

The background features a grid of various insect illustrations, including beetles, flies, and other arthropods, rendered in a light green color against a darker green background. The insects are arranged in a regular pattern, with some appearing larger than others.

FUNDAMENTOS DE CONTROLE BIOLÓGICO DE INSETOS-PRAGA

Evoneo Berti Filho
Luciano Pacelli Medeiros Macedo

IFRN
Editora

Natal, 2011

**FUNDAMENTOS DE
CONTROLE BIOLÓGICO
DE INSETOS-PRAGA**

Presidente da República

Dilma Rousseff

Ministro da Educação

Fernando Haddad

Secretaria de Educação Profissional Tecnológica

Eliezer Moreira Pacheco

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia
do Rio Grande do Norte (IFRN)

Reitor

Belchior de Oliveira Rocha

Diretor do Campos Central de Natal

Enilson Araújo Pereira

Pró-Reitor de Pesquisa e Inovação

José Yvan Pereira Leite

Coordenador da Editora do IFRN

Samir Cristino de Souza

Conselho Editorial

Samir Cristino de Souza (Presidente)

André Luiz Calado de Araújo

Dante Henrique Moura

Jerônimo Pereira dos Santos

José Yvan Pereira Leite

Valdenildo Pedro da Silva

Evoneo Berti Filho

Luciano Pacelli Medeiros Macedo

**FUNDAMENTOS DE
CONTROLE BIOLÓGICO
DE INSETOS-PRAGA**

**Evoneo Berti Filho
Luciano Pacelli Medeiros Macedo**

IFRN
Editora ■■■■

Natal, 2011

Todos os direitos reservados

Nenhuma parte dessa publicação poderá ser reproduzida ou transmitida de qualquer modo ou por qualquer outro meio, eletrônico ou mecânico, incluindo fotocópia, gravação ou qualquer tipo de sistema de armazenamento e transmissão de informação, sem prévia autorização, por escrito, da Editora do IFRN.

Divisão de Serviços Técnicos.
Catalogação da publicação na fonte.
Biblioteca Sebastião Fernandes (BSF) – IFRN

B141f Berti Filho, Evoneo.
Fundamentos de controle biológico de insetos-praga /
Berti Filho Evoneo, Luciano Pacelli Medeiros Macedo. –
Natal : IFRN Editora, 2010.
108 p. : il.

ISBN 978-85-8161-012-2

1. Controle biológico 2. Agentes de controle biológico.
2. Tipos de controle biológico. 3. Macedo, Luciano Pacelli
Medeiros. I. Título.

CDU 632.981

EDITORAÇÃO, DIAGRAMAÇÃO E CAPA

Charles Bamam Medeiros de Souza

CONTATOS

Editora do IFRN

Av. Senador Salgado Filho, 1559, CEP: 59015-000

Natal-RN. Fone: (84)4005-2668/ 3215-2733

Email: editora@cefetrn.br

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1. INTRODUÇÃO | 7 |
| 2. HISTÓRICO DO CONTROLE BIOLÓGICO | 14 |
| 2.1. ENTOMOFAGIA | 14 |
| 2.2. ENTOMOPATOLOGIA | 16 |
| 2.3. USO DE INIMIGOS NATURAIS | 17 |
| 2.4. DINÂMICA POPULACIONAL EM CONTROLE BIOLÓGICO | 20 |
| 2.5. CONTROLE BIOLÓGICO NO BRASIL (ENTOMÓFAGOS E ENTOMOPATÓGENOS) | 22 |
| 3. CONTROLE BIOLÓGICO COMO MECANISMO DA DENSIDADE RECÍPROCA | 29 |
| 4. DEFINIÇÕES DE CONTROLE BIOLÓGICO | 32 |
| 5. VANTAGENS E LIMITAÇÕES DO CONTROLE BIOLÓGICO | 35 |
| 5.1. VANTAGENS | 35 |
| 5.2. LIMITAÇÕES | 35 |
| 6. TIPOS DE CONTROLE BIOLÓGICO | 37 |
| 6.1. CONTROLE BIOLÓGICO NATURAL | 37 |
| 6.2. CONTROLE BIOLÓGICO CLÁSSICO | 37 |
| 6.3. CONTROLE BIOLÓGICO APLICADO | 38 |
| 7. TIPOS DE AGENTES DE CONTROLE BIOLÓGICO | 40 |
| 7.1. PREDADOR | 40 |
| 7.2. PARASITOIDE | 48 |
| 7.3. PATÓGENO | 83 |
| 8. CONSIDERAÇÕES FINAIS | 97 |
| REFERÊNCIAS | 99 |

1 INTRODUÇÃO

O Controle Biológico é um vasto campo de estudos, baseado no fenômeno natural de muitas espécies viverem e se alimentarem de outros organismos, cujas populações são reguladas, e às vezes erradicadas de um ecossistema. Estas espécies são denominadas inimigos naturais e Linnaeus, em 1760, já afirmava que todo organismo tem seu inimigo natural. É, portanto, o aspecto mais importante no qual se deve focalizar a proteção das culturas agrícolas e florestais. Assim, Controle Biológico pode ser definido, de forma simples, como 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.

Harry Scott Smith, em 1919, foi o primeiro entomologista a usar a expressão “Controle Biológico”, para designar o uso de inimigos naturais no controle de insetos-praga (Wilson & Huffaker, 1976). Posteriormente, esta expressão foi usada para designar todas as formas de controle, alternativas aos produtos químicos, que envolvessem métodos biológicos, tais como o uso de variedades resistentes, rotação de culturas, antecipação ou retardamento das épocas de plantio e colheita, queima de restos de culturas, destruição de ramos e frutos atacados, liberação de machos estéreis, uso de atraentes e repelentes, uso de feromônios e de armadilhas. Entretanto, esta denominação para técnicas diversas não é unanimemente aceita pelos especialistas da área, que consideram o Controle Biológico como uma ciência que trata da ação de inimigos naturais na regulação das populações de seus hospedeiros (no caso de parasitoides e patógenos) e suas presas (no caso de predadores), sejam eles insetos-praga, ácaros ou ervas daninhas.

O termo praga é uma designação antropocêntrica dada a certos insetos e outros organismos, como os ácaros e as ervas daninhas, que afetam de modo adverso os valores ecológicos, sociais e econômicos

associados às atividades humanas (Coulson & Witter, 1984). Como conceito geral, praga é todo organismo vivo (principalmente os animais, como os insetos, os ácaros, os nematoides, muitos mamíferos, os pássaros e as plantas, como as ervas daninhas) que pode causar **danos diretos** quando ataca o produto a ser comercializado ou **indiretos** quando ataca estruturas vegetais que não serão comercializadas (folhas e raízes, por exemplo), mas que alteram os processos fisiológicos, provocando reflexos na produção. Além disso, também pode atuar indiretamente, transmitindo patógenos, especialmente vírus, facilitando a proliferação de bactérias e o desenvolvimento de fungos (fumagina) e outros patógenos ou injetando substâncias toxicogênicas durante o processo alimentar.

Em Entomologia, inseto-praga é aquele que causa dano econômico às áreas agrícolas, florestais, agropecuárias e urbanas, podendo ser vetor de doenças de plantas e animais sendo neste caso estudado em Entomologia Veterinária e Entomologia Médica respectivamente.

A Classe Insecta contém pelo menos 870.000 e talvez até 1.200.000 de espécies descritas, sendo de longe o maior táxon de animais. Nenhum outro táxon se aproxima e, de fato, apresenta mais do que o dobro do número de espécies que todos os outros táxons combinados. Entretanto, apesar da grande abundância de espécies de insetos, menos de 1% são considerados pragas. Apenas para se conhecer a Classe Insecta, basta mencionar que pertence ao Filo Arthropoda, possuindo o corpo dividido em três regiões distintas: cabeça, tórax e abdome. A cabeça apresenta um par de antenas (artrópodes díceros), dois olhos compostos, nenhum ou até três olhos simples (ocelos), aparelho bucal composto de lábios superior e inferior, mandíbulas, maxilas, epi e hipofaringe. Essas peças podem estar atrofiadas e modificadas em decorrência da evolução adaptativa, mas estão sempre expostas (ectognatos). O tórax é composto por três segmentos, todos com um par de pernas, além de apresentarem ou não asas no segundo e terceiro segmentos. Pelo número de pernas são considerados hexápodes (seis pernas) e, pelo número de asas, podem ser ápteros (sem asas),

dípteros (duas asas) ou tetrápteros (quatro asas). O abdome possui de seis a onze segmentos verdadeiros e termina ou não com apêndices sensoriais, locomotores e genitais, apresentando segmentação característica.

Mas, nem sempre o Controle Biológico é a resposta aos problemas de proteção, porque durante muitos anos ele recebeu uma parcela mínima dos recursos mundiais dirigido ao controle de pragas. Vale destacar que a partir da síntese do DDT, o mais poderoso inseticida organoclorado que o mundo já conheceu, o Controle Biológico foi esquecido completamente. Ao ser introduzido para uso no combate a pragas, o DDT terminou por mostrar que a natureza é vulnerável à intervenção humana. A maior parte dos pesticidas é efetiva contra um ou outro tipo de insetos, mas o DDT era capaz de destruir de imediato centenas de espécies diferentes de insetos. Este inseticida, cuja molécula foi sintetizada pela primeira vez em 1874, pelo químico alemão Othmar Zeidler, só ganhou notoriedade em 1939, quando outro químico, o suíço Paul Hermann Muller, descobriu suas propriedades inseticidas, o que lhe garantiu o Prêmio Nobel de Fisiologia e Medicina de 1948. Durante a II Guerra Mundial, o DDT tornou-se conhecido, pois foi utilizado pelas tropas americanas contra insetos causadores da malária e piolhos. Ao mesmo tempo, na Europa, começou a ser usado sob a forma de pó, eficiente contra pulgas e outros insetos pequenos.

Um fato histórico muito importante também correlacionado com o uso de pesticidas foi a Guerra do Vietnã, ocorrida entre os anos de 1954 e 1975. O país se dividiu em duas metades: o Vietnã do Norte, apoiado pelos soviéticos e chineses, e o Vietnã do Sul, fortemente armado pelos norte-americanos que para lá enviaram milhares de soldados. Dentre todas as armas de guerra presentes, destacaram-se os herbicidas desfolhantes (o mais famoso ficou conhecido como “agente laranja”), que foram utilizados pelos norte-americanos pela seguinte razão: como a resistência vietnamita era composta por bandos de guerrilheiros que se escondiam nas florestas, formando tocaias e armadilhas para os soldados americanos, a aspersão de nuvens de herbicidas por aviões fazia com que as árvores perdessem suas

folhagens, dificultando a formação de esconderijos. Contudo, essa operação militar aparentemente bem sucedida trouxe consequências ambientais e de saúde catastróficas para a população local, que foram:

a) Contaminação das águas dos rios e do mar, de todos os seres vivos presentes nesses ambientes e dos seres humanos pelo consumo desta água;

b) Os herbicidas que compõem o agente-laranja (2,4-D e 2, 4, 5-T) também são tóxicos a pequenos animais terrestres e aquáticos, assim como a muitos insetos benéficos para as plantas. O herbicida 2,4,5-T é sempre acompanhado da dioxina, que é o mais ativo composto causador de deformações em recém-nascidos que se conhece (efeito teratogênico), permanecendo no solo e na água por um período superior a um ano.

Em 1962, com a publicação do livro **Silent Spring** (Primavera Silenciosa), a autora Rachel Carson mostrou como o DDT penetrava na cadeia alimentar e acumulava-se nos tecidos gordurosos dos animais, inclusive do homem (detectado a sua presença até no leite humano), com o risco de causar câncer e dano genético. A grande polêmica movida pelo instigante e provocativo livro é que não só ele expunha os perigos do DDT, mas questionava de forma eloquente a confiança cega da humanidade no progresso tecnológico. Dessa forma, o livro ajudou a abrir espaço para o movimento ambientalista que se seguiu.

Além da penetração do DDT na cadeia alimentar e de seu acúmulo nos tecidos dos animais e do homem, Rachel Carson mostrou que uma única aplicação de DDT em uma lavoura matava insetos durante semanas e meses e não só atingia as pragas, mas um número incontável de outras espécies, permanecendo tóxico no ambiente mesmo com sua diluição pela chuva. Esta autora concluiu que o DDT e outros pesticidas prejudicavam irremediavelmente os pássaros e outros animais, e deixavam contaminado todo o suprimento mundial de alimentos. O mais contundente capítulo

do livro, intitulado “uma fábula para o amanhã”, descrevia uma cidade americana anônima na qual toda vida - desde os peixes, os pássaros, até as crianças - tinham sido silenciadas pelos efeitos insidiosos do DDT.

O livro causou alarme entre os leitores americanos. Como era de se esperar, provocou a indignação da indústria de pesticidas. Reações extremadas chegaram a questionar a integridade, e até a sanidade, de Rachel Carson. Porém, além de ela estar cuidadosamente munida de evidências a seu favor, cientistas eminentes vieram em sua defesa e, quando o Presidente John Kennedy ordenou ao comitê científico de seu governo que investigasse as questões levantadas pelo livro, os relatórios apresentados foram favoráveis ao livro e à autora. Como resultado, o governo passou a supervisionar o uso do DDT e este terminou sendo banido. A visão sobre o uso de pesticidas foi ampliada e a conscientização do público e dos usuários começou a acontecer. Logo, já não se perguntava mais “será que os pesticidas podem ser realmente perigosos?”, mas sim “quais pesticidas são perigosos?” Então, em vez dos defensores da natureza terem de provar que os produtos eram prejudiciais, foram os fabricantes que passaram a ter a obrigação de provar que seus produtos eram seguros.

A maior contribuição do livro Primavera Silenciosa foi a conscientização pública de que a natureza é vulnerável à intervenção humana. Poucas pessoas até então se preocupavam com problemas de conservação, a maior parte pouco se importava se algumas ou muitas espécies estavam sendo extintas. Mas o alerta de Rachel Carson era assustador demais para ser ignorado: a contaminação de alimentos, os riscos de câncer, de alteração genética, a morte de espécies inteiras. Pela primeira vez, a necessidade de regulamentar a produção industrial de modo a proteger o meio ambiente se tornou aceita.

No Brasil, no início dos anos 50, a introdução de inseticidas fosforados para substituir o uso do DDT, (excluir vírgula) veio acompanhada de um método cruel, que também era usado na aplicação do DDT. Foi

ensinado que para misturar o DDT, formulado como pó solúvel na água, o agricultor deveria usar o braço, com a mão aberta girando meia volta em um e outro sentido, para facilitar a mistura. Como o DDT tem uma dose letal alta (demanda uma alta absorção do produto para provocar a morte), somente cerca de 15 anos depois os problemas de saúde apareciam. Contudo, quando o agricultor tentava repetir a técnica com o Parathion, primeiro fosforado introduzido no país, caía morto, fulminado; fato que se repetiu em diversas regiões do país. Somente em meados da década de 70 começou o movimento ambientalista, resultando na proibição do uso agrícola dos pesticidas sintetizados à base de cloro.

Em 1989, a nova e rigorosa legislação passou a exigir o **Receituário Agrônômico**, visando ao uso adequado dos pesticidas (agrotóxicos). Felizmente, esta situação vem mudando gradativamente, com o crescente interesse pela preservação do ambiente e dos recursos naturais do planeta. Não obstante, o Controle Biológico é um tipo ideal de método de supressão de pragas, por se tratar de um fenômeno natural, efetivo na regulação das populações e esta mudança no número de indivíduos de uma população, causada por diversos fatores de mortalidade, é muito importante, pois toda população tem um potencial para crescer exponencialmente, mas nenhuma consegue, porque os inimigos naturais regulam a densidade.

Como indivíduos, os insetos raramente são pragas, mas quando a população da espécie ultrapassa certo nível de densidade que causa dano econômico, sua presença se torna indesejável e impõe a adoção de medidas de controle. A verdade é que quando o homem surgiu sobre a face da terra, hirsuto e desprovido de discernimento, ainda mal diferenciado dos antropóides, seus primos mais próximos, os insetos já se apresentavam altamente especializados e evoluídos, resultado de uma enorme anterioridade de vida sobre o planeta. Isto explica a razão da “invencibilidade” dos insetos face aos esforços fabulosos que a humanidade tem empregado para erradicá-los desde as mais remotas eras.

Tratando-se exclusivamente do controle Biológico, existe uma dicotomia no enfoque deste tipo de controle: Controle Biológico Natural, que é aquele que ocorre naturalmente, sem interferência humana, e Controle Biológico Clássico, que implica na manipulação de inimigos naturais pelo homem e geralmente se refere à introdução de um agente de controle, seja ele predador, parasitoide ou patógeno numa dada região.

2 HISTÓRICO DO CONTROLE BIOLÓGICO

O histórico do Controle Biológico, apresentado abaixo, foi adaptado dos trabalhos de Gomes (1962), Doult (1964), Hagen & Franz (1973), van den Bosch *et al.* (1982) e Alves *et al.* (1998a).

2.1. Entomofagia

Século III - Os chineses criavam e vendiam formigas da espécie *Oecophylla smaragdina* para controlar pragas dos citros.

1600 - Agricultores e naturalistas europeus observaram Carabidae e Coccinellidae alimentando-se de insetos.

1602 - Aldovandri publicou observações sobre o parasitismo de insetos, citando a emergência de *Apanteles glomeratus* (Hymenoptera: Braconidae) de lagartas de *Pieris rapae* (Lepidoptera: Pieridae), porém considerando os casulos de *Apanteles* como ovos.

1662 - Johannes Goedaert no seu livro **Metamorphosis et Historia Naturalis Insectorum** mostrou uma ilustração de vespas parasíticas emergindo de uma pupa de lepidóptero.

