas práticas culturais realizadas com vistas à instalação da lavoura.

Tipos de danos

Na fase larval, *D. saccharalis* pode causar danos diretos e indiretos. O dano direto decorre da alimentação do inseto e se caracteriza por perda de peso (pela abertura de

galerias no entrenó), morte da gema apical da planta (“coação morto”), quebra da cana, enraizamento aéreo e germinação das gemas laterais. Esses danos ocorrem isoladamente ou associados, o que pode agravar os prejuízos.

O dano indireto é causado por microrganismos que invadem o entrenó através do orifício aberto na casca pela lagarta. Esses microrganismos, predominantemente fungos – *Fusarium moniliforme* e/ou *Colletotricum falcatum* –, invertem a sacarose armazenada na planta, causando perdas pelo consumo de energia no metabolismo de inversão e porque os açúcares resultantes desse desdobramento (glicose e levulose) não se cristalizam no processo industrial. Quando a matéria-prima se destina à produção de álcool, o problema não é menos grave, pois os microrganismos que penetram no entrenó aberto contaminam o caldo e concorrem com as leveduras na fermentação alcoólica. Nessa concorrência há uma redução na eficiência de produção de álcool, resultando em prejuízo.²⁷

²⁷ Para maiores informações sobre esses prejuízos consultar: GRAÇA, L. R. Estimativa econômica dos prejuízos causados pelo complexo broca-podridão na cana-de-açúcar no Brasil. *Brasil Açucareiro*, v. 88, n. 1, p. 12-34, 1976. TERÁN, F. O. Estudos sobre amostragens populacionais de formas imaturas de *Diatraea saccharalis*. *Boletim Técnico COPERSUCAR*, v. 41, n. 88, p. 31-36. 1988. ALMEIDA, L. C.; ARRIGONI, E. D. & RODRIGUES FILHO, J. P. Modelo de análise econômica para avaliação do controle biológico da broca da cana-de-açúcar, *Diatraea saccharalis* – VII SEMINÁRIO COPERSUCAR, Tecnologia Agrônômica. Centro de Tecnologia Copersucar. Piracicaba, SP. nov/1997. p. 95-104.

Ação de inimigos naturais

Os artrópodes exercem um importante papel no controle natural da broca, agindo sobre todas as fases do seu desenvolvimento; no entanto, a participação mais significativa ocorre na fase de ovo. Nesse caso, os predadores, parasitoides e menos frequentemente os patógenos, efetuam um eficiente controle, muitas vezes superior a 80%. Além da ação dos inimigos naturais, o clima também atua sobre essa fase do ciclo (especialmente baixa umidade relativa do ar), contribuindo para reduzir o número de ovos viáveis.

Logo após a eclosão, a lagarta também está sujeita à ação desses controladores que agem principalmente até a penetração desta no entrenó (uma a duas semanas). Uma vez a lagarta dentro do entrenó, estará mais protegida, no entanto não estará livre de parasitoides (principalmente *C. flavipes*, *B. claripalpis* e *L. minense*), predadores e patógenos. O controle natural nessa fase gira em torno de 20%.

Finalmente, sobre as fases de pupa e adulto atuam os predadores e patógenos que auxiliam no controle, embora de forma muito mais modesta, se comparada à ação destes nas outras fases do ciclo.

Em todo o processo que envolve o ciclo da praga e seu controle, dois outros pontos são de grande importância. O primeiro é que as variedades de cana-de-açúcar apresentam diferentes graus de resistência à *Diatraea*, existindo certa tendência daquelas mais precoces, produtivas e ricas

em açúcar a sofrerem ataques mais severos. O segundo ponto se refere à ação das práticas que envolvem a colheita da cana-de-açúcar e o cultivo da lavoura logo após o corte, tendo em vista a próxima safra e o controle biológico. A princípio, julga-se que essa sucessão de eventos (queima, corte e requeima dos restos culturais) prejudica a ação dos controladores naturais de *D. saccharalis*. Na realidade, todas essas práticas, ao contrário, auxiliam no controle da praga, reduzindo em mais de 95% a sua população, considerando que uma parcela significativa de parasitoides e, principalmente, predadores sobrevivem durante esses eventos.²⁸

Porém, por pressão ambientalista, a área com cana-de-açúcar, está deixando gradativamente de ser queimada. Por conseguinte, o corte manual está cedendo espaço ao processo mecanizado. No Estado de São Paulo, 100% da área mecanizada será cortada sem queima até 2014 e 100% das áreas, com nível de inclinação superior a 12%, até 2017. Essa mudança prática aumenta a matéria orgânica, através de uma espessa camada de palha remanescente sobre o solo ao final de cada colheita. Assim, há propensão, no primeiro ano, ao aumento da população da broca nessas áreas. Nos anos subsequentes, porém, em função do restabelecimento do equilíbrio populacional, a praga volta a ser controlada naturalmente em novo patamar de eficiência.²⁹

Avaliação da população e estimativa de dano

Para se realizar o controle de *D. saccharalis*, o conhecimento da flutuação populacional de todas as fases de seu ciclo de vida tem grande importância.

O monitoramento da população de adultos pode ser feito através de armadilhas luminosas que coletam fêmeas e machos, ou de feromônio (fêmea virgem), que coletam somente machos. Para o Estado de São Paulo, em termos médios, o pico populacional de adultos ocorre em fevereiro-março e outro em setembro, sobrevivendo as menores populações em junho-julho.

Quanto à distribuição relativa das fases do ciclo durante o ano, há predominância de ovos de janeiro a março, lagartas (3º ínstar ou maiores) em maio-junho, pupas de julho a dezembro e adultos em abril.

Com relação à população de ovos, há um acúmulo nos quatro primeiros meses do ano, com acme em março. A população de lagartas é de difícil monitoramento quando os insetos estão nos primeiros instares larvais, sendo encontradas externamente nas bainhas das folhas mais novas na re-

²⁸ DEGASPARI, N.; BOTELHO, P. S. M.; ALMEIDA, N.; MACEDO, L. C. & ARAÚJO, J. R. A queima da cana-de-açúcar, os efeitos sobre a população da broca, *Diatraea saccharalis* (Fabr., 1794), seus predadores e parasitos. *STAB*, Piracicaba, v. 1, n. 5, p. 35-40, 1983.

²⁹ ARAÚJO, J. R. Estudo de *Diatraea saccharalis* (Fabr., 1794) (Lepidoptera: Pyralidae) e seus principais inimigos naturais associados a dois sistemas de colheita da cana-de-açúcar: colheita mecanizada de cana "crua" versus cana "queimada". São Carlos, 1995. 91 p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de São Carlos. ARAÚJO, J. R. *Guia prático para criação da broca da cana-de-açúcar e de seus parasitoides em laboratório*. Piracicaba (São Paulo): IAA/PLANALSUCAR, 1987. 36 p.

gião de crescimento da planta. Nessa fase há um eficiente controle natural, sem estreita correlação entre o aumento da população de ovos e o incremento posterior na população de lagartas que penetram no colmo da cana e ocasionam dano. Além dos fatores naturais de controle (bióticos e abióticos), a colheita da cana que se inicia em abril-maio na região centro-sul e se estende até novembro, também contribui para modificar a tendência natural de ocorrência da praga. Dessa forma, as maiores populações de pupas são encontradas nos meses de novembro-dezembro. Assim, por serem diversas as variáveis que exercem algum tipo de influência sobre a flutuação populacional de *D. saccharalis*, somente através de um acompanhamento local da cultura se consegue conhecer a flutuação da praga na área desejada. Porém, com a adoção de medidas duradouras, como a preservação do meio ambiente, o uso de variedades resistentes e a liberação de parasitoides criados massalmente em laboratório, consegue-se mantê-la sob controle.

O combate a um inseto é uma decisão técnico-econômica que envolve informações quanto aos prejuízos ocasionados pelo mesmo, no momento e/ou no futuro, o método de controle a ser utilizado e os respectivos custos. Com essas informações é possível estimar a relação custo/benefício, a qual define a viabilidade de controle e identifica o momento de agir. Embora os sintomas de ataque da broca sejam facilmente visíveis em um canavial e as perdas que acarreta, sobejamente conhecidas, é conveniente que o produtor que pretenda implantar um programa de controle dessa praga proceda inicialmente a uma estimativa das possíveis perdas que estão ocorrendo em sua propriedade, pois o ataque é bastante variável, de acordo com a variedade de cana, a época do ano, o ciclo da cultura, entre outros fatores. Por ser a cana-de-açúcar uma cultura de renda líquida baixa, todo investimento deve ser muito bem analisado sob o ponto de vista econômico.

Admitindo haver linearidade entre o Índice de Intensidade de Infestação Final da broca (% I.I.I.F.), determinada pelo método de Gallo *et al.*³⁰, e as perdas na quantidade e qualidade da matéria-prima, resultando em menor extração de açúcar e/ou álcool pela indústria, procede-se à estimativa de perdas devido ao ataque da broca.

Essas estimativas devem ser realizadas antes ou após o corte da cana, dependendo da necessidade ou não de avaliar o número de canas mortas, como no caso em que ocorrem altas porcentagens de I.I.I.F., fato mais comum em áreas novas de cultivo. Os levantamentos do I.I.I.F. são

³⁰ GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R. P. L.; BATISTA, G. C.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B. & VENDRAMIM, J. D. *Manual de Entomologia Agrícola*. São Paulo: Ceres, 1988. 649 p.

realizados durante o período de safra, nas frentes de corte, antes da colheita, ou em plataformas no pátio (cana queimada), no momento em que a cana chega à indústria. Nas frentes de corte são examinados cinco conjuntos de cinco canas tomados espaçados cerca de cinco metros entre si, totalizando 25 canas; essa unidade amostral deve-se repetir em outros cinco pontos, perfazendo 125 canas amostradas no talhão de cana-de-açúcar de área homogênea (mesma variedade, corte, idade e tipo de solo) com até 20 hectares de extensão. Quando feita na plataforma, deve-se retirar cerca de seis canas por carga, tomadas casualmente dos caminhos que chegam ao pátio da indústria. Em ambos os tipos de levantamento, as canas são abertas ao meio, examinadas, e contados os entrenós com ataque do complexo broca/podridão-vermelha e o total de entrenós, anotando-se os dados em fichas apropriadas. De posse dessas informações de campo, calcula-se a % I.I.I.F. pela fórmula: [(número de entrenós brocados/número total de entrenós) x 100] para cada zona, setor, talhão ou fazenda, tomando-se o cuidado de ponderar esses resultados individualmente, em função da área plantada ou produção em toneladas/ha, para cada variedade de mesma idade e local. Para tanto, utiliza-se a área ou a produção correspondente ao local de origem das diferentes amostras, multiplicando-se este dado pelo valor médio de suas respectivas % I.I.I.F. e dividindo-se pelo somatório de todas as áreas ou produções. No final da safra, de posse dessas informações, dispõe-se dos elementos necessários para decidir pelo controle no próximo ciclo da cultura. Pode-se estabelecer diferentes graus de % I.I.I.F.: baixo (entre 0 a 3%), moderado (entre 3 a 6%), regular (entre 6 a 9%) e elevado (igual ou superior a 10%). O controle é econômico quando for encontrada uma intensidade de infestação igual ou superior a 3%, uma vez que, à luz dos conhecimentos atuais, é possível estabelecer, com segurança, um nível da praga abaixo daquele considerado como o de dano econômico, até 3% de % I.I.I.F.

Como a cana-de-açúcar é uma planta semiperene, consideram-se a composição da lavoura em termos de variedades mais susceptíveis, as áreas em diferentes cortes e as que recebem sistematicamente fertirrigação, a idade do canavial e as áreas que se destinam à produção de mudas. A partir daí, estabelece-se uma estratégia de ação no programa de controle biológico, em que, prioritariamente, as áreas de cana planta e as que recebem algum tipo de irrigação devem ter atenção especial por serem mais sujeitas ao ataque da broca.

Parasitoide

Descrição e bioecologia de C. flavipes

C. flavipes apresenta desenvolvimento holometabólico com ciclo de vida (ovo a adulto) ao redor de 20 dias, dependendo da temperatura e idade do hospedeiro³¹. As fêmeas originam-se de ovos fertilizados, enquanto os machos são produzidos por partenogênese arrenótoca, ou seja, de ovos não fertilizados e, por consequência, haploides.³² A luz exerce importante influência na emergência e na cópula, que ocorre logo após o nascimento.³³ A fêmea deposita na hemocele os ovos, que são encontrados livres flutuando na hemolinfa da lagarta hospedeira. O ovo é arredondado na porção cefálica, largo medianamente e afilado na porção posterior. Mede cerca de 0,09mm de comprimento, logo após ser depositado. Após 3 a 4 dias eclode a larva, que passa por três instares num período de 4 a 12 dias, medindo no final desse estágio aproximadamente 3mm de comprimento. O número de ovos depositados pela fêmea varia de acordo com o tamanho do hospedeiro, podendo chegar a algumas dezenas.³⁴ A larva de terceiro instar possui coloração branco-leitosa brilhante, com segmentação facilmente observada, corpo afilado nas extremidades, emergindo do hospedeiro um a dois dias após estar neste estágio.³⁵ A pupa é protegida por um casulo de fios de seda construído pela larva. Os indivíduos provenientes de um mesmo hospedeiro se dispõem em grupos, formando uma massa. Os insetos permanecem nessa fase por um período variável, dependendo da temperatura, em média cinco dias. O adulto, com aproximadamente 4mm, é de coloração preta com asas brancas hialinas e apresenta dimorfismo sexual; a fêmea possui antenas menores quando comparadas às dos machos. A sobrevivência média do adulto em laboratório a uma temperatura de $24 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ³⁶, é de mais ou menos 24 horas. A faixa favorável para o desenvolvimento de *C. flavipes* situa-se entre 20 a 30°C ³⁷, sendo tolerante a baixas umidades³⁸.

O comportamento de localização do hospedeiro é mediado por uma substância hidrossolúvel, presente nas fezes hidratadas ou secas das lagartas de *D. saccharalis*; o contato com estas induz à procura, caracterizada pela redução no ritmo de locomoção e tateamento das fezes com as antenas.³⁹ O adulto tem capacidade de dispersão média próximo a 35 metros.⁴⁰ A temperatura exerce forte influência em sua capacidade de procura e sobrevivência, devendo-se, nas liberações, evitar as horas mais quentes do dia. Em

³¹ PÁDUA, L. E. M.; PARRA, J. R. P. & HADDAD, M. L. Efeito da temperatura e umidade relativa do ar na biologia de *Cotesia flavipes* (Cameron). *Anais Soc. Entomol. Brasil.*, v. 23, n. 1, p. 105-114, 1994.

CAMPOS-FARINHA, A. E. *C. Biologia reprodutiva de Cotesia flavipes (Hymenoptera: Braconidae)*. Tese (Doutorado) Rio Claro, Universidade Estadual São Paulo, 1996. 97 p.

³² NARANG, S. K.; BARTLETT, A. C. & FAUST, R. M. *Applications of genetics to arthropods of biological control of significance*. Boca Raton: CRC Press, 1994. 199 p.

³³ MOHYUDDIN, A. I. Comparative biology and ecology of *Apanteles flavipes* (Cam.) and *A. sesamiae* Cam. as parasites of graminaceous borers. *Bull. Ent. Res.*, v. 61, p. 33-39, 1971.

³⁴ BREWER, F. D. & KING, E. G. Food consumption and utilization by sugarcane borers parasitized by *Apanteles flavipes*. *J. Georgia Entomol. Soc.*, v. 16, n. 2, p. 181-185, 1981.

³⁵ CAMPOS-FARINHA, A. E. *C. Op. cit.*

³⁶ WIEDENMANN, R. N.; SMITH Jr., J. W. & DARNELL, P. O. Laboratory rearing and biology of the parasite *Cotesia flavipes* (Hymenoptera: Braconidae) using *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Pyralidae) as a host. *Environ. Entomol.*, v. 21, n. 5, p. 1.160-1.167, 1992.

³⁷ PÁDUA, L. E. M.; PARRA, J. R. P. & HADDAD, M. L. *Op. cit.*

³⁸ MOHYUDDIN, A. I. *Op. cit.*

³⁹ VAN LEERDAM, M. B.; SMITH Jr., J. W. & FUCHS, T. W. Frass-mediated, host-finding behavior of *Cotesia flavipes*, a braconid parasite of *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Pyralidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.*, v. 78, p. 647-650, 1986.

⁴⁰ BOTELHO, P. S. M.; MACEDO, N.; MENDES, A. C. & SILVEIRA NETO, S. Aspects of the population dynamics of *Apanteles flavipes* (Cameron) and support capacity of its host *Diatraea saccharalis* (Fabr.). In: CONGRESS OF INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS, XVIII., Manila, 1980. *Proceedings...* Manila, v. 2, p. 1.736-1.745.

⁴¹ MACEDO, N. & BOTELHO, P. S. M. Controle integrado da broca da cana-de-açúcar *Diatraea saccharalis* (Fabr., 1794) (Lepidoptera, Pyralidae). *Brasil Açucareiro*, v. 106, n. 2, p. 2-14, 1988.

⁴² TERÁN, F. O. Estudos sobre amostragens populacionais de formas imaturas de *Diatraea saccharalis*. *Boletim Técnico COPERSUCAR*, v. 41, n. 88, p. 31-36, 1988.

⁴³ ARAÚJO, J. R.; BOTELHO, P. S. M.; CAMPOS, H.; ALMEIDA, L. C. & DEGAS-PARI, N. Influência do número de *Apanteles flavipes* liberados, na eficiência de controle da broca da cana-de-açúcar, *Diatraea saccharalis*. *Cadernos PLANALSUCAR*, Piracicaba, p. 12-21, nov. 1984.

determinadas regiões ou épocas do ano, a liberação, quando efetuada no final da tarde, propicia melhor condição para a sobrevivência do que a realizada no início da manhã.

Monitoramento da população da praga para controle

Decidida a conveniência técnico-econômica de controle da praga, a ação efetiva, nas áreas cujas canas ainda não atingiram a maturação, consiste no acompanhamento sistemático dos níveis de infestação durante o desenvolvimento da cultura, a partir do momento em que começam a aparecer os primeiros entrenós visíveis na cana. Isto pode ser feito empregando-se um dos dois métodos: hora/homem de coleta ou plantas amostradas.

No primeiro método, o amostrador caminha pela lavoura, casualmente, e coleta formas biológicas da praga e dos inimigos naturais (lagartas e crisálidas da praga; pupários dos parasitoides), anotando o tempo de trabalho.⁴¹ No segundo, as observações são feitas em pontos amostrais, 5 metros lineares, repetidas quatro vezes por hectare, onde todas as canas são contadas e examinadas e as formas biológicas da praga e dos inimigos naturais coletadas. Neste caso, estima-se posteriormente a população da praga, multiplicando-se o número aproximado de canas existentes num hectare pelo número de lagartas encontradas por cana.⁴²

As amostragens não devem ser aleatórias, especialmente em propriedade cuja área é muito extensa. Os levantamentos devem ser dirigidos às variedades mais susceptíveis à praga, cultivadas em lavouras de cana de primeiro corte, tanto de 18 como de 12 meses, às áreas que recebem irrigação ou fertirrigação e aos viveiros de mudas. O controle deverá ser feito nas situações em que o acompanhamento da praga indicar que a população de lagartas está na fase adequada a ser parasitada, isto é, lagartas de terceiro ínstar em diante (cerca de 1,5cm de comprimento), dentro dos colmos, com coletas médias superiores a 10 lagartas/hora/homem ou com população média estimada, igual ou superior a 2.500 lagartas/ha.

As liberações de *C. flavipes*, parceladas ou únicas, devem ser em média de 6.000 adultos (fêmeas + machos)/ha/ano, não inferiores a 2.500, nem superiores a 10.000.⁴³ Os parasitoides devem ser liberados de forma a cobrir toda a área problema, sendo, posteriormente, o controle transferido para outro local. Canaviais em maturação não devem receber liberações, pois nessa fase já não há mais tempo hábil para evitar os danos.

Os parasitoides são levados ao campo para liberação quando, no mínimo, 80% tiverem emergido no laboratório. No transporte para o campo, o material biológico não poderá ser submetido à variação brusca de temperatura, o que pode ser evitado protegendo-o em caixas térmicas. As liberações devem ser efetuadas em horário em que a temperatura do canavial estiver próxima à do laboratório (27°C). Isto normalmente é atingido, durante a maior parte do ano, logo ao nascer do sol ou ao anoitecer.

Executam-se as liberações no interior do talhão, em pontos distando 50 a 60 metros um do outro. Em cada ponto abre-se um copo com cerca de 1.500 indivíduos, mantendo-o aberto durante o caminhamento de um ponto para outro. No final dos 50 a 60 metros, o copo com as “massas” (pupas do parasitoide) é preso aberto, entre a bainha e o colmo, na posição horizontal. Quanto melhor forem distribuídos os indivíduos na área, maior será a possibilidade de localização dos hospedeiros. Assim, pode-se fracionar a quantidade estimada por copo (por exemplo: ao invés dos cerca de 1.500, cerca de 1.000 por copo), tomando-se o cuidado de encurtar o espaçamento entre os copos, sempre respeitando a quantidade final a ser liberada para que não exceda, em média, os 6 mil recomendados.

Em talhões onde o caminhamento interno é difícil, em canas deitadas, por exemplo, as liberações podem ser feitas circundando-se a área e penetrando-se 25 metros no canavial, liberando-se então os insetos.

Avaliação do parasitismo por *C. flavipes*

Para avaliar o desempenho do parasitoide no campo, faz-se a coleta de material biológico após 10 a 15 dias das liberações.

Depois da amostragem da área e com os dados tabulados, avalia-se o desempenho do parasitoide e, a partir dos resultados, decide-se pela conveniência ou não de se repetir a liberação. A repetição é recomendada quando o parasitismo é baixo (menos de 20%) e alta a população de lagartas, segundo os parâmetros já mencionados em item anterior.

A porcentagem de parasitismo é obtida pela fórmula: $[(\text{total de parasitoides} / \text{total de parasitoides} + \text{praga}) \times 100]$. O cálculo é feito após a observação do desenvolvimento completo de todos os indivíduos (lagartas) procedentes do campo, mas que exibiram o parasitismo, posteriormente, em laboratório. São levados em consideração nos cálculos os pupários e as “massas” vivas dos parasitoides, bem como as crisálidas vivas da praga encontradas no campo.

Tabela 1: Indivíduos de *Cotesia flavipes* liberados, área aproximada coberta pela liberação, porcentagem de parasitismo pelo parasitoide e por outros (principalmente, *Lydella minense* e *Billaea claripalpis*), e Índice de Intensidade de Infestação Final por *Diatraea saccharalis* (% I.I.I.F.), no Estado de São Paulo, no período de 1975 a 1999

Anos	<i>Cotesia flavipes</i>		Parasitismo (%)		I.I.I.F. (%)
	Liberados (n°)	Área (ha)	<i>C. flavipes</i>	Outros	
1975	*	*	*	13,8	6,6
1976	*	*	*	17,7	6,8
1977	6.406.624	1.068	*	14,7	6,3
1978	48.751.140	8.125	0,1	10,0	5,7
1979	97.969.820	16.328	0,9	14,7	8,8
1980	118.758.287	19.793	1,3	14,7	9,2
1981	160.162.260	26.694	3,7	15,7	8,1
1982	213.526.300	35.588	4,8	22,5	7,6
1983	332.056.700	55.343	4,0	20,4	7,6
1984	510.697.450	85.116	4,5	18,6	6,7
1985	855.035.550	142.506	6,2	20,1	6,5
1986	1.176.338.300	196.056	10,3	21,9	4,6
1987	1.216.867.250	202.811	18,8	18,8	5,5
1988	796.553.784	132.759	26,0	11,9	3,2
1989	979.365.430	163.228	30,1	16,2	3,3
1990	846.322.730	141.054	33,7	11,8	2,4
1991	1.420.534.700	236.756	35,6	12,3	2,5
1992	1.644.819.510	274.137	32,6	14,2	2,1
1993	1.974.220.536	329.037	31,6	11,2	2,2
1994	2.181.280.150	363.547	35,5	9,0	2,3
1995	1.916.968.700	319.495	32,6	7,8	2,5
1996	1.850.896.670	308.483	37,3	5,6	2,3
1997	1.800.691.720	300.115	38,9	8,2	2,2
1998**	1.734.966.472	289.161	31,2	7,4	2,3
1999**	1.663.200.000	277.500	36,5	6,9	2,4

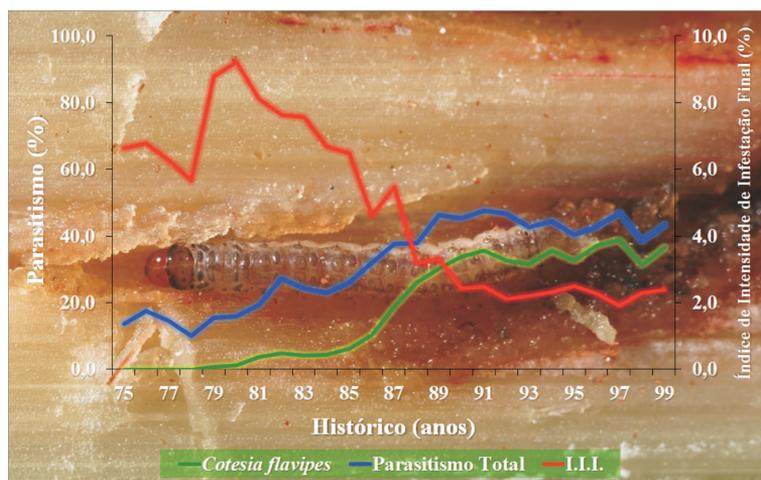
(*) Dados não disponíveis. (**) Dados parcialmente estimados.

Controle biológico de *D. saccharalis* por *C. flavipes* no Estado de São Paulo

As liberações massais de *C. flavipes* foram iniciadas no Estado de São Paulo em 1977, tendo variado ao longo dos anos de forma crescente, até atingir o máximo em 1994. Nessa ocasião mais de 2 bilhões de parasitoides fo-

ram liberados, em área aproximada de 360 mil hectares de cana-de-açúcar. O parasitismo médio por esta espécie iniciou-se com valores ao redor de 0,14%, em 1979, situando-se, nos últimos anos, entre 30 e 40%. Portanto, com participação expressiva no parasitismo de *D. saccharalis*, esse parasitoide é atualmente responsável por mais de 80% do parasitismo total.

Como reflexo desse processo, houve redução no I.I.I.F. pela broca que, caiu de cerca de 7%, em 1975, para pouco mais de 2%, em 1999 (tabela 1). Tal diminuição foi conseguida num período em que praticamente dobrou a área de cana-de-açúcar no Estado de São Paulo e em que houve alteração no perfil das variedades plantadas, que passou a ser composto por canas mais ricas em açúcar, mais produtivas e mais susceptíveis à broca.



José Francisco Garcia é agrônomo e doutor em Entomologia Agrícola, com ênfase em Manejo Integrado de Pragas da Cana-de-açúcar. Atualmente é diretor e consultor da Global Cana – Soluções Entomológicas Ltda.

jfgarcia@globalcana.com.br

Paulo Sérgio Machado Botelho é agrônomo e doutor em Entomologia Agrícola, com ênfase em Manejo Integrado de Pragas da Cana-de-açúcar. Atualmente é professor da Universidade Federal de São Carlos, São Paulo.

pbotelho@cca.ufscar.br

Figura 2: Parasitismo por *Cotesia flavipes* e parasitismo total em *Diatraea saccharalis* e porcentagem de Índice de Intensidade de Infestação Final da praga (%I.I.I.F.), obtidos no período de 1975 a 2000. Usina da Barra, Barra Bonita, São Paulo

O controle de *D. saccharalis* pode ser exemplificado pelos resultados conseguidos na maior empresa do setor sucroenergético do mundo, a Usina da Barra, localizada no município de Barra Bonita, no Estado de São Paulo. Ao iniciar o controle desta praga, apresentava valores de % I.I.I.F. próximos a 6% em 1975, superiores a 14% em 1980 e ao redor de 2% em 2000 (figura 2). Nesse período, *C. flavipes* teve destacada participação, devido ao aumento significativo no parasitismo da broca, refletido na redução dos danos causados.

CONTROLE BIOLÓGICO DE PRAGAS DE MILHO

Ivan Cruz
Maria de Lourdes Corrêa Figueiredo
Rafael Braga da Silva

Grandes avanços têm sido obtidos nos últimos anos em relação aos agentes de controle biológico de insetos fitófagos associados ao cultivo de milho, especialmente em relação à *Spodoptera frugiperda* (Smith), a lagarta-do-cartucho. O controle biológico, nesse caso, envolve a liberação inundativa de parasitoides de ovos, notadamente espécies de *Trichogramma*, e liberações inoculativas de outros parasitoides e/ou predadores de formas imaturas de pragas. Tais liberações, inclusive, podem estar associadas à aplicação, em casos extremos, de inseticidas seletivos. A falta de confiança na eficácia de agentes de controle biológico deriva, em primeiro lugar, do desconhecimento sobre sua atuação na área-alvo e também da falta de ferramentas rápidas e precisas para identificar a incidência do parasitismo em tempo real. Entretanto, dados de pesquisas mostram que, em geral, quando o parasitismo ocorre, há redução drástica no consumo alimentar da praga, e o inseto, mesmo presente na planta hospedeira, não causará danos econômicos. Além disso, os insetos parasitados estarão produzindo novas gerações de agentes de controle biológico.

A cultura do milho

A cultura do milho no Brasil representa uma das mais importantes explorações agrícolas com recordes de produção e produtividade a cada ano, embora ainda haja possibilidades de aumento. A produção é destinada em maior volume ao segmento animal (rações e silagem) e obtida praticamente em todos os estados brasileiros, com menor expressão no norte.

O tamanho médio da área de produção de milho por produtor rural oscila muito. No entanto, propriedades variando entre um a 100 hectares são predominantes. O sistema de produção em cada propriedade e em cada região produtora também varia, tornando o cultivo de milho bastante peculiar. Independente do sistema de produção regional, com certeza os insetos fitófagos estão entre os principais fatores que podem reduzir a produtividade da planta.

Principais grupos de insetos fitófagos do milho

O milho serve como hospedeiro para diferentes espécies de insetos fitófagos que podem ocorrer em diferentes momentos do ciclo evolutivo da planta.¹ Embora, com certeza, para todas elas existam agentes de controle biológico natural, ainda são necessários avanços no conhecimento sobre a matéria. Resultados mais significativos têm sido obtidos para as pragas da parte aérea², que serão abordadas neste trabalho.

