

# ○ 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.<sup>1</sup> 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.<sup>2</sup> 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*<sup>3</sup>, *Natural enemies handbook: the illustrated guide to biological pest control*<sup>4</sup>, *Controle biológico no Brasil: parasitoides e predadores*<sup>5</sup> e *Natural enemies: an introduction to biological control*<sup>6</sup>. 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.

<sup>1</sup> 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.

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

<sup>3</sup> 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.

<sup>4</sup> 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.

<sup>5</sup> 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.

<sup>6</sup> 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.

<sup>7</sup> 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.

<sup>8</sup> 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.

<sup>9</sup> 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.

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

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

<sup>12</sup> 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.<sup>7</sup> Singularmente para espécies do Brasil e América do Sul<sup>8</sup>, concentram-se na biologia, comportamento e ecologia da família,<sup>9</sup> além da utilização<sup>10</sup> e modelagem da interação presa-predador<sup>11</sup>. 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.<sup>12</sup> Sobre a família Cicindelidae, também considerada como Carabidae, existe um periódico específico denominado *Cicindela*<sup>13</sup>, 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*<sup>14</sup>, 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 biológico<sup>15</sup>.

## 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 Brasil<sup>16</sup>, estão em 31 capítulos publicados no livro *Lacewings in the crop environment*<sup>17</sup>.

## 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*<sup>18</sup>,

- <sup>13</sup> Disponível em: <http://beetlesinthebush.wordpress.com/2010/08/20/cicindela-a-quarterly-journal-devoted-to-cicindelidae/>
- <sup>14</sup> SCHAEFER, C. W. & PANIZZI, A. R. (Eds.). *Heteroptera of economic importance*. Boca Raton: CRC Press, 2000.
- <sup>15</sup> 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.
- <sup>16</sup> 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.
- <sup>17</sup> McEWEN, P. K.; NEW, T. R. & WHITTINGTON, A. E. (Eds.). *Lacewings in the crop environment*. Cambridge: Cambridge University Press, 2001.
- <sup>18</sup> Disponível em: <http://www.hymenopterists.org/publications.php> e <http://www.csuchico.edu/biol/Sociobiology/sociobiologyindex.html>
- <sup>19</sup> 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 específicas<sup>19</sup>. 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.<sup>20</sup>

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.<sup>21</sup> Comuns nos agroecossistemas, atuam tanto no solo quanto no dossel das plantas.<sup>22</sup> Um dos estudos mais completos sobre biologia, ecologia e comportamento de formigas pode ser encontrado em *The Ants*.<sup>23</sup>

### 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.<sup>24</sup> 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.<sup>25</sup> 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.<sup>26</sup> 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).<sup>27</sup>

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

<sup>20</sup> 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.

<sup>21</sup> WAY, M. J. & KHOO, K. C. *Op. cit.*

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

<sup>23</sup> “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.

<sup>24</sup> 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.<sup>28</sup> 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*<sup>29</sup>. Caso o interesse seja um enfoque mais específico, várias são as referências.<sup>30</sup>

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.<sup>31</sup>

## 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-

<sup>25</sup> 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.

<sup>26</sup> 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)

<sup>27</sup> 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.

<sup>28</sup> 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.

<sup>29</sup> *Informe Agropecuário* n. 104, 1983; n. 167, 1991; n. 252, 2009.

<sup>30</sup> 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.<sup>32</sup>

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 presas<sup>33</sup> –, 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 praga<sup>34</sup>, 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.

<sup>31</sup> 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.

<sup>32</sup> 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.

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

<sup>34</sup> 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.<sup>35</sup>

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.<sup>36</sup> 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 joaninhas<sup>37</sup> e percevejos predadores<sup>38</sup> 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

<sup>35</sup> 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.

<sup>36</sup> 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.

<sup>37</sup> 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.

<sup>38</sup> 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.