1701 - van Leuwenhoek mostrou um parasitoide de um himenóptero fitófago e afirmou, definitivamente, que era um parasitoide e que matara seu hospedeiro. **1706** - Antonio Vallisnieri descreveu a biologia de vários insetos parasíticos.

1750 - Réamur e Carl Degeer fizeram desenhos detalhados de muitos insetos entomófagos.

1758 - Linnaeus criou o sistema binomial de nomenclatura e descreveu, sistematicamente, muitos entomófagos.

1758 - Ratzeburg, pai da Entomologia Florestal, descreveu muitos Ichneumonidae parasitoides e chamou a atenção para a sua importância como inimigos de várias pragas florestais.

1870 - Riley descreveu, pela primeira vez, a biologia de muitos insetos entomófagos do Novo Mundo.

1904-1919 - Fabre descreveu, detalhadamente, a biologia de insetos parasitoides e predadores e seu comportamento.

1911 - Howard e Fiske escreveram sobre a importância dos inimigos naturais da mariposa-cigana, *Porthetria dispar* (Lepidoptera: Lymantriidae).

1935-1939 - Balduf fez a revisão de toda literatura dos insetos entomófagos das Ordens Coleoptera, Neuroptera e Lepidoptera.

1937 - Flanders esclareceu o autoparasitismo de himenópteros parasíticos.

1940 - Clausen publicou o livro **Entomophagous Insect**, resumindo a literatura sobre a biologia de insetos parasitoides e predadores.

1943 - Thompson iniciou a série de catálogos de insetos entomófagos, registrando seus hospedeiros e presas e referências na literatura.

1958 - Sweetman publicou o livro **Principles of Biological Control**, incluindo sinopses da biologia de insetos entomófagos.

1964 - Paul DeBach editou o livro **Biological Control of Insect Pests and Weeds**, incluindo a biologia de insetos entomófagos.

1973 - Askew publicou o livro **Parasitic Insects**, tratando exclusivamente do parasitismo em insetos.

1986 - Waage e Greathead editaram o livro **Insect Parasitoids** com vários enfoques sobre os parasitoides.

2.2. Entomopatologia

2700-2200 a.C. - Os chineses e os egípcios fizeram algumas referências a doenças do bicho-da-seda e de abelhas respectivamente. Posteriormente, os gregos demonstraram conhecer determinadas enfermidades desses insetos.

384-322 a.C. - Aristóteles descreveu, em seu livro **Historia Animalium**, enfermidades das abelhas cujos sintomas coincidem com os da podridão-da-cria.

Depois do nascimento de Cristo, as referências a doenças de insetos úteis foram feitas por Virgílio (70 d.C.) e Schirack (1771).

1664 - John Evelyn, no seu livro **Sylva**, fez a primeira recomendação de uso de um macerado de lagartas (provavelmente atacada por vírus) para o controle de uma praga de floresta.

1726 - Réamur realizou a primeira classificação de um entomopatógeno, identificando um fungo do Gênero *Cordyceps* atacando um lepidóptero.

1826 - Kirby introduziu um capítulo de doenças de insetos no livro **An Introduction to Entomology**.

1835 - Agostino Bassi, considerado o pai da Patologia de Insetos, comprovou que o fungo *Beauveria bassiana* era o causador de uma doença chamada

“muscardine branca”, muito importante para o bicho-da-seda.

1865 - Pasteur determinou como agente causal da pebrina do bicho-da-seda o protozoário *Nosema bombycis*.

1837 - Audoin realizou diversos trabalhos que provaram a patogenicidade de *Beauveria bassiana* para outros insetos.

1878-1879 - Metchnikoff elaborou o primeiro trabalho sobre o controle de pragas, utilizando o fungo *Metarhizium anisopliae* para o controle do besouro *Anisoplia austriaca* (Coleoptera: Scarabaeidae).

1888 - Klassiltchik, por sugestão de Metchnikoff, efetuou um experimento de controle do besouro-da-beterraba, *Cleonus punctiventris* (Coleoptera: Curculionidae), em condições de campo.

1911 - Berliner descobriu a bactéria *Bacillus thuringiensis*.

1945 - Foi montado o primeiro laboratório de Patologia de Insetos na Universidade da Califórnia, em Berkeley, sendo o Dr. Steinhaus o responsável pelo mesmo. Steinhaus é considerado um dos patologistas mais brilhante dos tempos atuais.

2.3. Uso de inimigos naturais

Século III - Chineses usaram formigas para o controle de pragas dos citros.

Séculos IV-VI - Formigas foram usadas contra formigas no Oriente Médio.

1730 - Réamur foi o primeiro a sugerir o uso de insetos entomófagos, da Família Chrysopidae, para manter estufas livres de pulgões.

1762 - Introdução do pássaro mainá, da Índia para Mauritius, com o intuito

de controle do gafanhoto-vermelho. Primeiro movimento intencional e internacional de introdução de um inimigo natural para controlar um inseto-praga.

1763 - Linnaeus, sob o pseudônimo de C.N. Nelin, propôs o Controle Biológico através de coleta e liberação de carabídeos, coccinelídeos, crisopídeos e afidiídeos. Um pentatomídeo predador foi proposto para combater o percevejo-de-cama.

1800 - Erasmus Darwin sugeriu o uso de inimigos naturais para o controle de insetos.

1815 - Kirby e Spence, no livro **An Introduction to Entomology**, salientaram o bom desempenho de parasitoides e predadores e escreveram um capítulo sobre doenças de insetos.

1840 - Boisgiraud fez os primeiros experimentos práticos no campo, liberando *Calosoma sycophanta* (Coleoptera: Carabidae) contra lagartas de mariposa e vários carabídeos e estafilinídeos contra dermápteros na França.

1844 - Antonio Villa ganhou uma medalha de ouro de uma sociedade italiana pelo controle de pragas de jardim, liberando carabídeos e estafilinídeos.

1850 - Asa Fitch, primeiro entomologista do Estado de Nova York e da América do Norte, descreveu várias espécies de insetos entomófagos e propôs a importação de parasitoides do Velho Mundo, de onde havia sido introduzida a mosca-do-trigo nos Estados Unidos.

1863 - Cochonilha do norte da Índia foi introduzida no sul para controlar uma espécie de cacto. Foi o primeiro caso de Controle Biológico de uma erva daninha.

1870 - Riley, primeiro entomologista da rede federal dos Estados Unidos, reconheceu os efeitos adversos dos inseticidas sobre os inimigos naturais,

lutando pela conservação deles. Foi o primeiro a transferir um artrópode predador internacionalmente, enviando um ácaro predador da filoxera-da-videira, dos Estados Unidos para a França em 1873.

1883 - Riley realizou, com sucesso, a primeira introdução internacional de um inseto parasitoide, *Apanteles glomeratus*, da Inglaterra para os Estados Unidos.

1874 - Leconte sugeriu o uso de patógenos para controlar insetos.

1888 - Primeiro sucesso espetacular do Controle Biológico Clássico. A cochonilha-australiana, *Icerya purchasi* (Hemiptera: Margarodidae), acidentalmente introduzida na Califórnia, estava destruindo a indústria citrícola. Albert Koebele foi mandado para a Austrália, de onde enviou a joaninha *Rodolia cardinalis* (Coleoptera: Coccinellidae) que, em um ano, controlou a praga, e em dois anos já se encontrava estabelecida na região.

1905 - Howard sucedeu Riley como chefe federal da Entomologia nos Estados Unidos, organizando um laboratório para o estudo da mariposa-cigana, com ênfase no Controle Biológico. Disciplinou o campo do Controle Biológico, reconhecendo o perigo da introdução de hiperparasitoides.

1920-1930 - Dodd foi o responsável pelo primeiro sucesso no Controle Biológico de Ervas Daninhas, na Austrália, com a introdução da mariposa *Cactoblastis cactorum* (Lepidoptera: Pyralidae) que eliminou o cactus *Opuntia* sp. numa vasta área.

1900-1950 - Smith foi o superintendente dos entomologistas na Califórnia, em 1913, responsável pela importação de insetos. Foi também o primeiro a desenvolver cultura massal e técnicas de colonização periódica. Em 1923, centraliza-se o Controle Biológico na Estação Experimental de Citros da Universidade da Califórnia, em Riverside, retendo-se o privilégio da introdução de inimigos naturais. Forma-se uma estação de Controle

Biológico da Universidade em Berkeley (Albany) em 1945. Estimula-se a Patologia de Insetos, contratando-se Steinhaus e organizando-se o primeiro programa de Controle Biológico de Ervas Daninhas nos Estados Unidos, com Huffaker da Universidade da Califórnia e Holloway do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos.

1964-1974 - O uso de inimigos naturais foi sumarizado por DeBach.

1972 - Sailer fez a revisão do Controle Biológico de Pragas do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, desde 1888.

1976 - Ridgway e Vinson editaram o livro **Biological Control by Augmentation of Natural Enemies**.

1977 - Coppel e Mertins publicaram o livro **Biological Insect Pest Supression**.

1978 - Clausen editou o livro **Introduced Parasites and Predators of Arthropod Pests and Weeds: a World Review**.

2.4. Dinâmica populacional em Controle Biológico

O Controle Biológico depende da pesquisa ecológica. Os chineses, já no século III, tinham consciência da cadeia de alimentos. O conceito da Natureza era baseado numa filosofia organicista, considerando-a como um todo, ao contrário dos velhos filósofos ocidentais que dissecavam os objetos até o átomo, o que se tornou a base da ciência ocidental moderna.

1700 - Réamur estava ciente de que o ambiente influenciava os insetos e vice-versa.

1760 - Linnaeus afirmou que cada organismo tem um inimigo natural.

1800 - Erasmus Darwin escreveu que lagartas de couve aumentavam em número de modo alarmante, mas que metade delas era anualmente destruída por ichneumonídeos parasíticos.

1803 - Malthus escreveu sobre a luta pela vida.

1837 - Kollar publicou um livro sobre História Natural para uso de silvicultores e jardineiros, na Alemanha, e assinalou que, além de mamíferos, pássaros e anfíbios, os insetos, em particular, mantinham um equilíbrio na natureza alimentando-se uns dos outros. Para se controlar pragas, deveria-se entender sua biologia, bem como seus inimigos naturais.

1859 - Charles Darwin publicou o livro **A Origem das espécies**, colocando em prática as idéias gerais da teoria da evolução, em que somente os mais fortes e os mais aptos conseguem sobreviver e a própria natureza se incumbem de proceder a essa seleção natural.

1900 - Forbes considerou as comunidades de plantas e animais como ecossistemas.

1908 - Woodworth publicou trabalho sobre o conceito de dependência da densidade.

1911 - Howard e Fiske referiram-se ao balanço natural das populações de insetos através da geração de agentes facultativos que causam a destruição de um número proporcionalmente maior de indivíduos, conforme o inseto considerado cresce em abundância.

1933 - Nicholson discorreu sobre modelos matemáticos de relação dependente da densidade entre populações de insetos parasitoides e predadores.

1935 - Smith propôs os termos fatores de mortalidade dependentes e independentes da densidade para reação negativa de regeneração da

população e para os fatores de mortalidade não associados com a densidade da população respectivamente.

1942 - Smith e DeBach organizaram o primeiro laboratório experimental para sistemas parasitoide-hospedeiro.

1950 - Huffaker foi o primeiro a desenvolver uma população de artrópode-predador em laboratório.

1959 - Hollinga referiu-se às respostas funcionais de insetos predadores, medidas experimentalmente.

1950-1960 - Morris, Messenger, Hughes e Varley trataram do uso de tabelas de vida para avaliar o impacto de inimigos naturais em laboratório e no campo.

1974 - Clark, Geier, Hughes e Morris publicaram o livro **The Ecology of Insect Populations in Theory and Practice**.

1975 - Ruesink estudou análise e modelo no manejo de pragas.

1982 - van den Bosch, Messenger e Gutierrez publicaram o livro **An Introduction to Biological Control**, um texto essencial para o assunto e que trata, entre outros enfoques, da análise de tabelas de vida na ecologia de populações.

2.5. Controle Biológico no Brasil (entomófagos e entomopatógenos)

O uso do Controle Biológico no Brasil é relativamente recente quando comparado com outros países. Poucos inimigos naturais foram introduzidos, mas alguns programas tiveram notável sucesso.

1921 - *Prospaltella berlesei* (Hymenoptera: Aphelinidae), importado dos Estados Unidos, controlou completamente a cochonilha-branca-do-pessegueiro, *Pseudaulacaspis pentagona* (Hemiptera: Diaspididae).

1923 - *Aphelinus mali* (Hymenoptera: Aphelinidae) foi introduzido do Uruguai para o controle do pulgão-lanífero da macieira, *Eriosoma lanigerum* (Hemiptera: Aphididae), com resultados animadores. Pestana referiu-se ao fungo *Penicillium anisopliae* como agente promissor no controle de *Tomaspis* spp. (Hemiptera: Cercopidae).

1928 - Adolfo Hempel introduziu a vespa-de-uganda, *Prorops nasuta* (Hymenoptera: Bethyidae), da África, para o controle da broca-do-café, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae).

1930 - Foi feita a primeira distribuição da vespa-de-uganda para algumas fazendas de Campinas, estado de São Paulo.

1932 - Oscar Monte encontrou a mosca-do-amazonas, *Metagonistylum minense* (Diptera: Tachinidae), parasitoide da broca-da-cana-de-açúcar, *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae), no Estado de Minas Gerais.

1933-1934 - Hempel afirmou que a liberação da vespa-de-uganda reduziu para 5% a infestação da broca-do-café na safra de 1933-1934.

1934 - Myers encontrou *Metagonistylum* parasitando *Diatraea* em gramíneas, nas margens do Rio Amazonas. Fonseca e Piza Júnior introduziram, da África Oriental, *Heterospilus coffeicola* (Hymenoptera: Braconidae), mas, como o parasitoide não se multiplicava em laboratório, o programa não teve continuidade. Bittancourt relatou a ocorrência de alguns fungos entomopatogênicos.

1937 - *Tetrastichus giffardianus* (Hymenoptera: Eulophidae) foi introduzido do Havaí, por Filippo Silvestri, para o controle da mosca-das-frutas, *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae), mas com poucos resultados.

1939 - Reiniger e Gomes observaram um ataque de *Aschersonia aleyrodis* sobre *Aleurothrixus floccosus* (Hemiptera: Aleyrodidae). Viêgas assinalou o fungo *Verticillium lecanii* sobre *Coccus viridis* (Hemiptera: Coccidae) e *Empusa dysderci* sobre *Dysdercus* sp. (Hemiptera: Pyrrhocoridae).

1942 - Souza estudou a biologia de *Paratheresia claripalpis* (Diptera: Tachinidae), parasitoide de lagartas da broca-da-cana.

1943 - Lepage publicou observações sobre fungos e uma bactéria atacando a escama-vermelha-dos-citros, *Aonidiella aurantii* (Hemiptera: Diaspididae), no estado de São Paulo.

1943-1945 - Pedrito Silva estudou o emprego de *Microbracon hebetor* (Hymenoptera: Braconidae) no controle da traça-do-cacau, *Cadra cautella* (Lepidoptera: Pyralidae).

1944 - Jefferson Rangel introduziu *Macrocentrus ancilivorus* (Hymenoptera: Braconidae), dos Estados Unidos, parasitoide da lagarta da mariposa-oriental-do-pessegueiro, *Grapholita molesta* (Lepidoptera: Olethreutidae). Mesquita, auxiliado por Robbs, estudou as possibilidades de controle da broca-do-café pelo fungo *Beauveria bassiana*.

1946 - Jalmirez Gomes e Américo Gonçalves iniciaram a multiplicação em laboratório de *Trichogramma minutum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae), parasitoide de ovos de Lepidoptera, para o controle da broca-da-cana.

1949 - Domingos Gallo estudou a biologia da mosca-do-amazonas, *Metagonistylum minense* (Diptera: Tachinidae), em Piracicaba, estado de São Paulo, e por meio de criação massal em laboratório liberou a mosca em canaviais.

1950 - Domingos Gallo fez a primeira permuta internacional de um inimigo natural, trocando espécimes da mosca-do-amazonas por espécimes da mosca-cubana, *Lixophaga diatraeae* (Diptera: Tachinidae), com o entomologista Scaramuzza, de Cuba.

1960 - Figueiredo e colaboradores obtiveram resultados animadores empregando *Bacillus thuringiensis* no controle dos lepidópteros: *Alabama argillacea*, *Mocis latipes* (Noctuidae), *Sylepta silicalis* e *Azochis gripusalis* (Pyralidae).

1962 - Realizou-se o primeiro Simpósio Brasileiro sobre Combate Biológico, no Instituto de Ecologia e Experimentação Agrícola, da Escola Nacional de Agronomia, no Rio de Janeiro, patrocinado pelo Ministério da Agricultura. Robbs publicou uma relação de doenças sobre insetos e ácaros da Baixada Fluminense.

1964 - A ocorrência epizootica de *Metarhizium anisopliae* sobre a cigarrinha-das-folhas, *Mahanarva posticata* (Hemiptera: Cercopidae) na região de Campos, estado do Rio de Janeiro, começou a chamar a atenção dos pesquisadores.

1966 - Bennett e Gallo recomendaram o fungo *Metarhizium anisopliae* para o controle da cigarrinha-das-folhas no Nordeste.

1967 - Introdução de *Neodusmetia sangwani* (Hymenoptera: Encyrtidae) para o controle da cochonilha-do-capim, *Antonina graminis* (Hemiptera: Pseudococcidae).

1969 - Com os problemas decorrentes da introdução da cigarrinha-das-folhas no Nordeste, o fungo *Metarhizium anisopliae* passou a ser estudado por diversos centros de pesquisas, como Codecap, IPA e IAA/Planalsucar.