As principais espécies de insetos fitófagos associadas ao milho recém-emergido são: os mastigadores – *Elasmopalpus lignosellus* (Zeller) (lagarta-elasma), *Agrotis ipsilon* (Hufnagel) (lagarta-rosca) e *S. frugiperda* (Smith) – (lagarta-do-cartucho) e os sugadores de seiva – *Frankliniella williamsi* Hood (tripes), *Deois flavopicta* (Stall) (cigarrinha-das-pastagens), *Dichelops* spp. (percevejo barriga-verde) e *Nezara viridula* (Linnaeus) (percevejo-verde).

A presença de insetos fitófagos no milho após a fase de plântulas se restringe a um menor número de espécies: *Spodoptera frugiperda* é a praga de maior incidência dentro do cartucho da planta (folhas novas ainda enroladas); neste local também podem ser encontradas as espécies *Dalbulus maidis* (Delong & Wolcott) (cigarrinha-verde) e *Rhopalosiphum maidis* Fitch (pulgão); no interior do colmo pode-se detectar a espécie *Diatraea saccharalis* (Fabricius) (broca da cana-de-açúcar); *Mocis latipes* (Guennée) (lagarta-militar) ocorre geralmente na fase de pendoamento, por migração de outras gramíneas nas margens do plantio do milho.

¹ CRUZ, I. Controle biológico de pragas de milho. In: CRUZ, J. C.; KARAM, D.; MONTEIRO, M. A. & MAGALHÃES, P. C. (Ed.). *A cultura do milho*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p. 363-415.

² CRUZ, I. Insetos benéficos. In: CRUZ, I. (Ed.). *Manual de identificação das pragas de milho e de seus agentes de controle biológico*. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2008. p. 121-190.
CRUZ, I.; SANTOS, J. P.; WAQUIL, J. M.; VALICENTE, F. H. & VIANA, P. A. *Manual de identificação de pragas do milho e de seus principais agentes de controle biológico*/editor técnico, Ivan Cruz. - Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008.

- ³ CRUZ, I. Manejo de pragas na cultura do milho. In: GALVÃO, J. C. C. & MIRANDA, G. V. *Tecnologias de produção do milho*. Viçosa: UFV, 2004. p. 311-366, Cap. 9.
- CRUZ, I. Manejo integrado de pragas. In: CRUZ, J. C.; KARAM, D.; MONTEIRO, M. A. & MAGALHÃES, P. C. (Ed.). *A cultura do milho*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p. 303-362.
- ⁴ CRUZ, I. Controle biológico em manejo integrado de pragas. In: PARRA, J. R. P.; BORTOLHO, P. S. M.; CORRÊA-FERREIRA, B. C. & BENTO, J. M. S. (Ed.). *Controle biológico no Brasil: parasitoides e predadores*. Barueri: Manole, 2002. p. 543-580.
- CRUZ, I. *Controle biológico de pragas na cultura de milho para produção de conservas (Minimilho), por meio de parasitoides e predadores*. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2007. 16 p. (Circular técnica, 91).
- CRUZ, I. Controle biológico de pragas de milho. *Op. cit.*
- CRUZ, I. Insetos benéficos. *Op. cit.*
- CRUZ, I. Métodos de criação de agentes entomófagos de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith). In: BUENO, V. H. P. *Controle biológico de pragas: produção massal e controle de qualidade*. Lavras: UFLA, 2009. p. 111-135.
- ⁵ CRUZ, I.; REDOAN, A. C.; SILVA, R. B.; FIGUEIREDO, M. L. C. & PENTEADO-DIAS, A. M. New record of *Tetrastichus howardi* (Olliff) as a parasitoid of *Diatraea saccharalis* (Fabr.) on maize. *Scientia Agrícola*, v. 68, n. 2, p. 252-254, 2011.
- ⁶ STARÝ, P.; SAMPAIO, M. V. & BUENO, V. H. P. Aphid parasitoids (Hymenoptera, Braconidae, Aphidiinae) and their associations related to biological control in Brazil. *Revista Brasileira de Entomologia*, v. 51, n. 1, p. 107-118, março 2007.

Na fase reprodutiva, os estilos-estigma (“cabelo”) e/ou grãos em formação são atacados por *Helicoverpa zea* (Boddie) (lagarta-da-espiga), e também por *Dichomeris famulata* Meyrick (lagarta-pequena), *Euxesta eluta* Loew e *Euxesta mazorca* Steyskal (mosca-da-espiga).

Controle biológico em cultivo de milho

É comum acreditar ainda hoje que o controle biológico de insetos-praga não tem grande eficiência quando utilizado em cultivos anuais. No entanto, não existe fundamento estritamente científico que comprove essa ideia. Para o milho, por exemplo, são relatadas cerca de 30 espécies de insetos fitófagos.³ Apesar deste número elevado, muitas espécies não atingem populações suficientes para causar perdas econômicas, em função de vários fatores incluindo seus inimigos naturais, sejam parasitoides ou predadores.⁴

Existem espécies que parasitam exclusivamente ovos, como aquelas dos gêneros *Trichogramma*, *Telenomus remus* Nixon e *Trissolcus basalus* (Wollaston). Outras, como *Chelonus insularis* (Cresson), embora também colocando seus ovos no interior do ovo da praga, permitem o desenvolvimento embrionário e até a eclosão da forma imatura do hospedeiro. *Campoletis flavicincta* (Ashmead), *Eiphosoma laphygmae* Costa Lima, *Ophion flavidus* Brulle, *Exasticolus fuscicornis* (Cameron), *Colpotrochia mexicana* (Cresson) e *Cotesia flavipes* (Cameron), todos da Ordem Hymenoptera, bem como a mosca *Winthemia trinitatis* Thompson (Diptera: Tachinidae), atuam exclusivamente sobre a fase imatura do hospedeiro. Existem também espécies que, embora entrem na fase larval da praga, só provocam a mortalidade do inseto hospedeiro quando este está na fase de pupa, como por exemplo, a mosca *Archytas marmoratus* (Townsend). Parasitoides de pupas também são encontrados em associação a pragas de milho. É o caso recente da espécie *Tetrastichus howardi* (Olliff), encontrado no Brasil parasitando pupas de *D. saccharalis* em milho.⁵ Os parasitoides *Lysiphlebus testaceipes* (Cresson), *Aphidius colemani* Viereck e *Diaeretiella rapae* (M’Intosh) (Hymenoptera) são associados ao pulgão, *R. maidis*.⁶

Alguns grupos de insetos como joaninhas (Coleoptera), percevejos (Hemiptera) e “tesourinhas” (Dermaptera), tanto na fase imatura como na fase adulta, são reconhecidos como predadores eficientes de outros insetos. Igualmente importante, porém, com hábito de predação apenas na fase imatura, há destaque para os “crisopídeos” e “bicho lixeiro” (Neuroptera), particularmente eficientes em reduzir populações de pulgões, tripses e até mesmo de lagartas pequenas.

Insetos parasitoides

1 Insetos parasitoides de ovos

1.1 *Trichogramma* spp. (Hymenoptera: Trichogrammatidae)

Especificamente no controle de Lepidoptera na cultura do milho, as espécies *Trichogramma pretiosum* (Riley) (*Spodoptera frugiperda*, *Helicoverpa zea* e *Diatraea saccharalis*), *Trichogramma atopovirilia* Oatman & Platner (*S. frugiperda*) e *Trichogramma galloi* Zucchi (*Diatraea saccharalis*) têm sido as mais comuns. Além de sua eficiência, as espécies são facilmente criadas em escala comercial e a preços competitivos.⁷

As espécies de *Trichogramma*, muito utilizadas em liberações inundativas no controle de Lepidoptera, colocam seus ovos dentro do ovo de seu hospedeiro e somente saem como novo inseto adulto. O ciclo total do parasitoide dura cerca de 10 dias. O parasitismo depende do sincronismo entre a presença da fêmea do parasitoide e a existência dos ovos do hospedeiro. A eficiência do controle varia em função principalmente de ventos, chuvas, densidade do parasitoide e pontos de liberação. Cem mil parasitoides adultos por hectare, liberados em cerca de 40 pontos, tem sido a recomendação para milho (figura 1).

⁷ CRUZ, I.; FIGUEIREDO, M. L. C. & MATOSO, M. J. *Controle biológico de Spodoptera frugiperda utilizando o parasitoide de ovos Trichogramma*. Sete Lagoas: EMBRAPA CNPMS, 1999. 40 p. (Circular Técnica, 30).
CRUZ, I. Insetos benéficos. *Op. cit.*
CRUZ, I. Métodos de criação de agentes entomófagos de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith). *Op. cit.*

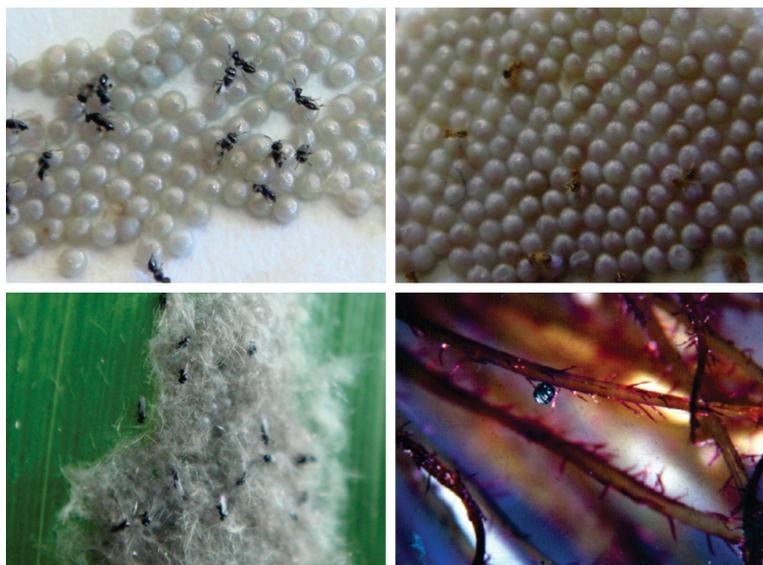


Figura 1: Acima, ovos de *S. frugiperda* sendo parasitados por *Telenomus remus* (esquerda) e *Trichogramma pretiosum*. Abaixo, *T. remus* em postura de campo (esquerda) e ovo de *H. zea* parasitado por *T. pretiosum*

⁸ FIGUEIREDO, M. de L. C.; CRUZ, I. & DELLA LUCIA, T. M. C. Controle integrado de *Spodoptera frugiperda* (Smith & Abbott) utilizando-se o parasitóide *Telenomus remus* Nixon. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 34, n. 11, p. 1.975-1.982, 1999.

FIGUEIREDO, M. de L. C.; DELLA LUCIA, T. M. C. & CRUZ, I. Effect of *Telenomus remus* Nixon (Hymenoptera: Scelionidae) density on control of *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: noctuidae) egg masses upon release in a maize field. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, Sete Lagoas, v. 1, n. 2, p. 12-19, 2002.

⁹ CRUZ, I.; FIGUEIREDO, M. L. C.; SILVA, R. B.; DEL SARTO, M. L. & PENTEADO-DIAS, A. M. Monitoramento de parasitóides de lagartas de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em municípios de Minas Gerais, Brasil. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2009. 29 p.: il. (Documentos, 92).

¹⁰ FIGUEIREDO, M. L. C.; MARTINS-DIAS, A. M. P. & CRUZ, I. Relação entre a lagarta do cartucho e seus agentes de controle biológico natural na produção de milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 41, p. 1.693-1.698, 2006.

FIGUEIREDO, M. L. C.; MARTINS-DIAS, A. M. P. & CRUZ, I. Associação entre inimigos naturais e *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) na cultura do milho. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, Sete Lagoas, v. 5, p. 340-350, 2006.

¹¹ REZENDE, M. A. A.; CRUZ, I. & DELLA LUCIA, M. C. Consumo foliar de milho e desenvolvimento de lagartas de *Spodoptera frugiperda* (Smith) parasitadas por *Chelonus insularis* (Cresson) (Hymenoptera: Braconidae). *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*, Rio de Janeiro, v. 37, n. 1, p. 1-10, 2009.

1.2 *Telenomus remus* (Hymenoptera: Scelionidae)

Esse parasitoide apresenta alta especificidade para *S. frugiperda*.⁸ É maior que *Trichogramma* spp. (figura 1), medindo entre 0,5 e 0,6mm de comprimento. No verão, o seu ciclo de vida varia em torno de 10 dias. Após o completo desenvolvimento da fase imatura, o adulto perfura um pequeno orifício no córion do ovo hospedeiro, por onde emerge. As fêmeas parasitam em média 250 ovos de *S. frugiperda* durante seu período de vida. A utilização de *T. remus* no controle de *S. frugiperda* segue a mesma dinâmica de *Trichogramma*, porém com uma quantidade de 60 mil insetos por hectare.

2 Insetos parasitoides de ovo-larva

2.1 *Chelonus insularis* (Hymenoptera: Braconidae)

Essa espécie (figura 2), embora com preferência por *S. frugiperda*, parasita também *Spodoptera exigua* (Hübner), *H. zea* e *E. lignosellus*. Trata-se de parasitoide muito competitivo, geralmente predominante em áreas de produção de milho.⁹ Segundo Figueiredo *et al.*¹⁰ em levantamento realizado em áreas de milho, *C. insularis* foi encontrado em todas as coletas e respondeu por 91% do parasitismo. Estudos básicos do parasitoide foram realizados por Rezende *et al.*¹¹.

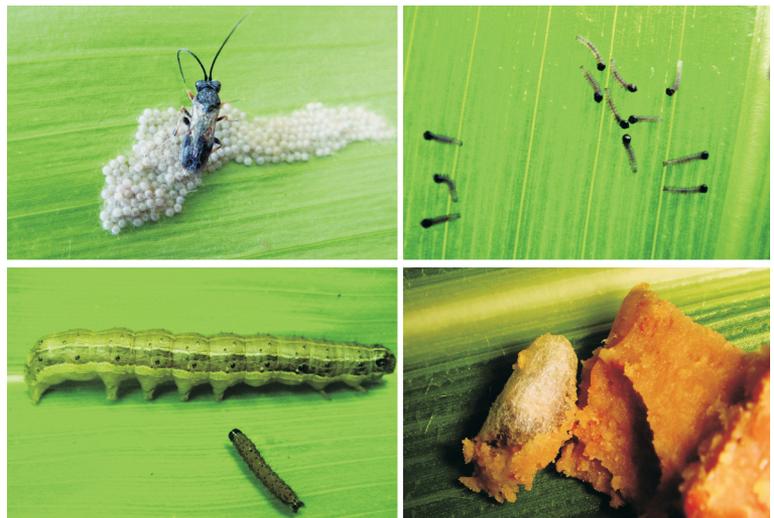


Figura 2: *Chelonus insularis*: fêmea parasitando ovos, lagarta parasitada recém-eclodida, lagarta sadia e lagarta parasita, ambas da mesma idade e casulo do parasitoide

O inseto adulto é relativamente grande quando comparado a outros parasitoides de ovos, medindo cerca de

lógica do Brasil, Jaboticabal, v. 23, n. 3, p. 473-478, 1994.
 REZENDE, M. A. A.; CRUZ, I. & DELLA LUCIA, T. M. C. Aspectos biológicos do parasitóide *Chelonus insularis* (Cresson) (Hymenoptera, Braconidae) criados em ovos de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera, Noctuidae). *Revista Brasileira de Zoologia*, Curitiba, v. 12, p. 779-784, 1995.

REZENDE, M. A. A.; DELLA LUCIA, T. M. C. & CRUZ, I. Comportamento de lagartas de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) parasitadas por *Chelonus insularis* (Hymenoptera, Braconidae) sobre plantas de milho. *Revista Brasileira de Entomologia*, São Paulo, v. 39, p. 675-681, 1995.

¹² CRUZ, I.; LIMA, D. A. N.; FIGUEIREDO, M. L. C. & VALICENTE, F. H. Aspectos biológicos do parasitóide *Campoletis flavicineta* (Ashmead) criado em lagartas de *Spodoptera frugiperda* (Smith). *Anais Sociedade Entomológica*, v. 24, p. 201-208, 1995.

CRUZ, I.; FIGUEIREDO, M. L. C.; GONCALVES, E. P.; LIMA, D. A. N. & DINIZ, E. E. Efeito da idade de lagartas de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) no desempenho do parasitóide *Campoletis flavicineta* (Ashmead) (Hymenoptera: Ichneumonidae) e consumo foliar por lagartas parasitadas e não-parasitadas. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*, Jaboticabal, v. 26, n. 2, p. 229-234, 1997.

20mm de envergadura. A fêmea coloca os seus ovos no interior dos ovos do hospedeiro, mas, ao contrário de *Trichogramma* e de *Telenomus*, permite a eclosão da lagarta da praga. Próximo ao desenvolvimento completo da larva do parasitoide, a lagarta abandona a planta e dirige-se para o solo, onde tece uma câmara como se preparando para transformar-se em pupa. No entanto, essa câmara é utilizada pelo parasitoide, cuja larva perfura o abdômen da lagarta e dentro da câmara tece um casulo, onde se transforma na fase de pupa e posteriormente em adulto.

3 Insetos parasitoides de formas imaturas

3.1 *Campoletis flavicineta* (Hymenoptera: Ichneumonidae)

Essa espécie (figura 3), muito comum no Brasil em associação com lagartas de *S. frugiperda*, apresenta boa capacidade de parasitismo e potencial para uso em programas de controle biológico.¹² O inseto adulto mede ao redor de 15mm de envergadura; a fêmea coloca seus ovos no interior de lagartas de primeiros instares e neste local permanece até próximo da sua fase de pupa. A lagarta parasitada, ao se aproximar da época de saída da larva do parasitoide, deixa o cartucho, para dirigir-se às folhas mais altas, onde permanece até a sua morte, ocasionada pela saída da larva do parasitoide, que constrói seu casulo no ambiente externo. O ciclo total do parasitoide é, em média, de 22,9 dias, sendo de 14,5 dias o período de ovo a pupa e de 7,3 dias o período pupal.



Figura 3: *Campoletis flavicineta*: adultos, fêmea parasitando, larva saindo do hospedeiro e casulo

3.2 *Exasticolus fuscicornis* (Hymenoptera: Braconidae)

O parasitoide (figura 4) foi associado a *S. frugiperda* em anos recentes¹³, porém, apresenta grande potencial para reduzir a população da praga. Durante seu ciclo de vida, a fêmea parasita cerca de 430 lagartas. A lagarta parasitada apresenta mudança de comportamento, semelhante ao descrito para *C. insularis*.

¹³ FIGUEIREDO, M. L. C.; MARTINS-DIAS, A. M. & CRUZ, I. *Exasticolus fuscicornis* em lagartas de *Spodoptera frugiperda*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 41, p. 1.321-1.323, 2006.

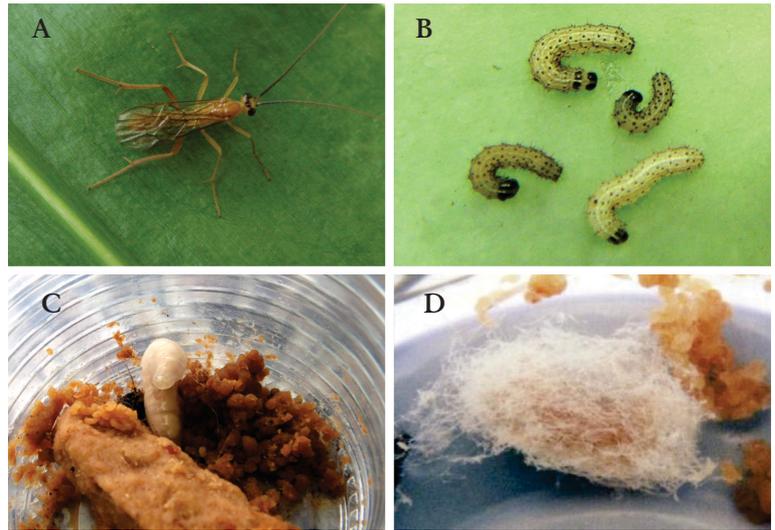


Figura 4: *Exasticolus fuscicornis*: adulto (A), lagartas de *S. frugiperda* parasitadas (B), larva (C) e casulo do parasitoide (D)

3.3 *Eiphosoma laphygmae* Costa Lima, *Colpostrochia mexicana* (Cresson) e *Ophion flavidus* Brulle (Hymenoptera: Ichneumonidae)

Várias outras espécies de parasitoides de lagartas, notadamente de *S. frugiperda*, têm sido encontradas em amostragens realizadas em diferentes regiões produtoras de milho, indicando o seu potencial de utilização em programas de controle biológico aplicado. Por exemplo, as espécies *E. laphygmae*, *O. flavidus* e *C. mexicana* (figura 5), à semelhança de *C. flavicincta* e *E. fuscicornis*, ao parasitar a lagarta hospedeira, fazem com que haja redução significativa no alimento ingerido pela praga, reduzindo, conseqüentemente, o potencial que teria de causar prejuízos ao agricultor.

3.4 *Archytas marmoratus* (Townsend) e *Winthemia trinitatis* Thompson e (Diptera: Tachinidae)

Existem diferentes espécies de taquinídeos associadas às pragas de milho. Ao contrário das espécies de Hyme-

noptera, que atuam em lagartas mais jovens, geralmente as moscas parasitam fases mais desenvolvidas. *Archytas marmoratus* (Townsend), por exemplo, entra na fase imatura do hospedeiro, como lagartas da família Noctuidae (Lepidoptera), incluindo espécies do gênero *Spodoptera*, *Pseudaletia* e *Helicoverpa*. Ao contrário da maioria dos parasitoides que colocam seus ovos diretamente no hospedeiro, *A. marmoratus* os colocam geralmente na planta. Após um pequeno período de incubação nascem as larvas, que são do tipo planídia, e podem sobreviver por vários dias sem a presença do hospedeiro. O parasitismo se dá quando as larvas do parasitoide entram em contato com o hospedeiro. Apesar de poder parasitar qualquer fase larval, a maior sobrevivência ocorre quando o parasitismo ocorre nos últimos instares. As larvas do parasitoide perfuram a cutícula do hospedeiro e se alimentam do seu conteúdo interno. Quando o hospedeiro se transforma em pupa, o parasitoide, ainda no primeiro instar, penetra na hemocele e rapidamente se desenvolve dentro da pupa até se transformar em sua própria pupa. A espécie *Winthemia trinitatis* também é muito comum em áreas de milho. A fêmea coloca seus ovos no corpo de uma lagarta hospedeira próximo à cabeça, impossibilitando sua remoção. Ao nascer, as larvas do parasitoide penetram no corpo da lagarta, impedindo que a mesma se transforme em pupa. Embora tendo ação sobre hospedeiros mais desenvolvidos, que já causaram danos à planta, tais espécies de taquinídeos (figura 6) se somam aos demais agentes de controle biológico, contribuindo para a redução da geração futura das pragas.



Figura 5: Fase adulta dos parasitoides de lagartas, *E. laphygmae*, *O. flavidus* e *C. mexicana*

3.5 *Cotesia flavipes* (Hymenoptera: Braconidae)

A fêmea dessa espécie, um inseto de três a quatro mm de comprimento, deposita ovos múltiplos na cavidade do corpo do hospedeiro. Através de liberações inundativas, o parasitoide reduziu significativamente a importância da bro-

¹⁴ BOTELHO, P. S. M. Quinze anos de controle biológico da *Diatraea saccharalis* utilizando parasitóides. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 27, p. 255-262, 1992.

ca *D. saccharalis* em cana-de-açúcar¹⁴ e, com certeza, pode também exercer o mesmo papel em milho. Depois de sair do hospedeiro, as larvas do parasitoide (figura 7) tecem um casulo e transformam-se em pupa, dentro da planta hospedeira, nas galerias originadas da alimentação da praga. A vida do parasitoide é bastante curta, aproximadamente dois dias.



Figura 6: Adulto de *Archytas marmoratus* logo após emergência da pupa (esquerda) e fases de *Winthemia trinitatis*, ambas associadas a *S. frugiperda*



Figura 7: Adultos de *Cotesia flavipes* parasitando a broca *D. saccharalis* e casulo formado após parasitismo

4 Insetos parasitoides de pulgões

4.1 *Aphidius colemani*, *Diaeretiella rapae* e *Lysiphlebus testaceipes* (Hymenoptera: Braconidae)

Trata-se de pequenos insetos cujas fêmeas colocam seus ovos individualmente em ninfas (fase jovem) de pulgões, que são consumidas pela larva do parasitoide. Os pulgões parasitados se transformam em “múmias” (figura 8). Além de causar a morte, os parasitoides também provocam perturbação física nas colônias dos pulgões, que abandonam a planta hospedeira. As principais espécies são *A. colemani*, *D. rapae* e *L. testaceipes* e podem ser utilizadas no controle do pulgão *R. maidis*. Cada fêmea pode parasitar entre 300 e 500 pulgões durante sua vida. Além do alto potencial produtivo, os parasitoides são de ciclo curto e utilizam diferentes espécies de pulgões como hospedeiro.¹⁵ Todas as três espécies causam morte de pulgões, cuja múmia apresenta coloração pardo-clara. A separação das espécies se faz através das características das asas.

¹⁵ SILVA, R. J.; BUENO, V. H. P.; SILVA, D. B. & SAMPAIO, M. V. Tabela de vida de fertilidade de *Lysiphlebus testaceipes* (Cresson) (Hymenoptera, Braconidae, Aphidiinae) em *Rhopalosiphum maidis* (Fitch) e *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera, Aphididae). *Revista Brasileira de Entomologia*, v. 52, n. 1, p. 124-130, 2008.



Figura 8: Colônia de *R. maidis* parasitada por braconídeos

5 Insetos parasitoides de pupa

5.1 *Tetrastichus howardi* (Hymenoptera, Eulophidae)

¹⁶ CRUZ, I.; REDOAN, A. C.; SILVA, R. B.; FIGUEIREDO, M. L. C. & PENTEADO-DIAS, A. M. New record of *Tetrastichus howardi* (Olliff) as a parasitoid of *Diatraea saccharalis* (Fabr.) on maize. *Op. cit.*

Inseto de ocorrência recente no Brasil¹⁶, *T. howardi* é um parasitoide de pupas de *D. saccharalis* encontrado em colmos de plantas de milho. Uma fêmea é capaz de produzir até 66 descendentes em uma única pupa do hospedeiro e, aparentemente, não faz distinção entre diferentes idades da pupa. O ciclo de vida do parasitoide é ao redor de 25,5 dias.

A presença do parasitoide no Brasil abre uma nova perspectiva para a supressão da broca-da-cana, considerando os resultados promissores já obtidos em países asiáticos. O inseto (figura 9) é bem adaptado à condição de laboratório e pode ser produzido em grande número, tornando-se, as-

sim, uma opção adicional para o manejo integrado em culturas onde *D. saccharalis* é praga-chave, tais como a cana-de-açúcar, o milho e o sorgo.



Figura 9: Acima, *Tetrastichus howardi* parasitando pupa de *Diatraea saccharalis* e orifício de saída da nova geração. Abaixo, detalhe do adulto e presença de pupas no interior da pupa do hospedeiro.

Insetos predadores

1 Joaninhas (Coleoptera)

Tanto os adultos como as larvas (figura 10) das joaninhas (Coccinellidae) alimentam-se de diferentes insetos fitófagos como ácaros, pulgões, cochonilhas, ovos e pequenas lagartas. São várias as espécies encontradas em áreas de produção de milho, como *Coleomegilla maculata* DeGeer, *Cycloneda sanguinea* (Linnaeus), *Hippodamia convergens* Guérin-Meneville, *Eriopis connexa* Mulsant, *Olla v-nigrum* Mulsant, *Harmonia axyridis* (Pallas) e *Neda conjugata* (Mulsant).

O tamanho e a coloração dos adultos variam entre as espécies. Por exemplo, *C. maculata* de 6mm de comprimento é de coloração vermelha, com seis manchas pretas em cada asa. *H. convergens*, de tamanho semelhante possui os élitros de coloração laranja, com seis típicas manchas pretas pequenas em cada um. O número de manchas pode variar e até mesmo inexistir em alguns adultos. Em geral as fêmeas colocam sobre as plantas entre 10 a 20 ovos de cor amarela, de onde eclodem as larvas, que se assemelham a um jacaré em miniatura.

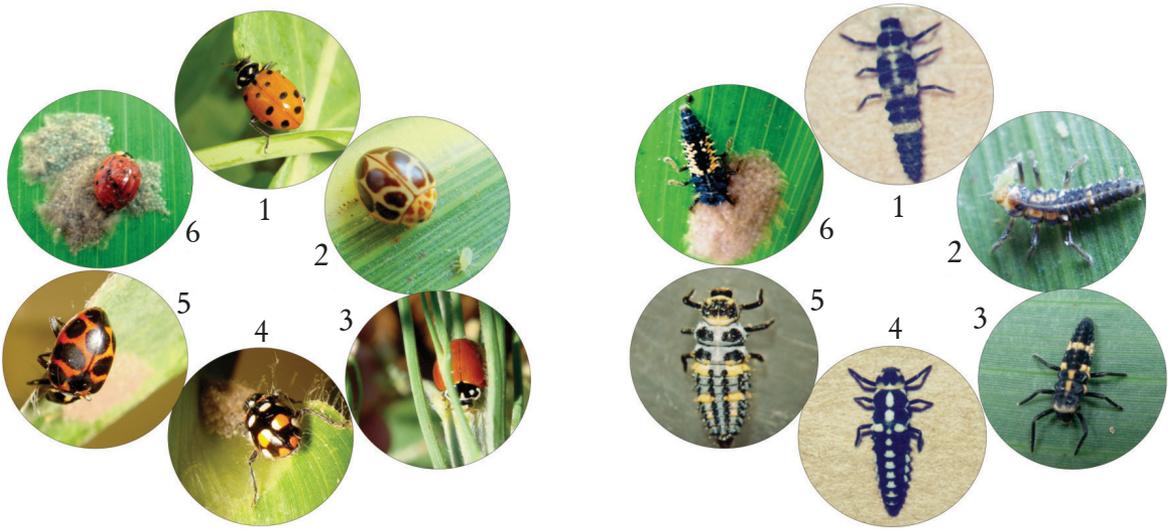


Figura 10: Adultos e larvas de diferentes espécies de joaninhas. *H. convergens* (1), *N. conjugata* (2), *C. sanguinea* (3), *E. conexa* (4), *C. maculata* (5) e *A. axyridis* (6)

2 Crisopídeos (*Neuroptera*)

Os crisopídeos, que são predadores apenas na fase imatura através de suas larvas vorazes, podem consumir semanalmente centenas de presas, que são as mesmas das joaninhas. Algumas espécies colocam os restos da presa sobre o abdômen e por isto são denominadas “bicho lixeiro”.