<sup>39</sup> 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”.<sup>39</sup> 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.<sup>40</sup> 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.<sup>41</sup>

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.<sup>42</sup> 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-presas.<sup>43</sup> 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.
- <sup>40</sup> 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.
- <sup>41</sup> 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.
- <sup>42</sup> 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.
- <sup>43</sup> KLEMOLA, T. *et al., Op. cit.*  
DWYER, G. *et al., Op. cit.*  
MAY, R. M. *Op. cit.*  
STILING, P. & CORNELISSEN, T. *Op. cit.*
- <sup>44</sup> Ver nota 6.
- <sup>45</sup> 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.
- <sup>46</sup> 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.
- <sup>47</sup> Ver nota 36.
- <sup>48</sup> 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,<sup>44</sup> 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.<sup>45</sup> 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.<sup>46</sup> 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.<sup>47</sup> A alimentação em plantas e produtos de plantas tratadas com produtos sistêmicos pode afetar os inimigos naturais.<sup>48</sup> 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.<sup>49</sup> Esse fato pode explicar a redução daqueles predadores quando do uso de inseticidas sistêmicos em lavouras de algodão, por exemplo.<sup>50</sup>

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.<sup>51</sup> 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

<sup>49</sup> 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.

<sup>50</sup> 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].

<sup>51</sup> 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.

<sup>52</sup> 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].

<sup>53</sup> 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.<sup>52</sup>

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.<sup>53</sup>

### 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.<sup>54</sup> 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 sistêmica<sup>55</sup>, sendo capazes de induzir plantas sadias adjacentes a aumentar suas defesas contra a herbivoria.<sup>56</sup> 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*.<sup>57</sup>

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.

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

<sup>55</sup> 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.

<sup>56</sup> 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.

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

<sup>58</sup> 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.

<sup>59</sup> 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.<sup>58</sup>

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 hospedeiro<sup>59</sup>, 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.<sup>60</sup>

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.<sup>61</sup> 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.<sup>62</sup> 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) |
|--|--|----------------------------|-------------------------|
| <b>Coleoptera</b><br>Cleridae<br><i>Thanasimus dubius</i>  | <i>Ipis pini</i><br><i>Ipis grandicollis</i><br>(Col.: Scolytidae) | <i>Pinus</i> sp.           | 71, 87                  |
| Histeridae<br><i>Platysoma cylindrica</i>  |  |                            |                         |
| Tenebrionidae<br><i>Corticeus parallelus</i>   |  |                            |                         |
| Coccinellidae<br><i>Coccinella septempunctata</i>  | <i>Rhopalosiphum padi</i><br>(Hem.: Aphididae)                     | <i>Hordeum vulgare</i>     | 68                      |
| <b>Hemiptera</b><br>Geocoridae<br><i>Geogoris pallens</i>  | <i>Manduca sexta</i><br>(Lep.: Sphingidae)                         | <i>Nicotiana attenuata</i> | 61                      |
|  | <i>Lema daturaphila</i>  | <i>Datura wrightii</i>     | 52                      |
| Miridae<br><i>Cyrtorhinus lividipennis</i>   | <i>Nilaparvata lugens</i><br>(Hem.: Delphacidae)                   | <i>Oryza</i> sp.           | 71                      |
| Pentatomidae<br><i>Podisus maculiventris</i><br><i>Perillus bioculatus</i>   | <i>Leptinotarsa decemlineata</i><br>(Col.: Chrysomelidae)          | <i>Solanum tuberosum</i>   | 70                      |
| Anthocoridae<br><i>Orius laevigatus</i>  | <i>Frankliniella occidentalis</i><br>(Thys.: Thripidae)            | <i>Cucumis sativus</i>     | 88                      |
| <b>Diptera</b><br>Syrphidae<br><i>Allograpta obliqua</i> ,<br><i>Eupeodes americanus</i> ,<br><i>E. volucris</i> ,<br><i>Syrphus opinator</i> ,<br><i>Scaeva pyrastris</i> ,<br><i>Sphaerophoria sulphuripes</i> ,<br><i>Toxomerus occidentalis</i> ,<br><i>Platycheirus stegnus</i> |  | <i>Brassica nigra</i>      | 75                      |
| <b>Neuroptera</b><br><i>Chrysoperla carnea</i>   | <i>Acyrtosiphon pisum</i><br>(Hem.: Aphididae)                     | <i>Medicago sativa</i>     | 89                      |