1971-1973 - Domingos Gallo, Roger N. Williams e Evoneo Berti Filho

introduziram do “Commonwealth Institute of Biological Control”, de Trinidad e Tobago, os himenópteros parasitoides *Phanerotoma* sp. (Braconidae), *Tetrastichus spirabilis* (Eulophidae) e *Trichogrammatoidea nana* (Trichogrammatidae) para o controle da broca-do-cedro; *Hypsipyla grandella* (Lepidoptera: Pyralidae), *Itopectis narangae* (Ichneumonidae), *Pediobius furvus* (Eulophidae), *Apanteles flavipes* e *Apanteles sesamiae* (Braconidae) para o controle da broca-da-cana-de-açúcar; o díptero *Eucelatoria* sp. (Tachinidae) para o controle de *Heliothis* sp. (Lepidoptera: Noctuidae); e o predador *Cryptolaemus montrouzieri* (Coleoptera: Coccinellidae) para o controle de *Dysmicoccus* sp. (Hemiptera: Pseudococcidae).

1978-1982 - O Centro Nacional de Pesquisa do Trigo (CNPT) da Embrapa, em Passo Fundo, estado do Rio Grande do Sul, introduziu 14 espécies de himenópteros parasitoides e duas espécies de coccinélídeos predadores para o Controle Biológico dos pulgões do trigo.

1983 - O Departamento de Entomologia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - ESALQ, em Piracicaba, estado de São Paulo, iniciou o Programa de Controle Biológico da broca-da-cana-de-açúcar com os parasitoides de ovos, *Trichogramma* spp. (Hymenoptera: Trichogrammatidae).

1984 - O Departamento de Entomologia da ESALQ introduziu o parasitoide *Spalangia endius* (Hymenoptera: Pteromalidae), da Flórida, Estados Unidos, para iniciar o Programa de Controle Biológico da mosca-doméstica em áreas avícolas.

1990 - *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) foi introduzido da Colômbia para controlar a traça-do-tomate, *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae), em tomateiro industrial.

1994 - *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae) para controlar as moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae).

1994-1995 - *Apoanagyrus diversicornis*, *Acerophagus coccois* e *Aenasius vexans* (Hymenoptera: Encyrtidae) para controlar a cochonilha-da-mandioca, *Phenacoccus herreni* (Hemiptera: Pseudococcidae).

1998 - *Ageniaspis citricola* (Hymenoptera: Encyrtidae) foi introduzido da Flórida, Estados Unidos, por um grupo de pesquisadores da ESALQ/USP, Fundecitrus, Embrapa e Gravena-ManEcol com a colaboração da Dra. Marjorie Hoy, para controlar o minador-dos-citros, *Phyllocnistis citrella* (Lepidoptera: Gracillariidae). Sérgio Batista Alves editou o livro **Controle Microbiano de Insetos**, enfocando o controle microbiano como componente indispensável de qualquer programa de Manejo Integrado de Pragas (MIP); trata-se de uma obra abrangente, elaborada por 45 especialistas do Brasil e do Exterior.

2002 - Parra, Botelho, Corrêa-Ferreira e Bento editaram o livro **Controle Biológico no Brasil: Parasitoides e Predadores**, incluindo conceitos básicos, os casos de sucesso ocorridos no Brasil, possíveis associações do Controle Biológico com outras alternativas de controle e avaliação sobre o futuro da utilização de inimigos naturais para o controle de pragas.

2006 - Pinto, Nava, Rossi e Malerbo-Souza organizaram o livro **Controle Biológico de Pragas na Prática**, abordando a utilização de predadores, parasitoides e entomopatógenos, além de avaliar os programas em prática no Brasil e discutir acerca das inovações tecnológicas no setor e relacionar outras táticas com o Controle Biológico. Ainda nesse mesmo ano, De Bortoli, Boiça Junior e Oliveira editaram o livro **Agentes de Controle Biológico – Metodologias de Criação, Multiplicação e Uso**, fruto do curso “Agentes de Controle Biológico - Predadores, Parasitoides e Entomopatógenos – Metodologias de Criação, Multiplicação e Uso no Controle de Pragas”, realizado em novembro de 2005 no Centro de Convenções da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal (FCAV/UNESP).

2009 - Bueno organizou a segunda edição do livro **Controle Biológico de**

Pragas – Produção e Controle de Qualidade. A obra é bastante atual e trata de três assuntos de grande relevância para o Controle Biológico moderno: criação massal, controle de qualidade, regulamentação e riscos da introdução de inimigos naturais, sejam predadores, parasitoides ou entomopatógenos, evidenciando a evolução do Controle Biológico no Brasil.

3

CONTROLE BIOLÓGICO COMO MECANISMO DA DENSIDADE RECÍPROCA

O Controle Biológico é considerado o componente fundamental do equilíbrio da natureza, cuja essência se baseia no **mecanismo da densidade recíproca**, que pode ser explicado da seguinte maneira: o aumento da densidade populacional de um inseto-praga implica em maior quantidade de alimento disponível aos seus inimigos naturais, cujas populações também aumentam, provocando um decréscimo na densidade da praga e na disponibilidade de alimento, o que acarretará uma queda dos níveis populacionais destes inimigos naturais, permitindo que a população da praga se recupere e volte a crescer. Desta forma, os inimigos naturais, no caso predadores ou parasitoides, são **agentes de mortalidade dependentes da densidade populacional do inseto-praga**. Por outro lado, alguns fatores ambientais de mortalidade, como temperatura, umidade, luminosidade e precipitação, agem independentemente da densidade populacional da praga, pois uma ocorrência climática desfavorável pode surgir quando a densidade da praga é alta ou baixa, sendo assim considerados **agentes de mortalidade independentes da densidade populacional do inseto-praga**. Portanto, é possível detectar o efeito da mudança de diferentes fatores ambientais, dependentes e independentes da densidade populacional de um inseto-praga, em diferentes ambientes.

O Controle Biológico é, então, uma extensão do controle natural. Em cada ecossistema existem espécies abundantes e espécies raras e geralmente cada espécie mantém um *status* numérico, mais ou menos constante, por longos períodos de tempo. As flutuações numéricas só são extremas naqueles ecossistemas que contêm poucas espécies. É evidente que o número de indivíduos de cada população flutua com certa amplitude, mas tais flutuações estão próximas da densidade populacional média que,

em um ambiente estável, não se altera muito.

O ambiente impõe um grande número de restrições complexas que interagem sobre a população, impedindo a expressão total da capacidade de crescimento da população, seja pela eliminação, antes que eles se reproduzam, de todos os indivíduos excedentes, daqueles necessários para manter a população numa densidade constante, ou pela diminuição da taxa de natalidade. Se ocorrer uma eliminação de indivíduos maior que o número de excedentes, a população vai decrescer, geração após geração, até que seja extinta. Por outro lado, se todos os excedentes não forem eliminados e a taxa de natalidade não for diminuída, a população crescerá, aumentando a densidade, a menos que ocorra uma dispersão. Em outras palavras, a taxa de ingresso (taxa de crescimento + taxa de imigração) e a taxa de egresso (taxa de mortalidade + taxa de emigração) de uma população devem estar estreitamente igualadas. Mais que a natalidade, a mortalidade é a que mais interfere na técnica de Controle Biológico.

Como já mencionado, alguns fatores ambientais de mortalidade agem independentemente da densidade populacional. Por exemplo, catástrofes climáticas locais podem ocorrer quando a densidade é alta ou baixa. A mortalidade assim causada não está relacionada à densidade populacional, embora na maioria das populações alguns indivíduos sempre ocupem um número pequeno e constante de situações favoráveis especiais e provavelmente sobrevivam, enquanto os outros morrem. Nestas condições, o número de sobreviventes deveria permanecer moderadamente constante, qualquer que fosse a densidade populacional antes da catástrofe e a mortalidade variaria diretamente com a densidade populacional.

Outros fatores de mortalidade estão mais obviamente relacionados com a densidade populacional, aumentando em severidade conforme a população aumenta, e diminuindo conforme a população decresce, como acontece no parasitismo. Com o aumento da densidade do hospedeiro, os parasitoides, tendo mais alimento disponível, também são capazes de aumentar e o fazem provocando um aumento constante na porcentagem de parasitismo e, eventualmente, impedem o aumento da população do

hospedeiro, causando um declínio deste. Subseqüentemente, a população do parasitoide também declina, permitindo que o hospedeiro se recupere. Entretanto, inevitavelmente, ocorre um retardamento entre uma mudança na população do hospedeiro e uma resposta numérica na população do parasitoide.

Os fatores que são independentes da flutuação da densidade, tais como o clima, poderão manter uma população da praga, pelo menos por algum tempo, entre os limites abaixo do nível no qual os fatores dependentes da densidade tivessem um efeito observável ou, num ambiente mais estável, os fatores independentes da densidade poderiam estabelecer o nível geral de abundância de uma espécie, no qual a densidade da praga seria regulada pelos fatores dependentes da densidade. Entretanto, parece que quando uma população é mantida entre níveis de densidade relativamente próximos por longos períodos, ela está sendo controlada pela mortalidade dependente da densidade. É possível, assim, esquematizar o efeito relativo da mudança de diferentes fatores ambientais, dependentes e independentes da densidade de uma população, em diferentes tipos de ambientes (Figura 1).

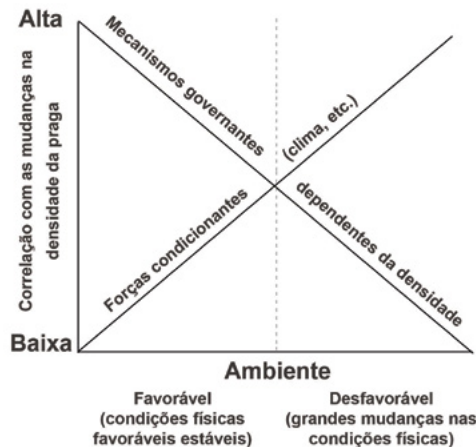


Figura 1. Representação esquemática convencional, mostrando a relação das forças condicionantes do controle natural, dos tipos dependente e independente da densidade populacional, às mudanças na densidade de populações em ambientes constantemente favoráveis e em ambientes onde ocorrem grandes flutuações (Huffaker & Messenger, 1964).

4 DEFINIÇÕES DE CONTROLE BIOLÓGICO

Desde que Harry Scott Smith usou a expressão Controle Biológico pela primeira vez, em 1919, muitas definições têm sido apresentadas para este tipo de controle. Segundo alguns autores, Controle Biológico é o uso de predadores, parasitoides e patógenos no controle de pragas. Outros incluem na definição o uso de feromônios, resistência de plantas, técnica do macho estéril, reguladores de crescimento, inseticidas de origem vegetal e inseticidas biológicos à base de patógenos. Todavia, conforme já referido anteriormente, tais inclusões não são totalmente aceitas.

Para DeBach (1964), Controle Biológico é a ação de parasitoides, predadores ou patógenos que mantém a densidade populacional de outros organismos numa média mais baixa do que ocorreria em sua ausência; van den Bosh *et al.* (1982) definem Controle Biológico como a regulação do número de plantas e animais por inimigos naturais ou, simplesmente, o restabelecimento do balanço da natureza.

De acordo com Caltagirone (1988), todas estas definições exprimem a idéia de que o fenômeno do Controle Biológico é unidirecional, isto é, em qualquer sistema submetido ao Controle Biológico, há uma população que é controlada (regulada) e uma que é controladora (reguladora); mas isto não é o que acontece nos sistemas naturais. Nos sistemas onde duas ou mais populações interagentes são reguladas pelas interações, estas são exploratórias (predação, parasitismo) e/ou competitivas. Por exemplo, caso se plantem roseiras num local onde antes elas não existiam, aparecem pulgões (Hemiptera) cujas populações aumentam rapidamente, mas tal situação não dura muito, pois logo aparecem os inimigos naturais, principalmente sirfídeos (Diptera), que predam os pulgões.

Com a redução do número de pulgões, ocorre uma redução no

número de ovos de sirfídeos, porque a densidade mais baixa de pulgões provoca a emigração de sirfídeos adultos. Se a densidade de larvas de sirfídeos for suficientemente alta, poderá ocorrer competição entre elas, resultando numa mortalidade maior que a normal entre os predadores, o que reduzirá a população do predador. Neste caso, qual é a população regulada? A do pulgão ou a do sirfídeo? Caltagirone (1988) afirma que ambas. E define Controle Biológico como a regulação de populações de organismos vivos resultante das interações antagônicas tais como parasitismo, predação e competição.

Em cada uma destas interações antagônicas existe uma curva de “*feedback*” negativo que é responsável pela regulação do sistema; esta curva assegura que, sob certas condições, os processos em um sistema são revertidos e, como resultado desta reversão, as condições mudam, de forma a restabelecer a condição original. Sistemas dirigidos por “*feedback*” positivo são unidirecionais, reforçando o processo e, eventualmente, levando ao colapso. Como exemplo, o uso sistemático de pesticidas: aplica pesticida, desenvolve resistência; aplica mais pesticida, resistência aumenta; pesticida não funciona mais, a praga fica incontrolável.

Populações colonizantes, durante o crescimento exponencial, podem ser dirigidas por mecanismos de “*feedback*” positivo. A taxa de aumento se torna cada vez maior, até o ponto em que os mecanismos de “*feedback*” negativo (interações antagônicas) retomam e regulam o nível populacional (Figura 2).

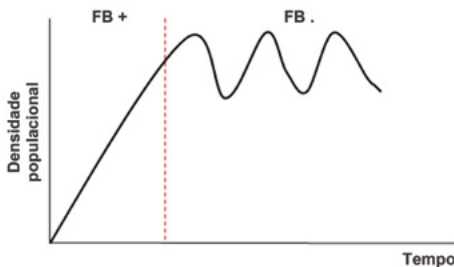


Figura 2. Esquema de uma população colonizante, mostrando o crescimento exponencial do início e a retomada e regulação do nível populacional pelas interações antagônicas (Caltagirone, 1988).

Portanto, a ocorrência de uma curva de “*feedback*” negativo poderia ser usada como critério, se duas ou mais populações, aparentemente interagindo, estão sendo reguladas como resultado da interação (Controle Biológico). este critério parece funcionar em todos os casos de Controle Biológico, Clássico e Natural.

5

VANTAGENS E LIMITAÇÕES DO CONTROLE BIOLÓGICO

O Controle Biológico é a técnica mais importante de proteção de plantas contra o ataque de artrópodes-praga, por ser efetivo, permanente, econômico e ecologicamente perfeito, mas tem, como qualquer outra atividade, algumas limitações. Wilson & Huffaker (1976) destacaram as seguintes vantagens e limitações:

5.1. Vantagens

a) Ausência de efeitos colaterais adversos, principalmente quando comparado com o controle químico; b) Alto nível de controle a baixo custo; c) Após a implantação, a um dado custo, é permanente a um custo zero ou muito reduzido; d) Ausência de efeitos prejudiciais ao homem, às plantas cultivadas, aos animais domésticos e selvagens e a outros organismos benéficos, como as abelhas; e) A capacidade do inimigo natural de se reproduzir rapidamente e procurar seus hospedeiros ou presas, sobrevivendo em densidades populacionais relativamente baixas destes; f) O não desenvolvimento de resistência aos inimigos naturais.

5.2. Limitações

a) Uma limitação básica é que a população do hospedeiro, ou da presa, continuará a existir a um nível determinado pelas propriedades do hospedeiro, ou da presa, e seus inimigos naturais e pelas propriedades do habitat. Se este nível ainda for economicamente importante, após o restabelecimento do inimigo natural, ele deverá ser abaixado por alguma forma de controle integrado, ou então o habitat ou o inimigo natural deverão ser manipulados de forma a torná-los mais eficazes, até que sejam descobertos e pesquisados inimigos naturais mais eficientes; b) A pesquisa necessária para a busca de uma solução de Controle Biológico é

geralmente exigente em termos de pessoal, científico e técnico, bem como de recursos financeiros, e a solução não pode ser previamente garantida. A pesquisa pode dar completa solução em poucos anos, mas pode se mostrar inadequada por muito tempo.

Apesar dessas limitações, a maior razão para desenvolver Controle Biológico como programa de proteção de culturas decorre dos crescentes níveis de resistência de muitas pragas aos pesticidas. As perdas provocadas por pragas e doenças nas culturas, em termos mundiais, são bastante elevadas e, juntamente com as plantas daninhas, chegam a causar prejuízos da ordem de 38%. Só no Brasil, as pragas podem ser responsáveis por perdas da ordem de 2,2 bilhões de dólares para as principais culturas (Bento, 1999).

Embora o Controle Biológico apresente a vantagem de não desenvolver resistência das pragas aos inimigos naturais, é mais efetivo em determinadas situações. Por exemplo, constatou-se que o número de sucessos obtidos em programas de Controle Biológico, até o momento, foi maior com pragas florestais do que com pragas agrícolas, com pragas sedentárias do que com pragas ativas e em ilhas do que em continentes.

6 TIPOS DE CONTROLE BIOLÓGICO

O Controle Biológico atende aos preceitos básicos da introdução, conservação e multiplicação, os quais determinarão os tipos de Controle Biológico.

6.1. Controle Biológico Natural

Segundo DeBach & Huffaker (1971), o Controle Biológico Natural refere-se à manutenção da densidade populacional, mais ou menos fluante, de um organismo, dentro de certos limites superiores e inferiores definidos por um período de tempo, pela ação de fatores ambientais bióticos e/ou abióticos. Estes limites, superiores e inferiores, e a densidade média mudarão de forma considerável somente se as ações dos fatores regulatórios forem alteradas ou se algumas forem eliminadas ou se novas forem incluídas. Portanto, o Controle Biológico Natural é essencialmente permanente, quando comparado com o controle químico que reduz as populações temporariamente, a menos que seja aplicado indefinidamente.