Em geral os adultos, noturnos, de coloração verde ou amarela, com asas quadriculadas como uma rede, antenas longas, corpo esbelto e olhos dourados, alimentam-se de néctar e pólen. Dentro do agroecossistema milho já foi assinalada a presença de *Chrysoperla externa* (Hagen), *Ceraeochrysa caligata* (Banks), *C. displepis* (Freitas & Penny), *C. cincta* (Schneider), *C. everes* (Banks) e *Ungla ivancruzi* Freitas (figura 11).

A fêmea normalmente coloca ovos individuais, nas folhas das plantas, cada ovo sendo sustentado por um pedicelo, exceto para a espécie *U. ivancruzi*, cujos ovos são colocados em “cacho”.

A forma jovem dos crisopídeos também se assemelha a um jacaré em miniatura, com peças bucais salientes no formato de pinças, utilizadas para perfurar e injetar na presa um agente paralisante. Ao atingir seu máximo desenvolvimento (durante duas a três semanas), a larva tece um casulo sedoso e esférico, no qual se transforma em pupa. O adulto emerge em aproximadamente cinco dias, através do orifício redondo na parte superior do casulo.

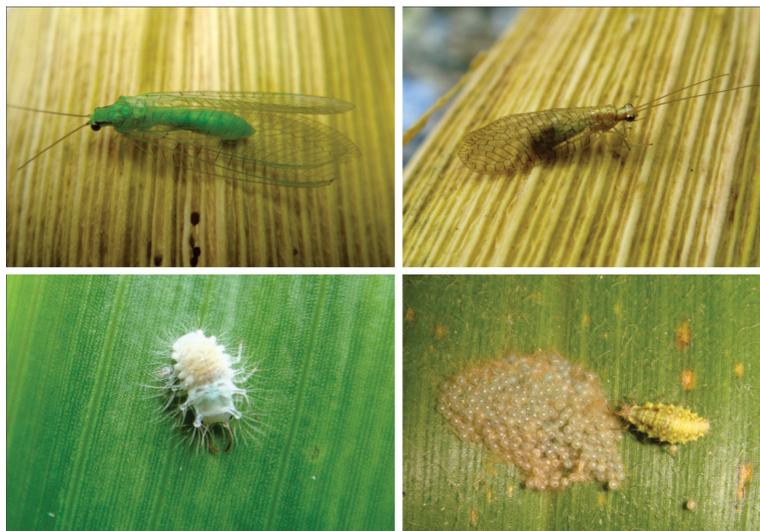


Figura 11: Adultos (acima) e larvas de crisopídeos

Em virtude da facilidade de criação em laboratório, especialmente em alguns países da Europa e nos EUA, os crisopídeos estão disponíveis para venda, em geral oferecidos como ovos. A disponibilidade de alimentação e de habitat para o adulto pode contribuir para a espécie permanecer e reproduzir na área-alvo. O número exato de crisopídeos necessário para o controle efetivo depende da população da praga, cultura e das condições climáticas. Recomendações gerais para a maioria das situações de cultivo sugerem, para cada liberação, ao redor de 10.000 insetos por hectare. Duas ou três liberações sucessivas realizadas a intervalos de duas semanas são melhores que uma única liberação.

3 *Tesourinhas* (Dermaptera)

Duas espécies (figura 12) são atualmente reconhecidas e pesquisadas para uso em cultivos de milho: *Doru luteipes* (Scudder) e *Euborellia annulipes* (Lucas). Esses insetos possuem aparelho bucal mastigador e olhos compostos bem desenvolvidos. As antenas são longas, filiformes e com muitos segmentos. Apenas a primeira espécie possui asas, cujo primeiro par é pequeno e coriáceo e o segundo par membranoso, que fica dobrado quando o inseto está em repouso.

3.1 *Doru luteipes* (Dermaptera: Forficulidae)

A espécie *D. luteipes* é um dos inimigos naturais mais importantes na supressão de pragas na cultura do milho, cuja planta apresenta estruturas adequadas para a sua sobre-

vivência, como o “cartucho” ou as espigas. Nesses locais são realizadas as posturas do inseto. Ao contrário da maioria das espécies de insetos, a tesourinha apresenta cuidado maternal na proteção dos ovos e das ninfas eclodidas. Sem o cuidado da fêmea, fatalmente haverá contaminação dos ovos por microrganismos, em função da alta umidade existente no local de postura.

Estudos bioecológicos com o predador, tendo como presa lagartas de *S. frugiperda*, mostraram que o número de ovos por postura é de 25 a 30 e o período de incubação, em torno de uma semana. A fase ninfal varia de 37 a 50 dias e os adultos podem viver até um ano. O período ninfal apresenta quatro instares e os adultos têm cercos na extremidade do abdômen.¹⁷

¹⁷ CRUZ, I. & OLIVEIRA, A. C. Flutuação populacional do predador *Doru luteipes* Scudder em plantas de milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 32, p. 363-368, 1997.



Figura 12: Fase adulta e jovem de *D. luteipes* (esquerda) e de *E. annulipes*

3.2 *Euborellia annulipes* (Dermaptera: Carcinophoridae)

No verão, o período de incubação dessa espécie é de 7 dias. O tempo de desenvolvimento de ovo até a emergência das ninfas oscila em torno de 60 dias. Os ovos recém-depositados são ovais, de coloração creme amarelada, medindo 0,95mm de comprimento e 0,75mm de diâmetro. As ninfas recém-eclodidas possuem coloração branca, olhos pretos e parte posterior do abdômen marrom. Após alguns minutos da eclosão, as ninfas tornam-se cinzentas, escurecendo gradativamente, a partir das antenas, pernas e fórceps. Ao se transformarem em adultos, a coloração inicial é

branca, passando, a seguir, para a coloração escura. Conforme já salientado, os insetos não apresentam asas e o macho, menor do que a fêmea, tem o fórceps do lado direito fortemente curvado para o lado de dentro.

4 Mosca da flor ou sirfídeo (Diptera: Syrphidae)

Larvas de *Allograpta exotica* (Wiedemann) têm sido associadas ao controle do pulgão *R. maidis*, uma vez que os adultos não são predadores. A fêmea, de abdômen amarelo com listras pretas, lembrando uma abelha pequena, coloca os ovos perto da colônia de pulgões. Ao eclodir, as larvas acéfalas e sem pernas, de cor amarelo-pálida a verde-clara, consomem grande quantidade de presas. Geralmente, a larva transforma-se em pupa no local onde estavam se alimentando, formando um pupário, que se configura como uma “gota”. O ciclo de vida, de ovo a adulto, normalmente é de duas a quatro semanas, e várias gerações acontecem a cada ano. Outras espécies também podem ser encontradas no ecossistema milho (figura 13).



Figura 13: Adultos, larvas e pupas de espécies de sirfídeos

5 Percevejos predadores

São várias as espécies de percevejos em associação com diferentes insetos fitófagos que demandam pesquisas mais aprofundadas para verificar o potencial como agentes de controle biológico. As mais conhecidas integram os gêneros *Zellus*, *Nabis*, *Geocoris*, *Orius*, *Triphleps* e *Anthocoris*.

5.1 Percevejo assassino (Reduviidae)

Entre as espécies de ocorrência em milho podem ser destacadas *Zellus longipes* Linnaeus, *Z. leucogrammus* (Perty) e *Z. armillatus* (Lepeletier & Serville). O comprimento médio dos adultos pode variar entre 1,3 e 1,9cm.

Espécies de coloração castanha ou enegrecida e até brilhante podem ser encontradas no campo. Em geral apresentam cabeça alongada e estreita, com pescoço “distinto” atrás dos olhos, que são frequentemente avermelhados. As peças bucais longas e curvadas formam um bico que, em repouso, é mantido embaixo do corpo, com a ponta encaixada em uma cavidade. O meio do abdômen é alargado, de modo que as asas não cobrem completamente a largura do corpo. As fêmeas colocam os ovos em grupos, próximos um do outro, em posição vertical, sobre as folhas das plantas ou até mesmo no solo. As formas imaturas (ninfas) se assemelham à miniatura de um adulto sem asa (figura 14).

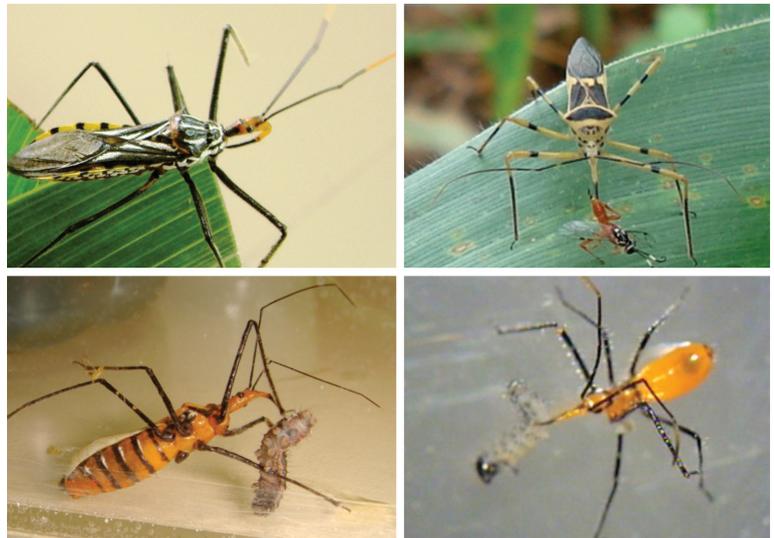


Figura 14: Espécies de *Zelus* associadas a pragas de milho: adultos e ninfa (direita, abaixo)

5.2 Percevejos pequenos: nabídeo (Nabidae), percevejo de olhos grandes (Lygaeidae) e percevejo pirata pequeno (Anthocoridae)

Várias espécies de percevejos de tamanho entre 1 e 10mm (figura 15) também são importantes reguladores de população de insetos fitófagos no ecossistema milho.

Os nabídeos, cujo representante típico é o gênero *Nabis*, são insetos geralmente bronzeados, lisos, generalistas, medindo cerca de 10mm, cujas presas incluem pulgões, ovos e lagartas pequenas. Já o principal inseto predador representante da família Lygaeidae é o gênero *Geocoris*, cuja característica marcante é que seus olhos são tão desenvolvidos que podem estender-se além do protórax. São pre-

dadores importantes de lagartas, ácaros, pulgões e muitos outros insetos. O percevejo-pirata pequeno (*Anthocoridae*), considerado o menor entre os verdadeiros percevejos (tipicamente ao redor de 1,6mm), alimentam-se de pequenos artrópodes, como ácaros, tripes, pulgões e ovos de inseto. Os adultos são distinguidos por marcas pretas e brancas. As formas imaturas mostram geralmente cor palha uniforme e podem ser do mesmo tamanho da sua presa. Os gêneros mais comuns são *Orius*, *Triphleps* e *Anthocoris*.



Figura 15: Principais percevejos pequenos predadores generalistas, assinalados em agroecossistema milho: *Geocoris* (esquerda), *Orius* e *Nabis*

6 Besouro de superfície do solo

Os besouros da família Carabidae (Coleoptera) ou besouros de superfície do solo pertencem a uma das maiores e mais conhecidas famílias de insetos predadores. A maioria das espécies é de hábito noturno e coloração geral preta ou marrom, embora algumas espécies exibam coloração iridescente e azul metálica, bronze, esverdeada ou com reflexos avermelhados. São essencialmente carnívoros, podendo alimentar-se de lagartas, pulgões, ácaros, gafanhotos, grilos, cupins, larva-aramé até borboletas e mariposas.

O gênero *Calosoma* (figura 16) é um besouro esverdeado, iridescente, grande (25 a 30mm), que se alimenta principalmente de lagartas e pupas de pragas de milho e de outros cultivos. Após o acasalamento, os ovos são colocados na superfície do solo, ou um pouco abaixo. A forma imatura passa por três fases larvais (instares) antes de se transformar em pupa, no solo, e emergir como adulto. Existem também espécies de besouros predadores diurnos, denominados “besouros-tigre”, da família Cicindelidae.

7 Vespas

Embora muitas vezes negligenciados pelos estudiosos, provavelmente pela dificuldade de se estabelecer protocolos de pesquisa, as vespas e maribondos também são predadores importantes de pragas em milho e em outros cultivos. Por exemplo, Prezoto & Machado¹⁸, ao avaliar a ação predatória de *Polistes simillimus* Zikán sobre lagartas de *S. frugiperda* em milho, observaram uma redução na incidência da lagarta *S. frugiperda* em torno de 77,16%, e em 80% na população de *H. zea* (presente na espiga), correspondentes na maior parte à ação predatória de *P. simillimus*.

¹⁸ PREZOTO, F. & MACHADO, V. L. L. Ação de *Polistes (Aphanilopterus) simillimus* Zikán (Hymenoptera, Vespidae) no controle de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera, Noctuidae). *Revista Brasileira de Zoologia*, v. 16, n. 3, p. 841-850, 1999.



Figura 16: Adulto e larva de *Calosoma* sp., alimentando-se da lagarta-do-cartucho

Impacto do controle biológico com parasitoides

A seguir serão mostrados alguns exemplos do efeito que produzem agentes de controle biológico sobre pragas de milho.

1 Parasitoides de ovos

A liberação inundativa de parasitoides de ovos tem sido avaliada no Brasil e no exterior. Os resultados da figura 17 salientam a eficiência da liberação de *T. remus* para o manejo de *S. frugiperda*. Sozinho ou integrado ao entomopatógeno baculovírus ou ao inseticida químico Lambda-cyhalotrina, propiciou rendimento de grãos significativamente superior àquele obtido em áreas sem controle da praga. Tal resultado indica a ação eficaz do parasitoide, pois não houve aumento em produtividade pela integração com outros métodos.

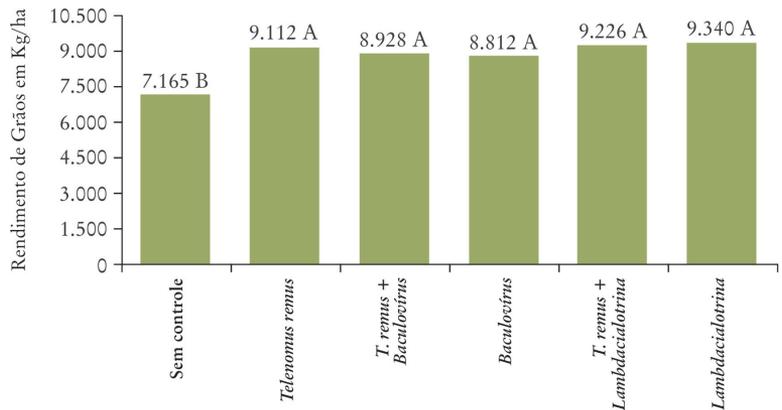


Figura 17: Efeito da liberação inundativa de *Telenomus remus* sozinho ou integrado com baculovírus e inseticida piretroide para o controle de *Spodoptera frugiperda* em milho (letras iguais sobre as barras significam igualdade de rendimento de grãos entre os tratamentos). Fonte: Figueiredo, M. de L. C. et al.¹⁹

¹⁹ FIGUEIREDO, M. de L. C.; CRUZ, I. & DELLA LUCIA, T. M. C. Controle integrado de *Spodoptera frugiperda*... Op. cit.

²⁰ FIGUEIREDO, M. de L. C.; DELLA LUCIA, T. M. C. & CRUZ, I. Effect of *Telenomus remus* Nixon (Hymenoptera... Op. cit.

²¹ FIGUEIREDO, M. de L. C.; DELLA LUCIA, T. M. C. & CRUZ, I. Effect of *Telenomus remus* Nixon (Hymenoptera... Op. cit.

A atuação do parasitoide *T. remus* cresce com o aumento da densidade de fêmeas liberadas a campo.²⁰ No entanto, é possível haver contribuição por espécies de *Trichogramma* de ocorrência natural de tal maneira que o parasitismo final chegue à quase totalidade (figura 18). Segundo Figueiredo et al.²¹, a espécie *T. remus* é mais agressiva do que *Trichogramma* em relação aos ovos de *S. frugiperda*, pois o parasitismo pela primeira espécie chega a ser em 80,4% dos ovos contidos em uma massa, enquanto que no caso do *Trichogramma* atinge apenas 21,3% dos ovos.

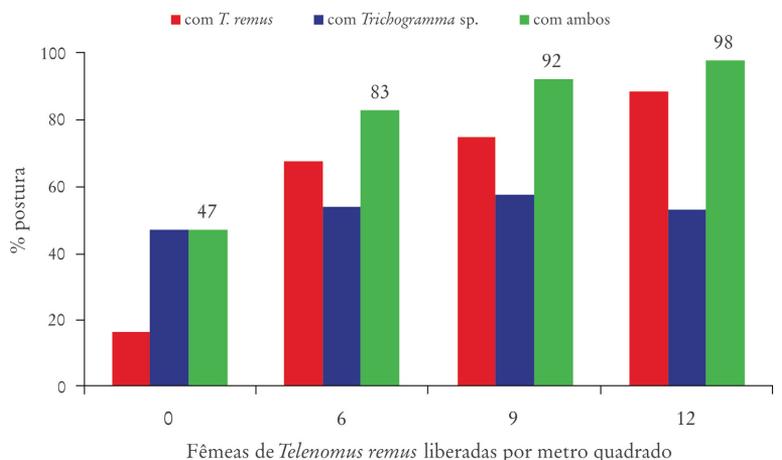


Figura 18: Competitividade de *Telenomus remus* sobre ovos de *Spodoptera frugiperda* em áreas de milho. Fonte: Figueiredo, M. de L. C. et al.²²

²² FIGUEIREDO, M. de L. C.; DELLA LUCIA, T. M. C. & CRUZ, I. Effect of *Telenomus remus* Nixon (Hymenoptera...) Op. cit.

2 Parasitoides de ovo-larva ou parasitoide de lagarta

Uma das vantagens atribuídas ao emprego do controle químico é sua atuação imediata sobre o inseto-alvo. Este efeito de choque geralmente não é observado quando o controle de lagartas é efetuado pelos agentes de controle biológico natural como os parasitoides. No entanto, deve ser considerado que, embora com efeitos mais lentos, o fator principal é a redução no alimento ingerido. Os resultados da figura 19 indicam claramente a redução significativa no alimento ingerido (folhas de milho) por uma lagarta parasitada. Lagartas parasitadas tanto pelo parasitoide de ovo/larva, *C. insularis*, como pelo parasitoide de lagartas, *C. flavicincta*, praticamente não se alimentam. A relação de consumo foliar entre lagarta sadia e lagarta parasitada por *C. insularis* é de 15:1 e 14,4:1, no caso do parasitismo por *C. flavicincta*.

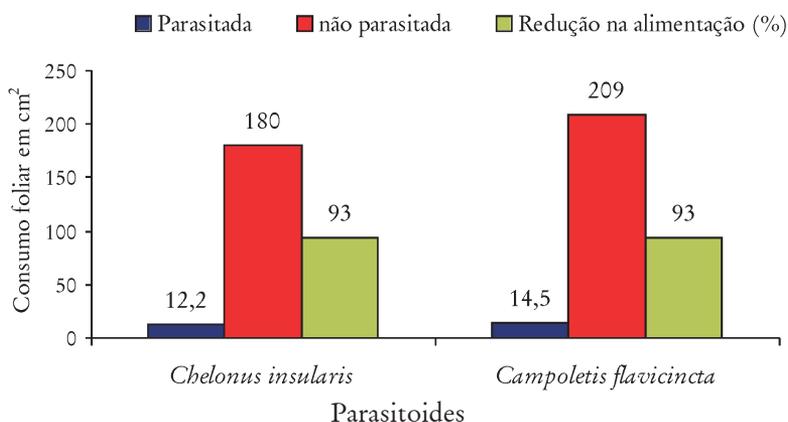


Figura 19: Consumo foliar médio de uma lagarta de *Spodoptera frugiperda* sadia ou atingida pelo parasitoide de ovo-larva, *Chelonus insularis*, ou pelo parasitoide de lagarta, *Campoletis flavicincta*, e redução percentual na ingestão de alimento da lagarta parasitada em relação à lagarta sadia. Fonte: Rezende, M. A. A. *et al.*; Cruz, I. *et al.*²³

²³ REZENDE, M. A. A.; CRUZ, I. & DELLA LUCIA, M. C. Consumo foliar de milho e desenvolvimento... *Op. cit.* CRUZ, I.; FIGUEIREDO, M. L. C.; GONCALVES, E. P.; LIMA, D. A. N.; DINIZ, E. E. Efeito da idade de lagartas de *Spodoptera frugiperda* (Smith)... *Op. cit.*

A reduzida alimentação da lagarta parasitada significa, na prática, menor dano à planta. Consequentemente, os parasitoides não causam danos à planta hospedeira. Porém, a redução drástica no consumo alimentar da lagarta parasitada não significa redução significativa no seu ciclo de vida. Lagartas de *S. frugiperda* parasitadas por *C. flavicincta* vivem em média 10 dias, antes de serem mortas pelo parasitoide (figura 20). Este é um ponto crucial no manejo, pois

a presença de lagartas vivas pode sugerir a aplicação de outras medidas de controle, geralmente, aplicação de inseticidas químicos sobre uma população de insetos que não estariam ocasionando danos econômicos.

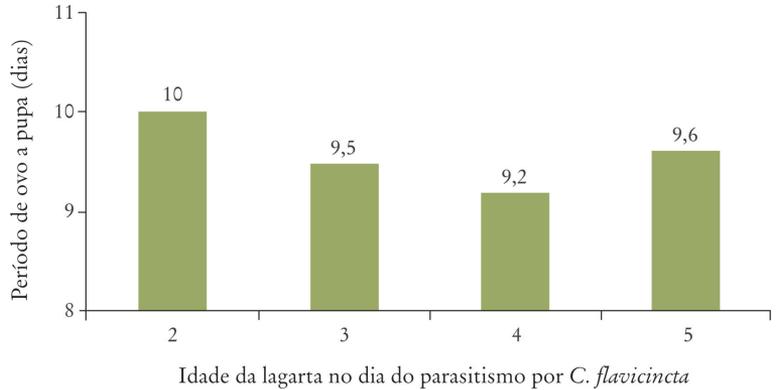


Figura 20: Duração do ciclo de vida do endoparasitoide *Campoletis flavicineta* dentro do corpo da lagarta-do-cartucho. Fonte: Cruz, I. et al.²⁴

²⁴ CRUZ, I.; FIGUEIREDO, M. L. C.; GONÇALVES, E. P.; LIMA, D. A. N. & DINIZ, E. E. Efeito da idade de lagartas de *Spodoptera frugiperda* (Smith)... *Op. cit.*

Embora com variações entre agentes de controle biológico, em geral uma espécie pode ovipositar em vários indivíduos da espécie hospedeira. Por exemplo, uma única fêmea de *C. flavicineta* pode parasitar até 232 lagartas de *S. frugiperda* durante sua existência (figura 21).

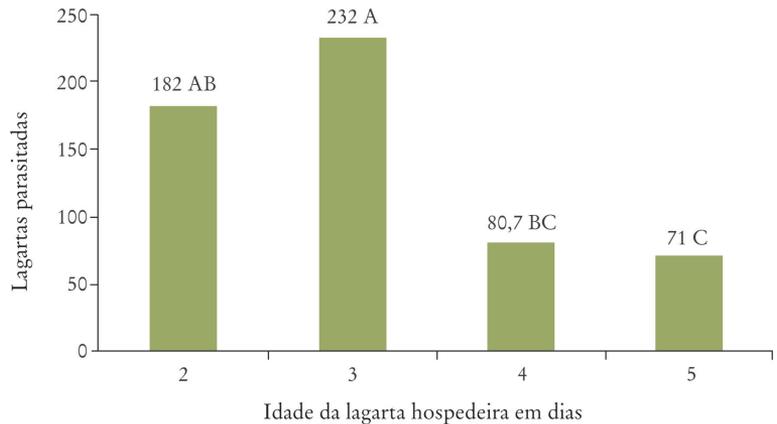


Figura 21: Número de lagartas de *Spodoptera frugiperda* parasitadas por *Campoletis flavicineta* em função da idade do hospedeiro (letras iguais nas barras não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan). Fonte: Cruz, I. et al.²⁵

²⁵ CRUZ, I.; FIGUEIREDO, M. L. C.; GONÇALVES, E. P.; LIMA, D. A. N. & DINIZ, E. E. Efeito da idade de lagartas de *Spodoptera frugiperda* (Smith)... *Op. cit.*

Impacto do controle biológico com predadores

Pesquisas conduzidas com a espécie *D. luteipes* indicam, de fato, a potencialidade deste predador no manejo de pragas na cultura do milho. Atualmente, o inseto já pode ser criado com relativa facilidade em condições de laboratório, o que é um passo fundamental para se programar seu uso em condições de campo. O inseto é muito rústico, apresentando um ciclo biológico muito longo. Na fase de ninfa com duração média de 40 dias, o inseto pode consumir, em média, entre 277 a 496 ovos ou lagartas pequenas de *S. frugiperda*.²⁶ Já o consumo médio pelo inseto adulto, com uma longevidade longa, é um pouco superior ao da ninfa. Nas figuras 22 e 23, verifica-se que, além de sua alimentação com folhas, o inseto também pode sobreviver em dieta artificial à base de feijão e germe de trigo, sugerindo uma adaptação em condições de laboratório. Pode ainda, desenvolver-se com ovos de *H. zea* (figuras 24 e 25).

²⁶ REIS, L. L.; OLIVEIRA, L. J. & CRUZ, I. Biologia e potencial de *Doru luteipes* no controle de *Spodoptera frugiperda*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 23, n. 1, p. 333-342, 1988.

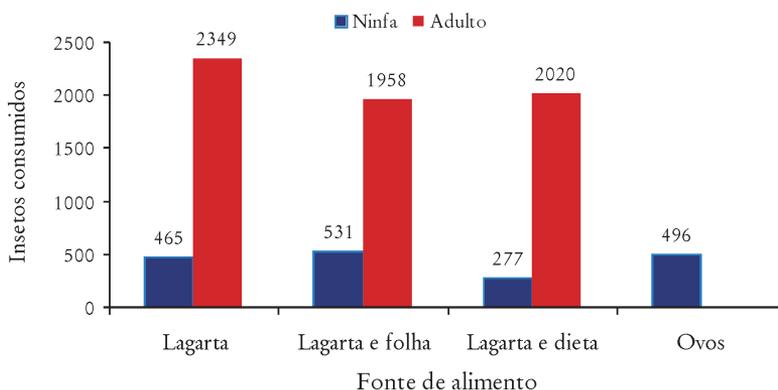


Figura 22: Consumo de ovos ou lagartas de *Spodoptera frugiperda* por ninfa ou adulto do predador *Doru luteipes*. Fonte: Reis, L. L. et al.²⁷

²⁷ REIS, L. L.; OLIVEIRA, L. J. & CRUZ, I. *Op. cit.*

²⁸ MAIA, W. J. M. S.; CARVALHO, C. F.; SOUZA, B.; CRUZ, I. & MAIA, T. J. A. F. Capacidade predatória e aspectos biológicos de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) alimentada com *Rhopalosiphum maidis* (Fitch, 1856) (Hemiptera: Aphididae). *Ciência & Agrotecnologia*, Lavras, v. 28, n. 6, p. 1.259-1.268, 2004.

Estudos de laboratório também têm demonstrado o potencial de outros insetos predadores. Maia et al.²⁸, estudando a capacidade predatória e a resposta funcional de *C. externa* tendo como fonte de alimento o pulgão-do-milho, *R. maidis* em diferentes densidades, verificaram um maior consumo com o aumento na densidade da presa (figura 26). Para um período larval médio ao redor de 9,8 dias, o predador consumiu um total de 481,6 pulgões.

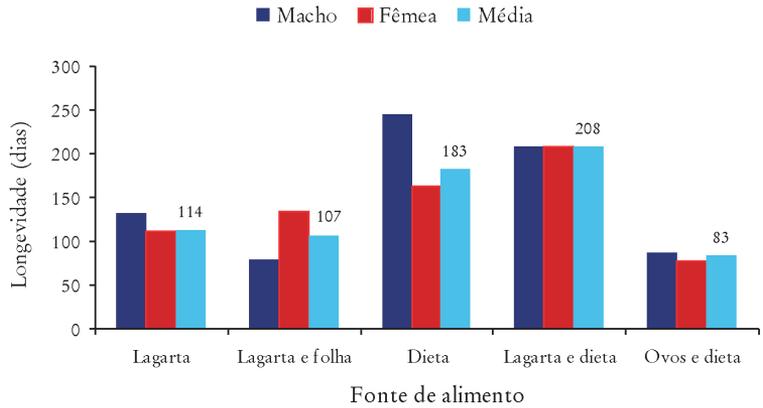


Figura 23: Longevidade de adulto de *Doru luteipes* quando sujeito a diferentes fontes de alimento. Fonte: Reis, L. L. et al.²⁹

²⁹ REIS, L. L.; OLIVEIRA, L. J. & CRUZ, I. *Op. cit.*

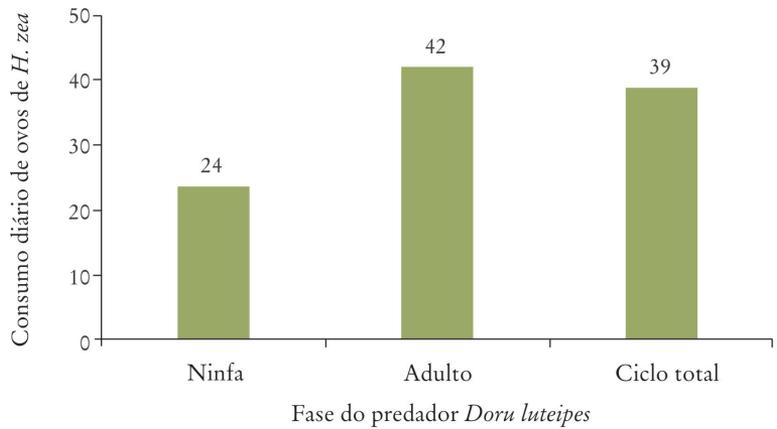


Figura 24: Consumo diário de ovos de *Helicoverpa zea* por ninfas e adultos de *Doru luteipes*, em laboratório, sob temperatura ($25 \pm 1^\circ\text{C}$), umidade relativa ($70 \pm 10\%$) e fotofase (12h). Fonte: Cruz, I. et al.³⁰

³⁰ CRUZ, I.; ALVARENGA, C. D. & FIGUEIREDO, P. E. Biologia de *Doru luteipes* (Scudder) e sua capacidade predatória de ovos de *Helicoverpa zea* (Boddie). *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*, v. 24, n. 2, p. 273-278, 1995.