- <sup>60</sup> 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.
- <sup>61</sup> KESSLER, A. & BALDWIN, I. T. Defensive function of herbivore-induced plant volatile emissions in nature. *Science*, vol. 291, p. 2.141-2.144, 2001.
- <sup>62</sup> 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.
- <sup>63</sup> NORDLUND, D. A.; JONES, R. L. & LEWIS, W. J. (Eds.). *Semiochemicals: Their role in pest control*. John Wiley & Sons, 1981.
- <sup>64</sup> 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.
- <sup>65</sup> 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.
- <sup>66</sup> 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.
- <sup>67</sup> 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.<sup>63</sup> Por exemplo, adultos de *Chrysopa cognata* foram capturados em armadilhas contendo componentes do feromônio sexual de pulgões<sup>64</sup> e joaninhas predadoras, entre elas *Coccinella septempunctata*, que são atraídas pelo feromônio de alarme de pulgões (E)- $\beta$ -farneseno<sup>65</sup>, bem como pelo “honeydew”. Contudo, esta atratividade é significativamente aumentada quando os voláteis de plantas infestadas por pulgões estão presentes.<sup>66</sup> Resultados semelhantes foram obtidos para outras espécies de joaninhas predadoras como *Harmonia axyridis*, *Diomus* sp. e *Exochomus* sp.<sup>67</sup> 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 batata<sup>68</sup>, e o percevejo predador de ovos, *Cyrtorhinus lividipennis*, em plantas de arroz infestadas por cigarrinhas *Nilaparvata lugens*<sup>69</sup>, 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.<sup>70</sup> 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*.<sup>71</sup> O mirceno e o 3-careno reduziram a atratividade dos predadores, enquanto o  $\alpha$ -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.

<sup>68</sup> DICKENS, J. C. Predator-prey interactions: olfactory adaptations of generalist and specialist predators. *Agriculture and Forest Entomology*, v. 1, p. 47-54, 1999.

<sup>69</sup> 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.

<sup>70</sup> 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.

<sup>71</sup> 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.

<sup>72</sup> 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*.<sup>72</sup> 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.<sup>73</sup> 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.<sup>74</sup>

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.<sup>75</sup> 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 promissora<sup>76</sup>; também é o caso da utilização de plantas capazes de emitir simultaneamente voláteis que repelem os herbívoros e atraem seus respectivos inimigos naturais<sup>77</sup>, 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

<sup>73</sup> 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.

<sup>74</sup> 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.

<sup>75</sup> 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.

<sup>76</sup> 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.

<sup>77</sup> 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.

<sup>78</sup> FREITAS, S. *Op. cit.*

<sup>79</sup> 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, crisopídeos<sup>78</sup> e percevejos predadores Asopininae.<sup>79</sup>

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

<sup>80</sup> FURLONG, M. J. & ZALUCKI, M. P. *Op. cit.*

<sup>81</sup> 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. & DRIESCHKE, 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.<sup>80</sup> Metodologias para a quantificação do impacto de inimigos naturais sobre populações de pragas têm sido revisadas e algumas apresentam praticidade<sup>81</sup> na sua aplicação, enquanto outras requerem maior instrumentação (biotecnologia)<sup>82</sup>. 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.

<sup>82</sup> 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.

<sup>83</sup> 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).

<sup>84</sup> URANO, S. *et al.*, *Op. cit.*

<sup>85</sup> GRAVENA, S. *Op. cit.*

<sup>86</sup> Ver nota 20.

<sup>87</sup> 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.

<sup>88</sup> 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.<sup>83</sup> 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.<sup>84</sup> 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 algodoeiro<sup>85</sup> e do cafeeiro<sup>86</sup>, 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-

<sup>89</sup> 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](mailto: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](mailto:christian@depa.ufrpe.br)