Em outras palavras, é o controle que atende ao preceito básico da **conservação** dos inimigos naturais por meio da manipulação ambiental (uso de pesticidas seletivos em épocas corretas, redução de dosagens de pesticidas, evitar não utilização de práticas culturais inadequadas, manutenção de habitat ou fontes de alimentação para inimigos naturais). É o controle recomendado para as culturas em geral, mas principalmente para aquelas com grande número de artrópodes-praga, pois os inimigos naturais são os responsáveis pela mortalidade natural no agroecossistema e conseqüentemente pelo nível de equilíbrio das pragas.

6.2. Controle Biológico Clássico

É o Controle Biológico que se consegue com a introdução de

inimigos naturais de um país para outro ou de uma região para outra muito distante. Atendendo, portanto, ao preceito da **introdução**. Pode ser definido também como a importação e colonização de parasitoides ou predadores, visando ao controle de pragas exóticas, eventualmente nativas.

As liberações para esse tipo de controle são inoculativas (liberações de pequeno número de insetos). A denominação de clássico deve-se ao primeiro sucesso de Controle Biológico Internacional, com a introdução da joaninha *Rodolia cardinalis* (Mulsant, 1850) (Coleoptera: Coccinellidae) da Austrália para o controle da cochonilha-australiana *Icerya purchasi* Maskell, 1879 (Hemiptera: Margarodidae) nos Estados Unidos, em 1888. Van den Bosch *et al.* (1982) ilustram um exemplo de Controle Biológico Clássico, após a introdução de um parasitoide (Figura 3).

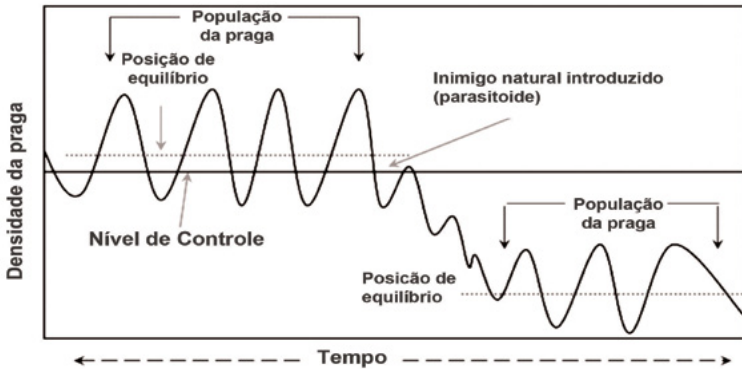


Figura 3. Controle Biológico Clássico, resultando na eliminação total de uma praga após a introdução de um parasitoide. Notar que não é o nível de controle (um artifício do homem) que é afetado pelo parasitoide introduzido, mas sim a população da praga (densidade populacional por um longo período), de acordo com van den Bosch *et al.* (1982).

6.3. Controle Biológico Aplicado

Consiste em liberações massais de parasitoides ou predadores, após sua produção em laboratório, objetivando uma rápida redução da população da praga para seu nível de equilíbrio. É o tipo de Controle

Biológico mais aceito pelos produtores, pois possui ação rápida, semelhante aos pesticidas convencionais. No passado, quando somente existia o Controle Biológico Clássico, devido às técnicas de criação de insetos serem incipientes, algumas das desvantagens apontadas no Controle Biológico eram a sua ação lenta e o fato de somente servir para culturas perenes ou semiperenes. Com o desenvolvimento do Controle Biológico Aplicado, tais desvantagens foram superadas. O Controle Biológico Aplicado refere-se ao preceito básico da **multiplicação** (criações massais), que evoluiu muito com o desenvolvimento das dietas artificiais para insetos, especialmente a partir da década de 70 do século passado.

Em países desenvolvidos, existem firmas que comercializam os inimigos naturais, sendo essa atividade comum nos Estados Unidos e em países europeus. No Brasil é uma atividade ainda incipiente, embora bastante promissora.

Qualquer que seja o tipo de Controle Biológico, ações deverão ser conduzidas para aumentar, proteger e manter as populações ou os efeitos benéficos dos inimigos naturais na área a ser implantado.

7 TIPOS DE AGENTES DE CONTROLE BIOLÓGICO

Os agentes de Controle Biológico ou inimigos naturais são referidos como **predadores**, **parasitoides** e **patógenos**, os quais já foram mencionados anteriormente; os dois primeiros são denominados **entomófagos** e o terceiro é chamado de **entomopatígeno**.

O **predador** é um organismo de vida livre durante todo o ciclo de vida, que mata a presa; usualmente é maior do que ela e requer, para seu completo desenvolvimento, mais de um indivíduo da presa. O **parasitoide** é um organismo que muitas vezes é do mesmo tamanho do hospedeiro, mata este e exige somente um indivíduo para completar o desenvolvimento, sendo o adulto de vida livre. **Patógeno** refere-se a um microrganismo que vive e se alimenta dentro ou sobre um organismo hospedeiro.

Além dos microrganismos como os fungos, as bactérias, os vírus e os protozoários, os nematoides, que não são microrganismos, também são considerados agentes entomopatogênicos usados no **Controle Microbiano**, que é uma parte do Controle Biológico estudada em **Patologia dos Insetos**.

7.1. Predador

Na Classe Insecta, a predação de inseto por inseto é mais frequente que o parasitismo. O número de Ordens que contêm espécies predadoras é 23, enquanto o de ordens com espécies parasíticas é 5. As Ordens nas quais não ocorrem espécies entomófagas são 6, mais parte de Hemiptera-Auchenorrhyncha e Sternorrhyncha (Quadro 1).

Quadro 1. Distribuição das formas predatórias, parasíticas e não entomófagas nas Ordens da Classe Insecta.

| ORDENS | ENTOMÓGRAFOS | | NÃO ENTOMÓGRAFOS |
|---------------------------|--------------|-------------|------------------|
| | PREDAÇÃO | PARASITISMO | |
| ARCHAEOGNATHA | X | | |
| THYSANURA | X | | |
| EPHEMEROPTERA | X | | |
| ODONATA | X | | |
| PLECOPTERA | X | | |
| EMBIOPTERA | | | X |
| ORTHOPTERA | X | | |
| GRYLLOBLATTODEA | X | | |
| PHASMATODEA | | | X |
| DERMAPTERA | X | | |
| BLATTODEA | X | | |
| MANTODEA | X | | |
| ISOPTERA | | | X |
| ZORAPTERA | | | X |
| PSOCOPTERA | X | | |
| PHTHIRAPTERA-MALLOPHAGA | | | X |
| PHTHIRAPTERA-ANOPLURA | | | X |
| THYSANOPTERA | X | | |
| HEMIPTERA-HETEROPTERA | X | | |
| HEMIPTERA-AUCHENORRHYNCHA | | | X |
| HEMIPTERA-STERNORRHYNCHA | | | X |
| RAPHIDIOPTERA | X | | |
| MEGALOPTERA | X | | |
| NEUROPTERA | X | | |
| MECOPTERA | X | | |
| TRICHOPTERA | X | | |
| LEPIDOPTERA | X | X | |
| DIPTERA | X | X | |
| SIPHONAPTERA | | | X |
| COLEOPTERA | X | X | |
| STREPSIPTERA | | X | |
| HYMENOPTERA | X | X | |
| MANTOPHASMATODEA | X | | |

Os predadores, após um ataque bem-sucedido, subjagam rapidamente a sua presa. Como consequência, esta é morta e consumida, resultando na interrupção do fluxo genético para a próxima geração. A inter-relação evolucionária existente entre os dois organismos ocorre durante a localização e o ataque da presa pelo predador e o comportamento furtivo

(camuflagem ou abrigo), fuga ou defesa por parte da presa. Geralmente, certo número de presas deve ser consumido para que o predador possa crescer e se reproduzir, sem ocorrer interação fisiológica entre ambos.

É importante destacar que o grande número de animais predadores de insetos inclui os ácaros predadores de ácaros fitófagos, as aranhas, os lagartos, as rãs, os sapos, os tatus, os morcegos, os pássaros e os peixes, que não são completamente aceitos como agentes de Controle Biológico em virtude da inespecificidade. Apenas a título de informação, os peixes já foram utilizados contra mosquitos e outros insetos; o sapo *Bufus marinus* foi introduzido em Porto Rico para o controle do bicho-bolo (Coleoptera: Scarabaeidae) da cana-de-açúcar com muito sucesso. Os ácaros das Famílias Phytoseiidae, Stigmaeidae, Cheyletidae, Anystidae, Ascidae, Bdellidae e Cunaxidae são predadores de outros ácaros, os fitófagos. O ácaro *Metaseiulus occidentalis* é um importante predador de ácaros fitófagos e apresenta certa resistência aos inseticidas organofosforados. Programas baseados na liberação do ácaro predador *Neioseius californicus* para controle dos ácaros *Tetranychus urticae* e *Panonychus ulmi* em pomares de maçã no sul do Brasil são exemplos de sucesso, tendo uma ótima aceitação pelos produtores.

Quanto à utilização de pássaros no Controle Biológico, este ainda é um assunto em discussão. Sabe-se que os pássaros são divididos em três grupos: **a) Graminívoros** (pombo, papagaio, pardal); **b) Insetívoros e Carnívoros** (falcão, coruja, gavião, andorinha, pica-pau) e, **c) Onívoros** (corvo, sanhaço). O que realmente existe de positivo é que eles só provaram ser úteis no controle de insetos em florestas.

Dada a controvérsia e a falta de dados a respeito da eficiência de outros animais predadores de insetos, este livro abordará apenas os insetos predadores.

Há dois tipos de insetos predadores quanto ao hábito alimentar:

a) Mastigadores: quando consomem a presa totalmente. Exemplos: Carabidae e Coccinellidae;

b) Sugadores: são aqueles que sugam os fluídos da presa. Exemplos: Chrysopidae, Reduviidae e Syrphidae. Geralmente estes predadores injetam uma poderosa toxina que imobiliza rapidamente a presa, de forma que eles se alimentam tranquilamente.

Quando se considera o número de espécies de presas atacadas, os predadores podem ser classificados em:

a) Oligófagos: quando consomem um número moderado de espécies. Exemplo: *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae);

b) Estenófagos: quando consomem um número restrito de espécies. Exemplos: Coccinellidae e Syrphidae que predam pulgões e;

c) Monófagos: apresentam alta especificidade de presa. Exemplo: *Rodolia cardinalis* que só preda a cochonilha *Icerya purchasi* e espécies afins.

Outro ponto importante a considerar sobre os insetos predadores é que eles não apresentam adaptações especializadas, como ocorre nos parasitoides. Tanto as larvas ou as ninfas como os adultos podem ser predadores ou exibir este hábito apenas num estágio. Embora as espécies de insetos predadores ocorram em várias Ordens (Quadro 1), é na Ordem Coleoptera que elas se encontram em maior número (Quadro 2).

Ocupam posição de destaque as joaninhas (Coccinellidae), os percevejos dos Gêneros *Orius*, *Geocoris*, *Nabis*, *Podisus* e *Zelus*, os lixeiros (*Ceraeochrysa* spp.), *Chrysoperla* spp., carabídeos, sirfídeos, tesourinhas, vespas, além de ácaros fitoseídeos e diversas espécies de aranhas. Dentre as famílias de predadores Anthocoridae, Pentatomidae, Reduviidae, Carabidae, Coccinellidae, Staphylinidae, Chrysopidae, Cecidomyiidae,

Syrphidae e Formicidae são as mais) comumente encontradas predando pragas (Gallo *et al.*, 2002).

Quadro 2. Insetos predadores e parasitoides, seus estágios predatórios ou parasíticos e suas presas ou hospedeiros (Adaptado de Hagen *et al.*, 1976).

| TAXA | ESTÁGIO | | |
|---------------------------|---------|--------|-----------------------------------|
| | IMATURO | ADULTO | |
| ARCHAEOGNATHA | | | |
| Machilidae | + | + | insetos moribundos |
| THYSANURA | | | |
| Lepismatidae | + | + | insetos moribundos |
| EPHEMEROPTERA | | | |
| 11 Famílias | + | - | fauna aquática |
| ODONATA | | | |
| 16 Famílias | + | + | fauna aquática e insetos diversos |
| PLECOPTERA | | | |
| Perlidae | + | - | insetos aquáticos |
| Perlodidae | + | - | insetos aquáticos |
| ORTHOPTERA | | | |
| Acrididae | + | + | gafanhotos |
| Gryllidae | + | + | diversos insetos |
| Tettigoniidae | + | + | diversos insetos |
| GRYLLOBLATTODEA | | | |
| Grylloblattidae | + | + | diversos artrópodos |
| DERMAPTERA | | | |
| Forficulidae | + | + | diversos insetos |
| Labiidae | + | + | diversos insetos |
| Labiuridae | + | + | diversos insetos |
| Pygidicranidae | + | + | diversos insetos |
| BLATTODEA | | | |
| Blattidae | + | + | artrópodos moribundos |
| MANTODEA | | | |
| Mantidae | + | + | diversos insetos |
| PSOCOPTERA | | | |
| Atropidae | + | + | diversos insetos |
| Liposcelidae | + | + | ovos de Lepidoptera |
| THYSANOPTERA | | | |
| Phloeothripidae | + | + | insetos pequenos, ovos e ácaros |
| Thripidae | + | + | insetos pequenos e ácaros |
| HEMIPTERA- HETEROPTERA | | | |

| TAXA | ESTÁGIO | | |
|-----------------|---------|--------|--|
| | IMATURO | ADULTO | |
| Belostomatidae | + | + | fauna aquática |
| Neididae | + | + | ovos de Lepidoptera |
| Corixidae | + | + | fauna aquática |
| Enicocephalidae | + | + | formigas |
| Lygaeidae | + - | + - | Hemiptera-Sternorrhyncha/Heteroptera, ovos de Lepidoptera e ácaros |
| Miridae | + | + - | Hemiptera-Sternorrhyncha/Heteroptera, Lepidoptera e ácaros |
| Nabidae | + - | + - | Hemiptera-Sternorrhyncha, Lepidoptera e ácaros |
| Naucoridae | + | + | fauna aquática |
| Nepidae | + | + | fauna aquática |
| Notonectidae | + | + | artrópodos aquáticos |
| Pentatomidae | + | + | Lepidoptera e Coleoptera |
| Pyrrhocoridae | + | + | miriápodos, Lepidoptera, Coleoptera e outros insetos |
| Reduviidae | + - | + - | diversos insetos |
| RAPHIDOPTERA | | | |
| Raphididae | + | + - | insetos sob casca de árvore |
| MEGALOPTERA | | | |
| Sialidae | + | - | fauna bêntica |
| Corydalidae | + | - | fauna bêntica |
| NEUROPTERA | | | |
| Ascalaphidae | + | + | diversos insetos e ácaros |
| Chrysopidae | + | + - | ovos e lagartas de Lepidoptera, ovos e ninfas de Hemiptera-Sternorrhyncha/Auchenorrhyncha, Thysanoptera, alguns besouros (Coleoptera), algumas Famílias de Hemiptera, como Flatidae, Aphididae e Aleyrodidae, além de ácaros |
| Coniopterygidae | + | + - | Hemiptera-Sternorrhyncha e ácaros |
| Hemerobiidae | + | + | ovos e lagartas de Lepidoptera, ovos e ninfas de Hemiptera-Sternorrhyncha |
| Mantispidae | + | + | diversos insetos e ovos de aranhas |
| Myrmeleontidae | + | + - | formigas e insetos de superfície de solo |
| Symphobiidae | + | + | Famílias Pseudococcidae e Psyllidae (Hemiptera) |
| MECOPTERA | | | |
| Bittacidae | + | + | diversos insetos pequenos |
| TRICHOPTERA | | | |
| Hydrobiosidae | + | - | fauna bêntica |
| LEPIDOPTERA | | | |
| Blastobasidae | + | - | Hemiptera: Coccidae |
| Heliodinidae | + | - | Hemiptera: Coccidae e ovos de aranhas |
| Cosmopterygidae | + | - | Hemiptera: Coccidae e larvas de formigas |
| Lycaenidae | + | - | Hemiptera-Sternorrhyncha associadas a formigas |
| Noctuidae | + | - | Hemiptera: Coccidae |
| Psychidae | + | - | Hemiptera: Coccidae |
| Pyralidae | + | - | Hemiptera-Sternorrhyncha, Lepidoptera e formigas |