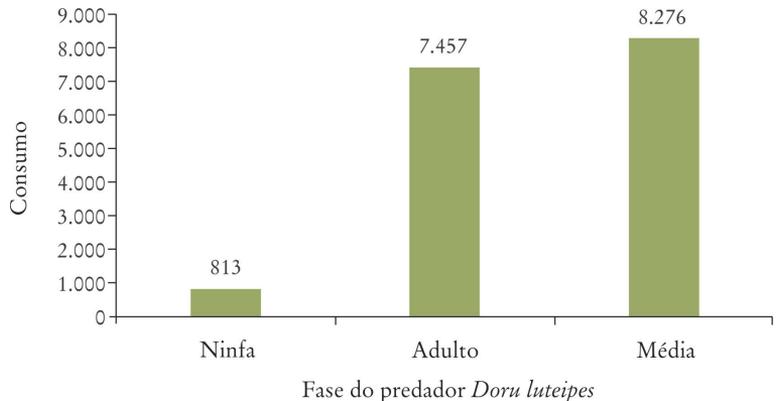


Figura 25: Consumo total de ovos de *Helicoverpa zea* por ninfas e adultos de *Doru luteipes*, em laboratório, sob temperatura ($25 \pm 1^\circ\text{C}$), umidade relativa ($70 \pm 10\%$) e fotofase (12h). Fonte: Cruz, I. et al.³¹

³¹ CRUZ, I.; ALVARENGA, C. D. & FIGUEIREDO, P. E. *Op. cit.*

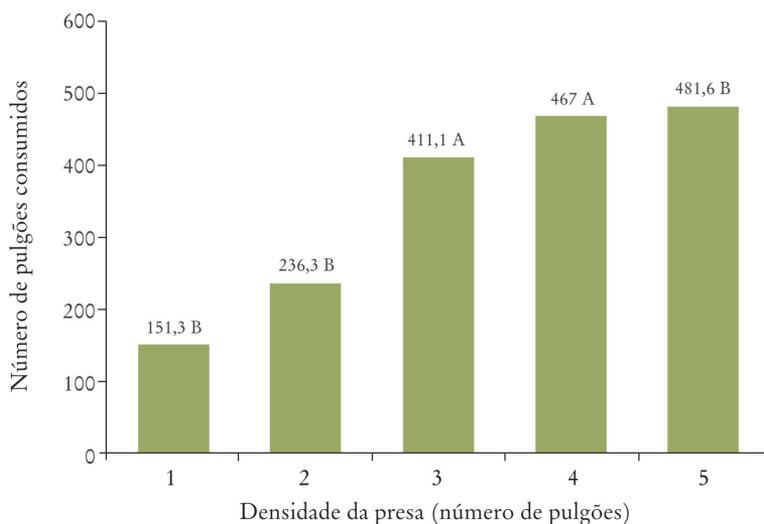


Figura 26: Consumo total médio do pulgão-do-milho, *Rhopalosiphum maidis*, por larvas de *Chrysoperla externa*. Médias seguidas pela mesma letra nas barras não diferem entre si, pelo teste de Scott e Knott a 5% de probabilidade. Fonte: Maia, W. J. M. S. *et al.*³²

³² MAIA, W. J. M. S.; CARVALHO, C. F.; SOUZA, B.; CRUZ, I. & MAIA, T. J. A. F. *Op. cit.*

Considerações finais

O sucesso na implantação de um programa de controle biológico em qualquer cultivo vai depender, além do conhecimento e da vontade do agricultor, também da incidência natural dos agentes de controle biológico na área-alvo. Portanto, para cada região é necessário saber quais destes insetos benéficos são predominantes. Particularmente para a lagarta-do-cartucho, e em especial no estado de Minas Gerais, tem sido feito monitoramento constante ao longo dos anos em áreas comerciais de milho, independente do sistema de produção.³³

³³ CRUZ, I.; FIGUEIREDO, M. L. C.; SILVA, R. B.; DEL SARTO, M. L. & PENTEADO-DIAS, A. M. *Monitoramento de parasitoides de lagartas de Spodoptera frugiperda... Op. cit.*

Considerando conjuntamente os dados e a amplitude relativa, a taxa de parasitismo revelou-se entre 18 e 42% (figura 27). Entre os agentes de controle biológico recuperados das lagartas de *S. frugiperda*, houve predominância de *C. insularis* (figura 28), que representou $38,9 \pm 5,6\%$ dos parasitoides Hymenoptera. *C. flavicincta* e *E. laphygmae* representaram, respectivamente, $17,8 \pm 4,3\%$ e $16 \pm 1,3\%$ do total. Além desses parasitoides, foram também encontrados outros como aqueles mostrados na figura 29. É importante salientar que em praticamente todas as amostragens foram detectadas lagartas parasitadas, indicando a importância dos agentes de controle natural na supressão da lagarta-do-cartucho e, principalmente, a importância do manejo adequado da cultura do milho.

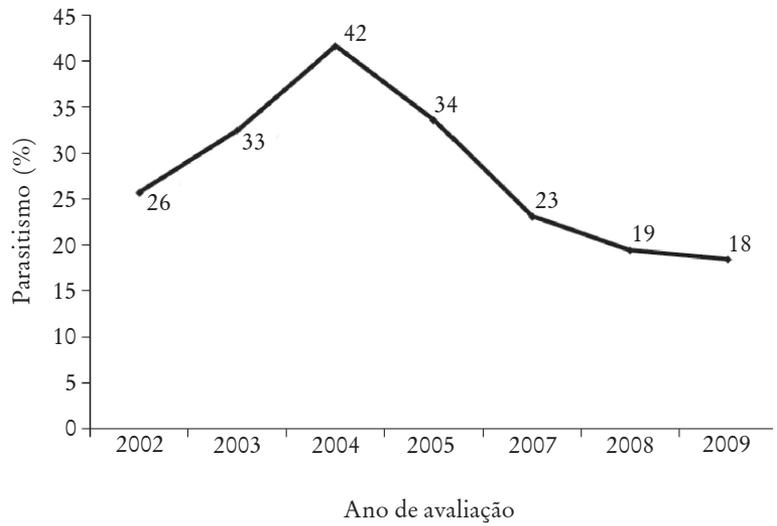


Figura 27: Parasitismo natural (%) em lagartas de *S. frugiperda* amostradas em diferentes municípios de Minas Gerais na safra de verão, sob cultivos comerciais

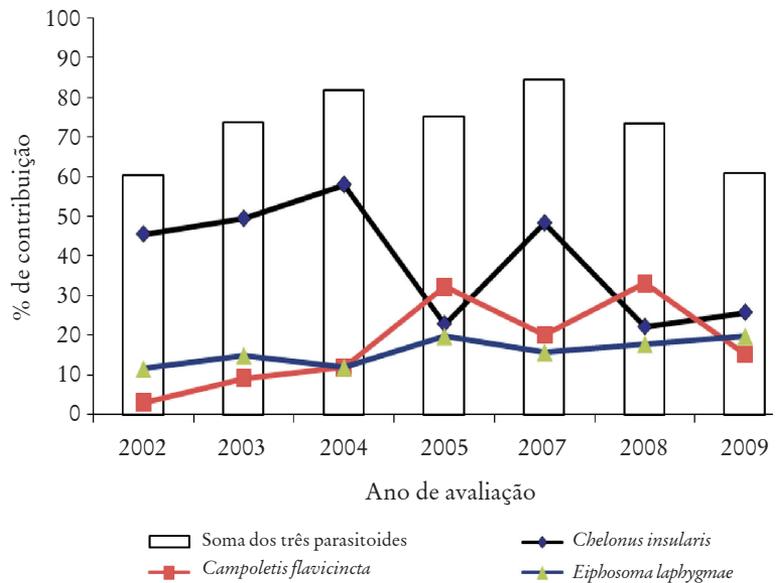


Figura 28: Contribuição total e individual dos principais parasitoides, *Chelonus insularis*, *Campoletis flavicineta* e *Eiphosoma laphygmae*, no parasitismo de lagartas de *S. frugiperda* em amostragens de safras de milho em diferentes municípios de Minas Gerais e em diferentes anos agrícolas.

Ivan Cruz é engenheiro agrônomo, mestre e doutor em Entomologia, bolsista do CNPq e pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, Minas Gerais.

ivancruz@cnpms.embrapa.br

Maria de Lourdes Corrêa Figueiredo é engenheira agrônoma, mestre em Entomologia, doutora em Ecologia e Recursos Naturais e bolsista do pós-doutorado empresarial do CNPq/Embrapa Milho e Sorgo.

figueiredomlc@yahoo.com.br

Rafael Braga da Silva é biólogo, mestre em Entomologia e doutorando em Ecologia e Recursos Naturais na Universidade Federal de São Carlos, São Paulo.

rafaelentomologia@yahoo.com.br

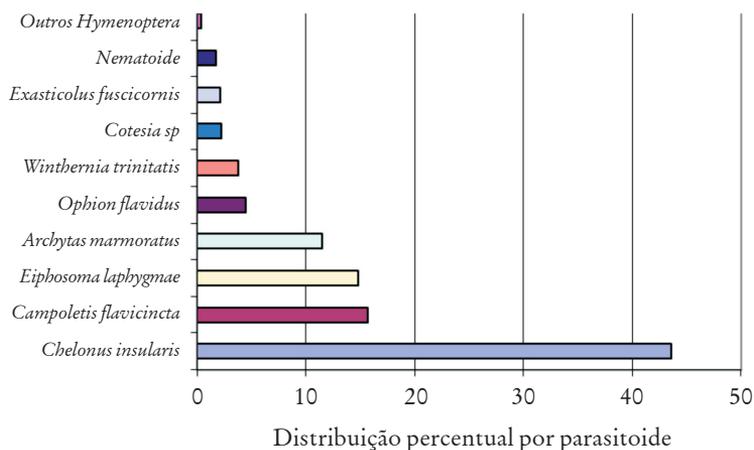


Figura 29: Predominância de parasitoides da lagarta-do-cartucho, *S. frugiperda*, coletada em áreas comerciais de milho em diferentes municípios de Minas Gerais e em diferentes anos agrícolas

Os resultados obtidos indicam a presença de algumas espécies de parasitoides em nível relativamente alto, mesmo onde a prática de aplicação de inseticidas é rotineira. Considerando que a amostragem foi direcionada apenas para a fase de lagarta e que, portanto, existam outros agentes de controle biológico como os parasitoides de ovos e predadores, na região, a probabilidade de sucesso do controle biológico é um dado importante e deve encorajar sua adoção.

CONTROLE BIOLÓGICO DOS AFÍDEOS DO TRIGO

UM MARCO HISTÓRICO

José Roberto Salvadori
Paulo Roberto Valle da Silva Pereira
Douglas Lau

A presença de afídeos ou pulgões (Hemiptera: Aphididae) nas lavouras de trigo no Brasil, cuja triticultura é recente se comparada a países tradicionalmente produtores, parece ser tão antiga quanto à própria produção deste cereal. Existe mais de uma dezena de espécies de afídeos associadas ao trigo, que também atacam outros cereais de inverno, como aveia, centeio, cevada e triticale, e de verão, como sorgo, arroz e milho. Os afídeos do trigo são vetores da mais importante doença virótica dessa cultura e de outros cereais, o nanismo amarelo, causada por espécies do *Barley yellow dwarf virus* (BYDV) e *Cereal yellow dwarf virus* (CYDV). A importância relativa dos afídeos variou ao longo dos últimos cinquenta anos, devido a diversos fatores. Entre estes, os determinantes foram o controle biológico e a expansão do cultivo de cereais de inverno, primeiramente de trigo e depois de aveia, no outono, para cobertura de solo e pastagem. Todavia, a história dos afídeos do trigo no Brasil pode ser dividida em dois períodos, tendo como marco divisório o Programa de Controle Biológico dos Pulgões do Trigo, o qual pode ser considerado um dos mais bem sucedidos exemplos deste método de combate a pragas agrícolas, em culturas anuais.

Antecedentes

Com base em levantamento realizado de 1967 a 1972, no sul do Brasil, *Metopolophium* (= *Acyrtosiphum*) *dirhodum* (Walker, 1849) – o pulgão-verde-pálido ou pulgão-da-folha-do-trigo; *Schizaphis graminum* (Rondani, 1852) – o pulgão-verde-dos-cereais; *Sitobion* (= *Macrosiphum*) *avenae* (Fabricius, 1794) – o pulgão-da-espiça-do-trigo; *Rhopalosiphum padi* (Linnaeus, 1758) – o pulgão-da-aveia e *R. rufiabdominalis* (Sasaki, 1899) – o pulgão-da-raiz-do-trigo, foram consideradas as espécies de afídeos mais comuns na cultura do trigo.¹

Embora haja registros da ocorrência de *S. graminum* em lavouras de trigo brasileiras já na primeira metade do século passado², foi na década de 1960, coincidindo com um aumento substancial da área de cultivo de trigo no sul do Brasil e com o aparecimento no país de duas novas espécies (*M. dirhodum* e *S. avenae*), que os afídeos adquiriram a condição de pragas severas. Estas espécies, nativas da Europa e da Ásia chegaram ao Brasil, livres de inimigos naturais efetivos e, adicionalmente, encontraram a triticultura em expansão, com a área de cultivo evoluindo de 258,3 mil hectares, em 1962, para 3,5 milhões, em 1976. A disponibilidade de alimento, o clima favorável e a insuficiência de controle biológico natural levaram a uma grande explosão populacional e ampla dispersão dos insetos, que logo se transformaram nas principais pragas da cultura de trigo e de outros cereais de inverno. Este fato ocorreu no extremo sul do país, especialmente no Rio Grande do Sul, Santa Catarina e centro-sul do Paraná.

A partir de então, os afídeos tornaram-se limitantes à produção de trigo na região sul, onde *M. dirhodum* e *S. avenae* ocorriam em níveis alarmantes, provocando drásticas reduções na produtividade de trigo, caracterizando uma situação muito clara de desequilíbrio populacional. No planalto gaúcho, por exemplo, em 1974 e em 1976, em áreas sem controle de pulgões, o rendimento de trigo sofreu perdas de até 88% e 56%, respectivamente.³

Na época, generalizou-se o uso do controle químico, com pulverizações de inseticidas. Estima-se que em 98,6% das lavouras de trigo dos Estados do Rio Grande do Sul e do Paraná foram feitas uma ou mais pulverizações de inseticidas, em 1977.⁴ Durante aproximadamente uma década, este quadro se manteve. Em geral, eram feitas duas aplicações por safra na mesma lavoura e, em muitos casos, três a quatro pulverizações eram necessárias para o efetivo controle de afídeos.⁵ O uso intensivo de inseticidas também

¹ CAETANO, R. *Estudos sobre os afídeos vetores do Vírus do Nanismo Amarelo da Cevada, em especial de Acyrthosiphon dirhodum, em trigo, no Sul do Brasil*. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 1973. 104 p. Tese Doutorado.

² REINIGER, C. H. Uma ameaça para os trigais do Sul. Combate biológico dos pulgões (afídeos). *Chácaras e Quintais*, Rio de Janeiro, v. 64, p. 697-699, 1941.

³ SALVADORI, J. R. & SALLES, L. A. B. de. Controle biológico dos pulgões do trigo. In: PARRA, J. R. P.; BOTELHO, P. S. M.; CORRÊA-FERREIRA; B. S. & BENTO, J. M. S. (Org.). *Controle biológico no Brasil: parasitoides e predadores*. São Paulo: Manole, 2002. p. 427-447.

⁴ AMBROSI, I. (Org.). *Avaliação dos impactos sociais e econômicos das tecnologias geradas pelo Centro Nacional de Pesquisa de Trigo (1987)*. Passo Fundo: EMBRAPA, 1987. 38 p. (Documentos, 3/1987).

⁵ SALVADORI, J. R. & SALLES, L. A. B. de. *Op. cit.*

atingia os já escassos inimigos naturais endêmicos, gerando um círculo vicioso que tornou a produção de trigo completamente dependente do uso de inseticidas.

O Programa de Controle Biológico

Amparada na tese de que o desequilíbrio poderia ser revertido a partir do controle biológico dos afídeos, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), através do Centro Nacional de Pesquisa de Trigo (CNPT ou Embrapa Trigo), criou o Programa de Controle Biológico dos Pulgões do Trigo. O programa foi idealizado e desenvolvido a partir de 1978, com apoio da FAO e da Universidade da Califórnia – Berkeley/EUA, e colaboração de várias outras instituições nacionais e internacionais.

O programa enquadrou-se no chamado método clássico de controle biológico⁶, baseado na introdução de inimigos naturais exóticos, procedentes das mesmas regiões de origem da praga-alvo, seguida da criação e da liberação no novo ambiente. Num contexto de controle integrado de pragas, paralelamente ao programa de controle biológico, foram realizados estudos de biologia, dinâmica populacional e danos dos afídeos e seletividade de inseticidas, visando a desenvolver conhecimentos e tecnologias complementares de manejo de pragas que auxiliassem na reversão do desequilíbrio existente e na preservação dos agentes de controle biológico.

A hipótese foi que, de diversas espécies introduzidas, algumas se adaptariam às condições ecológicas do Sul do Brasil, aí se estabeleceriam e passariam a se multiplicar livremente sobre os afídeos de trigo, contribuindo para controlar as populações da praga.

O programa foi iniciado com a busca de inimigos naturais de afídeos de trigo, principalmente em países da Europa e do Oriente Médio, e resultou na introdução no país de quatorze espécies de micro-himenópteros parasitoides (quadro 1). Os parasitoides são vespas de tamanho diminuto (cerca de 2mm) que ovipositam dentro do corpo dos afídeos; do ovo eclode a larva que se alimenta e empupa dentro do hospedeiro, levando-o à morte, uma semana após. O afídeo morto é denominado de “múmia”, no interior da qual ocorre a metamorfose, dando origem a uma nova vespinha (figura 1). A capacidade de postura e de parasitismo varia com a espécie de parasitoide, ficando em torno de 300 ovos/fêmea, colocados individualmente no hospedeiro. Apesar de algumas espécies de joaninhas predadoras de afídeos também terem sido introduzidas, os esforços se concentraram nos parasitoides, devido à maior especificidade.

⁶ BOSCH, R. van den & MESSENGER, P. S. *Biological control*. New York: Intext Educational, 1973. 180 p.

Quadro 1. Micro-himenópteros parasitoides introduzidos no Brasil entre 1978 e 1980, pelo Programa de Controle Biológico dos Afídeos de Trigo. Embrapa Trigo⁷

Espécie	Procedência
<i>Aphelinus abdominalis</i> Dalman	Chile
<i>Aphelinus asychis</i> (Walker, 1838)	França
<i>Aphelinus flavipes</i> Foerster	França
<i>Aphelinus varipes</i> Foerster	Hungria, França
<i>Aphidius colemani</i> Viereck, 1912	França, Israel
<i>Aphidius ervi</i> Haliday, 1834	França, Checoslováquia
<i>Aphidius pascuorum</i> Marshall	França
<i>Aphidius picipes</i> (Nees, 1811)	Checoslováquia, Itália, Hungria
<i>Aphidius rhopalosiphi</i> De Stefani, 1902	Chile, Checoslováquia, França
<i>Aphidius uzbekistanicus</i> Luzhetzki, 1960	Itália
<i>Ephedrus plagiator</i> (Nees, 1811)	França, Checoslováquia
<i>Lysiphlebus testaceipes</i> (Cresson, 1880)	Chile
<i>Praon gallicum</i> Starý, 1971	França
<i>Praon volucre</i> (Haliday, 1833)	França, Checoslováquia, Espanha

Os alvos do programa foram os afídeos *M. dirhodum* e *S. avenae*, espécies de maior importância econômica na época. E a meta estabelecida, foi a de atingir níveis de parasitismo que contribuíssem com 10 a 15% de mortalidade dos afídeos.⁸

Após a introdução e o processo de quarentena, as espécies de parasitoides passaram a ser produzidas em escala nos laboratórios da Embrapa Trigo e liberadas no ambiente, em lavouras de trigo. As liberações foram sistemáticas e intensas até 1980, quando eram realizadas pelo pessoal da própria Embrapa, dirigidas para todas as regiões tritícolas do Rio Grande do Sul. Nesse período e em 1981, também foram realizadas liberações esporádicas nos estados de Santa Catarina, Paraná e Mato Grosso do Sul e na Argentina. Após as liberações, os locais eram monitorados para se avaliar o estabelecimento das espécies e os índices de parasitismo em afídeos do trigo. De 1982 até 1992, já com várias espécies estabelecidas, as liberações tiveram continuidade de forma menos intensa, com vistas à consolidação da tecnologia e ao objetivo de manter a motivação para o uso racional de inseticidas. Nesse período, a distribuição de parasitoides passou a ser feita diretamente para triticultores, organizações de agricultores (cooperativas, clubes, sindicatos etc.) e órgãos públicos e privados de assistência técnica. Estes recebiam gratuitamente afídeos mumificados sobre folhas de trigo embaladas em caixas de papelão e, devidamente orientados, se encarregavam da liberação nas lavouras. Até 1992, foram produzidos e liberados cerca de 20 milhões de parasitoides.

⁷ EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Trigo. Programa de controle biológico dos pulgões do trigo: relatório anual. Passo Fundo, 1979. 1 v., não paginado. (Coordenador: SALLES, L. A.) GASSEN, D. N. & TAM-BASCO, F. J. Manejo integrado de pragas em trigo. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 9, n. 97, p. 47-49, 1983.

⁸ ZÚÑIGA, E. Controle biológico dos afídeos do trigo (Homoptera: Aphididae) por meio de parasitoides no planalto médio do Rio Grande do Sul, Brasil. Curitiba: UFPR, 1982. 319 p. Tese Doutorado.

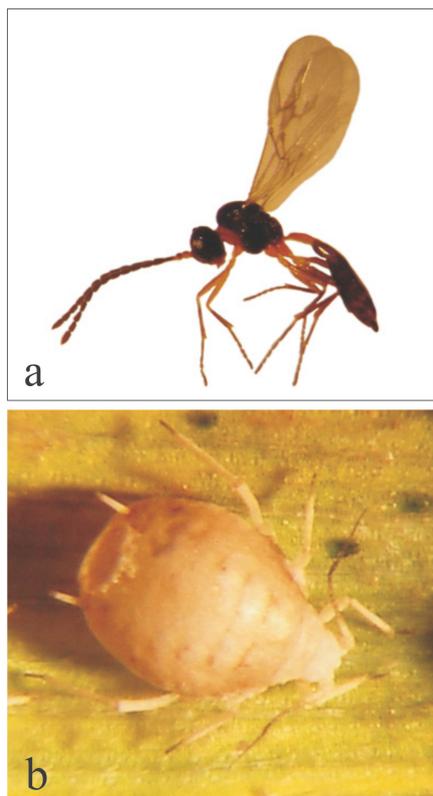


Figura 1. Parasitoide (a) e pulgão parasitado e morto (“múmia”) (b)

Os resultados

Algumas das espécies de parasitoides introduzidas se estabeleceram e os índices de parasitismo dos afídeos na cultura de trigo superaram a meta do programa. As espécies *Aphidius rhopalosiphi*, *A. uzbekistanicus* e *Praon volucre* foram consideradas estabelecidas e *Aphidius ervi*, *Ephedrus plagiator* e *P. gallicum* foram recuperadas consistentemente.⁹ Os parasitoides estabelecidos desenvolveram mecanismos de adaptação que lhes permitiram sobreviver e parasitar com sucesso afídeos graminícolas, passando a agir nos locais de sobrevivência e de multiplicação de afídeos nas entressafras de trigo, em gramineas espontâneas e em outras plantas cultivadas.¹⁰

Após as introduções, foram aumentando gradualmente tanto o parasitismo em *S. avenae* e em *M. dirhodum*, quanto a diversidade de espécies de parasitoides atuantes e o espectro de ínstar dos hospedeiros parasitados. Num dos locais avaliados, por exemplo, o parasitismo em *S. avenae* atingiu 61,9%, 46,4% e 55,6% em 1980 e 63,6%, 44,4% e 30,0% em 1981, nos indivíduos ápteros de 4º instar, adultos ápteros e adultos alados, respectivamente; em *M. dirhodum*, em 1980, o índice de parasitismo foi de 64,3%, 16,7% e 25,0%, para estes mesmos tipos morfológicos.¹¹ Elevados e crescentes níveis de parasitismo também foram registrados nos anos de

1980 a 1983.¹² Outro resultado significativo, relacionado à qualidade do parasitismo, foi a evolução do sincronismo na relação parasitoides-hospedeiros, com o parasitismo se manifestando precocemente, já nos primeiros afídeos infestantes no outono e no inverno.¹³

Os níveis populacionais dos afídeos *S. avenae* e *M. dirhodum* e os danos por eles causados, extremamente altos na década de 1970, foram reduzidos drasticamente após o programa de controle biológico dos afídeos do trigo. Mesmo em condições climaticamente favoráveis e de carência de outros inimigos naturais (afidopatógenos e predadores), não mais ocorreram surtos de afídeos nos anos seguintes às introduções.¹⁴ Da mesma forma, em contraste ao que ocorria anteriormente, não houve resposta da praga ao controle químico, em termos de rendimento de grãos da cultura de trigo nas safras seguintes.¹⁵

Mesmo não sendo uma medida direta do controle biológico e considerando que outras causas possam estar envolvidas, o uso de inseticidas químicos para o controle de

⁹ ZÚÑIGA, E. *Op. cit.*

¹⁰ ZÚÑIGA, E. *Op. cit.*

¹¹ ZÚÑIGA, E. *Op. cit.*

¹² TAMBASCO, F. J. Determinação de níveis de dano de pulgões em trigo. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Trigo. *Resultados de pesquisa do Centro Nacional de Pesquisa de Trigo*. Passo Fundo, 1984. p. 85-97. (Trabalho apresentado na XIII Reunião Nacional de Pesquisa de Trigo, Cruz Alta, 1984).

¹³ ZÚÑIGA, E. *Op. cit.*
TAMBASCO, F. J. *Op. cit.*

¹⁴ ZÚÑIGA, E. *Op. cit.*
TAMBASCO, F. J. *Op. cit.*

¹⁵ SILVA, M. T. B. da. Ocorrência de pulgões e seus inimigos naturais e avaliação dos seus danos a trigo. In: FECOTRIGO. *Contribuição*

do Centro de Experimentação e Pesquisa à XIII Reunião Nacional de Pesquisa de Trigo. Cruz Alta, 1984. p. 142-152.

SILVA, M. T. B. da & RUELLE, J. Efeito de seis níveis populacionais de pulgões na fase vegetativa do trigo. In: FECOTRIGO. *Contribuição do Centro de Experimentação e Pesquisa à XIII Reunião Nacional de Pesquisa de Trigo*. Cruz Alta, 1984. p. 133-141.

¹⁶ AMBROSI, I. (Org.). *Op. cit.*

¹⁷ LAU, D.; PEREIRA, P. R. V. da S.; SALVADORI, J. R.; SCHONS, J.; PARIZOTO, G. & MAR, T. B. *Ocorrência do Barley/Cereal yellow dwarf virus e seus vetores em cereais de inverno no Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná e Mato Grosso do Sul em 2008*. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2009. 10 p. (Embrapa Trigo. Comunicado técnico online, 256). Disponível em: http://www.cnpt.embrapa.br/biblioco/p_co256.htm.

José Roberto Salvadori é engenheiro agrônomo, doutor em Entomologia, professor da Faculdade de Agronomia e do Programa de Pós-graduação em Agronomia da Universidade de Passo Fundo e ex-pesquisador da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária/Embrapa Trigo, Passo Fundo, Rio Grande do Sul.

salvadori@upf.br

Paulo Roberto Valle da Silva Pereira é engenheiro agrônomo, doutor em Entomologia e pesquisador da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária/Embrapa Trigo, Passo Fundo, Rio Grande do Sul.

paulo@cnpt.embrapa.br

Douglas Lau é biólogo, doutor em Fitopatologia e pesquisador da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária/Embrapa Trigo, Passo Fundo, Rio Grande do Sul.

dlau@cnpt.embrapa.br

afídeos em trigo diminuiu gradualmente. Em 1981, no Rio Grande do Sul, essa prática foi realizada em menos de 5% da área cultivada com trigo¹⁶, proporcionando uma redução de aproximadamente 855 mil litros/ano no volume de inseticidas aplicados, num período em que o consumo de praguicidas nas lavouras brasileiras crescia significativamente. Além disso, o controle biológico dos afídeos foi naturalmente estendido às culturas de cevada, aveia e triticale.

Considerações finais

Mais de trinta anos depois, o projeto de controle biológico continua trazendo resultados, à medida que os afídeos *S. avenae* e *M. dirhodum*, alvos do projeto, não voltaram a ter o mesmo *status* do passado e a ocorrer em grandes surtos como pragas primaveris da cultura do trigo. Hoje, outras espécies de afídeos, mais frequentes na fase inicial da cultura do trigo, como *R. padi* e *S. graminum*, são importantes e podem exigir controle químico.¹⁷ Embora em níveis populacionais muito inferiores em relação aos anos de 1970 e pouco frequentemente, afídeos de primavera, especialmente *S. avenae*, podem atingir nível de controle. Isto é considerado normal dentro processo de controle biológico, que é dinâmico e se sustenta no balanço natural das espécies envolvidas. De modo geral, todo o complexo de afídeos associados ao trigo perdeu relevância como praga direta permanecendo, porém, importantes como vetor de viroses. Existe, hoje, uma situação mais próxima do equilíbrio entre as populações de afídeos e de seus inimigos naturais, especialmente os parasitoides. Os níveis absurdamente grandes de afídeos causando expressivos danos diretos ao trigo não se têm repetido e o parasitismo continua atuante. Eventualmente, mas com menor intensidade e em anos em que o clima seja muito favorável à praga, pode haver necessidade da aplicação de aficidas em pulverização. Atualmente, está muito difundido o controle integrado com uso de inseticidas sistêmicos aplicados via tratamento de sementes, que agem seletivamente sobre pragas sugadoras e auxiliam na preservação de seus inimigos naturais.