| TAXA | ESTÁGIO | | |
|-----------------|---------|--------|--|
| | IMATURO | ADULTO | |
| Tortricidae | + | - | Hemiptera-Sternorrhyncha e ácaros |
| DIPTERA | | | |
| Nematocera | | | |
| Cecidomyiidae | + | - | Hemiptera-Sternorrhyncha, Thysanoptera e ácaros |
| Ceratopogonidae | + | - | ovos e larvas de Chironomidae (Diptera) |
| Chironomidae | + | - | invertebrados aquáticos e larvas de formigas |
| Culicidae | + | - | larvas de dípteros aquáticos e outros insetos |
| Mycetophilidae | + | - | dípteros adultos e outros insetos |
| Tipulidae | + | - | |
| Brachycera | | | |
| Asilidae | + | + | insetos de solo e outros |
| Bombyliidae | + | - | ovos de Orthoptera |
| Dolichopodidae | +/- | + | besouros encontrados em cascas e ácaros |
| Tabanidae | + | - | larvas de Scarabaeidae (Coleoptera) e fauna de solo |
| Xylophagidae | + | - | besouros encontrados em cascas |
| Anthomyidae | + | + | ovos de Orthoptera e diversos insetos |
| Calliphoridae | + | + | ovos de Orthoptera, cupins adultos e formigas |
| Chammaemyidae | + | - | Hemiptera-Sternorrhyncha |
| Drosophilidae | + | - | Hemiptera-Sternorrhyncha, ovos de aranhas e Scolytidae (Coleoptera) |
| Lonchaeidae | + | - | coleobrocas |
| Phoridae | + | - | Orthoptera, Lepidoptera, ovos de aranhas e Hemiptera: Coccidae |
| Sarcophagidae | + | - | pupas de Lepidoptera, ovos de gafanhotos e de aranhas |
| Syrphidae | + | - | Hemiptera-Sternorrhyncha, Lepidoptera, Coleoptera e Thysanoptera |
| COLEOPTERA | | | |
| Adephaga | | | |
| Carabidae | +/- | +/- | diversos insetos, miriápodos e caracóis |
| Cicindelidae | + | + | diversos artrópodos |
| Dytiscidae | + | + | fauna aquática |
| Gyrinidae | + | + | fauna aquática |
| Polyphaga | | | |
| Anthribidae | + | + | Hemiptera: Coccidae |
| Brentidae | + | +/- | coleobrocas |
| Cantharidae | + | + | artrópodos de solo e pulgões |
| Cleridae | + | +/- | coleobrocas, lagartas de Lepidoptera, larvas de Hymenoptera e ovos de Orthoptera |
| Coccinellidae | + | +/- | Hemiptera-Sternorrhyncha, Lepidoptera, Coleoptera e ácaros |
| Cucujidae | + | + | larvas de Coleoptera |
| Dermestidae | + | +/- | ovos de Mantodea e Blattodea, lagartas de Lepidoptera |

| TAXA | ESTÁGIO | | |
|------------------|---------|--------|--|
| | IMATURO | ADULTO | |
| Hydrophylidae | + | + - | fauna aquática e lagartas de Lepidoptera |
| Lampyridae | + | + - | Coleoptera, caracóis e anelídeos |
| Lyctidae | + | - | coleobrocas |
| Meloidae | + | - | ovos de Orthoptera e de abelhas |
| Nitidulidae | + | + | Hemiptera: Coccidae e Coleoptera: Scolytidae |
| Phengodidae | + | + | caracóis e miriápodos |
| Rhipiphoridae | + | + | larvas de vespas |
| Scarabaeidae | + | + - | formigas, cupins e ovos de Orthoptera |
| Silphidae | + - | + - | larvas de Diptera e de Lepidoptera, caracóis e diversos artrópodos |
| Staphylinidae | + | + | diversos artrópodos |
| Tenebrionidae | + | + | coleobrocas, larvas de Diptera e de Lepidoptera |
| HYMENOPTERA | | | |
| Symphyta | | | |
| Tenthredinidae | - | + | Coleoptera, Diptera e Hemiptera-Sternorrhyncha |
| Apocrita | | | |
| Ichneumonoidea | | | |
| Braconidae | + | + | larvas de Diptera e de Lepidoptera |
| Ichneumonidae | + | + - | ovos de aranhas, ovos e larvas de abelhas |
| Chalcidoidea | | | |
| Encyrtidae | + | + | ovos de Hemiptera: Coccidae e Diaspididae |
| Eulophidae | + | + - | ovos de diversos insetos |
| Eupelmidae | + | + - | ovos de diversos insetos e larvas de Hymenoptera |
| Eurytomidae | + | - | ovos de Orthoptera e de Hemiptera-Sternorrhyncha |
| Pteromalidae | + | + - | ovos de Hemiptera: Coccidae |
| Torymidae | + | - | ovos de Mantodea: Mantidae |
| Evanioidea | | | |
| Evanidae | + | - | ovos de Blattodea |
| Gasteruptionidae | + | - | larvas de Hymenoptera |
| Bethyloidea | | | |
| Bethylidae | - | + | larvas de Coleoptera e de Lepidoptera |
| Dryinidae | - | + - | cigarrinhas de folhas |
| Chrysoidea | | | |
| Chrysididae | + | + - | Hymenoptera e presas armazenadas |
| Scolioidea | | | |
| Mutillidae | - | + - | larvas de Hymenoptera em células |
| Tiphiidae | - | + - | larvas de Scarabaeidae |
| Pompiloidea | | | |
| Pompilidae | - | + - | aranhas |
| Formicoidea | | | |
| Formicidae | + - | + - | diversos insetos |
| Vespoidea | | | |
| Vespidae | + | + - | larvas de Coleoptera e lagartas de Lepidoptera |
| Sphecoidea | | | |

| TAXA | ESTÁGIO | | |
|------------------|---------|--------|--|
| | IMATURO | ADULTO | |
| Sphecidae | | | |
| Astatinae | + | - | Hemiptera-Auchenorrhyncha |
| Crabroninae | + | - | diversos insetos |
| Larrinae | + | +/- | Orthoptera, Hemiptera-Heteroptera e aranhas |
| Mellininae | + | - | Diptera |
| Nyssoninae | + | - | Orthoptera, Hemiptera-Heteroptera, Lepidoptera e Diptera |
| Pemphradoninae | + | - | Collembola, Hemiptera-Heteroptera e Thysanoptera |
| Philanthinae | + | - | Coleoptera e Hymenoptera |
| Sphecinae | + | - | Orthoptera e aranhas |
| MANTOPHASMATODEA | | | |
| Mantophasmatidae | + | + | diversos insetos |

7.2. Parasitoide

Os parasitoides, também chamados de parasitos protélicos, constituem o segundo tipo de insetos entomófagos (Quadro 1). Os parasitos protélicos são aqueles insetos cujos estágios imaturos são parasíticos. Os parasitoides, então, são parasitos protélicos que atacam invertebrados e quase sempre destroem seus hospedeiros, formando o grande grupo parasítico dominado por espécies de Diptera e Hymenoptera. São denominados de parasitoides para diferenciar dos parasitos típicos, que são muito menores que seus hospedeiros e adaptados a infligir um mínimo de dano. Entretanto, em alguns Hymenoptera ocorrem casos de comportamento parasítico típico: alguns Chalcididae, parasitos de cochonilhas, permitem que seus hospedeiros ovipositem antes de matá-los. Alguns Ichneumonidae (*Perilitus*), que parasitam besouros adultos, podem completar seu desenvolvimento e emergir do hospedeiro, deixando-o em condição de se recuperar, reiniciar a alimentação e até ovipositar.

Os parasitoides geralmente se comportam como parasitos típicos nos primeiros estágios larvais e só nos últimos é que mostram comportamento alimentar predatório. Por definição, o parasitoide só consome um indivíduo hospedeiro e em muitos casos, como nos taquinídeos (Diptera), os adultos

não se alimentam do hospedeiro. Outra característica marcante é que os parasitoides movem-se, comparativamente, menos que os predadores e levam mais tempo para matar o hospedeiro.

Muitos cientistas não concordam com a denominação parasitoide; para eles não há diferenças entre os parasitos (vermes, protozoários, etc.), no entanto, um inseto parasitoide mata o hospedeiro mais rapidamente do que um protozoário ou uma lombriga mata o seu hospedeiro, por exemplo.

Um parasito verdadeiro ataca um hospedeiro que pertence a uma Classe diferente: vermes atacando o homem. Não existe uma lombriga parasitando outra lombriga. Esse comportamento também é verificado em alguns insetos, mas, neste caso, somente um dos estágios do ciclo de vida, imaturo ou adulto, é parasito, de modo que os diferentes estágios exploram recursos alimentares e habitats distintos, diminuindo a competição. Como exemplos de insetos parasitos, têm-se as pulgas, os piolhos, a mosca-varejeira, a mosca-do-berne e o percevejo-de-cama. Os adultos das pulgas são ectoparasitos que sugam o sangue de aves e mamíferos. Os piolhos, que são em sua maioria parasitos sugadores de sangue de aves e mamíferos, passam toda a vida no hospedeiro. A mosca-varejeira, parasita de animais domésticos e do homem, deposita seus ovos em ferimentos, e as larvas alimentam-se do tecido vivo. As larvas da mosca-do-berne vivem em intumescências localizadas abaixo da pele de mamíferos e se alimentam de tecidos e fluídos. O percevejo-de-cama é um sugador de sangue durante todo o seu ciclo de vida.

Em insetos é comum a ocorrência de parasitoides em hospedeiros da mesma Ordem ou da mesma Família, chegando ao extremo do adelfoparasitismo, quando uma espécie é parasitoide de si mesma, como acontece com *Coccophagus scutellaris* (Hymenoptera: Aphelinidae), nos quais os machos são parasitoides obrigatórios das fêmeas. Isto não ocorre com os parasitos verdadeiros, que, além disso, apresentam dois ciclos diferentes (moluscos e homem), fenômeno que os parasitos protélicos não

apresentam.

A associação parasitoide-hospedeiro causou um grande número de modificações por parte do parasitoide. Eles são capazes de respirar através do tegumento do hospedeiro, de apresentar modificações nas peças bucais e até adaptações no sistema excretor. Por exemplo, em Hymenoptera parasíticos o mesêntero é cego, não existindo conexão com o proctódeo nas larvas. Desta forma, os materiais de excreção são acumulados até que a larva atinja o estágio de pupa, quando a ligação é completada e as fezes, agora denominadas de mecônia, são excretadas, não ocorrendo, portanto, contaminação do hospedeiro.

Na maioria dos parasitoides a fêmea coloca um ovo do qual só um embrião se desenvolve: espécies monoembriônicas. Há muitos grupos no Reino Animal em que a fêmea deposita um ovo do qual diversos embriões se desenvolvem: espécies poliembriônicas. Exemplos: tatu, homem (gêmeos univitelinos), minhoca, etc. Entretanto, isto é muito comum em insetos, como nos Hymenoptera das Famílias Braconidae, Encyrtidae, Dryinidae, Platygasteridae e na Ordem Strepsiptera.

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. Assim, braconídeos, como *Chelonus*, *Ascogaster* e *Phanerotoma*, cujas fêmeas ovipositam no ovo do hospedeiro e os adultos emergem do casulo deste, são denominados de parasitoides de ovo-larva.

Os parasitoides, após um ataque bem-sucedido, não matam imediatamente seu hospedeiro, mas podem permanecer como parasitos por períodos variáveis. Entretanto, no final, o hospedeiro é morto ou, pelo menos, não ocorre a transferência de genes para a próxima geração. O hospedeiro pode ser considerado como um recipiente para o desenvolvimento do parasitoide e, como tal, impõe certas restrições ao seu desenvolvimento. Além disso, a fisiologia e o comportamento do hospedeiro, enquanto ele vive,

são em benefício do parasitoide que se desenvolve e, quando necessário, ele pode controlá-los. Como resultado, o parasitoide tem a oportunidade de regular a fisiologia do hospedeiro.

7.2.1 Progênie em relação ao hospedeiro

A fêmea do parasitoide distribui a progênie no ambiente ou procura o hospedeiro.

7.2.1.1. Parasitoides que colocam a progênie sobre ou dentro do hospedeiro

No caso em que o ovo é colocado no interior da hemocele do hospedeiro, tem-se o seguinte mecanismo de oviposição: o ovo tem um diâmetro muito maior do que o do ovipositor e é elipsoidal, de modo geral, de forma que a extremidade mais estreita entra primeiro no ovipositor. O ovo sofre, então, uma constrição e se alonga, entrando no ovipositor; quando a extremidade do ovo emerge na ponta do ovipositor, o conteúdo dele é forçado para a extremidade que emergiu e isto ajuda a puxar o resto do ovo através do ovipositor.

Os ovos de Eurytomidae, Aphelinidae e de alguns outros grupos apresentam um pedicelo longo que serve como reservatório para o conteúdo, enquanto o corpo do ovo está sendo espremido pelo ovipositor. Tais mudanças na forma do ovo são facilitadas pelas propriedades elásticas do córion. Em determinados casos, o pedicelo serve a uma função diferente. Em alguns Encyrtidae a larva jovem, metapnêustica, dentro do hospedeiro retém sua parte posterior dentro dos restos do córion do ovo, cujo pedicelo se projeta através do tegumento do corpo do hospedeiro, em contato com a atmosfera, e a larva jovem respira o ar que entra pelo lúmen deste pedicelo.

Em outros Encyrtidae, o pedicelo está ligado distalmente e a larva usa o ar que se difunde ao longo de uma placa aeroscópica que existe acompanhando todo o comprimento do pedicelo e o corpo do ovo (Figura

4). Levando-se em consideração tanto os endo como os ectoparasitoides, estes podem ser classificados assim:

- a) Todos os parasitoides de ovos. Exemplo: *Trichogramma*;
- b) Todos os parasitoides de insetos sésseis, como algumas cochonilhas. Exemplo: *Coccophagus*;
- c) Todos os hospedeiros abrigados em galerias, galhas ou casulos;
- d) Parasitoides que atacam hospedeiro em movimento. Exemplos: *Voria*, *Compsilura* (Tachinidae);
- e) Alguns parasitoides encontram o hospedeiro, dão uma ferroada que paralisa, examinam e decidem ou não colocar ovipositar. Exemplo: lagartas de Noctuidae, Subfamília Plusiinae, são parasitadas somente no primeiro ou no segundo ínstars.

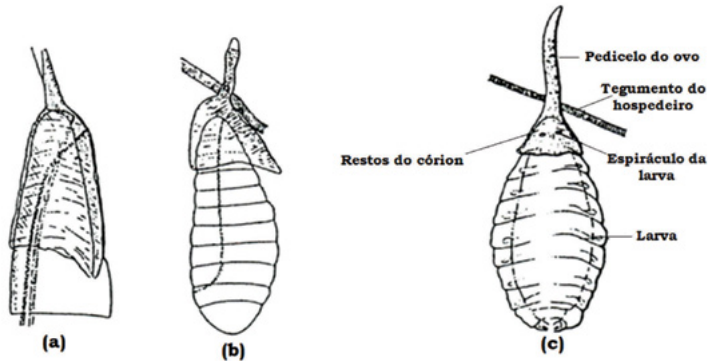


Figura 4. Placa aeroscópica: (a) *Discodes aeneus*, (b) *Blastothrix sericea* (Hymenoptera: Encyrtidae), segundo Sweetman (1958); funil respiratório: (c) *C. Blastothrix* (Hymenoptera: Encyrtidae), segundo Askew (1971).

7.2.1.2. Parasitoides que distribuem a progênie longe do hospedeiro

Este grupo é muito comum e também contém parasitoides do grupo anterior. Exemplos: *Gonia* (Diptera: Tachinidae), distribui ovos no ambiente. *Peleteria* (Diptera: Tachinidae), coloca larvas que se agarram ao substrato; o hospedeiro passa e a larva se prende a ele. As espécies de Eucharitidae,

Ordem Hymenoptera, de coloração verde-metálica, são parasitoides de pupas de formigas; a fêmea coloca ovos no solo ou em plantas, dependendo da espécie, aos milhares e em questão de horas; as larvas, denominadas de planídios, eclodem e pulam, prendendo-se às formigas operárias que as levam para a colônia.

7.2.2. Especificidade em parasitoides

Muitos parasitoides são específicos a determinados hospedeiros ou a um estágio destes. Em Hymenoptera, por exemplo, ocorrem os seguintes parasitoides de ovos: Trichogrammatidae (ovos de Lepidoptera, Neuroptera e Coleoptera), Mymaridae (ovos de Hemiptera-Auchenorrhyncha/Sternorrhyncha e Coleoptera), Scelionidae (ovos de Hemiptera-Heteroptera e Lepidoptera).

A especificidade do parasitoide pode ser dividida em várias etapas, partindo do pressuposto de que a fêmea busca e:

- a) Encontra o habitat do hospedeiro;
- b) Encontra o hospedeiro;
- c) Aceita o hospedeiro (às vezes o hospedeiro é aceito, mas não é adequado)
- e; d) Adequabilidade do hospedeiro.

As etapas **a**, **b** e **c** são determinadas pela fêmea; a etapa d é determinada pela relação parasitoide-hospedeiro. Fêmeas que colocam a progênie longe do hospedeiro chegam apenas à primeira etapa (**a**).

7.2.3. Descoberta do hospedeiro

Uma vez no ambiente, o parasitoide tem que achar o hospedeiro e

parece que esta é uma atividade mais ao acaso do que dirigida. Encontrando o hospedeiro, a fêmea examina-o e coloca um ovo, no caso de parasitoide solitário, ou vários ovos, no caso de parasitoide gregário. Depois continua a vagar, aparentemente sem objetivo, até encontrar outro hospedeiro, ou poderá levantar voo para outro local do ambiente. Há uma concentração de atividade onde se agrupam hospedeiros, geralmente sésseis. Exemplos: *Telenomus* (Scelionidae), *Trichogramma* (Trichogrammatidae), *Ascogaster* e *Chelonus* (Braconidae).

Os parasitoides que distribuem a progênie no ambiente têm ovos diminutos que devem ser engolidos pelo hospedeiro. Este tipo de parasitoide tem o hábito de concentrar os ovos, colocando-os, por exemplo, numa folha que será comida por uma lagarta.

As fêmeas que colocam ovos sobre ou dentro do hospedeiro são capazes de saber se este é adequado ou não. Uma das razões de não ser adequado é já estar parasitado. Se o parasitoide é solitário e dois ovos são colocados, uma das larvas ou ambas morrem. Como a fêmea sabe que o hospedeiro já foi parasitado?

Parece que a primeira fêmea marca o hospedeiro, como ocorre com *Telenomus* (Scelionidae), parasito de ovos de Pentatomidae (Ordem Hemiptera). A fêmea do parasitoide encontra a massa de ovos do percevejo, examina-a e se adequada oviposita.

Depois, com a extremidade do abdome ela esfrega a superfície dos ovos com uma secreção da glândula de Dufour (Figura 5). Uma segunda fêmea chega, toca os ovos e se retira sem ovipositar.



Figura 5. Fêmea de *Trissolcus basalís* (Hymenoptera: Scelionidae) marcando um ovo no qual ovipositou. A ponta do ovipositor é passada sobre a superfície do ovo (Askew, 1971).

Com o parasitoide de ovo-larva, *Phanerotoma* (Braconidae), ocorre o mesmo comportamento: com as antenas a fêmea varre a superfície do substrato até achar o ovo do hospedeiro; com o ovipositor ela toca no ovo e na área ao redor dele. Caso se lave este ovo e submeta-o a uma segunda fêmea, ela ovipositará.

Quando se colocam diversas fêmeas de um parasitoide em um ambiente restrito, com um número restrito de hospedeiros (ovos, por exemplo), as fêmeas tendem a parasitar os ovos não parasitados, mas com o tempo, devido à “pressão de oviposição” (Figura 6), as fêmeas ovipositam em ovos já parasitados. Isto é superparasitismo (como veremos adiante), um mecanismo regulador de população. Pode-se encontrar certas populações de um hospedeiro, mas poucos parasitoides, ou a fêmea só pode parasitar um determinado número de hospedeiros, por exemplo. Se um parasitoide ultrapassa seu hospedeiro em número, a fêmea fará superparasitismo e a densidade da próxima geração será menor.

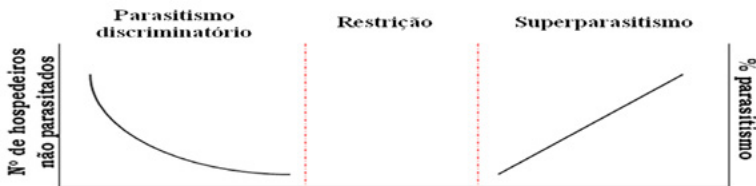


Figura 6. Comportamento de fêmeas de um parasitoide, em um ambiente restrito, com número restrito de hospedeiros.

7.2.4. Categorias de parasitismo

a) Parasitoide primário: aquele que se desenvolve em hospedeiros não parasitados. Os hospedeiros podem ser fitófagos, saprófagos, coprófagos, fungívoros, predadores, etc., mas nunca parasitoides;

b) Parasitoide secundário (Hiperparasitoide): um parasitoide que se desenvolve em outro parasitoide, isto é, um parasitoide de um parasitoide. Pode existir mais de um nível de hiperparasitismo numa dada relação (secundário, terciário);

c) Endoparasitoide: parasitoide que se desenvolve internamente em um hospedeiro. Quando uma só larva completa seu desenvolvimento num dado hospedeiro, a espécie é denominada endoparasitoide solitário. Quando diversas larvas se desenvolvem num só hospedeiro, a espécie é endoparasitoide gregário;

d) Ectoparasitoide: parasitoide que se desenvolve externamente em um hospedeiro. A larva se alimenta inserindo as peças bucais no tegumento do hospedeiro. Também existem ectoparasitoides solitários e gregários;

e) Parasito múltiplo (Multiparasitismo): quando mais de uma espécie de parasitoide ocorre dentro ou sobre um único hospedeiro. Em muitos casos, somente um indivíduo sobrevive. Em casos raros, como em espécies de *Trichogramma* (parasitoides de ovos), mais de uma espécie pode completar seu desenvolvimento no ovo do hospedeiro;

f) Superparasitismo: quando vários indivíduos de uma espécie de parasitoide podem se desenvolver num hospedeiro. Neste caso, pode ocorrer sobrevivência de um indivíduo dominante. Em alguns casos, entretanto, o hospedeiro morre prematuramente, antes que os excedentes sejam eliminados, e todos os parasitoides também morrem;

g) Adelfoparasitoide (Autoparasitismo): uma espécie de parasitoide

que é parasito de si mesmo. Por exemplo, em *Coccophagus scutellaris* (Hymenoptera: Aphelinidae), o macho é parasitoide obrigatório da fêmea;

h) Cleptoparasitoide: quando um parasitoide ataca, preferencialmente, hospedeiros que já estão parasitados por outra espécie. O cleptoparasitoide não é hiperparasitoide porque ele não parasita o parasitoide já presente no hospedeiro; seria mais um parasitismo múltiplo e a relação entre as duas espécies é competitiva e geralmente dominada pelo cleptoparasitoide;

i) Heterônomos: quando o macho e a fêmea do parasitoide têm hospedeiros diferentes.

O hiperparasitismo ou parasitismo secundário pode ser **direto** (quando a fêmea do parasitoide procura pelo hospedeiro parasitado) ou **indireto** (quando a fêmea do parasitoide não procura pelo hospedeiro parasitado, mas sim, pelo ambiente). Como exemplo de um hiperparasitismo direto, menciona-se *Aphidius* (Braconidae), um parasitoide primário de pulgão; *Charips* (Cynipidae) procura pelo pulgão parasitado (mumificado) e deposita um ovo na larva de *Aphidius*. No caso do hiperparasitismo secundário tem-se, por exemplo, a fêmea do parasitoide *Perilampus hyalinus* (Hymenoptera: Perilampidae), que distribui a progênie longe do hospedeiro; os ovos são colocados na planta que serve de alimento às lagartas de *Hyphantria textor* (Lepidoptera: Arctiidae); a larva do parasitoide é do tipo planídio, muito esclerotizada e se agarra na lagarta, penetrando nela. A lagarta do arctídeo continua se desenvolvendo e a larva do parasitoide morrerá, a menos que a lagarta com o parasitoide *Perilampus hyalinus* engula um ovo de *Ernestia ampelus* (Diptera: Tachinidae); posteriormente, a larva de *Perilampus hyalinus* penetra na larva de *Ernestia ampelus*.

7.2.5. Formas de exploração do hospedeiro

Askew & Shaw (1986) usaram os termos **Coinobiontes** (**Cenobiontes**) para parasitoides que se desenvolvem em hospedeiros que continuam a crescer e sofrer metamorfose durante os estágios iniciais do

parasitismo, sendo os mais importantes os parasitoides ovo-larva, larva-pupa e aqueles parasitoides larvais que não paralisam permanentemente o hospedeiro na oviposição, e **Idiobiontes**, para 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.

7.2.6. Reprodução em parasitoides

Basicamente a reprodução é a mesma em insetos entomófagos e fitófagos, mas nos parasitoides das Ordens Diptera e Hymenoptera ocorrem modificações nos oviposidores e nos ovos. Visto que a reprodução é função quase que exclusiva da fêmea, e a ela será dada maior ênfase.

Nos parasitoides que paralisam o hospedeiro, a secreção usada vem da glândula de veneno (ácida). *Bracon* (Hymenoptera: Braconidae) tem material suficiente para paralisar um milhão de insetos. A glândula de Dufour (alcalina), além de fornecer o material para elaboração do tubo alimentar de parasitoides adultos, também fornece material para marcar ovos já parasitados a fim de impedir o superparasitismo (como já visto anteriormente). Em formigas esta glândula produz a substância marcadora de rastro, também usada para agregar as operárias.

São os seguintes os tipos de ovaríolos:

a) Panoístico: tipo primitivo que não possui células nutrízes. Ocorre nas Ordens Orthoptera, Odonata, Isoptera e Siphonaptera;

b) Meroístico: com células nutrízes, podendo ser subdividido em **politrófico** e **teletrófico (acrotrófico)**. O tipo politrófico possui células nutrízes dispostas alternadamente com os oócitos. Em Neuroptera, Coleoptera (Adephaga) e Hymenoptera, as células nutrízes agrupam-se em câmaras

separadas dos oócitos por uma constrição. Em Lepidoptera e Diptera não ocorre tal constrição. No tipo teleotrófico ou acrotrófico, as células nutrizas situam-se no ápice dos ovaríolos, estando ligadas aos oócitos por filamentos (corda nutritiva). Encontrado nas Ordens Hemiptera-Heteroptera e Coleoptera (Subordem Polyphaga).

O número de ovaríolos pode variar com a espécie:

- **Hymenoptera: a) Aculeata** - 3 ou 4 pares; **b) Parasítica** - Chalcidoidea (2 ou 3 pares) e Ichneumonoidea (Braconidae: 2 a 3 pares e Ichneumonidae: 3, 4 ou 5 pares).
- **Diptera:** Tachinidae - ovo macrotipo: 6 a 40 ovaríolos; ovo microtipo: 80 a 100 ovaríolos.
- **Coleoptera:** Coccinellidae - 30 ovaríolos.
- **Neuroptera:** Chrysopidae - 24 ovaríolos.

Entre os himenópteros parasíticos, o acasalamento se dá logo após a emergência, mas em alguns Ichneumonidae e Braconidae ocorre um período de pré-acasalamento que pode durar muitos dias. O modo de acasalamento, bem como o número de vezes que um parasitoide copula é bastante variável. Os machos de algumas espécies podem fazer um tipo de corte; as fêmeas de certas espécies só copulam uma vez (**fêmeas uninupciais**), enquanto que em outras espécies as fêmeas acasalam várias vezes (**fêmeas multinupciais**). Pode ocorrer, também, que o comportamento da fêmea mude após o acasalamento. Fêmeas virgens de *Coccophagus scutellaris* (Aphelinidae) só ovipositam em hospedeiros já parasitados pela própria espécie ou por uma espécie afim; desta maneira, o macho se desenvolve como parasitoide secundário das formas imaturas das fêmeas de sua própria espécie (caso já citado de adelfoparasitismo).

A condição da espermateca também influi no comportamento da fêmea. No caso de *Coccophagus basalis*, parasitoide de cochonilha, quando a espermateca está cheia e a taxa de oviposição é relativamente lenta os ovos

são diplóides, colocados internamente na coconilha, e produzem fêmeas. Quando a taxa de oviposição é rápida, havendo abundância de hospedeiro, os ovos são colocados externamente na coconilha e são haplóides, produzindo, portanto, machos. Quando a espermateca está vazia todos os ovos são haplóides e colocados externamente nas coconilhas. O tropismo pode mudar após o acasalamento: fêmeas de *Nasonia* (Pteromalidae) são fototrópicas negativas quando virgens e positivas após o acasalamento.

O período de pré-oviposição geralmente está associado às exigências nutricionais da fêmea. Em alguns grupos as fêmeas chegam ao estágio adulto com os ovos maduros, que são postos num breve período e elas não voltam a produzir mais durante sua vida. Estas fêmeas são denominadas **Pró-ovigênicas** e a produção de ovos é feita às custas dos nutrientes armazenados pela larva. Por exemplo, as fêmeas de Eucharitidae, parasitoides de pupas de formigas, depositam milhares de ovos na vegetação num curto período de tempo. Certas espécies de Trichogramma estão aptas a ovipositar assim que emergem. Mas, na maioria dos Hymenoptera parasíticos, as fêmeas continuam produzindo ovos durante toda a vida e são denominadas **Sinovigênicas**. Neste caso, a produção de ovos depende da alimentação da fêmea. Esta exigência nutricional é de grande importância no Controle Biológico. Um exemplo de sinovigenia se encontra em *Metaphycus helvolvus* (Hymenoptera: Encyrtidae), cuja oviposição é contínua. As fêmeas sinovigênicas precisam de uma fonte de proteína para a produção contínua de ovos. As proteínas existentes nas secreções açucaradas ou no néctar da plantas que contêm os aminoácidos livres exigidos por algumas espécies de parasitoides.

A localização das fontes de alimento tem um papel muito importante na distribuição e na efetividade dos parasitoides. *Apanteles medicaginis* (Hymenoptera: Braconidae), parasitoide de *Colias* (Lepidoptera: Pieridae), mostra um aumento na longevidade e na fecundidade, em áreas onde existe grande quantidade de alimento para os adultos. Conseqüentemente, nestas áreas o grau de parasitismo é maior.

Se uma fêmea sinovigênica não consegue alimento protéico ou é incapaz de encontrar um hospedeiro por um prolongado período de tempo, os ovos maduros, nos ovariolos, são absorvidos. Portanto, a sequência da produção dos ovos pode seguir dois caminhos:

- a) Cíclica - oogênese - absorção - oogênese.** Exemplos: Hymenoptera parasíticos, além de predadores como Neuroptera e Coleoptera;
- b) Linear -oogênese - ovulação - oviposição.** Exemplo: a maioria dos insetos.

Conforme o ovo desce pelo ovariolo, ele é coberto por uma camada de mucoproteína que impede sua encapsulação dentro do corpo do hospedeiro. Descendo em seguida pelo oviduto comum, o ovo pode ou não ser fertilizado. Em *Nasonia vitripennis* (Hymenoptera: Pteromalidae), a fertilização é puramente mecânica. O ovo apresenta cinco depressões ou poros (microcanais onde entra o esperma) de um lado. Ao passar pelo oviduto causa uma compressão, provocando a saída do esperma que o fertiliza somente se os poros estiverem voltados para o lado da espermateca. Quando se conhece o número de ovos que uma fêmea produz pode-se ter alguma informação sobre sua biologia. Se ela produz poucos ovos, significa que a oviposição é realizada dentro ou sobre o hospedeiro ou muito próximo deste. Por outro lado, a produção elevada de ovos indica baixa sobrevivência do estágio larval.

Os ovos podem ser classificados, de acordo com a forma, nos seguintes tipos (Figura 6):

- a) Himenopteriforme:** é o tipo mais comum na maioria das Famílias de Hymenoptera, principalmente Ichneumonidae. Também ocorre em alguns Diptera (Bombyliidae e Cecidomyiidae);
- b) Membranoso:** encontrado em Diptera, nas Famílias Tachinidae e Sarcophagidae. A eclosão é imediata após a oviposição (quase uma larviposição);

c) Acuminado: em Ichneumonidae, Braconidae e alguns Chalcidoidea que têm ovipositor longo e geralmente ovipositam sobre, dentro ou próximo de hospedeiros abrigados (galerias, minas, etc.);

d) Pedicelado: ocorre em Ichneumonidae, Chalcidoidea, Proctotrupeoidea e Cynipodea. Geralmente os pedicelos são pelo menos três vezes maiores que o comprimento do ovo. *Eucerus frigidus* (Hymenoptera: Ichneumonidae) coloca ovos pedicelados, semelhante aos de *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae), dos quais se distinguem por não possuírem a micrópila característica destes;

e) Peciulado: Em Ichneumonidae (Tryphoninae), Aphelinidae (ovos que originam machos de *Coccophagus*) em *Carcelia* (Diptera: Tachinidae). Geralmente são colocados externamente no hospedeiro. Uma das extremidades do ovo é modificada, formando uma espécie de gancho que se insere no tegumento do hospedeiro. Se for colocado internamente, a superfície ventral do ovo adere ao tegumento do hospedeiro por uma estrutura elevada;

f) Encirtiforme: ocorre em Encyrtidae (*Anagyrus*, *Encyrtus*, *Metaphycus*). O ovo é colocado internamente, mas o talo anterior se projeta através do tegumento do hospedeiro. O talo e parte do corpo do ovo apresentam uma faixa longitudinal que é a placa aeroscópica utilizada para a respiração da larva ou do embrião;

g) Macrotipo: só ocorre em Tachinidae (Diptera). São ovos grandes (0,4 a 0,9 mm de comprimento), de forma oblonga e micrópila pigmentada. Existem dois subtipos: **deiscente** - com uma sutura linear na extremidade anterior; e **indeiscente** - sem sutura linear. A larva de um ovo indeiscente ao eclodir penetra diretamente no corpo do hospedeiro pela superfície ventral do ovo;

h) Microtipo: ocorre em Trigonidae e Tachinidae (Diptera). São pequenos (0,2 a 0,4 mm de comprimento) e colocados na vegetação, onde são ingeridos pelo hospedeiro para que ocorra a eclosão da larva. Apresentam o córion espesso que os protege durante os períodos de exposição no ambiente.

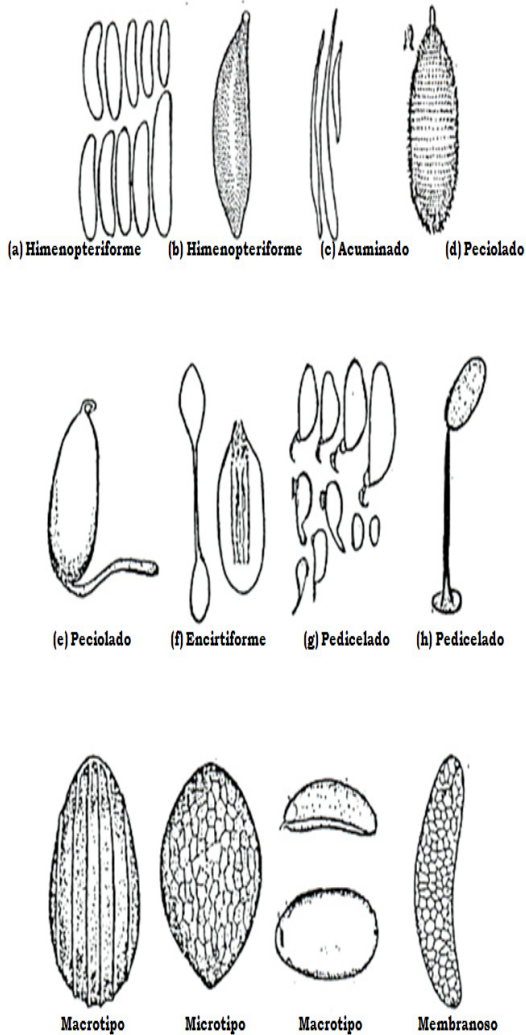


Figura 6. Tipos de ovos de parasitoides (Hagen, 1964).