Mesmo sem todas as evidências mencionadas, para quem vivenciou o quadro caótico que antecedeu a introdução dos parasitoides e o compara com a situação atual, em termos das infestações de afídeos e do uso intensivo de inseticidas em pulverização, não restam dúvidas sobre o sucesso do programa brasileiro de controle biológico dos afídeos do trigo.

CONTROLE BIOLÓGICO DE INSETOS E ÁCAROS-PRAGA NA FRUTICULTURA DE CLIMA TEMPERADO

*Dori Edson Nava, Simone Mundstock Jabnke,
Marcos Botton, Uemerson da Silva Cunha,
Gabriela Inés Diez-Rodríguez e
Luis Eduardo Corrêa Antunes*

A fruticultura de clima temperado é uma importante atividade econômica para o sul do Brasil, envolvendo a produção de frutas destinadas à exportação e, principalmente, ao mercado interno. O uso de agentes de controle biológico para o manejo de insetos-praga tem sido preconizado visando a produção sustentável de frutíferas, uma vez que a estratégia de controle utilizada na atualidade baseia-se na aplicação de agrotóxicos, que reconhecidamente causam problemas ao ambiente e ao homem. A região sul oferece vários exemplos bem sucedidos de programas de controle biológico, sendo alguns deles ligados à fruticultura. Embora esses programas sejam implementados com a importação de inimigos naturais, há grande potencial para a utilização de agentes biológicos nativos. Apesar da potencialidade do método, restam importantes desafios a ser superados para dar sustentação ao seu uso, entre os quais, a formação de grupos de pesquisa ligados ao tema e o efetivo apoio institucional, fatores que poderão mudar o cenário atual do controle de pragas na fruticultura.

Introdução

O Brasil é o terceiro produtor mundial de frutas, com área cultivada de aproximadamente 2,26 milhões de hectares.¹ Por ser um país continental, a fruticultura brasileira é diversificada, produzindo desde frutas de clima tropical, nas regiões próximas da Linha do Equador, a frutas de clima subtropical e temperado, nas regiões abaixo do Trópico de Capricórnio e em alguns locais de maior altitude. A maior parte da produção se destina ao mercado interno: apenas 1,8% das frutas *in natura* são exportadas. No entanto, tem sido registrado um aumento anual de 30% nas exportações. Essa mudança iniciou em 2001, com o programa de Produção Integrada de Frutas (PIF), que, atendendo às exigências do mercado externo, também propiciou a adoção de boas práticas nos pomares e, conseqüentemente, sensível melhora na qualidade das frutas destinadas ao consumo nacional.²

Apesar das melhoras apresentadas pela fruticultura brasileira, em termos de produção e qualidade, existem problemas de ordem fitossanitária relacionados, principalmente, à presença de insetos e ácaros-praga, os quais contribuem tanto para o aumento das perdas na produção quanto na imposição de barreiras fitossanitárias por parte dos países importadores, como é o caso das restrições feitas pelos EUA às frutas oriundas de regiões com a presença de moscas-das-frutas.³

O controle dos insetos e ácaros-praga tem sido realizado, basicamente, com o uso de agrotóxicos, merecendo destaque os inseticidas fosforados, os quais sofrem severas restrições, devido à presença de resíduos nas frutas, além da toxicidade para os aplicadores e o meio ambiente. A utilização de agrotóxicos com poucos critérios técnicos causam desequilíbrio entre as populações de insetos-praga e de seus inimigos naturais, favorecendo o aparecimento de surtos de pragas secundárias e a ressurgência de outras.⁴ Além disso, a eliminação de artrópodes benéficos (polinizadores, parasitoides e predadores)⁵ e a seleção de populações resistentes têm sido relatadas, como é o caso de ácaros em citros⁶.

Por outro lado, o uso de métodos de controle menos agressivos ao meio ambiente e ao homem, como o biológico, é fundamental para que os sistemas de produção sejam conduzidos cada vez mais de acordo com os princípios da produção orgânica. Entretanto, a utilização em grande escala do controle biológico no Brasil também apresenta dificul-

¹ IBRAF. Instituto Brasileiro de Frutas. Estrutura da produção brasileira. Disponível em: <http://www.ibraf.com.br>. Acesso em: 10/08/2010.

² ANDRIGUETO, J. R. *et al.* Panorama mundial e nacional. In: ZAMBOLIM, L. *et al.* (Org.). *Produção Integrada no Brasil: agropecuária sustentável alimentos seguros*. Brasília: Mapa/ACS, 2009. p. 33-58.

³ MALAVASI, A. & NASCIMENTO, A. S. *Programa biofábrica Moscamed Brasil*. In: SIMPÓSIO DE CONTROLE BIOLÓGICO, 8, 2003, São Pedro, SP. *Resumos...* São Pedro: SBE, 2003. p. 52.

⁴ BOTTON, M.; NAVA, D. E.; ARIOLI, C. J.; GRUTZMACHER, A. D. & GARCIA, M. S. *Bioecologia, monitoramento e controle da mariposa-oriental na cultura do pessegueiro no Rio Grande do Sul*. Bento Gonçalves (RS): Embrapa Uva e Vinho, 2011. 10 p. (Circular Técnica, Série Embrapa).

⁵ NAVA, D. E. & BOTTON, M. *Bioecologia e controle de Anastrepha fraterculus e Ceratitis capitata em pessegueiro*. Pelotas (RS): Embrapa Clima Temperado, 2010. 29 p. (Documentos, 315).

⁶ FRANCO, C. R.; CASARIN, N. F. B.; DOMINGUES, F. A. & OMOTO, C. Resistência de *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) (Acari: Tenuipalpidae) a acaricidas inibidores da respiração celular em citros: resistência cruzada e custo adaptativo. *Neotropical Entomology*, 36:565-576, 2007. CAMPOS, F. J. & OMOTO, C. Resistance to hexythiazox in *Brevipalpus phoenicis* (Acari: Tenuipalpidae) from Brazilian Citrus. *Experimental and Applied Acarology*, 26: 243-251, 2002.

dades, pois o conhecimento tecnológico e a disponibilidade comercial de agentes de controle são considerados os maiores entraves para o sucesso deste tipo de controle no país. O papel desempenhado pelos agrotóxicos como agentes de proteção contra insetos e ácaros-praga nos cultivos tem sido fundamental na atual estratégia de produção agrícola. No entanto, a agricultura, e em especial, a fruticultura brasileira precisam rever os conceitos de sustentabilidade que norteiam a sua prática como atividade econômica. As razões para a necessidade de mudanças neste cenário são inúmeras e envolvem os riscos associados ao emprego de agrotóxicos e a consequente redução da biodiversidade.

O objetivo deste trabalho é apresentar o panorama do controle biológico das principais pragas de frutíferas mais cultivadas no Sul do Brasil, com destaque aos citros, frutas de caroço (pessegueiro e nectarineira), macieira e videira, além das pequenas frutas como o morangueiro, e de espécies recentemente inseridas nos sistemas de produção, como a amoreira-preta e o mirtilheiro. Para a produção de todas essas frutíferas, a adoção do controle biológico de forma aplicada tem grandes chances, visando a sustentabilidade deste sistema.

Situação do controle biológico de pragas na fruticultura

Citros

O Brasil é o maior produtor de frutas cítricas, detendo 50% da produção mundial de suco de laranja.⁷ Enquanto a produção de citros obtida no Estado de São Paulo e no Triângulo Mineiro é destinada à exportação, principalmente do suco concentrado de laranja, no Rio Grande do Sul esta se destina, basicamente, ao consumo *in natura*.⁸ Diferente das outras regiões, as propriedades voltadas à citricultura naquele Estado, são caracterizadas, na sua grande maioria, como minifúndios que utilizam mão-de-obra familiar, pouca adubação química e poucos tratamentos fitossanitários.⁹

Os principais insetos-praga presentes nos pomares de citros na região Sul são o minador-das-folhas-dos-citros (*Phyllocnistis citrella* Stainton) (Lepidoptera: Gracilariidae) e a mosca-das-frutas sul-americana (*Anastrepha fraterculus*) (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae). Embora existam outras pragas como as formigas cortadeiras (*Acromyrmex* sp.) (Hymenoptera: Formicidae), que causam danos em viveiros, além de ácaros (Prostigmata) e cigarrinhas (Hemiptera), há poucas informações sobre o seu controle biológico.

⁷ NEVES, M. F. (Coord.). O retrato da citricultura brasileira. Markestrat. Disponível em: <http://www.citrusbr.com.br/download/biblioteca/pdf>. Acesso em 15/02/2011.

⁸ BONINE, P. D. & JOÃO, P. L. *Estudo da cadeia produtiva dos citros no Vale do Café/RS*. Porto Alegre: Emater/RS – Ascar, 2002. 46 p.

⁹ AMARO, A. A. et al. Panorama da citricultura brasileira. v. 2. In: RODRIGUEZ, O.; VIÉGAS, F.; POMPEU, J. J. & AMARO, A. A. *Citricultura brasileira*. Campinas: Fundação Cargill, 1991. p. 22-53.

- ¹⁰ CHAGAS, M. C. M. & PARRA, J. R. P. *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera: Gracillariidae): Técnica de criação e biologia em diferentes temperaturas. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*, 29:227-235, 2000.
- ¹¹ HEPPNER, J. B. Citrus leafminer, *Phyllocnistis citrella* (Lepidoptera: Gracillariidae: Phyllocnistidae) in Florida. *Tropical Lepidoptera*, 4:49-64, 1993.
- ¹² JAHNKE, S. M.; REDAELLI, L. R. & DIEFENBACH, L. M. G. Parasitismo em *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera: Gracillariidae) em pomares de citros em Montenegro, RS. *Neotropical Entomology*, 35:357-363, 2006.
- EFROM, C. F. S.; REDAELLI, L. R. & DIEFENBACH, L. M. G. Diversidade de parasitoides de *Phyllocnistis citrella* (Lepidoptera: Gracillariidae) em variedades de citros e a relação com fatores bióticos e abióticos. *Arquivos do Instituto Biológico*, 74:121-128, 2007.
- ¹³ JAHNKE, S. M.; REDAELLI, L. R. & DIEFENBACH, L. M. G. *Op. cit.*
- ¹⁴ EDWARDS, O. R. & HOY, M. A. Biology of *Ageniaspis citricola* (Hymenoptera: Encyrtidae), a parasitoid of the Leafminer *Phyllocnistis citrella* (Lepidoptera: Gracillariidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 91:654-660, 1998.
- ¹⁵ ARGOV, Y. & RÖSSLER Y. Introduction, release and recovery of several exotic natural enemies for biological control of the citrus leafminer *Phyllocnistis citrella*, in Israel. *Phytoparasitica*, 24: 33-38, 1996.
- ¹⁶ PARRA, J. R. P. *Controle biológico das pragas de citros*. Cordeirópolis: EECB, 2002. 37 p. (Boletim Citrícola, 21).
- ¹⁷ LEAL, W. S.; PARRA-PE-DRAZZOLI, A. L.; COSSÉ, A. A.; MURATA, Y.; BENTO, J. M. S. & VILELA, E. F. Identification, synthesis,

O adulto de *P. citrella* é uma pequena mariposa que deposita seus ovos sobre as folhas novas dos brotos de citros.¹⁰ Devido à ação minadora das larvas, *P. citrella* pode causar danos diretos e indiretos, tais como favorecer a entrada da bactéria *Xantomonas axonopodis* Hasse pv. *citri*, causadora do cancro cítrico.¹¹ Levantamentos realizados no Rio Grande do Sul registraram a presença de vários parasitoides nativos atuando sobre *P. citrella*, tais como *Aprostocetus* sp., *Horismenus* sp., *Galeopsomyia fausta* La Salle, *Cirrospilus neotropicus* Diez & Fidalgo, *Cirrospilus floridensis* Evans, *Elasmus phyllocnistoides* Diez, Torrén & Fidalgo e *Chrysocharis vonones* (Walker) (Hymenoptera: Eulophidae).¹² O controle biológico natural promovido por estes agentes alcança índices de 25 a 37% de parasitismo.¹³



Figura 1: *Diachasmimorpha longicaudata* parasitando mosca-das-frutas (Fotografia: Heraldo Negri de Oliveira)

Em 2001, produtores da região do Vale do Caí importaram o parasitoide exótico *Ageniaspis citricola* Logvinoskaya (Hymenoptera: Encyrtidae) para controle do minador-dos-citros. Produtores do município de Montenegro adquiriram esse parasitoide da empresa GRAVENA-ManEncol Ltda. e realizaram a sua liberação (com 100 folhas parasitadas) a cada um ou dois hectares. O parasitoide específico da

- and field evaluation of the sex pheromone from the citrus leafminer, *Phyllocnistis citrella*. *Journal of Chemical Ecology*, 32:155-168, 2006.
- ¹⁸ STELINSKI, L. L. & CZOKAJLO, D. Suppression of citrus leafminer, *Phyllocnistis citrella*, with an attract-and-kill formulation. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 134:69-77, 2010.
- ¹⁹ LAPOINTE, S. L. & STELINSKI, L. L. An applicator for high viscosity semiochemical products and intentional treatment gaps for mating disruption of *Phyllocnistis citrella*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 141:145-153, 2011.
- ²⁰ BENTO, José Mauricio Simões. *Comunicação pessoal*.
- ²¹ SALLES, L. A. Parasitismo de *Anastrepha fraterculus* (Wied.) (Diptera: Tephritidae) por Hymenoptera, na região de Pelotas, RS. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 31: 769-774, 1996.
- GATELLI, T. *Moscas frugívoras (Diptera: Tephritoidea) e parasitoides associados a mirtáceas e laranjeira 'céu' em Montenegro e Harmonia, RS*. Porto Alegre: Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2006. 81 f.
- ²² PEREIRA-RÊGO, D. R. G.; JAHNKE, S. M.; SCHAFFER, N. & REDAELLI, L. R. Infestação e parasitismo de mosca-das-frutas em duas variedades de araçá. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, XXIII, 2010, Natal/RN. *Resumos...* Natal: SBE, 2010.
- ²³ GATELLI, T. *Op. cit.*
- ²⁴ GONZÁLEZ, P.; MONTOYA, P.; PEREZ-LACHAUD, G.; CANCINO, J. & LIEDO, P. Superparasitism in mass reared *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae), a parasitoid of fruit flies (Diptera: Tephritidae). *Biological Control*, 40:320-326, 2007.
- praga é um micro-himenóptero com 0,8 a 1mm de comprimento que atua como endoparasitoide de ovos e larvas de primeiro ínstar.¹⁴ Desenvolve-se dentro do corpo do hospedeiro e empupa após o minador ter formado a câmara pupal. A característica de poliembrião lhe confere uma vantagem em relação a outros parasitoides. São registradas até 12 pupas por hospedeiro¹⁵, alcançando parasitismo em torno de 80%, em condições de campo¹⁶. Embora não haja registros da liberação em outras regiões produtoras de citros no Rio Grande do Sul, informações de produtores apontam a presença quase geral de *A. citricola*.
- O uso de feromônios sexuais de *P. citrella*¹⁷, sintetizados pela ISCA Technologies (SPLAT-CLMTM), tem sido experimentalmente associado a armadilhas do tipo "atraí-mata"¹⁸ ou no controle por confusão sexual¹⁹, embora os feromônios ainda sejam comercializados, pois encontram-se em processo de registro.²⁰
- Em relação à mosca-das-frutas, a maior parte das encontradas em citros corresponde à espécie *A. fraterculus*, nativa do continente sul-americano. São apontados vários parasitoides nativos desta espécie em frutíferas nativas ou cultivadas, entre os quais se destacam *Doryctobracon areolatus* (Szépligeti), *Doryctobracon brasiliensis* (Szépligeti), *Utetes anastrephae* (Viereck) e *Opius bellus* (Gahan) (Hymenoptera: Braconidae); *Aganaspis pelleranoi* (Brèthes) e *Odontosema albinerve* Kiefer (Hymenoptera: Figitidae) e *Pachycrepoides vindemmiae* (Rondani) (Hymenoptera: Pteromalidae).²¹ Embora ocorram várias espécies de parasitoides, os índices de parasitismo em mirtáceas nativas variam de 2,6 a 21%²², insuficientes para levar a infestação da praga abaixo do nível de dano econômico. Em laranja-do-céu (*Citrus sinensis* (L) Osbeck cv. "Céu"), somente *D. areolatus* e *D. brasiliensis* foram registrados.²³
- O micro-himenóptero *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae) tem sido o agente de controle biológico de moscas-das-frutas mais efetivo em programas de liberação na América Latina.²⁴ A espécie é originária da região indo-australiana (figura 1) e, na maioria dos casos, atinge uma porcentagem de parasitismo superior em comparação a outras espécies de parasitoides, especialmente em áreas de cultivo de frutíferas.²⁵ Essa espécie foi introduzida no Brasil, em 1994, pela Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, com apoio do Laboratório de Quarentena "Costa Lima" da Embrapa Meio Ambiente, para estudar o comportamento e a eficácia deste inseto no controle de moscas-das-frutas, visando implementar um projeto

- ²⁵ LÓPEZ, M.; ALUJA, M. & SIVINSKI, J. Hymenopterous larval pupal and pupal parasitoids of *Anastrepha* flies (Diptera: Tephritidae). *Biological Control*, México, 15: 199-129, 1999.
- ²⁶ CARVALHO, R. S. & NASCIMENTO, A. S. Criação e utilização de *Diachasmimorpha longicaudata* para o controle de moscas-das-frutas (Tephritidae). In: PARRA, J. P.; BOTELHO, P. S.; CORRÊA-FERREIRA, B. S. & BENTO, J. M. S. (Ed.) *Controle biológico no Brasil: parasitóides e predadores*. São Paulo: Manole, 2002. p. 165-179.
- ²⁷ MEIRELLES, R. N.; REDAELLI, L. R.; OURIQUE, C. B. & SOUZA, G. C. Parâmetros reprodutivos de *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae) criada em *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae). In: SIMPÓSIO DE CONTROLE BIOLÓGICO, XII, 2011, São Paulo. *Anais...* São Paulo: Instituto Biológico, 2011.
- ²⁸ PARRA, J. R. P. *Op. cit.*
- ²⁹ LANDIS, D. A.; WRATTEN, S. D. & GURR, G. M. Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. *Annual Review of Entomology*, 45: 175-201, 2000.
- ³⁰ PARRA, J. R. P. *Op. cit.*
- ³¹ MICHAUD, J. P. Classical biological control: a critical review of recent programs against citrus pests in Flórida. *Annals of the Entomological Society of America*, 94: 531-540, 2002.
- ³² FERLA, N. J. & MARCHETTI, M. M. Ácaros em morangueiro e amoreira-preta: levantamento de espécies e flutuação populacional. In: SEMINÁRIO BRASILEIRO SOBRE PEQUENAS FRUTAS. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2004. p. 51-54.
- SATO, M. E.; SILVA, M. Z.; SOUZA FILHO, M. F.; MATTIOLI, A. M. & RAGA, A. Management of *Tetranychus*

de controle biológico no Nordeste brasileiro.²⁶ No Rio Grande do Sul, o parasitoide não foi liberado e estudos estão sendo desenvolvidos com o intuito de se obter subsídios para o entendimento das relações biológicas e ecológicas desta espécie nas condições ambientais e de hospedeiros na região.²⁷ Há indicativos de que, para liberação dos parasitoides, esta deverá ser realizada todos os anos, no início da primavera, quando as condições de temperatura permitem a sobrevivência do parasitoide.

Considerando o grande número de insetos e ácaros fitófagos existentes em pomares cítricos com potencial para se tornarem pragas, o controle biológico natural ou conservativo deve ser priorizado.²⁸ Este consiste na manutenção das espécies de parasitoides, predadores e entomopatógenos já disponíveis, através da manipulação do ambiente.²⁹ Esta manipulação pode ser executada por meio de técnicas culturais, tais como a utilização de produtos seletivos, em épocas e dosagens corretas, a diminuição do uso de agrotóxicos e a preservação de habitats e fontes alimentares para os inimigos naturais.³⁰ Segundo Michaud³¹, o sucesso desta forma de controle em cultivos perenes, como pomares, é obtido pela identificação das espécies e pelo conhecimento das interações existentes no complexo de inimigos naturais endógenos. A conservação de inimigos naturais é uma das práticas mais importantes e facilmente disponíveis de controle biológico para os produtores, especialmente para aqueles que buscam o manejo orgânico.

Morangueiro

Dentre as principais pragas do morangueiro, destacam-se o ácaro-rajado *Tetranychus urticae* Koch (Prostigmata: Tetranychidae), o trips *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae), a broca-dos- frutos *Lobiopa insularis* Castelnau, 1840 (Coleoptera: Nitidulidae) e os pulgões *Chaetosiphon frageae* (Cockerell, 1901) e *Aphis forbesi* Weed. (1889) (Hemiptera: Aphididae).

O ácaro-rajado é talvez a praga mais importante do morangueiro no Brasil.³² Além de cosmopolita, *T. urticae* é polífago e considerado praga de culturas anuais (algodoeiro e soja), hortaliças (tomateiro), frutíferas (pessegueiro) e flores (roseira e crisântemo), tanto em sistemas de produção convencional como protegidos.³³

Em morangueiro, o ataque ocorre geralmente na parte inferior das folhas de onde os ácaros retiram o conteúdo celular para sua alimentação, tornando-as cloróticas. As

- urticae* (Acari: Tetranychidae) in strawberry fields with *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) and acaricides. *Experimental and Applied Acarology*, 42:107-120, 2007.
- ³³ MORAES, G. J. de. Controle biológico de ácaros fitófagos com ácaros predadores. In: PARRA, J. R. P.; BOTELHO, P. S. M.; CORREA-FERREIRA, B. S. & BENTO, J. M. S. (Ed.). *Controle Biológico no Brasil*. Op. cit. p. 225-237.
- POLETTI, M.; KONNO, R. H.; SATO, M. E. & OMOTO, C. Controle biológico aplicado do ácaro rajado em cultivo protegido: viabilidade no emprego dos ácaros predadores. In: PINTO, A. S.; NAVA, D. E.; ROSSI, M. M. & MALERBO-SOUZA, D. T. (Org.). *Controle Biológico de Pragas na Prática*. Piracicaba: FEALQ, 2006. p. 193-203.
- FERLA, N. J. & MARCHETTI, M. M. Op. cit.
- ³⁴ MORAES, G. J. de & FLECHTMANN, C. H. W. *Manual de acarologia: acarologia básica e ácaros de plantas cultivadas no Brasil*. Ribeirão Preto: Holos, 2008. 288 p.
- ³⁵ SILVA, F. R.; VASCONCELOS, G. J. N.; GONDIM, M. G. C. & OLIVEIRA, J. V. Exigências térmicas e tabela de vida de fertilidade de *Phytoseiulus macropilis* (Banks) (Acari: Phytoseiidae). *Neotropical Entomology*, 34:291-296, 2005.
- ESCUADERO, L. A. F. & FERRAGUT, F. Life-history of predatory mites *Neoseiulus californicus* and *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae) on four spider mite species as prey, with special reference to *Tetranychus evansi* (Acari: Tetranychidae). *Biological Control*, 32:378-384, 2005.
- ³⁶ MORAES, G. J. de & FLECHTMANN, C. H. W. Op. cit.
- ³⁷ FERLA, N. J.; MARCHETTI, M. M. & GONÇALVES, D. Ácaros predadores (Acari) perdas podem ser totais, dependendo do ano e da região, caso medidas de controle não sejam adotadas. Por outro lado, fatores como o desenvolvimento da resistência do ácaro fitófago aos principais ingredientes ativos e o surgimento de empresas que comercializam ácaros predadores intensificaram o uso do controle biológico, embora o controle químico ainda seja a principal opção de manejo.
- O controle do ácaro-rajado com os ácaros predadores *Neoseiulus californicus* (McGregor) e *Phytoseiulus macropilis* (Banks) (Mesostigmata: Phytoseiidae) é a principal estratégia utilizada na América do Norte e na Europa, mas incipiente no Brasil. Ambos os predadores são maiores do que o ácaro fitófago e possuem pernas longas e formato ovoide, sendo *N. californicus* de coloração branca e *P. macropilis* de coloração avermelhada. Encontram-se, principalmente, na fase inferior dos folíolos e próximos das nervuras das folhas ou das teias tecidas pelo ácaro-rajado.³⁴ *N. californicus* e *P. macropilis* passam por cinco fases de desenvolvimento (ovo, larva, protoninfa, deutoninfa e adulto), em 7,4 e 6,4 dias, respectivamente, a 25°C.³⁵ A capacidade de predação de *N. californicus* é de aproximadamente 15 a 20 ovos do ácaro-rajado por dia, enquanto *P. macropilis* pode consumir cerca de 40 ovos por dia. Ambos os predadores podem alimentar-se de outras fases de desenvolvimento da presa: *P. macropilis* alimenta-se somente do ácaro-rajado, enquanto *N. californicus* alimenta-se também de pólen, outras espécies de ácaros e insetos (pulgões, trips).³⁶
- No Rio Grande do Sul, *N. californicus* e *P. macropilis* são as principais espécies de fitoseídeos presentes na cultura do morangueiro.³⁷ Naturalmente, esses predadores estão presentes nos plantios, mas a população é pequena e o controle biológico natural não tem grande eficiência. Assim, faz-se necessária a liberação dos ácaros predadores, em épocas adequadas, determinadas por meio do monitoramento do ácaro-rajado. O monitoramento deve ser realizado duas vezes por semana, mediante contagem dos ácaros fitófagos e predadores nos folíolos. A quantidade de pontos a serem avaliados varia conforme o tamanho da área, mas sugere-se monitorar um ponto a cada 10 metros de canteiro. A liberação de ácaros predadores deve ser realizada quando forem observados de um a cinco ácaros por folíolo, em pelo menos 25% das folhas amostradas³⁸, recomendando-se a liberação conjunta de *N. californicus* e *P. macropilis*, já que a primeira espécie possui comportamento especialista e a segunda generalista³⁹.

associados à cultura do morango (*Fragaria* sp., Rosaceae) e plantas próximas no Estado do Rio Grande do Sul. *Biota Neotropica* (Edição Portuguesa), v. 7, bn. 01807022007, 2007.

³⁸ BERNARDI, D.; BOTTON, M.; GARCIA, M. S.; CUNHA, U. S. & NAVA, D. E. *Bioecologia, monitoramento e controle de Chaetosiphon fragaefolli* (Cockerell, 1901) (Hemiptera: Aphididae) na cultura do morangueiro. Bento Gonçalves (RS): Embrapa Uva e Vinho, 2011. 8 p. (Circular Técnica, 84)

³⁹ McMUTRY, J. A. & CROFT, B. A. Life-styles of Phytoseiidae mites and their holes in biological control. *Annual Review of Entomology*, 42: 291-321, 1997.

⁴⁰ BERNARDI, D.; BOTTON, M.; CUNHA, U. S.; NAVA, D. E. & GARCIA, M. S. *Bioecologia, monitoramento e controle do ácaro-rajado com o emprego da azadiractina e ácaros predadores na cultura do morangueiro*. Bento Gonçalves (RS): Embrapa Uva e Vinho, 2010. 16 p. (Circular Técnica, 83 - Série Embrapa)

⁴¹ CHAVES, C. C.; NONDILLO, A.; BERNARDI, D. & BOTTON, M. Avaliação de *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthocoridae) para o controle de *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) na cultura do morangueiro. In: 19º ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA; 12º ENCONTRO DE PÓS-GRADUAÇÃO; 2ª MOSTRA CIENTÍFICA, 2010, Pelotas.

⁴² BERNARDI, D.; BOTTON, M.; GARCIA, M. S.; CUNHA, U. S. & NAVA, D. E. *Op. cit.*

⁴³ IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA). 2012. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?z=tec=1613>. Acesso em: 20 fev. 2012.

Estudos realizados por Bernardi *et al.*⁴⁰ demonstraram que, quando a liberação dos ácaros predadores foi realizada com baixa infestação do ácaro-rajado nos focos, houve uma redução de 90%, uma semana após a liberação. Além disso, os autores recomendam que, quando a infestação for maior do que seis ácaros-rajados por folíolo, a aplicação de produtos à base de azadiractina 1,2% pode ser realizada antes da liberação do predador, ou podem-se fazer aplicações sequenciais de azadiractina após a liberação dos predadores, em intervalos de 7 dias.

Assim, o controle biológico aplicado do ácaro-rajado com fitoseídeos é uma opção eficaz e que pode ser utilizada segundo as estratégias do MIP. Para cultivos orgânicos, essa é a tecnologia mais recomendada.

No caso das outras pragas, alguns estudos de potencial de controle foram realizados com o predador *Orius insidiosus* (Say, 1832) (Hemiptera: Anthocoridae) para o controle de *F. occidentalis*. Resultados promissores foram obtidos com a liberação de 4 predadores/m² a cada quinze dias no início da infestação.⁴¹ Em situações de elevada infestação (> 3 tripes por flor), as liberações devem ser semanais.

Para os pulgões *Chaetosiphon fragaefolli* (Cockerell, 1901) e *Aphis forbesi* Weed, (1889) (Hemiptera: Aphididae), o controle biológico é exercido por microhimenópteros (Aphidiidae) e predadores (joaninhas, crisopídeos e larvas de moscas da família Sirphidae).⁴²

Frutas de caroço (pessegueiro e nectarineira)

A região Sul do Brasil é a maior produtora de pêssegos do país, com cerca de 161 mil toneladas (\pm 70% da produção), tanto para o consumo *in natura* quanto para a industrialização, sendo que o Rio Grande do Sul representa cerca de 60% da produção nacional.⁴³ Para nectarinas, a região Sul também produz a maior quantidade do Brasil. Mas, como a produção brasileira é pequena, mais de 50% do que se consome é importado.⁴⁴

As principais pragas do pessegueiro são a mosca-das-frutas sul-americana *A. fraterculus* e a mariposa-oriental *Grapholita molesta* (Busck) (Lepidoptera: Tortricidae), cujo controle é realizado basicamente com o uso de inseticidas organofosforados e piretroides. Para a nectarineira, além destas pragas destaca-se também o grupo das cigarrinhas (Hemiptera), potenciais da bactéria *Xylella fastidiosa* Wells 1987.

⁴⁴ MADAIL, João Carlos Me-deiros. *Informação pessoal*.

⁴⁵ BERTI FILHO, E. *Controle biológico de insetos*. Piracicaba: CPG-Esalq/USP, 2001. 80 p.

⁴⁶ CARVALHO, R. P. L. Manejo integrado de pragas de pessegueiro. In: CROCCOMO, W. B. (Ed.). *Manejo integrado de pragas*. São Paulo: UNESP, 1990. p. 325-358.