Na maioria dos Hymenoptera endoparasitoides, o córion é liso e transparente, ao passo que nos ectoparasitoides eles são tuberculados, reticulados ou espinhosos.

7.2.7. Diferenças marcantes nas antenas, peças bucais e ovipositor de Diptera e Hymenoptera parasíticos

Diptera só perde para Hymenoptera quando se considera o parasitismo protélico, por três principais razões:

a) Antenas: em Hymenoptera as antenas são longas e flexíveis, adequadas para explorar e testar o substrato e fornecer ao parasitoide informações sobre o local do seu hospedeiro ou sobre o próprio hospedeiro.

Diptera tem antenas mais curtas e incapazes de executar as mesmas funções das dos Hymenoptera. Órgãos sensoriais dos tarsos, que recebem estímulos do substrato, não são apropriados para detectar e examinar o hospedeiro.

b) Peças bucais: adultos de Hymenoptera podem emergir dentro do hospedeiro e sair dele, mas os adultos de Diptera, por não terem aparelho bucal mandibulado, têm que pupar fora do hospedeiro. Assim, a larva madura emerge do hospedeiro e pupa no solo, pois só as larvas têm estruturas para lacerar.

c) Ovipositor: em Hymenoptera o ovipositor 6-valvulado é fundamental para o parasitismo, podendo alcançar hospedeiros abrigados. Como os Diptera não têm ovipositor tão notável, seus hospedeiros são usualmente espécies de vida livre, que não estão protegidos em galerias na madeira, em minas, galhas ou casulos. Em algumas Famílias de Diptera desenvolveu-se um “ovipositor de substituição”. Nas fêmeas destas Famílias os segmentos abdominais podem formar um tubo fino e alongado (Figura 7), com a abertura genital no ápice. Estruturas acessórias também podem ser desenvolvidas

no abdome, como acontece em certos Tachinidae (Figura 8).

Estas diferenças nas antenas, nas peças bucais e no ovipositor forçaram alguns Diptera a transferir o ônus da localização precisa do hospedeiro do adulto para a larva de primeiro ínstar (planídio).

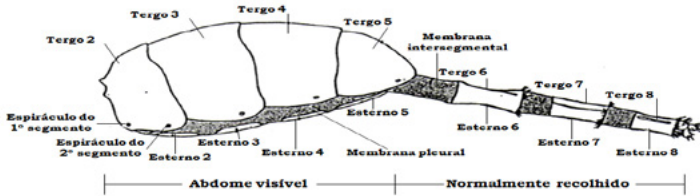


Figura 7. Vista lateral do abdome da fêmea de *Musca domestica* (Diptera: Muscidae) com os segmentos terminais estendidos (Chapman, 1998).

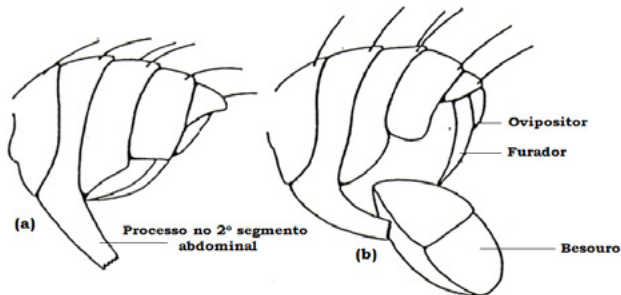


Figura 8. Vista lateral do abdome da fêmea de *Chaetophleps setosa* (Diptera: Tachinidae) (a); provável posição dos apêndices durante a oviposição em um besouro da Família Chrysomelidae (b), segundo Askew (1971).

7.2.8. Dimorfismo em parasitoides

Dimorfismo é a ocorrência de duas formas distintas do mesmo estágio de desenvolvimento numa dada espécie. O exemplo mais comum é o dimorfismo sexual, mas podem existir outros tipos. Um dos mais notáveis exemplos de dimorfismo em himenópteros parasíticos é o do macho, determinado pelo hospedeiro, em *Trichogramma semblidis*. Quando criados

em ovos de *Sialis* (Neuroptera: Sialidae) os machos são ápteros, enquanto que aqueles oriundos de ovos de Lepidoptera são macrópteros, havendo ainda diferenças nas antenas e na estrutura das pernas entre as duas formas.

O tamanho do hospedeiro também pode influenciar o tamanho do parasitoide. Os adultos de *Trichogramma evanescens* apresentam diferentes tamanhos quando criados em ovos de Lepidoptera de diferentes gêneros. O dimorfismo estacional não é muito frequente, mas existe, por exemplo, em *Torymus aurantus* (Hymenoptera: Torymidae), cujas fêmeas apresentam dimorfismo no comprimento do ovipositor; a geração de outono tem ovipositor curto (ovipositam em pequenas galhas) e a geração da primavera tem fêmeas com o ovipositor longo e fêmeas com ovipositor curto (estas ovipositam em galhas grandes).

A variação na coloração do corpo é mais comum especialmente entre os Chalcidoidea. Formas imaturas hibernantes produzem adultos de coloração mais escura do que os oriundos de imaturos não hibernantes. Em *Trichogramma minutum* a quantidade de pigmentos escuros é determinada pela duração do período de exposição a baixas temperaturas durante o início do período pupal.

7.2.9. Mecanismos de defesa do hospedeiro

Uma das mais primitivas formas de defesa do hospedeiro contra seus inimigos naturais é o hábito de se alimentar em situações abrigadas (galerias, minas, folhas enroladas, etc.) ou pupar em lugares abrigados e disfarçados. Entretanto, o hospedeiro pode ter hábitos ou mecanismos que o protejam da ação de um parasitoide ou um predador. Os movimentos rápidos e às vezes violentos de uma lagarta podem impedir que um parasitoide consiga inserir seu ovipositor, principalmente quando o parasitoide é bem menor que o hospedeiro. Tais contorções podem repelir o inimigo ou provocar a queda do hospedeiro na folhagem do solo, onde ele estará

seguro. Os pulgões, quando molestados, esperneiam e muitas vezes caem no solo. O hospedeiro pode ter como defesa uma cutícula dura e espessa ou recoberta de material como o revestimento de cera dos pulgões. No caso de pupas do hospedeiro, uma das formas de defesa é aquela em que a pupa nua contorce o abdome de modo a dificultar a ação do parasitoide que tenta ovipositar. Pupas abrigadas em casulo não podem impedir que um parasitoide pouse sobre o mesmo, mas podem dificultar a entrada do ovipositor com movimentos giratórios ou ainda ter um casulo muito duro para ser furado. A pupa encasulada pode, ainda, ter uma cutícula muito dura, sendo, entretanto, vulnerável a certos Ichneumonidae que têm a ponta do ovipositor curvada e podem inseri-lo através da membrana que articula os segmentos abdominais.

Outro mecanismo de defesa da pupa ocorre em muitos coleópteros e em algumas mariposas; existe uma espécie de armadilha formada na região intersegmentar do abdome, onde as margens de cada segmento apresentam expansões esclerotizadas e cortantes, que funcionam como mandíbulas quando a pupa se contorce, impedindo que Hymenoptera parasíticos caminhem sobre ela (Figura 9).

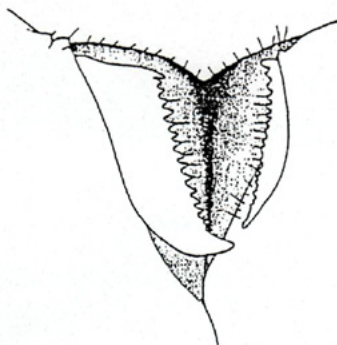


Figura 9. Defesa mecânica do hospedeiro: espécie de armadilha encontrada na região intersegmentar da pupa de *Alphitobius diaperinus* (Coleoptera: Tenebrionidae), segundo Askew (1971).

Quando o parasitoide consegue ovipositar no hospedeiro, este

pode usar, ainda, defesas de natureza fisiológica. Um dos mais conhecidos mecanismos de reação fisiológica é a encapsulação, no qual os hemócitos (células do sangue) se agregam ao redor do parasitoide, amoldando-se no corpo deste e terminando por envolvê-lo completamente; gradualmente ocorre a fagocitose do parasitoide. Após algum tempo, as células mais internas da cápsula se desintegram, podendo ocorrer em seguida uma deposição de melanina ao redor do corpo do parasitoide (Figura 10). Esta reação de defesa já foi registrada em 14 Ordens de insetos e em todos os estágios de desenvolvimento, exceto no de ovo. É provocada por parasitoídes que pertencem às seguintes Ordens e Famílias:

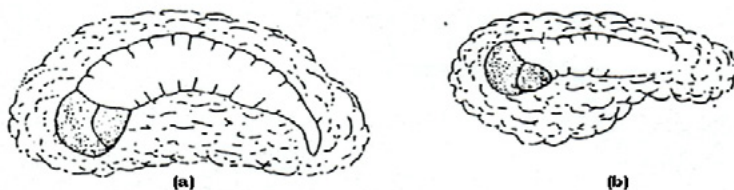


Figura 10. Mecanismo fisiológico de defesa do hospedeiro: (a) encapsulação da larva de primeiro instar de *Devorgilla canescens* (Hymenoptera: Ichneumonidae) pela lagarta de um lepidóptero, 24 horas após a deposição do ovo; (b) 48 horas após a deposição do ovo a cápsula encolhe e a larva é parcialmente destruída, ocorrendo melanização (Salt, 1963).

a) Diptera - Família Tachinidae;

b) Hymenoptera - Famílias Ichneumonidae (exceto Ichneumoninae e Ephialtinae), Braconidae, Encyrtidae, Eulophidae, Pteromalidae e Aphelinidae.

A probabilidade de um parasitoide ser encapsulado pode estar inversamente relacionada com o grau de superparasitismo, pois parece que a capacidade de encapsulação do hospedeiro é limitada e passível de esgotamento quando submetida a uma pressão muito grande. Por exemplo, *Tetrastichus giffardianus* (Hymenoptera: Eulophidae) é normalmente encapsulado pela larva da mosca-do-melão, *Dacus cucurbitae* (Diptera:

Tephritidae), mas esta reação é impedida quando o hospedeiro já está parasitado por *Opius fletcheri* (Hymenoptera: Braconidae). Neste caso, o braconídeo pode ter enfraquecido o hospedeiro, impedindo-o de reagir contra o eulofídeo.

7.2.10. Parasitismo em Diptera

Embora Diptera não seja tão biologicamente diverso como Hymenoptera parasíticos, seus hospedeiros mais comuns não são outros insetos, mas outros grupos como as minhocas, as centopéias, as lesmas, os caramujos e as aranhas também são atacados. Muitas Famílias de Diptera são exclusivamente parasíticas, como por exemplo Tachinidae, cujos adultos diferenciam-se dos Calliphoridae e Sarcophagidae por apresentarem o pós-escutelo entumescido. Quase todos os taquinídeos são endoparasitoides solitários, não existindo espécies que sejam hiperparasíticas.

Tachinidae é a maior Família de dípteros muscoides e de considerável importância no Controle Biológico. É um grupo cosmopolita e na Região Neotropical ocorrem 2.864 espécies distribuídas em 944 gêneros (Guimarães, 1971). Os adultos têm aspecto variável, comprimento de 2-20 mm, visitam flores pois se alimentam de néctar e “honeydew” (proteínas, sais minerais, açúcares) excretado pelos Hemiptera-Sternorrhyncha. As espécies com tromba grande e labela larga visitam flores; as espécies de tromba pequena e labela curta alimentam-se de “honeydew”. Isto é importante quando se introduz uma espécie para controle, ou seja, verificar se na área existem as flores preferidas pelos adultos ou “honeydew” (substância açucarada secretada por alguns hemípteros). Apresentam vôo rápido, donde se originou o nome da família (do grego Tachis = rápido), composta de seis subfamílias (Tabela 1).

De acordo com a espécie, a fêmea pode depositar uma larva, um ovo incubado ou um ovo não incubado (a incubação dos ovos, raramente encontrada em Hymenoptera, é um meio de reduzir a mortalidade do estágio de ovo, o que é muito importante, pois muitos taquinídeos deixam seus ovos em situações expostas, ao contrário dos himenópteros

parasíticos). A progênie pode ser colocada à distância do hospedeiro, neste ou, raramente, dentro do hospedeiro. O potencial reprodutivo de uma fêmea varia inversamente com a probabilidade de a larva encontrar o hospedeiro. Espécies que colocam ovos do tipo macro (não incubados e córion espesso) sobre o hospedeiro preferem aqueles hospedeiros que acabaram de sofrer uma ecdise, o que reduz o risco de perda com a exúvia, pois a larva eclode e penetra no hospedeiro. Espécies que colocam ovos do tipo micro na vegetação confiam na sua ingestão pelo hospedeiro, sendo os ovos viáveis por cerca de dois meses; as larvas eclodem no canal alimentar, atravessando as membranas e migrando para outras partes do corpo.

As espécies que colocam larvas ou ovos incubados distantes do hospedeiro têm larvas do tipo planídio que confiam na passagem de um hospedeiro, no qual se agarram, penetrando na sua hemocele; dentro do hospedeiro a larva é envolvida pelo funil respiratório, cujo ápice se insere no tegumento para o exterior ou num tronco de traquéia; larvas mais novas respiram o oxigênio da hemolinfa do hospedeiro; a larva madura emerge do hospedeiro e pupa no solo ou na vegetação.

Tabela 1. Subfamílias de Tachinidae e seus hospedeiros.

| Subfamílias de Tachinidae | Número de Tribos | Hospedeiros |
|---------------------------|------------------|--|
| Rhinophorinae | 01 | Crustáceos terrestres |
| Phasiinae | 09 | Hemiptera-Heteroptera (ninfas e adultos) |
| Proseninae | 09 | Coleoptera |
| Tachininae | 15 | Lepidoptera |
| Dexiinae | 12 | Lepidoptera e Coleoptera |
| Goniinae | 20 | Lepidoptera (predominantemente), Orthoptera, Mantodea e raramente Coleoptera |

7.2.11. Parasitismo em Hymenoptera

Do ponto de vista biológico, Hymenoptera é a mais variada das

Ordens da Classe Insecta e, em número de espécies descritas, só perde para as Ordens Coleoptera e Lepidoptera. Estima-se em mais de 200.000 o número de espécies conhecidas. Trata-se de insetos de hábitos variáveis, mas a maioria das espécies é constituída por parasitos protélicos de outros insetos. Entre os insetos entomófagos esta Ordem é dominante, não só no número, como pelos casos de sucesso no Controle Biológico. Mais de 2/3 dos casos de controle bem sucedidos foram conseguidos com himenópteros parasíticos. No geral, as larvas são ápodas, esbranquiçadas, sedentárias, vivendo no meio do alimento, em espaço fechado.

Para impedir a contaminação do ambiente fechado em que vivem, as larvas não liberam fezes; o mesêntero (intestino médio) é fechado posteriormente (mesêntero-cego), não havendo conexão com o proctódeo (intestino posterior) e o material fecal é armazenado na forma de uratos. A conexão do mesêntero com o proctódeo é estabelecida na pupa e o material fecal sólido acumulado, agora denominado de **mecônia**, é expelido na época da pupação. A determinação do sexo em Hymenoptera é muito típica: as fêmeas são geralmente produzidas a partir de ovos fertilizados e são diplóides, enquanto que os machos se desenvolvem a partir de ovos não fertilizados (partenogênese arrenótoca) e são haplóides. Isto influencia na razão sexual (número de fêmeas/número de fêmeas + número de machos).

Entre as abelhas, exemplificando, a rainha é capaz de controlar a fertilização de seus ovos e, conseqüentemente, o sexo da progênie, ao passo que entre os himenópteros parasíticos vários fatores agem para determinar a extensão da fertilização e a razão sexual. Estes fatores são: a taxa de oviposição, que por sua vez pode ser função da densidade do hospedeiro, da idade da fêmea e, em algumas espécies, pelo menos, da estrutura do sistema reprodutivo da fêmea. Em alguns himenópteros parasíticos, os machos são raros ou ausentes; em tais espécies as fêmeas se desenvolvem partenogeneticamente (partenogênese telítoca). A reprodução por poliembrião só ocorre na Ordem Hymenoptera e em pelo menos quatro superfamílias parasíticas.

A forésia também é um hábito encontrado entre os himenópteros

parasíticos, especialmente nos que ovipositam nos ovos do hospedeiro (parasitoides de ovos) e naqueles cujas larvas de primeiro ínstar se prendem a um hospedeiro adulto a fim de alcançar as formas imaturas do hospedeiro no ninho ou na colônia. Parasitoides foréticos adultos são pequenos e se prendem às fêmeas do hospedeiro; quando esta oviposita, a fêmea do parasitoide se solta e oviposita nos ovos recém-depositados. Os himenópteros parasíticos são encontrados nas seguintes superfamílias (Tabela 2).

Tabela 2. Superfamílias de himenópteros parasíticos.

| Subordens | Divisões | Superfamílias |
|-----------|------------|---|
| Symphyla | - | Siricoidea |
| Apocrita | Parasítica | Evanioidea, Trigonaloidea, Ichneumonoidea, Proctotrupeoidea (= Serphoidea), Chalcidoidea e Cynipoidea |
| | Aculeata | Bethyloidea, Chrysidoidea e Scoliidea |

Uma das adaptações biológicas mais notáveis entre os Hymenoptera é o ovipositor. Nas espécies parasíticas o ovipositor desenvolveu-se num órgão especialmente projetado para colocar ovos, com precisão, no corpo do hospedeiro ou dentro do abrigo deste.