⁴⁷ SALLES, L. A. B. *A cochonilha-branca do pessegueiro, Pseudaulacaspis pentagona (Homoptera: Diaspididae)*. Pelotas (RS): Embrapa-CN PFT, 1990. (Circular Técnica, 14).

⁴⁸ SALLES, L. A. *Op. cit.*

⁴⁹ SALLES, L. A. *Op. cit.*
NUNES, A. M.; MULLER, F. A.; GONCALVES, R. S.; GARCIA, M. S.; COSTA, V. A. & NAVA, D. E. Moscas frugívoras e seus parasitoides nos municípios de Pelotas e Capão do Leão, Rio Grande do Sul, Brasil. *Ciência Rural*, 42:6-12, 2012.

⁵⁰ NUNES, A. M.; NAVA, D. E.; MULLER, F. A.; GONÇALVES, R. S. & GARCIA, M. S. Biology of *Doryctobracon areolatus* and parasitism on *Anastrepha fraterculus* larvae, in the laboratory. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 46: 679-671, 2011.

⁵¹ SALLES, L. A. *Op. cit.*

A cultura do pessegueiro apresenta um marco no controle biológico clássico, pois em 1921 *Prospaltela berlesei* How. (Hymenoptera: Aphelinidae), parasitoide da cochonilha-branca *Pseudaulacaspis pentagona* (Targioni-Tozzetti) (Hemiptera: Diaspididae), foi o primeiro inimigo natural importado para o controle de uma praga no Brasil.⁴⁵ Atualmente, *P. pentagona* não é mais considerada praga-chave da cultura, visto que a diminuição na utilização de inseticidas do grupo dos piretroides favoreceu a conservação e a multiplicação dos parasitoides desta praga. Além de *P. berlesei*, que representa 50% dos parasitoides presentes nos pomares de pêsego, *Azotus platensis* e *Signiphora aspidiotti* (Hymenoptera: Aphelinidae) constituem 35 e 15% do total, respectivamente.⁴⁶ Para a preservação e aumento desses e outros inimigos naturais de *P. pentagona*, recomenda-se que, no momento da poda, os ramos infestados sejam colocados entre as linhas no pomar. Dessa forma, parasitoides que estão nos estágios imaturos das cochonilhas eliminadas com os ramos poderão emergir e parasitar novos indivíduos, reduzindo a infestação nos pomares. Outra técnica importante que visa incrementar o nível de parasitismo consiste em colocar ramos infestados pela cochonilha, provenientes de locais com presença de parasitoides, em pomares com altas populações de *P. pentagona*.⁴⁷

No caso da mosca-das-frutas sul-americana, até o momento, não foram desenvolvidos programas de controle biológico aplicado no Sul do Brasil. No entanto, existe ali grande potencial para sua implementação, já que *A. fraterculus* é frequentemente parasitada por espécies nativas de braconídeos, figitídeos e pteromalídeos.⁴⁸ Na região de Pelotas, destacam-se *D. areolatus*, *A. pelleranoi* e *P. vindemmiae*, sendo que os maiores índices de parasitismo (30%) ocorrem em frutos silvestres de araçazeiro (*Psidium cattleianum* Sabine, 1821), pitangueira (*Eugenia uniflora* Linnaeus, 1753) e cerejeira-do-mato (*Eugenia involucrata* DC., 1828).⁴⁹ Dentre esses parasitoides, *D. areolatus* apresenta grande facilidade de parasitismo em condições naturais e de laboratório, variando de 41,6 a 68,6%.⁵⁰ Em pomares comerciais de pessegueiro, com aplicação de inseticidas, o parasitismo de *A. fraterculus* foi de apenas 1,1%.⁵¹

Estratégias para o emprego do controle biológico no manejo integrado de *A. fraterculus* devem ser direcionadas à manutenção dos inimigos naturais nos pomares comerciais, principalmente através do uso de agrotóxicos seletivos e/ou a realização de liberações em frutíferas silvestres. Também, em situações onde a mosca-das-frutas ocorre em

pequenas populações, e desde que haja mão-de-obra disponível, pode-se realizar a catação de frutos infestados e a colocação dos mesmos sob tela de malha de 1mm que evite a saída da mosca-das-frutas, permitindo a liberação dos parasitoides. Para tanto, recomenda-se depositar os frutos infestados em um terreno que apresente declividade, para que não ocorra encharcamento e morte dos parasitoides. A camada de frutos também não deve passar de 20cm. Sobre essa camada, recomenda-se colocar a tela enquanto as laterais devem ser cobertas com solo para evitar a fuga das larvas. Com tal procedimento, somente os adultos dos parasitoides sairão pela malha.

No caso de *G. molesta*, a preservação de inimigos naturais nos pomares de pessegueiro representa importante estratégia, para a qual devem ser utilizados inseticidas seletivos.⁵² Dentre os inimigos naturais destacam-se o parasitoide larval *Macrocentrus ancylivorus* (Hymenoptera: Braconidae), introduzido no Brasil em 1944 e que continua sendo frequentemente encontrado, com índices de parasitismo superiores a 80%, nos meses de abril a maio, momento em que os danos da mariposa-oriental já foram causados.⁵³ Assim, estudos visando a criação desse parasitoide em laboratório e a sua liberação em campo, quando a população da praga está baixa, merecem maior investigação. Além deste, o parasitoide de ovos *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) ocorre naturalmente nos pomares⁵⁴ e deve ser preservado. Estudos de laboratório indicam linhagens de *T. pretiosum* promissoras para testes em condições de campo.⁵⁵

Macieira

Na região Sul do Brasil está concentrada a maior produção de maçãs do país, com cerca de 1.274 toneladas (\pm 99% da produção nacional); os estados de Santa Catarina, Rio Grande do Sul e Paraná são responsáveis por 53,1%, 42,0% e 4,43% da produção de maçãs brasileiras, respectivamente.⁵⁶

A macieira é atacada por várias pragas, dentre as quais a mosca-das-frutas sul-americana, a mariposa-oriental, a lagarta-enroladeira [*Bonagota salubricola* Meirick, 1937 (Lepidoptera: Tortricidae)] e o ácaro-vermelho [*Panonychus ulmi* (Koch) (Prostigmata: Tetranychidae)] são as principais. O manejo destas pragas tem sido realizado principalmente com o uso de inseticidas, embora feromônios sexuais para *G. molesta* e *B. salubricola* sejam empregados em cerca de 30% da área de produção de maçã.

⁵² GIOLO, F. P. *Seletividade de agrotóxicos utilizados na cultura do pessegueiro a Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) e *Chrysoperla carnea* (Stephens, 1836) (Neuroptera: Chrysopidae). Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 2007. 222 p. (Tese de Doutorado).

⁵³ NAVA, Dori Edson. Dados não publicados.

⁵⁴ AFONSO, A. P. *Controle da Grapholita molesta* (Busck, 1916) (Lepidoptera: Tortricidae) no sistema de produção integrada de pêssegos. Dissertação de Mestrado. Pelotas-RS: Universidade Federal de Pelotas, 2001. 75 p.

MELO, D. F. *Coleta, identificação e seleção de Trichogramma spp.* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) visando ao manejo de *Grapholita molesta* (Busck, 1916) (Lepidoptera: Tortricidae). Dissertação de Mestrado. Alegre-ES. Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2010. 70 p.

DELLA GIUSTINA, P. G.; LEOLATO, L. S. & SANTOS, R. S. Diagnóstico da ocorrência de *Trichogramma* sp. (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em ovos de *Grapholita molesta*. *Jornal da Fruta*, p. 11, 2011.

⁵⁵ RODRIGUES, M. L.; GARCIA, M. S.; NAVA, D. E.; BOTTON, M.; PARRA, J. R. P. & GUERRERO, F. C. Selection of *Trichogramma pretiosum* lineages for control of *Grapholita molesta* in peach. *The Florida Entomologist*, 94:398-403, 2011.

⁵⁶ IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Op. cit.*

A cultura da macieira é conhecida pela existência de um programa de controle biológico utilizando ácaros predadores para o controle de *P. ulmi*. Na década de 1990, o ácaro-vermelho era considerado uma das pragas mais importantes da cultura e chegava-se a realizar de quatro a cinco aplicações de acaricidas.⁵⁷ A partir dessa década deu-se início a estudos para a implementação da produção integrada da maçã. Como o controle de *P. ulmi* representava para a cultura um alto custo de produção e riscos aos consumidores, devido à presença de resíduos nos frutos, foi adotado, em 1993, um programa de controle biológico clássico, com a introdução dos ácaros-predadores *N. californicus* e *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot (Mesostigmata: Phytoseiidae). Sua importação foi solicitada pela Agropastoril Rincão das Flores (Agriflor), situada em Vacaria, Rio Grande do Sul, e sua introdução, feita pelo Laboratório de Quarentena “Costa Lima”, situado na Embrapa Meio Ambiente em Jaguariúna, São Paulo.⁵⁸ Após a realização dos primeiros trabalhos de biologia e técnicas de criação no laboratório de Quarentena “Costa Lima”, o ácaro-predador foi multiplicado em unidades de produção por empresas produtoras de maçã do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina.⁵⁹ O impacto dessa tecnologia reduziu em 95% o uso de acaricidas em pomares de macieira.

A produção em laboratório de *N. californicus* continua a ser feita por algumas empresas de Santa Catarina. No Grupo Fischer, em Fraiburgo, já foram liberados ácaros predadores em aproximadamente 2.200ha de pomares. Atualmente, a liberação é realizada em áreas com alta infestação de *P. ulmi*, o que corresponde a aproximadamente 15% da área cultivada por ano.⁶⁰ No Rio Grande do Sul, como houve um bom estabelecimento de *N. californicus* nos pomares e *P. ulmi* deixou de ser problema, as empresas deixaram de produzir o predador em laboratório.⁶¹

Para as demais pragas, não há programas de controle biológico estabelecidos, mas, conforme comentado na cultura do pessegueiro, estão sendo desenvolvidos estudos de biologia e de técnicas de criação para os principais parasitoides da mosca-das-frutas sul-americana⁶², que é considerada também a principal praga da macieira. Para *G. molesta*, que atualmente é uma das principais pragas da cultura, os estudos realizados em pessegueiro com o parasitoide de ovos *T. pretiosum* e com o parasitoide de lagartas *M. ancylivorus* poderão ser adaptados para a macieira, cultura que apresenta índices de parasitismos baixos.⁶³

⁵⁷ MONTEIRO, L. B. Controle biológico aumentativo de ácaros fitófagos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ACAROLOGIA (SIBAC), I, 2006, Viçosa. *Anais...* Viçosa, 2006. p. 125-128.

⁵⁸ SÁ, L. A. N.; NARDO, E. A. B. & TAMBASCO, F. J. Quarentena de agentes de controle biológico. In: PARRA, J. R. P.; BOTELHO, P. S.; CORRÊA-FERREIRA, B. S. & BENTO, J. M. S. *Controle biológico no Brasil*. Op. cit. p. 43-65.

⁵⁹ MONTEIRO, L. B. Criação de ácaros fitófagos e predadores: um caso de produção de *Neoseiulus californicus* por produtores de maçã. In: PARRA, J. R. P.; BOTELHO, P. S.; CORRÊA-FERREIRA, B. S. & BENTO, J. M. S. *Controle biológico no Brasil*. Op. cit. p. 351-365.

⁶⁰ BONGIOLO NETO, Albino. *Comunicação pessoal*.

⁶¹ BORTOLUZ, Leandro. *Comunicação pessoal*.

⁶² BOTTON, M.; NAKANO, O. & KOVALESKI, A. Parasitoides associados à lagarta enroladeira *Bonagota cranaodes* na cultura da macieira. *Ciência Rural*, 32:341-343, 2002.

NUNES, A. M.; NAVA, D. E.; MULLER, F. A.; GONÇALVES, R. S. & GARCIA, M. S. Op. cit.

⁶³ BOTTON, Marcos. *Comunicação pessoal*.

No caso de *B. salubricloa*, o conhecimento adquirido até o momento se refere à constatação da presença de parasitoides [*Itoplectis brasiliensis*, *Apanteles* sp., e *Earinus* sp. (Hymenoptera: Braconidae)] que podem apresentar uma eficiência de controle de até 50% para a primeira espécie e de 20% para as demais.⁶⁴

⁶⁴ BOTTON, M.; NAKANO, O. & KOVALESKI, A. *Op. cit.*

Videira

A produção de uvas no Brasil é de cerca de 1.351 toneladas, das quais 862,32 são produzidas no Rio Grande do Sul. Os estados de Santa Catarina e Paraná produzem 66,03 e 103,39 toneladas, respectivamente.⁶⁵

⁶⁵ IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Op. cit.*

A cultura da videira, de maneira geral, tem sido pouco danificada por insetos e ácaros fitófagos, resultando num número reduzido de aplicações de inseticidas e acaricidas.

A preservação dos inimigos naturais presentes no cultivo e o emprego de variedades resistentes, com destaque para as de origem americana, têm sido a principal estratégia utilizada para incrementar o controle biológico na cultura. Dentre as principais estratégias empregadas para o aumento da população de inimigos naturais, encontram-se o emprego de plantas de cobertura⁶⁶, o uso de inseticidas seletivos com destaque para os lagartídeos e a aplicação de inseticidas via solo direcionada aos focos de infestação.

⁶⁶ FADINI, M. A. M.; REGINA, M. A.; FRÁGUAS, J. C. & LOUZADA, J. N. C. Efeito da cobertura vegetal do solo sobre a abundância e diversidade de inimigos naturais de pragas em vinhedos. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 23:573-576, 2001.

De maneira geral, os ácaros fitófagos como *P. ulmi*, *T. urticae* e *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) (Acari: Tarsonemidae) e as cochonilhas da parte aérea como *Hemiberlesia lataneae*, *Partenolecanium persicae* e *Planococcus citri* (Hemiptera: Pseudococcidae) têm sido mantidos em níveis reduzidos nos vinhedos, principalmente pela ação de parasitoides e predadores.

No caso dos ácaros fitófagos, é possível incrementar o controle biológico natural liberando ácaros predadores, especialmente quando a videira é produzida sob cultivo protegido. Neste caso, o uso de *Orius* sp. para o controle de trips também é uma alternativa disponível para os viticultores. No entanto, a maioria das ações de controle biológico nessa cultura ainda é realizada por iniciativas isoladas, sem programas de pesquisa e transferência de tecnologias definidos. A maior parte dos trabalhos conduzidos até o momento tem como foco a identificação dos agentes de controle presentes nos vinhedos, sem uma estratégia consolidada de multiplicação e liberação nas áreas comerciais. No entanto, esta é uma das maiores demandas dos produtores, principalmente pelo consumo da produção estar associado à saúde, o que demanda a isenção de resíduos de agrotóxicos nas frutas.

Pequenas frutas

A designação “pequenas frutas” é utilizada para referenciar algumas espécies exóticas com tamanho de frutos pequeno e geralmente de cores vermelha, roxa ou com tonalidades próximas dessas. Como exemplos, podem ser citados o mirtilheiro, a amoreira-preta, a framboeseira, o physalis e o morangueiro. Na definição da língua inglesa, são conhecidas como *berries*.

A produção brasileira de pequenas frutas se concentra na região de clima temperado. No Rio Grande do Sul, o mirtilo é produzido por 45 produtores rurais em área de 65ha, com produção de 150 toneladas; a framboesa tem 2 produtores em área de 8ha e produção de 45 toneladas; e a amora-preta é cultivada por 149 produtores em área de 145ha, com produção de 300 toneladas.⁶⁷ O cultivo dessas frutas localiza-se sobretudo nas regiões de Vacaria, Serra Gaúcha e Pelotas. Nos demais estados também se pode encontrar produção, entretanto, por serem culturas que ocupam áreas pouco representativas, torna-se difícil a obtenção de dados oficiais.

A produção de pequenas frutas é realizada na grande maioria das vezes em pequenas propriedades de base familiar e praticamente sem a utilização de agrotóxicos. Por serem culturas recentemente introduzidas no Brasil, vários estudos estão sendo desenvolvidos, com o intuito de se conhecer os mais diversos aspectos de sua produção. Dentre esses, o levantamento da ocorrência de insetos (pragas e inimigos naturais) em pequenas frutas se encontra em andamento em pomares localizados na região de Pelotas, Rio Grande do Sul. Dados preliminares indicam que em mirtilheiro a principal praga é a abelha nativa *Trigona spinipes* (Fabricius) (Hymenoptera: Apidae), que danifica as flores e interfere na polinização e formação de frutos.⁶⁸ Também há registros de *Tolype innocens* (Burmeister) (Lepidoptera: Lasiocampidae), cujas lagartas se alimentam de folhas e sua presença pode prejudicar os operários durante a colheita, devido aos seus pêlos urticantes.⁶⁹

Para amoreira-preta, dentre as principais pragas podem ser mencionadas a broca-da-amora *Eulechriops rubi* Hespenseide, 2005 (Coleoptera: Curculionidae) e a mosca-das-frutas sul-americana.⁷⁰

As informações disponíveis sobre insetos em pequenas frutas são escassas; mais ainda em se tratando de inimigos naturais (predadores e parasitoides) que podem contribuir para o controle de suas pragas.

⁶⁷ SILVA, P. R. Mercado e comercialização de amora, mirtilo e framboesa. Disponível em: <http://www.todafruta.com.br/1cNoticiaAberta.asp?idNoticia=17699>. Acesso em 10/02/2012.

⁶⁸ SILVEIRA, T. M. T.; RASEIRA, M. C. B.; NAVA, D. E. & COUTO, M. Blueberry pollination in southern Brazil and their influence on fruit quality. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 33:81-88, 2011.

⁶⁹ LOUZADA, R. S.; MULLER, F. A.; GONCALVES, R. S. & NAVA, D. E. Occurrence and biology of *Tolype innocens* (Burmeister) on blueberry. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 33:161-165, 2011.

⁷⁰ NAVA, D. E.; BOTTON, M.; MULLER, C.; PAGOT, E. & MELLO, M. Inseto-praga e seu controle. In: ANTUNES, L. E. C. & RASEIRA, M. C. B. R. (Ed.). *Cultivo de amoreira-preta (Rubus spp.)*. Pelotas (RS): Embrapa Clima Temperado, 2007. p. 79-94. (Sistemas de Produção, 12).

Considerações finais

Dori Edson Nava é engenheiro agrônomo, doutor em Entomologia e pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.
nava.dori@cpact.embrapa.br

Simone Mundstock Jahnke é bióloga, doutora em Entomologia e professora do Departamento de Fitossanidade, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS.
mundstock.jahnke@ufrgs.br

Marcos Botton é engenheiro agrônomo, doutor em Entomologia e pesquisador da Embrapa Uva e Vinho, Bento Gonçalves, RS.
marcos@cnpuv.embrapa.br

Uemerson da Silva Cunha é engenheiro agrônomo, doutor em Entomologia e professor do Departamento de Fitossanidade, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, RS.
uscunha@yahoo.com.br

Gabriela Inés Diez-Rodríguez é engenheira agrônoma, doutora em Entomologia e bolsista PNPd Capes/FINEP, Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.
gidiez@gmail.com

Luis Eduardo Corrêa Antunes é engenheiro agrônomo, doutor em Fitotecnia e pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.
luis.eduardo@cpact.embrapa.br

O controle biológico em frutíferas de clima temperado no sul do Brasil é uma alternativa para o manejo de pragas. Os programas de controle biológico desenvolvidos até agora demonstram que se trata de uma alternativa viável, desde que seja uma estratégia de controle inserida no manejo integrado de pragas.

Para o desenvolvimento de programas de controle biológico, deve-se levar em conta a importância da praga, a disponibilidade de inimigos naturais e o conhecimento do potencial de biocontrole dos agentes escolhidos. Para isso, estudos de bioecologia e técnicas de criação são essenciais, seguidos de técnicas de liberação e avaliação da efetividade do agente de biocontrole. O estabelecimento de um programa de controle biológico aplicado, requer um prazo médio de dez anos. Além do tempo de implementação, deve-se ressaltar também a necessidade de recursos, que em muitos casos chega à cifra de alguns milhões.

Por outro lado, sabe-se da importância do controle biológico natural, que deve ser estimulado, principalmente nas culturas em que há poucos ou nenhum agrotóxico registrado, como as mencionadas neste trabalho (pessegueiro, pequenas frutas etc.).

Mesmo em outras culturas para as quais há um bom suporte fitossanitário, observa-se a tendência de que os agrotóxicos do grupo dos organofosforados sejam retirados do mercado. Além disso, os consumidores buscam produtos mais seguros, produzidos em sistemas orgânicos e agroecológicos. Assim, para os próximos anos, prevê-se que o uso de agrotóxicos seja cada vez mais restrito, seja por motivos de disponibilidade de moléculas menos tóxicas, seja por questões ideológicas e de comportamento. Nesse caso, métodos de controle biológicos serão fundamentais para atender à demanda de uma produção agrícola sustentável.

CONTROLE BIOLÓGICO DE PRAGAS EM CULTIVOS PROTEGIDOS

Vanda Helena Paes Bueno
Joop C. van Lenteren

Sistemas de cultivos protegidos são únicos e dotados de características próprias, na medida em que criam ambientes capazes de determinar a natureza da infestação da praga e, ao mesmo tempo, de moldar o papel dos agentes de controle biológico. Áreas com esse tipo de sistema de produção crescem ao redor do mundo, bem como os problemas com pragas, que são favorecidas pelo novo ambiente criado. Ácaros, cochonilhas, *fungus gnats*, lepidópteros, moscas brancas, moscas minadoras, pulgões e tripes são os principais grupos responsáveis pelos danos. Nesse contexto, o controle biológico tem demonstrado eficiência, sendo usado em larga escala, principalmente na Europa, tanto em hortaliças como em plantas ornamentais. No Brasil, as casas de vegetação já ocupam cerca de 30.000ha, expansão que vem sendo acompanhada por programas de controle biológico, notadamente em cultivos de morangos e de ornamentais. Vários informes recentes demonstram que, mesmo quando os custos do método biológico são superiores aos do método químico, a maior efetividade no controle de pragas, a produção e a qualidade dos produtos revertem em maiores retornos econômicos para os produtores.

O ambiente protegido, oferecido pelas casas de vegetação, é em nossos dias extensivamente usado por muitos agricultores ao redor do mundo. Nos últimos 24 anos a superfície com casas de vegetação tem crescido mais do que 100%, com um aumento de 4,4% ao ano. Novas áreas, principalmente na Ásia, no Mediterrâneo e na América Latina, mostraram um forte crescimento em áreas com cultivos protegidos, estimulados por cultivos de alto valor.¹ Lenteren² estima que a produção em casas de vegetação (hortaliças, ornamentais, mudas) atinge mais de 2.400.000 hectares ao redor do mundo, com aproximadamente 45.000 hectares em casas de vegetação com cobertura de vidro. A província de Almeria, na Espanha, tem aproximadamente 27.000ha de horticultura protegida, provavelmente representando a área mais densamente concentrada de casas de vegetação no mundo.³ No contexto de agricultura, Pilkington *et al.*⁴ reportam que as casas de vegetação capacitam os agricultores a compensar os efeitos negativos das variações climáticas, tais como a intensidade luminosa, disponibilidade de temperatura e água⁵, aumentando a proximidade do agricultor com o mercado e, a um certo grau, excluindo as pragas. No Brasil, a estimativa é de aproximadamente 30.000ha com cultivos protegidos.

Sistemas de produção em casas de vegetação apresentam características ecológicas próprias e peculiares que os tornam completamente diferentes de outros ecossistemas naturais ou manejados. Em casas de vegetação, cria-se um ambiente específico que não somente determina a natureza da infestação de uma praga, como também molda o papel dos agentes de controle biológico como os insetos parasitoides e predadores, ácaros predadores e os agentes entomopatogênicos, os quais poderão ser usados em programas de controle da praga. Nestes sistemas, as teias alimentares são totalmente artificiais e complexas, sendo basicamente o próprio agricultor quem cria e determina a natureza das mesmas em seus cultivos. Também as interações tri-tróficas são instáveis, de modo que os sistemas de produção em casas de vegetação raramente, ou nunca, chegam a um equilíbrio dinâmico. Entretanto, são sistemas que permitem uma produção limpa e eficiente, tanto de hortaliças como de ornamentais, ou de mudas de eucaliptos, fumo e citros.

Tais sistemas foram criados para fornecer abrigo e proteção às plantas, entretanto, também tem propiciado a multiplicação de insetos, sendo que a amplitude das espécies de pragas tem aumentado e, conseqüentemente a ocupação quanto ao controle de suas populações. Em casas

- ¹ BUENO, V. H. P. IPM and biological control of protected cropping in some developing greenhouse regions. *IOBC/WPRS Bulletin*, 28:23-26, 2005.
BUENO, V. H. P. Implementation of biological control in greenhouses in Latin America: how far are we? *In: HODDLE, M. S. (Ed.). International Symposium on Biological Control*, September 12-16, 2005. p. 531-537. FHTET-2005-08, USDA, v. II, 734 p., 2005.
- ² LENTEREN, J. C. van. The area under biological control and IPM in greenhouse is much larger than we thought. *Sting*, 29:7, 2006.
- ³ BLOM, J. van der; ROBLEDÓ, A.; TORRES, S. SANCHEZ, J. A. & CONTRERAS, M. Control biológico de plagas en Almeria: revolución verde después de dos décadas. *Phytoma*, 198:42-48, 2008.
BLOM, J. van der; ROBLEDÓ, A.; TORRES, S. & SANCHEZ, J. A. Consequences of the wide scale implementation of biological control in greenhouse horticulture in Almeria, Spain. *IOBC/WPRS Bulletin*, 49:9-13, 2009.
- ⁴ PILKINGTON, L. J.; MESSELINK, G.; LENTEREN, J. C. van & Le MOTTEE, K. Protected biological control – Biological pests management in the greenhouse industry. *Biological Control*, 52:216-220, 2010.
- ⁵ MANRIQUE, L. A. Greenhouse crops: A review. *Journal of Plant Nutrition*, 16:2.411-2.477, 1993.

de vegetação, as condições climáticas são constantes, produzindo um ambiente favorável para a sua sobrevivência e reprodução. Também as pragas são favorecidas pela presença contínua de plantas, ou seja, pela sequência dos diferentes estágios e/ou fenologia dos cultivos. Isto determina a necessidade de programas rotineiros de pulverizações, o que leva à ausência de inimigos naturais no interior das casas de vegetação e também à seleção de insetos/ácaros portadores de resistência aos produtos químicos utilizados. Os pulgões, moscas brancas, tripes, moscas minadoras, ácaros, estão entre essas pragas que, além do alto potencial biótico (grande capacidade reprodutiva), tem adquirido resistência a muitos produtos fitossanitários aplicados contra elas. Assim, a busca por novos modelos de manejo e/ou estratégias de controle é fundamental para a sustentabilidade e sucesso da atividade.

O controle biológico de pragas é atualmente uma realidade bastante promissora e desejável em sistemas de cultivos protegidos. De acordo com Lenteren⁶, o controle biológico é aplicado em casas de vegetação por várias razões: 1) não existe efeito fitotóxico em plantas, principalmente nas plantas jovens; 2) a liberação de inimigos naturais leva menos tempo para ser feita e é mais prazerosa de se realizar do que as pulverizações com produtos fitossanitários; 3) a liberação dos inimigos naturais pode ser feita no início da estação de cultivos, com disponibilidade de tempo e com controle por mais tempo, enquanto que com o controle químico há a necessidade de contínuo cheque do cultivo; 4) nenhum período de espera é necessário após a liberação do inimigo natural, sendo possível colheita contínua; 5) o controle químico é impossível para algumas pragas, como mosca branca, tripes e mosca minadora; 6) são reduzidos os novos produtos químicos disponíveis para cultivos em casas de vegetação; 7) controle biológico é permanente, uma vez um bom inimigo natural, sempre será um bom inimigo natural; 8) o controle biológico é apreciado pelo público, alcança melhor preço para o produto e incentiva a exportação.

O controle biológico é usado em larga escala em todos os principais cultivos de hortaliças; sua ação se estende em 5% de toda a área com casas de vegetação ao redor do mundo e existe potencial para aumento deste uso em cerca de 20% desta área nos próximos 10 anos.⁷ Também tem sido demonstrado que o uso de agentes de controle biológico em cultivos em casas de vegetação constitui uma alternativa viável em substituição ao uso de pesticidas, tanto da perspectiva ambiental como econômica.

⁶ LENTEREN, J. C. van. Biological control for insects pests in greenhouses: an unexpected success. In: VINCENT, C.; GOETTEL, M. S. & LAZAROVITS, G. (Eds.). *Biological control: a Global Perspective*. CAB International, 2007. p. 105-111.

LENTEREN, J. C. van. The state of commercial augmentative biological control: plenty of natural enemies, but a frustrating lack of uptake. *BioControl*, DOI 10.1007/s10526-011-9395-1, 2011.

⁷ LENTEREN, J. C. van. Measures of success in biological control of arthropods by augmentation of natural enemies. In: GURR, G. & WRATTEN, S. (Eds.). *Measures of Success in Biological Control*. Dordrecht: Kluwer Academy Publishers, 2000. p. 77-103.

LENTEREN, J. C. van. IPM in greenhouse vegetables and ornamentals. In: RADCLIFFE, E. B.; HUTCHISON, W. D. & CANCELADO, R. E. (Eds.). *Integrated Pest Management*. Cambridge: Cambridge University Press, 2009. p. 354-365.

LENTEREN, J. C. van. The state of commercial augmentative... *Op. cit.*

Tipos de controle biológico

O controle biológico em casa de vegetação pode envolver o controle natural, a conservação e o controle aumentativo.

Controle Biológico Natural

Consiste na redução de organismos-praga por seus inimigos naturais, sem a interferência do homem. Waage & Greathead⁸ demonstram que, em termos econômicos, a maior contribuição do controle biológico para a agricultura não é oriunda da ação humana, mas sim do controle natural. Um bom exemplo deste fenômeno é reportado por Lenteren⁹, e diz respeito à redução de moscas minadoras em casas de vegetação na Holanda. Parasitoides que se desenvolvem em moscas minadoras presentes em plantas invasoras voam para o interior das casas de vegetação na primavera e efetivamente reduzem a população de mosca minadora. Estudos conduzidos por Carvalho *et al.*¹⁰ também revelaram que, em área produtora de alface americana no Brasil, as moscas minadoras ocorrem em maiores números durante o verão comparados aos da primavera, e que taxas de parasitismo, principalmente por parasitoides do gênero *Opius*, foram mais altas na primavera do que no verão. Isto demonstra que existem possibilidades da ocorrência do controle biológico natural em sistemas de cultivos protegidos.

Controle Biológico Conservativo

Este tipo de controle biológico baseia-se em ações que protegem e estimulam o desempenho de inimigos naturais que ocorrem naturalmente. Estas ações envolvem modificação e/ou manipulação do ambiente para favorecer a sobrevivência e o desempenho do inimigo natural, ou seja, trata-se de manter reservas como fontes de habitat e de diversificação da vegetação na área cultivada. Tal providência irá promover a disponibilização e abundância de alimento alternativo, hospedeiro e/ou presa alternativa, fornecer áreas de refúgio e de microclima para condições adversas. Assim, existem muitas oportunidades para o manejo e a manipulação do ambiente, mesmo em casas de vegetação.¹¹

Na conservação, o manejo adequado dos arredores das casas de vegetação pode estimular a migração de muitos parasitoides e predadores para as estruturas protegidas, proporcionando, muitas vezes, o controle de pragas. A manutenção de refúgios e/ou de presa/hospedeiros alternativos no interior das casas de vegetação pode ser importante

⁸ WAAGE, J. K. & GREATHEAD, D. J. Biological control: challenges and opportunities. *Phil. Trans. R. Soc. London Ser. B*, 318:111-128. 1988.

⁹ LENTEREN, J. C. van. *Ecology: cool science, but does it help? The Netherlands*: Wageningen University, 2010. 44 p.

¹⁰ CARVALHO, A. R.; BUENO, V. H. P.; SILVA, D. B.; PETRAZZINI, L. L. & YURI, J. Population fluctuation of leafminers and their parasitoids in a commercial American lettuce crop in Brazil. *IOBC/WPRS Bulletin*, 49:247-252, 2009.

¹¹ LENTEREN, J. C. van. IPM in greenhouse vegetables and ornamentals. *Op. cit.*

¹² URBANEJA, A. & JACAS, J. Tipos de controle biológico y métodos para sua implementación. In: JACAS, J. A. & URBANEJA, A. (Eds.). *Control Biológico de Plagas Agrícolas*. Valencia, Espanha: Phytoma, 2008. p. 15-24.

¹³ BUENO, V. H. P.; SILVA, A. R.; CARVALHO, L. M. & MOURA, N. Control of thrips with *Orius insidiosus* in greenhouse cut roses: use of a banker plant improves the performance of the predator. *IOBC/WPRS Bull.*, 49:183-187, 2009.
BENNISON, J.; POPE, T. & MAULDEN, K. The potential use of flowering alyssum a “banker” plant to support the establishment of *Orius laevigatus* in everbearer strawberry for improved biological control of western flower thrips. *IOBC/WPRS Bulletin*, 68:15-18, 2011.

¹⁴ YANO, E.; TOYONISHI, H.; IANI, K. & ABE, J. Development of a new banker plant system to control aphids in protected culture. *IOBC/WPRS Bulletin*, 68: 195-198, 2011.

¹⁵ COCK, M. J. W.; LENTEREN, J. C. van; BRODEUR, J.; BARRAT, B. I. P.; BIGLER, F.; BOLCKMANS, K.; HAAS, F.; MASON, P. G. & PARRA, J. R. P. Do new access and benefit sharing procedures under the convention on biological diversity threaten the future of biological control? *BioControl*, 55: 199-218, 2010.

para o controle de muitas pragas nestes sistemas. Segundo Urbaneja & Jacas¹², a provisão de presas alternativas é uma das maneiras de conservar, no cultivo, a presença do percevejo mirídeo predador *Macrolophus caliginosus* Wagner, predador das moscas brancas, *Bemisia* sp. e *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood), e da traça do tomateiro *Tuta absoluta* (Meirick).

Inimigos naturais também podem ser mantidos no interior das casas de vegetação por meio da provisão de hospedeiros alternativos, a partir de criações abertas ou plantas banqueiras. Neste sistema é utilizada uma planta, diferente da planta cultivada, que tenha um inseto que dela se alimenta, mas que não ataque as plantas da cultura principal e que seja hospedeiro/presa para um inimigo natural que também ataque a praga nessa cultura principal. A planta hospedeiro deve apresentar certas características, tais como: 1) sobrevivência no ambiente selecionado com manutenção mínima e com fácil trato agrônômico; 2) habilidade para competir com plantas invasoras não desejáveis; 3) florescimento em época que não coincida com a cultura principal, para evitar a migração de polinizadores desta para a associada; 4) fornecimento seletivo de recursos aos inimigos naturais sem beneficiar os insetos filófagos e 5) não hospedar os mesmos herbívoros da cultura principal. Plantas banqueiras são usadas em casas de vegetação no sentido de promover o estabelecimento e o suporte de populações de determinado inimigo natural para melhorar o controle da praga. Trabalhos relatando o uso deste sistema para o controle de tripses¹³, de pulgões¹⁴ e de outras pragas em cultivos protegidos são mencionados na literatura.

Controle Biológico Aumentativo

Envolve a comercialização de inimigos naturais. Particularmente, em casas de vegetação, o método mais utilizado é o controle biológico inoculativo sazonal. Nesse caso, os inimigos naturais são criados em larga escala (criação massal) em biofábricas e liberados em números e frequência próprios, com propósitos de obtenção de um imediato controle de pragas. O controle biológico aumentativo, visando à comercialização de agentes entomófagos, tem dois elementos essenciais: 1) a produção massal de um agente de controle e 2) a liberação do agente de controle e o impacto sobre a população da praga.

Cock *et al.*¹⁵ relatam que ao redor do mundo aproximadamente 170 espécies de inimigos naturais invertebrados são produzidos e vendidos globalmente para liberações pe-

riódicas em controle biológico aumentativo de mais de 100 espécies de pragas em cerca de 0,4% da área com cultivos. É estimado que 80% do retorno do comércio global gerado pelos agentes de controle biológico advêm do seu uso em casas de vegetação.¹⁶ Dados mais recentes mostram que o número de inimigos naturais invertebrados comercializados para controle biológico oscila ao redor de 230 espécies.¹⁷

¹⁶ LENTEREN, J. C. van. Biological control for insects pests in greenhouses... *Op. cit.*

¹⁷ LENTEREN, J. C. van. The state of commercial... *Op. cit.*

Pragas e seus inimigos naturais em cultivos em casas de vegetação

As pragas comuns em cultivos em casas de vegetação são frequentemente não específicas a qualquer nível de tecnologia ou estrutura presente nestes ambientes. São tipicamente polífagas, infestam diferentes plantas hospedeiras e geralmente mais problemáticas em cultivos protegidos do que no campo. Isto porque normalmente encontram nas casas de vegetação um ambiente abiótico bastante favorável, quanto à temperatura e umidade, além da falta de inimigos naturais, tanto agentes entomófagos como entomopatogênicos, e da tendência a desenvolver resistência aos inseticidas convencionais por causa do modelo típico usado na agricultura protegida.¹⁸ Devido à globalização dos produtos presentes em casas de vegetação, as pragas, em sua grande maioria, são as mesmas que ocorrem em qualquer parte do mundo, sendo ácaros, cochonilhas, *fungus gnats*, lepidópteros, mosca branca, mosca minadora, pulgões e tripes as mais importantes. Segundo Blom *et al*¹⁹, a baixa tolerância pelos agricultores a algumas dessas pragas tem levado a intensivos programas de controle químico, e como resultado as populações de várias pragas desenvolvem resistência contra os ingredientes ativos aplicados.

¹⁸ BIELZA, P. Insecticide resistance management strategies against the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis*. *Pest Management Science*, 64:1.131-1.138, 2008.

¹⁹ BLOM, J. van der; ROBLEDO, A.; TORRES, S. & SANCHEZ, J. A. Consequences of the wide... *Op. cit.*

Ácaros

São pragas em muitos cultivos ao redor do mundo. Sua grande capacidade reprodutiva capacita-os a causar perdas econômicas muito rapidamente, sendo o ácaro rajado *Tetranychus urticae* Koch (figura 1A), a espécie mais comum e mais importante em casas de vegetação; espécies como o ácaro branco *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) e o ácaro do bronzeamento *Aculops lycopersici* (Massee), assim como outras espécies também podem ter um papel relevante em cultivos protegidos.

O ácaro rajado é uma espécie polífaga, isto é, alimenta-se de grande variedade de plantas, sendo praga tanto em



Figura 1: A. Ácaro rajado *Tetranychus urticae*; B. Ácaro predador *Amblyseius swirskii* (fotos: B. S. Koppert)

ornamentais como em hortaliças cultivadas em casas de vegetação. Essa espécie de ácaro é considerada praga primária também em cultivos de morango em vários países, inclusive no Brasil²⁰; seu ataque pode reduzir vigor da planta e diminuir o tamanho do fruto e da produção; plantas jovens podem morrer se a população do ácaro não for controlada. São constatados, principalmente, na parte superior das folhas. O ácaro branco ataca preferencialmente as folhas mais tenras das brotações, resultando em deformações e rasgaduras. Os cultivos de tomate, de vários tipos de pimentões e de plantas ornamentais, como begônia e gérbera, são os mais atacados. O ácaro do bronzeamento, por sua vez, tem sua ocorrência restrita apenas a plantas da família Solanaceae, como tomate e berinjela.²¹

O controle biológico de ácaros fitófagos é feito, principalmente, por meio do uso de ácaros predadores da família Phytoseiidae, os quais têm sido empregados no controle biológico de ácaros em ornamentais e hortaliças em cultivos protegidos. Várias espécies de ácaros predadores estão disponíveis comercialmente nos dias atuais e são empregados com sucesso em muitos cultivos em casas de vegetação, entre eles, *Amblyseius swirskii* (Athias-Henriot) (figura 1B), *Neoseiulus californicus* (McGregor), *Neoseiulus cucumeris* (Oudemans), *Phytoseiulus persimilis* (Athias-Henriot) e *Phytoseiulus macropilis* (Banks).

A espécie mais usada atualmente é *A. swirskii*, um predador generalista, que também pode consumir outras espécies de insetos como a mosca branca e tripes. Sua ampla faixa de presas é vantajosa porque pode ser usado para o controle de múltiplas espécies de pragas em casa de vegetação. Sua comercialização vem sendo feita desde o ano 2005, na Europa, norte e sul da África, Ásia e México.²² *N. californicus* e *P. macropilis* são espécies comercializadas no Brasil²³ para controle de *T. urticae* em morango e ornamentais em cultivos protegidos.

Cochonilhas

Trata-se de insetos sugadores que estão se tornando pragas importantes em cultivos de hortaliças e plantas ornamentais em casas de vegetação. Embora mais de quinze espécies de cochonilhas possam ocorrer em cultivos protegidos, as mais prejudiciais pertencem aos gêneros *Planococcus* e *Pseudococcus* (Pseudococcidae). Entre essas, *Planococcus citri* (Risso) é uma das mais importantes por causar maiores danos econômicos, ser tolerante a uma grande variedade climática e ser encontrada em mais de 25 plantas.

²⁰ BUENO, V. H. P. & POLETTI, M. Progress with biological control and IPM strategies in protected cultivation in Brazil. *IOBC/WPRS Bulletin*, 49:31-36, 2009.

²¹ GRIFFITHS, D. A. Biological control of mites. In: ALBAJES, R.; GULLINO, M. L.; LENTEREN, J. C. van & ELAD, Y. (Eds.). *Integrated pest and disease management in greenhouse crops*. The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1999. p. 217-234.

MALAIS, M. & RAVENSBURG, W. J. *The biology of glasshouse pest and their natural enemies: knowing and recognizing*. 2. ed. The Netherlands: Koppert Biological Systems, 2003.

PIJNAKER, J. & LEMAN, A. Biological control of tarsonemid mites in greenhouse grown gerberas. *IOBC/WPRS Bulletin*, 68:135-138, 2011.

²² LENTEREN, J. C. van. The state of commercial augmentative biological... *Op. cit.*

²³ BUENO, V. H. P. & POLETTI, M. *Op. cit.*

²⁴ MALAIS, M. & RAVENSBERG, W. J. *Op. cit.*

²⁵ BUENO, V. H. P. Cochonilhas. *Revista Plasticultura*, 13:28-30, 2010.

²⁶ LENTEREN, J. C. van. The state of commercial augmentative biological... *Op. cit.*

Essas cochonilhas são conhecidas como brancas ou farinhentas, pelo fato de a maioria das espécies de Pseudococcidae apresentar o corpo coberto por uma capa cerosa finamente granulada, o que lhes dá o aspecto de haverem sido envolvidas em farinha branca, sendo chamadas de *mealy bug*. Aparecem com frequência em cultivos de ornamentais, mas podem também gerar problemas em cultivos de tomate, e com menos intensidade em pepino, melão e berinjela.²⁴ Cochonilhas também foram relatadas atacando cultivos de rúcula (figura 2A), cactos²⁵ e rosas.

Particularmente em ornamentais, além da sucção da seiva, reduzem o valor estético e comercial das plantas. Com frequência se observa descoloração das folhas acompanhada de necrose nas bordas, manchando frutos e flores e reduzindo a qualidade e o valor comercial do produto final. Sua disseminação é muito rápida, pois tanto as ninfas quanto as fêmeas adultas podem ser levadas pelo vento, pela movimentação do homem e do ar no interior da casa de vegetação ou migrando por locomoção própria para outras plantas. A ocorrência da cochonilha pode ser constante durante todo o ciclo do cultivo, variando, entretanto, a intensidade de infestação, sendo que a fase reprodutiva da cultura é considerada a mais crítica. Em cultivos de ornamentais, a mera presença de *mealy bugs* é suficiente para tornar o produto não comercializável; assim, uma população muito pequena pode causar dano econômico considerável.

O controle biológico também tem papel importante contra esses insetos. São relatados agentes biológicos como parasitoides, caso de *Leptomastix dactylopii* Howard, coccinelídeos predadores, como *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant (figura 2B), *Azya luteipes* Mulsant, *Hyperaspis notata* Mulsant, *Pentilia egena* Mulsant, além de várias espécies de sirfídeos. Segundo Lenteren²⁶, a joaninha *C. montrouzieri* está sendo comercializada e utilizada para o controle de pseudococcídeos e coccídeos na Europa, norte e sul da África, América La-

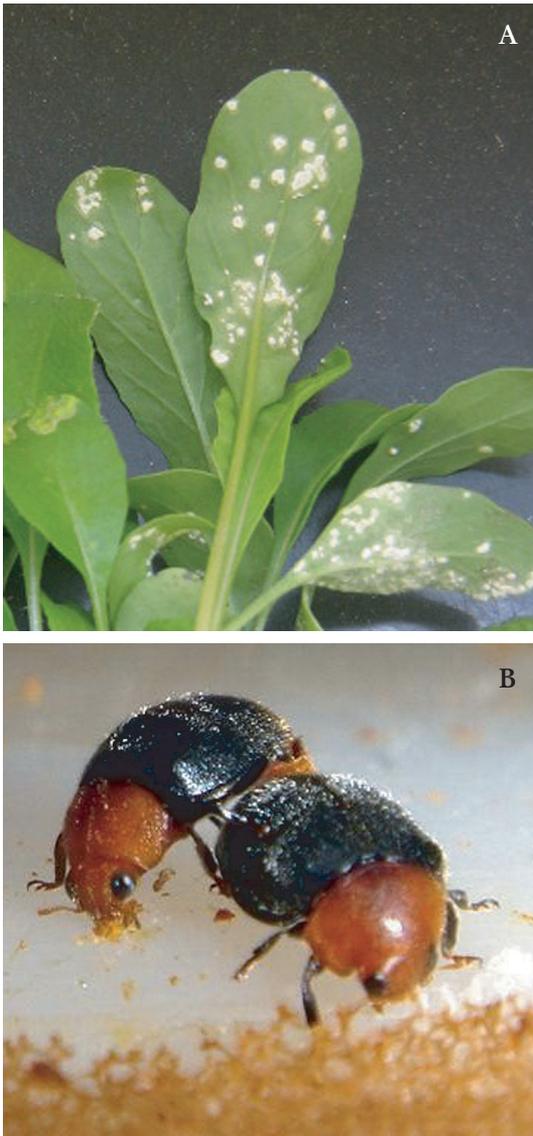


Figura 2: A. Cochonilha em folhas de rúcula (foto: A. Bliska); B. Adultos da joaninha predadora *Cryptolaemus montrouzieri* (foto: S. Gravena)

tina, Ásia, Austrália e Nova Zelândia desde o ano de 1917, por meio do controle biológico aumentativo em larga escala. O parasitoide *L. dactylopii* vem sendo usado em escala média na Europa, norte da África e América do Norte para o controle de pseudococcídeos desde 1984.

Fungus gnats

São pragas importantes em cultivos de cogumelos, e também em várias hortaliças e flores cultivadas em casas de vegetação.²⁷ A maioria pertence ao gênero *Bradysia* (figura 3A) e são conhecidas como “sciara”. Encontradas em ambientes úmidos, são as mais comuns em casas de vegetação ao redor do mundo. Em cultivos conduzidos no solo e em mudas ou plantas jovens, os problemas com *fungus gnats* são maiores. O termo *fungus gnats* é utilizado porque esse inseto se alimenta de material vegetal presente no substrato de produção.

Os adultos de *fungus gnats* causam pouco dano direto nas plantas, mas se as populações são muito altas, provocam incômodos aos trabalhadores na casa de vegetação, como a inalação de moscas e ou a entrada das mesmas nos olhos. Adultos podem depositar fezes sobre as plantas e também ficar presos na superfície molhada das folhas, reduzindo assim o valor estético, principalmente em ornamentais.

As larvas se constituem em verdadeiras pragas, porque se alimentam das raízes de muitas plantas em casas de vegetação, especialmente em mudas e plantas jovens, causando injúrias por meio da poda das raízes dessas plantas. Quando as populações são altas, além do ataque às raízes, também promovem a formação de túneis ou galerias nas raízes e caules das plantas. Raízes danificadas tornam as plantas mais susceptíveis ao ataque de fungos, incluindo *Pytium*, *Fusarium* e *Botrytis*. Esse dano direto ocasionado pelo ataque das larvas nas raízes é facilmente confundido com a ocorrência de doenças, como as fusarioses. Os danos se tornam aparentes quando as plantas ficam amareladas, aparecem atrofiadas ou murchas durante o dia.

Esses insetos têm sido tradicionalmente controlados com inseticidas, entretanto, o desenvolvimento de resistência torna esse controle progressivamente mais difícil.²⁸

Vários inimigos naturais estão associados a essas moscas, como ácaros predadores – *Hypoaspis miles* (*Stratiolaelaps scimitus*) (Berlese), *Hypoaspis aculeifer* (Canestrini) (figura 3B) – e nematoides entomopatogênicos – *Steinernema feltiae* (Filipjev)²⁹. No Brasil, o ácaro predador *S. scimitus* vem sendo usado para controle de

²⁷ KIM, H. H.; CHOO, H. Y.; KAYA, H. K.; LEE, D. W.; LEE, S. M. & JEON, H. Y. *Steinernema carpocapsae* (Rhabditida: Steinernematidae) as a biological control agent against the fungus gnats *Bradysia agrestis* (Diptera: Sciaridae) in propagation houses. *Biocontrol Science and Technology*, 14:171-183, 2004.

²⁸ BARTLETT, G. R. & KEIL, C. B. O. Identification and characterization of a permethrin resistance mechanism in populations of the fungus gnats *Lycoriella mali* (Fitch) (Diptera: Sciaridae). *Pestic. Biochem. Physiol.*, 58:173-181, 1997.

²⁹ BUENO, V. H. P. Controle de pragas em ornamentais sob sistema protegido. In: VENZON, M.; PAULA JR. T. J. de & PALLINI, A. (Eds.). *Avanços no controle alternativo de pragas e doenças*. v. 1. Vigosa, MG: Suprema Gráfica e Editora Ltda, 2008. p. 71-94.

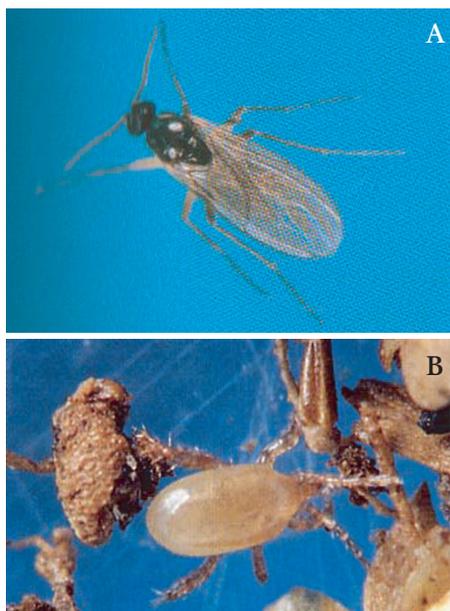


Figura 3: A. *Bradysia* sp. (Diptera, Sciaridae); B. Ácaro predador *Hypoaspis aculeifer* (fotos: B. S. Koppert)

³⁰ BUENO, V. H. P. & POLETTI, M. *Op. cit.*

³¹ LENTEREN, J. C. van. The state of commercial augmentative biological... *Op. cit.*

³² PEREYRA, P. C. & SÁNCHEZ, N. E. Effect of two solanaceous plants on development and population parameters of the tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Neotropical Entomology*, 35:671-675, 2006.

Bradysia matogrossensis em cultivos de azaléia, antúrio, cogumelos, em mudas de citros e de várias ornamentais em casas de vegetação.³⁰ É recomendado que a liberação inundativa desse ácaro predador seja realizada logo após o plantio das mudas, quando a infestação de *fungus gnats* ainda é baixa, o que garantirá o sucesso do uso do controle biológico em vários cultivos realizados em casa de vegetação. Na Europa é comercializado em larga escala desde o ano de 1990, para o controle de moscas Sciaridae; o nematoide *S. feltiae* também é usado em larga escala, desde o ano de 1984, na Europa, norte e sul da África, América do Norte e Latina, Austrália e Nova Zelândia.³¹

Lepidópteros

Vários lepidópteros são relatados como presentes em cultivos em casas de vegetação, entretanto, a espécie *Tuta absoluta* (Meyrick) (figura 4A) é atualmente a mais importante praga em cultivos protegidos.

A traça do tomateiro, *T. absoluta*, é um lepidóptero-praga, originário da América do Sul, mas que, em 2006, invadiu a Europa proveniente da Espanha, sendo encontrada infestando cultivos de tomate em todos os países do continente europeu, assim como naqueles da América do Sul.

A larva jovem penetra nas folhas formando minas, e se alimenta somente do mesófilo foliar, deixando a epiderme intacta. A larva nos dois últimos instares aumenta consideravelmente seu tamanho e a sua capacidade de ingestão e mobilidade. É nesta etapa de seu desenvolvimento, quando adquire maior capacidade de deslocamento, o período no qual pode ocasionar os mais sérios danos econômicos para o cultivo de tomate, podendo inclusive penetrar nos brotos e também nos frutos. As galerias são irregulares e podem mais tarde se tornar necróticas; os frutos podem ser atacados tão logo sejam formados, e as galerias em seu interior invadidas por patógenos secundários. Em altas infestações chega a destruir até 90% da área foliar das plantas, além de danificar os ramos e frutos.

Embora este lepidóptero prefira plantas de tomate, também pode ser encontrado em outras solanáceas cultivadas, como berinjela ou batata, ou em plantas invasoras perententes à família Solanaceae, como *Solanum nigrum* L. e *Datura stramonium* L..³²

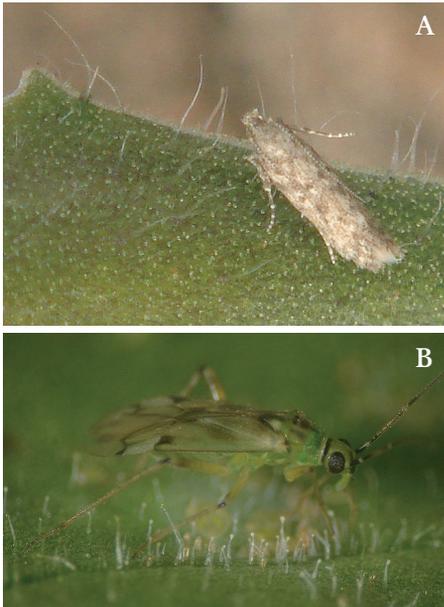


Figura 4: A. Adulto da traça do tomateiro *Tuta absoluta*; B. Mirídeo predador *Nesidiocoris tenuis* (fotos B. S. Koppert)

O controle químico através de aplicações sucessivas de inseticidas é a principal tática de controle dessa praga no cultivo do tomateiro, entretanto, na maioria das vezes, não se tem obtido a eficácia desejada, devido à seleção de populações resistentes aos princípios ativos empregados e à eliminação de populações de inimigos naturais da traça.

O controle biológico é uma tática que tem prevalecido, principalmente quanto à busca de novos inimigos naturais que possam servir como agentes de controle de *T. absoluta*. No Brasil, existem relatos quanto ao uso do parasitoide de ovos, *Trichogramma pretiosum* (Riley), porém, com resultados pouco promissores em casas de vegetação.³³ Na Argentina, estudos estão sendo conduzidos com os parasitoides de larva, *Pseudapanteles dignus* (Muesebeck) e *Dineulophus phthorimaeae*³⁴, e na Colômbia, com *Apanteles gelechiidivoris* Marsh³⁵, colocando-os como candidatos promissores ao controle biológico de *T. absoluta* por conservação e ou liberação inocultativa sazonal. Na Espanha, hoje se usam e comercializam os mirídeos predadores *Nesidiocoris tenuis* Reuter (figura

4B) e *Macrolophus pygmaeus* (Rambur) como agentes de controle.³⁶ Esses predadores têm demonstrado bastante eficácia, sendo que *M. pygmaeus* é usado em grande escala na Europa, norte e sul da África, desde 1994, e *N. tenuis*, na Europa, norte da África e Ásia, desde 2003, também em grande escala. O uso em pequena escala do nabideo predador *Nabis pseudoferus ibericus* Remane ocorre na Europa desde o ano de 2009³⁷, inclusive para o controle de *T. absoluta*.

Mosca branca

As moscas brancas estão entre as mais severas pragas em cultivos de plantas ornamentais e hortaliças em casas de vegetação. Duas espécies se destacam como as de maior importância econômica, a mosca branca da casa de vegetação, *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood), e a mosca branca do fumo ou da batata doce, *Bemisia tabaci* (Gennadius) (figura 5A). Esta última espécie apresenta um complexo de biótipos, sendo o mais conhecido o biótipo B. A espécie *B. tabaci* ocorre principalmente em áreas tropicais e subtropicais, e junto com *T. vaporariorum* estão presentes em zonas temperadas estreitamente relacionadas com a existência de cultivos em casas de vegetação. São espécies com distribuição cosmopolita e extremamente polífagas.

³³ PARRA, J. R. P. & CONSOLI, F. L. Criação massal e controle de qualidade de parasitoides de ovos. In: BUENO, V. H. P. (Ed.). *Controle biológico de pragas: produção massal e controle de qualidade*. Lavras: Editora UFLA, 2009. 429 p., p. 170-197.

³⁴ LUNA, M. G.; SÁNCHEZ, N. E. & PEREYRA, P. C. Parasitism of *Tuta absoluta* (Lepidoptera, Gelechiidae) by *Pseudapanteles dignus* (Hymenoptera, Braconidae) under laboratory conditions. *Environmental Entomology*, 36(4):887-893, 2007. SÁNCHEZ, N. E.; PEREYRA, P. C. & LUNA, M. G. Spatial patterns of parasitism of the solitary *Pseudapanteles dignus* (Hymenoptera: Braconidae) on *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Environmental Entomology*, 38:365-374, 2009.

³⁵ BAJONERO, J.; CÓRDOBA, N.; CANTOR, F.; RODRÍGUEZ, D. & CURE, J. R. *Biología y ciclo reproductivo*

de *Apanteles gelechiidivoris* (Hymenoptera: Braconidae), parasitoide de *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Agronomía Colombiana*, 26 (3)417-426. 2008.

³⁶ CALVO, F. J. & BELDA, J. E. Una nueva estrategia para el control biológico de mosca blanca y *Tuta absoluta* em tomate. *Phytoma*, 216:46-52, 2010.

³⁷ LENTEREN, J. C. van. The state of commercial augmentative... *Op. cit.*

³⁸ LENTEREN, J. C. van & MARTIN, N. A. Biological control of whiteflies. In: ALBAJES, R.; GULLINO, M. L.; LENTEREN, J. C. van & ELAD, Y. (Eds.). *Integrated pest and disease management in greenhouse crops*. The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1999. p. 202-216.

Apresentam distribuição agregada nos cultivos, com concentração nas áreas caracterizadas por temperaturas mais amenas ou naquelas em que o crescimento das plantas é maior. Com temperaturas favoráveis, seja devido às condições climáticas da área, seja pelas condições no interior da casa de vegetação, a mosca branca pode chegar a ter mais de 12 gerações ao ano, o que permite atingir populações extremamente elevadas.³⁸

As moscas brancas causam danos diretos nos cultivos, devido a sucção de grande quantidade de seiva provocando a debilidade da planta. Excretam o excesso de açúcares, formando uma mela, na qual se desenvolvem fungos, ocasionando o recobrimento da área afetada, processo conhecido como fumagina. Além de reduzir a superfície fotossintética da planta, a fumagina mancha os frutos e/ou planta, deteriorando a sua qualidade. Devido a sua alimentação no floema, estas espécies são vetores de viroses, como as do grupo geminivirus, especialmente em plantios de tomate. Os danos cosméticos devido à presença da fumagina são muito importantes quando esta mancha de negro as partes que serão comercializadas, como, por exemplo, nas hortaliças, pimentão e tomate, ou na ornamental poinsetia. O biótipo B é responsável pelo aparecimento da coloração prateada nas folhas de abóbora e pela maturação irregular dos frutos de tomate. O principal problema com *B. tabaci* em produção intensiva em casas de vegetação decorre da transmissão de muitos vírus, incluindo *Cucurbit yellow stunting disorder virus* (CYSDV) e *Cucumber vein yellowing virus* (CVYV) em cultivos de pepino, e *Tomato yellow leaf curl virus* em tomate.

Os parasitoides mais comuns, comercializados e utilizados como agentes de controle biológico são *Encarsia formosa* Gahan (figura 5B), *Eretmocerus mundus* (Mercet) e *Eretmocerus eremicus* Rose & Zolnerowich. Dentre os predadores da mosca branca disponíveis comercialmente, destacam-se os percevejos mirídeos, *Macrolophus caliginosus* Wagner e *N. tenuis*, e também o ácaro predador *A. swirskii*.

O parasitoide *E. formosa* tem sido o mais utilizado para o controle de mosca branca nos últimos 30 anos³⁹, e embora possa parasitar muitas espécies de mosca branca, na prática é mais indicado para controle de *T. vaporariorum*. Já *E. mundus* é recomendado para *B. tabaci*, biótipo B. O parasitoide *E. formosa* é comercializado em larga escala

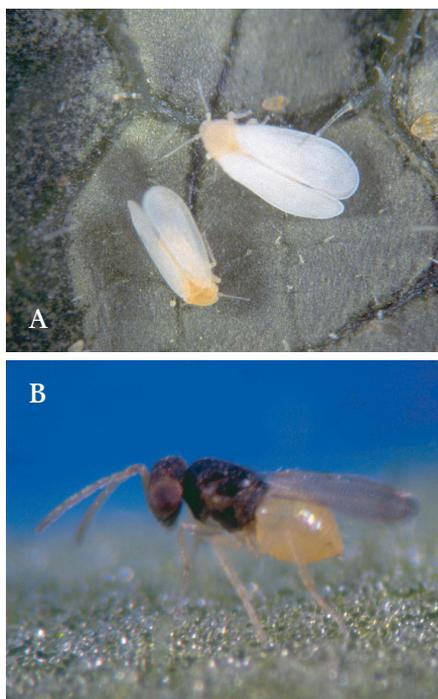


Figura 5: A. Moscas brancas *Bemisia tabaci* e *Trialeurodes vaporariorum*; B. Adulto do parasitoide *Encarsia formosa* (fotos: B. S. Koppert)

³⁹ LENTEREN, J. C. van. & MARTIN, N. A. Biological control of whiteflies. *Op. cit.* LENTEREN, J. C. van. *Ecology: cool science, but does it help?* *Op. cit.*

⁴⁰ LENTEREN, J. C. van. The state of commercial augmentative... *Op. cit.*

na Europa, norte e sul da África, América do Norte e América Latina, Ásia, Austrália e Nova Zelândia, desde o ano de 1926. *E. eremicus* é usado no norte e sul da África, América do Norte e América Latina e Ásia, desde 1995, e *E. mundus* na Europa, norte e sul da África, América do Norte e Latina e Ásia desde 2001, ambos em uso em larga escala contra mosca branca⁴⁰.

Mosca minadora

São pequenas moscas da família Agromyzidae cujas larvas vivem entre as duas epidermes das folhas das plantas, criando as chamadas “minas”; têm-se tornado pragas sérias em hortaliças e ornamentais em cultivos protegidos.

Espécies pertencentes ao gênero *Liriomyza* são as mais polífagas; algumas delas têm forte propensão para uma rápida adaptação e exploração da planta hospedeira. Entre essas espécies, destacam-se *Liriomyza huidobrensis* (Blanchard), *Liriomyza sativae* Blanchard, *Liriomyza trifolii* (Burgess) (figura 6A) e *Liriomyza bryoniae* (Kaltenbach), as quais já foram relatadas invadindo todas as regiões zoogeográficas do mundo. Além dos sérios prejuízos ocasionados, ampliam cada vez mais o número de plantas hospedeiras, entre aquelas cultivadas e espontâneas.⁴¹

Problemas causados por moscas minadoras em casas de vegetação têm-se expandido em muitas regiões, tanto em cultivos de hortaliças quanto de ornamentais, como consequência do grande volume de inseticidas aplicados. Esse procedimento, além de levar a problemas de resistência da praga, também provoca a morte do complexo de inimigos naturais que podem invadir as casas de vegetação e inclusive contribuir para o controle natural das moscas minadoras.

Quando uma fêmea adulta da mosca minadora se alimenta ou coloca ovos, ela faz um orifício com a ponta de seu ovipositor, usualmente na superfície superior da folha. Nestes casos, os orifícios são conhecidos como “pontos de alimentação” ou “pontos de oviposição”, sendo que os primeiros são arredondados e visíveis a olho nu e os últimos ovais e raramente vistos ou detectados. Quando a larva sai do ovo ela penetra no mesófilo foliar e inicia a sua alimentação, causando extensos danos devido à formação das minas. Existem poucos dados sobre a relação entre o número de minas/folha e a perda ocasionada na produção. Wyatt *et al.*⁴² reportaram que, em cultivos de tomate, o efeito negativo na produção foi correlacionado ao número de 30 minas/folha, levando a 10% de perda, e a 60 minas/folha e 20% de perda.

⁴¹ ONILLON, J. C. Biological control of leafminers. In: ALBAJES, R.; GULLINO, M. L.; LENTEREN, J. C. van & ELAD, Y. (Eds.). *Integrated pest and disease management in greenhouse crops*. The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1999. p. 254-264.

⁴² WYATT, J. J.; LEDIEU, M. S.; STACEY, D. L. & WHITE, P. F. *Crop loss due to pests*. Annual Report of the Glasshouse Crops Research Institute, Littlehampton: GCRI, 1984. p. 88-93.

⁴³ CARVALHO, A. R.; BUENO, V. H. P.; SILVA, D. B.; PETRAZZINI, L. L. & YURI, J. *Op. cit.*

⁴⁴ MURPHY, S. T. & LA SALLE, J. Balancing biological control strategies in the IPM of new World invasive *Liriomyza* leafminers in field vegetable crops. *BioControl*, 20:91-104, 1999.

⁴⁵ ONILLON, J. C. *Op. cit.*
CARVALHO, A. R.; BUENO, V. H. P.; SILVA, D. B. & COSTA, V. A. Record of *Diglyphus* Walker (Hymenoptera: Eulophidae) species in Brazil. *Neotropical Entomology*, 40:290-291, 2011.

⁴⁶ LENTEREN, J. C. van. The state of commercial augmentative... *Op. cit.*

Uma alta quantidade de folhas minadas causa um significativo decréscimo na atividade fotossintética, o que pode levar à dessecação e queda prematura das folhas, e ao dano cosmético. A relação entre o tamanho da população, dano na folha e redução na produção varia de acordo com a estação do ano, método de cultivo e susceptibilidade da planta hospedeira. Também a susceptibilidade da planta pode variar consideravelmente de uma cultivar para outra. No Brasil, as plantas mais comumente atacadas entre as cultivadas são alface americana, gerbera, tomate e melão.⁴³ *L. trifolii* e *L. huidobrensis* são espécies altamente resistentes a inseticidas, e estão associadas a muitas plantas hospedeiras entre hortaliças e ornamentais cultivadas em casas de vegetação.

Como mencionado anteriormente, a ausência de inseticidas no interior das casas de vegetação e o ambiente diversificado ao redor das mesmas podem promover um eficiente controle natural das populações das moscas minadoras, principalmente por parasitoides.⁴⁴ Também, parasitoides de moscas minadoras, em suas áreas de distribuição original, são ativos na maior parte do ano e capazes de intervir naturalmente e no início das estações de plantio em cultivos infestados por várias espécies de *Liriomyza*.⁴⁵ Entre os mais importantes parasitoides que parasitam as moscas minadoras em casas de vegetação estão *Dacnusa sibirica* Telenga (figura 6B), *Diglyphus isaea* (Walker) e *Opius pallipes* Wesmael. No Brasil, têm sido encontrados também *Diglyphus begini* (Ashmead), *Diglyphus intermedius* (Girault) e espécies de *Chrysocharis* (Carvalho *et al.* 2011), a primeira espécie parasitando *Lyriomyza* spp. em cultivos protegidos de alface americana, tomate e crisântemo.

Os parasitoides *D. sibirica* e *D. isaea* são espécies já comercializadas em grande escala como agentes de controle biológico de moscas minadoras em casas de vegetação na Europa, norte da África, América do Norte e América Latina e Ásia desde o ano de 1981 para *D. sibirica* e de 1984 para *D. isaea*.⁴⁶ A liberação de *D. sibirica* é especialmente recomendada para situações em que tanto a infestação de moscas minadoras como a temperatura são relativamente baixas. Já *D. isaea* é usada em altas densidades de moscas minadoras e em temperaturas mais altas.

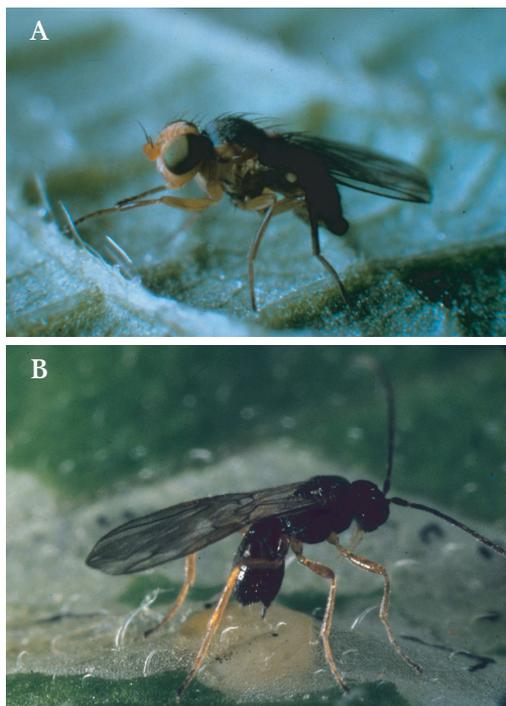


Figura 6: A. Adulto da mosca minadora *Liriomyza trifolii*; B. Parasitoide *Dacnusa sibirica* ovipositando em ninfa de mosca branca (fotos: J. C. van Lenteren)

Pulgões

⁴⁷ STEENIS, M. J. van & EL-KHAWASS, K. A. M. H. Life story of *Aphis gossypii*: influence of temperature, host plant, and parasitism. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 76:121-131, 1995. RABASSE, J. M. & STEENIS, M. J. van. Biological control of aphids. In: ALBAJES, R.; GULLINO, M. L.; LENTEREN, J. C. van & ELAD, Y. (Eds.). *Integrated pest and disease management in greenhouse crops*. The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1999. p. 235-243.

Estão entre as mais sérias pragas em cultivos realizados em casas de vegetação. São estrategistas “r”, isto é, são bem adaptados para explorar um habitat novo e temporário por meio do rápido aumento de suas populações. A infestação inicial em um cultivo geralmente acontece por meio de um pequeno número de focos isolados. Entretanto, como se reproduzem rapidamente nestes lugares, formam densas populações com sobreposição de gerações e começam então a colonizar as plantas vizinhas.

Dentre as principais espécies de pulgões-praga em cultivos em casas de vegetação destacam-se *Myzus persicae* (Sulzer) (figura 7A), *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas), *Aulacorthum solani* (Kaltenbach), os quais infestam principalmente Solanaceae, e *Aphis gossypii* Glover, em Cucurbitacea, mas podem atacar muitas outras plantas, inclusive ornamentais. Além do dano direto, devido à sucção de seiva, também são vetores de grande variedade de viroses em plantas. Em adição, causam indiretamente o aparecimento de fumagina, o que reduz a fotossíntese e deprecia o valor estético das plantas ornamentais.

Nas condições próprias ao interior de casas de vegetação, isto é, com temperatura mais ou menos constante e na ausência de inimigos naturais, as populações de pulgões são capazes de crescer exponencialmente por um período considerável. Isto significa que o número de afídeos cresce por meio de uma proporção fixa a cada dia: comumente 0,2 ou 0,3 fêmeas por fêmea por dia e acima de 0,5 para *A. gossypii*.⁴⁷

Os pulgões são, portanto, um problema persistente em cultivos em casas de vegetação, o que requer, como primeira tentativa, o uso de inimigos naturais para o seu controle biológico. Entre os inimi-

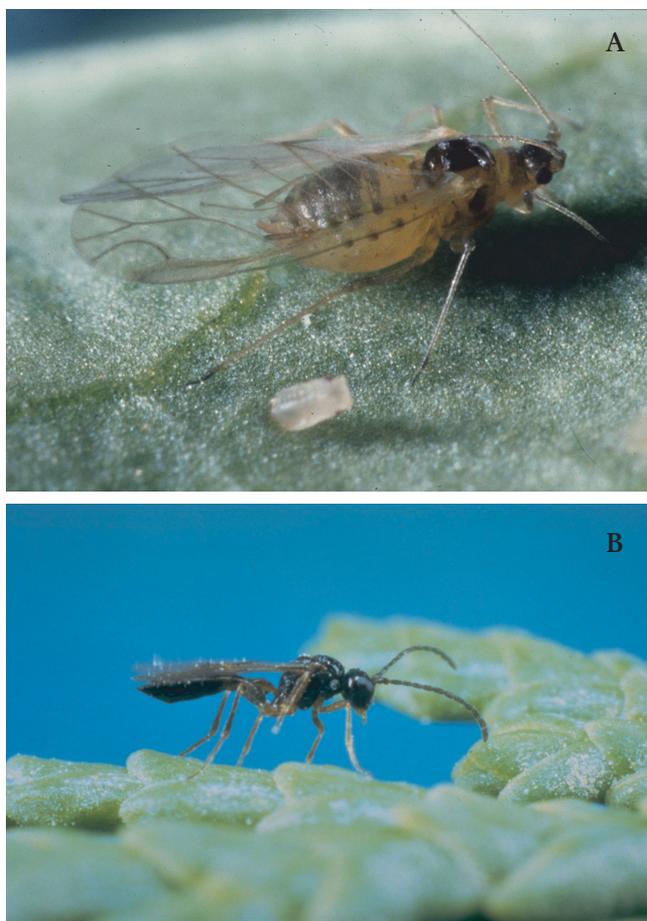


Figura 7: A. Adulto alado do pulgão *Myzus persicae* (foto J. C. van Lenteren); B. Adulto do parasitoide *Aphidius colemani* (foto: B. S. Koppert)

gos naturais de pulgões destacam-se os parasitoides *Aphidius colemani* Viereck (figura 7B), *Aphidius ervi* Haliday, *Lysiphlebus testaceipes* (Cresson), *Praon volucre* (Haliday). Entre os predadores, estão as joaninhas, *Hypodamia convergens* (Guérin-Méneville), *Coccinella septempunctata* L. e *Harmonia axyridis* (Pallas), o díptero *Aphidoletes aphidimyza* (Rondani) e o sirfídeo predador *Episyrphus balteatus* DeGeer. Muitos inimigos naturais vêm sendo utilizados em cultivos protegidos ao redor do mundo para o controle biológico de pulgões, levando-se em consideração a preferência por afídeo hospedeiro (quadro 1).⁴⁸ Algumas vezes também é necessário o uso isolado de um predador ou em conjunto com um parasitoide; *A. aphidimyza*, por exemplo, é um predador voraz e eficiente, atacando todas as espécies de pulgões.

⁴⁸ LENTEREN, J. C. van. The state of commercial augmentative... *Op. cit.*

Quadro 1: Principais inimigos naturais de pulgões usados e comercializados mundialmente (modificado de Lenteren, J. C. van. 2011)

Inimigo natural	Região de uso	Alvo	Ano do 1º uso	Valor no mercado
<i>Aphidius colemani</i>	Europa, Norte e Sul África, América do Norte, Ásia, Austrália e Nova Zelândia	Pulgões (<i>A. gossypii</i>)	1991	Grande escala
<i>Aphidius ervi</i>	Europa, Norte da África, América do Norte e Latina e Ásia	Pulgões (<i>M. euphorbiae</i> , <i>A. solani</i>)	1996	Grande escala
<i>Aphidoletes aphidimyza</i>	Europa, Norte e Sul da África, América do Norte e Ásia	Pulgões	1989	Grande escala
<i>Harmonia axyridis</i>	Europa (uso de 1995-2005), França (usado desde 1995), América do Norte e Ásia	Pulgões	1990	Grande escala
<i>Aphidius matricariae</i>	Europa e América do Norte	Pulgões (<i>M. persicae</i>)	1980	Média escala
<i>Episyrphus balteatus</i>	Europa	Pulgões	1990	Média escala
<i>Praon volucre</i>	Europa	Pulgões	1990	Pequena escala
<i>Lysiphlebus testaceipes</i>	Europa	Pulgões	1990	Pequena escala

Tripes

Os tripes são insetos que pertencem à ordem Thysanoptera, sendo que as espécies mais prejudiciais em casas de vegetação ao redor do mundo são *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (figura 8A), *Thrips tabaci* Lindeman e *Thrips palmi* Karny, sendo a primeira citada a mais importante.

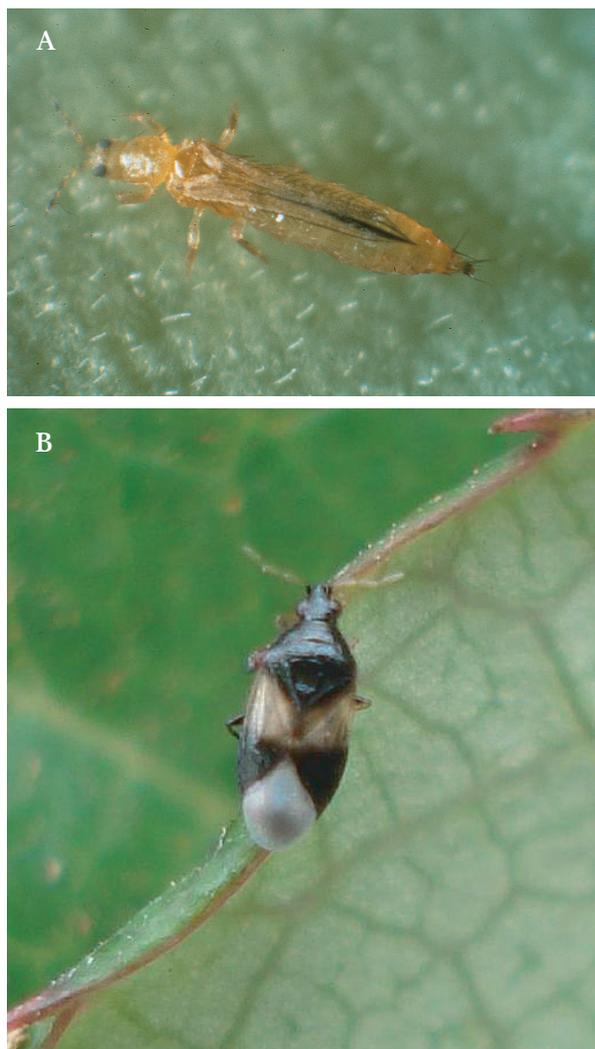


Figura 8: A. Adulto do tripses *Frankliniella occidentalis* (foto: J. C. van Lenteren); B. Adulto do predador *Orius insidiosus* (foto: V. H. P. Bueno)

⁴⁹ BUENO, V. H. P. Controle de pragas em ornamentais sob sistema protegido. *Op. cit.*

Caracterizam-se por serem altamente polípagos e atacarem tanto as flores como o tecido foliar. Além do dano direto devido à alimentação, o que causa redução da área fotossintética e desordens no crescimento e/ou dano cosmético em ornamentais, vários dos tripses-praga são importantes vetores de vírus, sendo os mais importantes os Tosspovirus (INSV e TSWV). Os adultos do tripses *F. occidentalis* são polenófagos e agregam-se nas flores para alimentação e cópula; em alguns cultivos como gérbera, o vírus é persistentemente transmitido pelos adultos.

Os danos em cultivos de ornamentais podem tomar várias formas, sendo o mais sério os ocasionados às flores. Os botões florais infestados podem não abrir, e em rosas, em particular, isto pode ser um problema bastante sério. Também em ornamentais é inaceitável a distorção das folhas. Em crântemo e gérbera, a alimentação resulta em pétalas distorcidas, descoloração e estrias extensivas. Em gerânio ocorre deformação nas folhas jovens, enrolamento e áreas esbranquiçadas sobre a superfície superior da folha. Em plantas jovens de poinsetia, os tripses causam distorção no desenvolvimento das folhas.⁴⁹ Entre as hortaliças em casas de vegetação, pimentão, pepino, morango e tomate são os principais cultivos atacados.

Como para a maioria das pragas em cultivos protegidos, a lista de inimigos naturais de tripses é bastante longa, compreendendo predadores, parasitoides e entomopatogênicos. Os predadores, entretanto, são os melhores candidatos para o controle de tripses; dentre as principais espécies destacam-se os percevejos antocorídeos – *Orius insidiosus* (Say) (figura 8B) e *Orius laevigatus* (Fieber) (quadro 2) – e os ácaros predadores, como *A. swirskii*. Espécies de *Orius* são predadores vorazes; eles podem aumentar seus números rapidamente em resposta ao pico populacional da presa favorita, ou seja, os tripses.

Quadro 2: Espécies de *Orius* comercializadas e usadas como agentes de controle biológico de tripses em cultivos em casas de vegetação (modificado de Lenteren, J. C. van. 2011)

Espécies de <i>Orius</i>	Região de uso	Alvo	Ano do 1º uso	Valor do mercado
<i>O. albidipennis</i>	Europa	Tripses	1993	Pequena escala
<i>O. armatus</i>	Austrália	Tripses	1990	Pequena escala
<i>O. insidiosus</i>	Europa	Tripses	1991-2000	Grande escala
<i>O. insidiosus</i>	América do Norte e América Latina	Tripses	1985	Grande escala
<i>O. laevigatus</i>	Europa, Norte da África e Ásia	Tripses	1993	Grande escala
<i>O. majusculus</i>	Europa	Tripses	1993	Média escala
<i>O. minutus</i>	Europa	Tripses	1993	Pequena escala
<i>O. strigicollis</i>	Ásia	Tripses	2000	Média escala
<i>O. tristicolor</i>	Europa	Tripses	1995-2000	Pequena escala

Considerações finais

Em vários trabalhos e programas para controle de pragas em sistemas de cultivos protegidos se observa que o método biológico vem ganhando espaço dentro do cenário da moderna agricultura, com custos baixos e benefícios cada vez mais altos e satisfatórios comparados ao uso do tradicional controle químico. Estratégias integradas em cultivos conduzidos em casas de vegetação, onde o controle biológico é atuante, indicam ser esse um método de controle de pragas mais sustentável, levando ao melhor manejo da resistência dos insetos-praga e à redução de resíduos de pesticidas, sendo mais aceitável pelos agricultores, pelo mercado e pelos consumidores.⁵⁰

O controle biológico é usado para várias pragas-chave presentes em cultivos em casas de vegetação em muitos países, principalmente na Europa. Assim, estimulados pelo aumento do seu sucesso em países europeus, o método também está em pleno desenvolvimento em outras regiões e/ou países, como no caso do Brasil. Murphy *et al.*⁵¹ reportam que uma pesquisa com os produtores de plantas ornamentais em casas de vegetação no Canadá revelou que 90% deles estão usando o controle biológico.

Atualmente, vários estímulos induzem os produtores para a maior utilização do controle biológico, incluindo a falta de restrições legislativas, a segurança para os trabalhadores, o aumento da resistência aos produtos fitossanitários

⁵⁰ BUENO, V. H. P. Controle biológico de pragas: um método de sucesso no controle de pragas em cultivos protegidos. *Revista Plasticultura*, 10:28-31, 2009.

⁵¹ MURPHY, G. D.; GATE, C. & WATSON, G. R. An update on the use of biological control in greenhouse ornamental crops in Canada. *IOBC/WPRS Bulletin*, 68: 125-128, 2011.

⁵² BADER, A.; HEINZ, K. & WHARTON, R. Impact of interspecific interactions on inoculative biological control of leafminers. *IOBC/WPRS Bulletin*, 28:5-9, 2005.

⁵³ LENTEREN, J. C. van & BUENO, V. H. P. Augmentative biological control of arthropods in Latin America. *BioControl*, 48:123-139, 2003.

⁵⁴ LENTEREN, J. C. van. Biological control for insects pests in greenhouses... *Op. cit.*

⁵⁵ BOLCKMANS, K. J. F. Reliability, quality and costs: the basic challenges of commercial natural enemy production. *Global IOBC Bulletin*, 3:8-11. 2007.

⁵⁶ LENTEREN, J. C. van. *Ecology: cool science, but does it help?* *Op. cit.*
LENEREN, J. C. van. The state of commercial augmentative... *Op. cit.*

⁵⁷ LENTEREN, J. C. van. The state of commercial augmentative... *Op. cit.*

⁵⁸ LENTEREN, J. C. van. Biological control for insects pests in greenhouses... *Op. cit.*
LENEREN, J. C. van. IPM in greenhouse vegetables and ornamentals... *Op. cit.*

⁵⁹ BLOM, J. van der; ROBLEDÓ, A.; TORRES, S. & SANCHEZ, J. A. *Op. cit.*

e a ausência de resíduos desses produtos.⁵² Segundo Lenteren & Bueno⁵³, existem vários estímulos para a adoção de estratégias de controle biológico como um componente do Manejo Integrado de Pragas (MIP), não somente para o mercado exportador de produtos, mas também para o uso mais regular de métodos sustentáveis de proteção de plantas em áreas com desenvolvimento de cultivos em casas de vegetação.

Cerca de 80% do controle biológico usado em cultivos protegidos em países europeus é direcionado para o controle de pragas em pepino, tomate e pimentão. Ainda mais, todos os cultivos dentro da horticultura usam juntos cerca de 90% dos inimigos naturais comercializados. Entretanto, desde o ano de 1990, o uso do controle biológico tem aumentado em flores de corte (gérbera, orquídeas, rosas e crisântemos) e nas plantas em vasos (poinsetia, antúrio) em casas de vegetação.⁵⁴ Um fato indicativo do sucesso deste método de controle é a drástica redução no uso de produtos fitossanitários: em cultivos de hortaliças esta redução variou entre 80 e 90%.⁵⁵

Em casas de vegetação na Europa, a mudança do controle químico para os mais avançados programas de Manejo Integrado de Pragas começou somente há 20 anos. Nos dias atuais, produtores europeus introduzem anualmente milhões de inimigos naturais para controle de pragas. Cerca de 230 espécies de organismos benéficos estão disponíveis comercialmente para controle de todos os insetos e ácaros-praga importantes. Nos principais cultivos de hortaliças, a maioria dos problemas com insetos pode ser resolvida sem o uso de inseticidas.⁵⁶ Lenteren⁵⁷ relata também que ainda existem milhares de espécies de inimigos naturais esperando para serem descobertos, e que o encontro de um novo agente de controle biológico é caracterizado por uma alta taxa de sucesso comparada à taxa obtida em controle químico.

Na Holanda, por exemplo, mais de 90% de todos os cultivos de tomate, pepino, pimentão e berinjela são produzidos com programas de MIP.⁵⁸ De acordo com Blom *et al.*⁵⁹, o controle biológico em Almeria (Espanha) tem sido aplicado em pequena escala desde cerca de 15 anos atrás, inicialmente com resultados um tanto imprevisíveis. Entretanto, devido à disponibilidade de novos agentes de controle biológico e à crescente experiência na implementação do MIP, o sistema tornou-se tecnicamente viável e economicamente mais atrativo. O controle biológico foi recentemente implementado em cerca de 50% dos mais importantes cul-

⁶⁰ SAMPSON, C.; EEKHOFF, D.; PARRA, R. H. & LEWIS, J. The economic benefits of adopting integrated pest management in protected pepper, chrysanthemum and strawberry crops. *IOBC/WPRS Bulletin*, 49: 15-20, 2009.

⁶¹ MACDOUGALL, P. *The costs of new agrochemical product discovery: development and registration in 1995, 2000 and 2005-8; R&D expenditure in 2007 and expectations for 2012. Consultancy study for Crop Life America and European Crop Protection Association*, 2010.

⁶² LENTEREN, J. C. van. The state of commercial augmentative... *Op. cit.*

Vanda Helena Paes Bueno é bióloga, doutora em Ciências (Entomologia) e professora titular do Departamento de Entomologia da Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais.
vhpbueno@den.ufla.br

Joop C. van Lenteren é ecólogo, PhD em Ecologia e professor titular do Laboratório de Entomologia da Universidade de Wageningen, The Netherlands.
joop.vanlenteren@wur.nl

tivos em casas de vegetação em Almeria, incluindo virtualmente todos os cultivos de pimentões. Sampson *et al.*⁶⁰ reportaram que, com o desenvolvimento de programas efetivos, os custos do controle biológico e os custos de programas de MIP foram reduzidos. Isso se deveu a presença de pouquíssimos resíduos de inseticidas, como o imidacloprid, os quais afetavam o estabelecimento de inimigos naturais em cultivos protegidos. Em 2008, o uso médio por produtores de pimenta em Almeria era de 2,25/m² de *Orius laevigatus*, 60/m² de *A. swirskii*, 2/m² de *Eretmocerus mundus* e 0,15/m² de *Aphidius colemani*. Os custos do programa de MIP foram 30% menores do que o controle químico. Os mesmos autores também mostraram que, na Holanda, em cultivos protegidos de crisântemo, os custos de programas de MIP foram maiores do que o controle químico, mas que as produções não foram diferentes estatisticamente. Entretanto, os retornos financeiros para os produtores foram 3% (com liberação de *N. cucumeris*) e 7% (com pulverizações de Botanic Gard) maiores usando MIP. MacDougall⁶¹ relata que a taxa de sucesso do controle químico decresceu de 1:50.000, em 1995, para 1:140.000, em 2008, enquanto os custos do desenvolvimento têm aumentado significativamente durante as últimas décadas. Já os custos do desenvolvimento do controle biológico, de acordo com Lenteren⁶², são uma fração dos valores usados para o controle químico; as taxas de benefícios/custos para controle biológico inoculativo são muito mais altas do que para o controle químico, o que também é aplicável ao controle biológico aumentativo comercial.

Assim, nos locais em que programas de MIP têm sido desenvolvidos, integrando agentes de controle biológico para o controle de pragas em cultivos protegidos, o custo é mais efetivo e sustentável em comparação ao uso exclusivo de inseticidas. A prática demonstra que os produtores podem ser relutantes em adotar MIP se perceberem que é mais caro e complicado do que programas com controle químico. No entanto, conforme tem sido demonstrado nos dias atuais, mesmo onde os custos são maiores, a maior efetividade do controle da praga, a produção e a qualidade da mesma resultam em maiores retornos para os produtores. O controle biológico de pragas tem, desta maneira, um papel extremamente importante como metodologia confiável e segura para ser usado em cultivos protegidos.



**A natureza trabalha com perfeição.
Nós, com qualidade.**

GRÁFICA EDITORA
Pallotti
IMAGEM DE QUALIDADE

Avenida Presidente Vargas - 115
Bairro Patronato - Santa Maria - RS
(55) 3220.4500