É uma estrutura composta de longas placas quitinosas, através da qual passa o ovo, e age semelhante a uma broca para furar o hospedeiro ou material que o protege; é 6-valvulado, sendo que o segundo par de válvulas é fundido, formando uma bainha com o primeiro par. As válvulas do segundo par possuem sulcos longitudinais que se prendem aos encaixes do primeiro par, num arranjo que permite o primeiro deslizar sobre o segundo, de modo que os dois pares de válvulas se comportam como uma unidade funcional, chamada de **terebra**. O terceiro par de válvulas (bainha do ovipositor) é muito mais largo do que a terebra, menos rígido e coberto de pêlos curtos na parte externa.

Os órgãos dos sentidos estão localizados nos ápices da terebra e das bainhas (Figura 11). Durante a oviposição, os sulcos talhados nos primeiro e segundo pares de válvulas capacitam o ovipositor a furar o corpo ou abrigo do hospedeiro. A terebra pode ser sustentada pelo terceiro par de válvulas e pelas coxas posteriores ou só por estas últimas (Figura 12). Além de colocar os ovos, o ovipositor pode ser usado para injetar toxina paralisante no hospedeiro, pode secretar seda (*Eupelmus* - Chalcididae) ou pode ser usado para construir um tubo alimentar. Os materiais para tais funções são fornecidos por glândulas associadas à base do ovipositor.

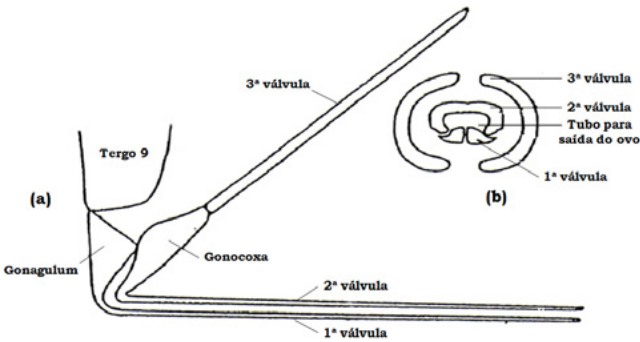


Figura 11. Ovipositor de Hymenoptera em vista lateral (a); corte transversal do ovipositor (b), de acordo com Askew (1971).

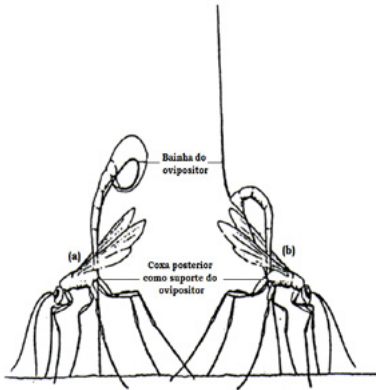


Figura 12. Hymenóptero da Família Ichneumonidae ovipositando: (a) as coxas posteriores e as bainhas (terceiro par de válvulas) sustentam a terebra durante a

inserção; as bainhas formando gradualmente um arco-dorsal, enquanto a terebra penetra o substrato (Ex.: *Rhyssela*); (b) somente as coxas posteriores sustentam a terebra; as bainhas são mantidas verticalmente após estágios iniciais de penetração (Ex.: *Pseudorhyssa*), segundo Askew (1971).

Na maioria dos himenópteros parasíticos o ovipositor é longo; em Torymidae (Chalcidoidea) e em alguns Ichneumonoidea é uma estrutura conspícua que se projeta muito além do ápice do abdome. Em outros, o longo ovipositor pode ser quase completamente guardado dentro do abdome. Por exemplo, em Cynipoidea e em muitos Chalcidoidea o ovipositor encontra-se enrolado dentro do abdome que, em consequência, é profundo e carenado ventralmente. Um dispositivo incomum é encontrado em *Inostemma* (Proctotrupeidea), que possui um processo semelhante a um chifre curvo, projetando-se da frente do abdome e sobre o tórax (o ovipositor pode ser retraído para dentro deste processo).

Sendo composto de quitina, o ovipositor não apresenta músculos, a não ser na base, mas é provido de nervos em toda sua extensão, contendo no ápice órgãos sensoriais que podem discernir, por meio de estímulos químicos, se um hospedeiro é adequado ou não e se já contém um ovo parasitado. Apesar de não possuir músculos, o ovipositor pode ser movido pelos músculos da base e girar para frente e para trás como uma broca, curvar-se e inclinar-se em qualquer direção, explorando a superfície ou o interior do hospedeiro.

Em *Trichogramma evanescens* (Trichogrammatidae), parasitoide de ovos de *Sitotroga cerealella* (Hymenoptera: Gelechiidae), por exemplo, uma fêmea é capaz de reconhecer quando outra apenas caminha sobre um ovo. Quando o ovo marcado é lavado, a fêmea insere o ovipositor, mas não oviposita. Portanto, um hospedeiro já parasitado pode ser detectado inicialmente com as antenas ou, se isto não indicar parasitismo, a inserção do ovipositor fornecerá uma segunda verificação. Vale mencionar que a fêmea de tal espécie de Trichogrammatidae pode, ainda, depositar uma secreção odorífera, pelas glândulas tarsais, quando caminha sobre o hospedeiro.

A fêmea de *Trissolcus basalus* (Proctotrupeoidea: Scelionidae), ao parasitar ovos de Pentatomidae (Hemiptera-Heteroptera), marca cada ovo no qual ovipositou passando a ponta do abdome por toda superfície superior, servindo de aviso de que o ovo já foi parasitado (Figura 5).

Caracteres gerais de Hymenoptera parasíticos

I) Subordem Symphyta: abdome sésstil; trocânter dítroco; asas com sistema de nervação complexo; larvas eruciformes e fitófagas; ovipositor serreado, pouco saliente.

Superfamília Siricoidea

- **Família Orussidae:** grupo muito raro, representado por poucas espécies, espalhadas pelas diversas regiões do globo. Alguns autores propõem uma nova Subordem, Idiogastra, para estes insetos, colocando-os entre Symphyta e Apocrita. As espécies de *Orussus* são endoparasitoides solitários de larvas de coleópteros da Família Buprestidae.

II) Subordem Apocrita: abdome livre ou pedunculado; trocânter simples ou dítroco; nervação das asas simples; fêmea com ovipositor estiliforme nunca serreado; larvas ápodas de hábitos variados.

Superfamília Evanioidea

- **Família Evaniidae:** as larvas são parasitoides de ooteca de baratas. A fêmea coloca um ovo dentro do ovo da barata; em seguida, esta larva torna-se um ectoparasitoide e pode consumir os outros ovos da ooteca. Somente um parasitoide pode se desenvolver em cada ooteca. O adulto tem uma forma peculiar, com um abdome pequeno e triangular, ligado ao tórax por um pecíolo inserido dorsalmente.

- **Família Aulacidae:** parasitoides de larvas de besouros que são brocas

de madeira. Algumas espécies atacam abelhas carpinteiras (Xylocopinae); neste caso, a fêmea do parasitoide coloca os ovos nos ovos do hospedeiro através do orifício que a abelha faz para ovipositar. as larvas do parasitoide emergem de larvas maduras do hospedeiro.

- **Família Gasteruptionidae:** parasitoides de vespas e abelhas solitárias. A fêmea oviposita sobre a larva ou sobre o ovo do hospedeiro. Quando este é consumido, o parasitoide passa a comer o alimento armazenado pela fêmea do hospedeiro dentro da célula. Às vezes o parasitoide pode atravessar para a célula vizinha e consumir outro hospedeiro num comportamento mais predatório do que parasítico.

Superfamília Trigonoidea

- **Família Trigonalidae:** contém poucas espécies, mas distribuídas pelo mundo inteiro. São endoparasitoides solitários de vespas sociais (Vespoidea) ou hiperparasitoides de Ichneumonidae e Tachinidae em lagartas de Lepidoptera e larvas de Hymenoptera Symphyta. A fêmea coloca milhares de ovos sobre a vegetação. Estes ovos, que permanecem viáveis por vários meses, só eclodem quando são engolidos por uma lagarta, quando então a larva de primeiro instar penetra o epitélio intestinal e entra na hemocele, onde pode encontrar e penetrar um parasitoide primário. Não se sabe ainda como a larva de primeiro instar dos parasitoides de vespas consegue atingir o hospedeiro. Supõe-se que os fragmentos de lagarta, com os quais a vespa alimenta as formas imaturas, contenham ovos do parasitoide.

Superfamília Chalcidoidea

Constituída por insetos muito pequenos, geralmente de 2 a 3 mm de comprimento, de coloração verde ou preta com reflexos metálicos e muito abundantes em quase todos os ambientes terrestres. O número de espécies descritas é da ordem de 25.000. Nesta Superfamília encontra-se o menor inseto conhecido, pertencente à Família Mymaridae, na qual certas espécies

chegam a ter 0,2 mm de comprimento, sendo, portanto, menores que alguns protozoários. Embora os insetos desta Superfamília sejam pequenos, a maioria das espécies tem forma robusta; a cabeça é relativamente grande e larga, com poderosos músculos mandibulares, sendo provida de olhos compostos grandes e um par de antenas geniculadas que vibram e testam o ar circundante. São insetos ativos que podem pular vários centímetros quando perturbados. A nervação das asas é muito reduzida, mas, mesmo assim, a maioria das espécies é constituída de bons voadores. Poucas espécies apresentam fêmeas ápteras ou braquípteras. O corpo é coberto por uma grossa cutícula, geralmente reticulada e de coloração muito vistosa.

As relações parasitoide-hospedeiro são muito variadas nesta Superfamília e a maioria das espécies hospedeiras se encontra nas Ordens Coleoptera, Lepidoptera, Diptera e Hemiptera-Sternorrhyncha, salvo algumas espécies que parasitam Arachnida. Todos os estágios do inseto hospedeiro são parasitados, embora os adultos sejam menos atacados do que as formas jovens. No entanto, cada espécie está geralmente restrita a um particular estágio do hospedeiro e no seu desenvolvimento pode ser endo ou ectoparasitoide, solitário ou gregário. Às vezes é possível definir com precisão cada hospedeiro de um grupo de parasitoides. Por exemplo, todas as espécies da Família Eucharitidae só atacam formigas e as da Família Leucospididae parasitam abelhas solitárias. As espécies das Famílias Mymaridae e Trichogrammatidae são parasitoides de ovos de insetos. Das três maiores Famílias, Encyrtidae é constituída de parasitoides de Hemiptera-Sternorrhyncha, principalmente cochonilhas; Eulophidae são parasitoides de Lepidoptera e Pteromalidae são parasitoides de larvas e pupas de Diptera e Coleoptera.

Os Chalcidoidea podem apresentar uma notável diversidade biológica ao nível genérico. Exemplificando: na Família Eurytomidae, as espécies *Eurytoma serrulatae* e *Eurytoma tibialis* são parasitoides de larvas de *Urophora* spp. (Diptera: Tephritidae) em flores e em ramos respectivamente de uma Compositae, enquanto que *Eurytoma robusta* é um ectoparasitoide

dos mesmos hospedeiros. *Eurytoma rosae* é um predador de insetos de galhas contíguas, consumindo mais de uma larva do hospedeiro; *Eurytoma oophagus* consome quase todos os ovos que encontra nos ovissacos de aranhas. Em alguns casos, certas espécies de *Eurytoma* têm características tão semelhantes que só podem ser separadas pelo aspecto externo dos ovos (Figura 14).

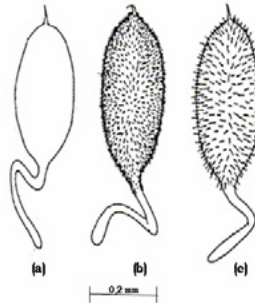


Figura 14. Ovos de *Eurytoma* (Hymenoptera: Eurytomidae): (a) *E. rosae*, (b) *E. bruniventris*, (c) *E. centaurae* (Claridge & Askew, 1960).

Um caso extremo de diversidade de hábitos é encontrado na Família Aphelinidae, cujas espécies parasitoides de cochonilhas e outros hemípteros mostram uma diferenciação na relação com o hospedeiro. Como exemplo pode citar *Encarsia formosa*, parasitoide da mosca-branca: os machos são raros, mas quando são produzidos se desenvolvem como hiperparasitoides internos das larvas das fêmeas (adelfoparasitismo ou autoparasitismo). Em *Coccophagus*, parasitoides de cochonilhas, distinguem-se três categorias:

a) O macho e a fêmea parasitam a mesma espécie de cochonilha; a fêmea é endófaga e o macho é ectófago, sendo ambos parasitoides primários. Exemplos: *Coccophagus ochraceus*, *Coccophagus bivittatus* e *Coccophagus longifasciatus*;

b) O macho e a fêmea parasitam a mesma espécie de cochonilha e ambos são endófagos; a fêmea é parasitoide primário e o macho é hiperparasitoide da larva da fêmea (**autoparasitismo obrigatório**). Exemplos: *Coccophagus*

scutellaris, *Coccophagus capensis* e *Coccophagus nigritus*;

c) O macho é hiperparasitoide endófago ou ectófago de um parasitoide primário. Algumas vezes é hiperparasitoide da fêmea de sua espécie, mas geralmente se desenvolve em uma espécie diferente de cochonilha (**autoparasitismo facultativo**). Exemplos: *Coccophagus basalis*, *Coccophagus caridei*, *Coccophagus gurneyi*, *Coccophagus insidiator*, *Coccophagus cowperi* e *Coccophagus lycimnia*.

No Gênero *Prospaltella* (Aphelinidae) ocorre uma disparidade ainda mais acentuada entre macho e fêmea, em que este afelinídeo fornece seu próprio “inimigo natural”, visando impedir uma super-exploração do hospedeiro (cochonilha). O caso de *Prospaltella*, cujos machos parasitam ovos de Lepidoptera é visto como uma tentativa adicional para reduzir a pressão sobre a população da cochonilha hospedeira.

Os parasitoides que atacam larvas, geralmente paralisam o hospedeiro antes de ovipositar. Esta paralisia é regra geral para os ectoparasitoides e a finalidade deste comportamento é a eliminação de movimentos do hospedeiro que poderiam amassar ou deslocar o ovo do parasitoide que é muito delicado ou a larva jovem. O hospedeiro paralisado continua vivo até ser liquidado pela atividade alimentar do parasitoide. Os endoparasitoides não precisam deste recurso porque seus ovos, ou larvas, estão protegidos no interior do corpo do hospedeiro.

Quando o ovipositor é retirado, ocorre uma exsudação de fluido orgânico no qual o parasitoide adulto se alimenta. Muitas vezes um parasitoide introduz o ovipositor no hospedeiro somente para provocar esta exsudação e se alimentar. Algumas espécies de Pteromalidae, Eurytomidae, Torymidae e Eulophidae desenvolveram uma forma de se alimentar dos fluidos de hospedeiros abrigados em galerias ou em células. As espécies destas Famílias constroem um tubo pelo qual se alimentam; a fêmea, depois de paralisar a larva do hospedeiro, retira o ovipositor, deixando apenas a ponta deste dentro da célula onde se abriga o hospedeiro.

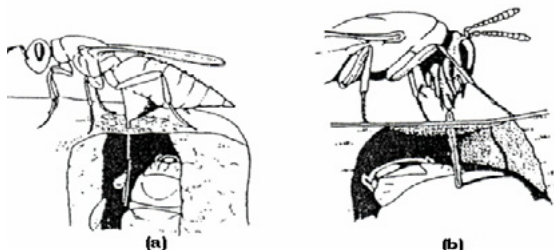


Figura 15. Fêmea de *Habrocytus cerealellae* (Hymenoptera: Pteromalidae): (a) ovipositando na lagarta da traça-dos-cereais, (b) alimentando-se pelo tubo construído com seu ovipositor (Askew, 1971).

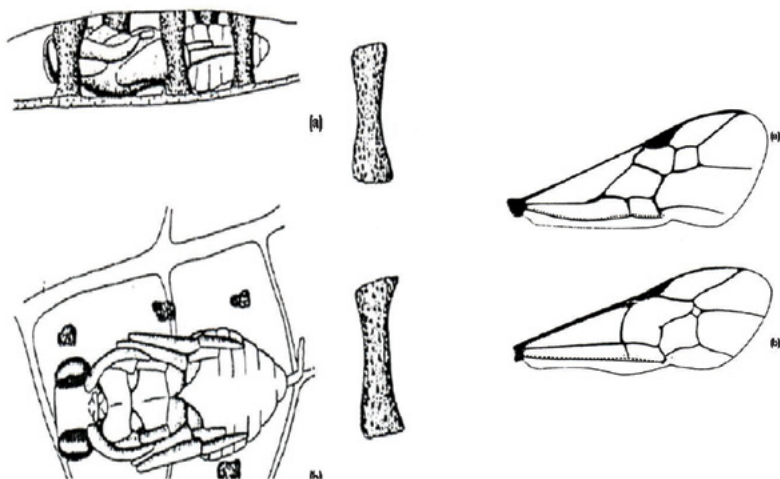


Figura 18. Venação das asas anteriores de Ichneumonoidea: (a) Braconidae, (b) Ichneumonidae (Askew, 1971).

Muitos braconídeos atacam seus hospedeiros quando as larvas destes já estão bastante desenvolvidas, mas outros também parasitam ovos e pequenas larvas. Dentre os últimos, o desenvolvimento do parasitoide é retardado até que o hospedeiro esteja nos últimos estágios de larva ou de pupa. A maioria dos braconídeos apresenta um ciclo vital curto, de maneira que ocorrem muitas gerações por ano. Um grande número de espécies completa o ciclo em menos de 10 dias.

A capacidade reprodutiva dos braconídeos é elevada; por exemplo, *Apanteles glomeratus*, parasitoide de *Pieris* (Lepidoptera: Pieridae), produz 2.000 ovos. Cada vez que o ovipositor penetra no corpo do hospedeiro, a fêmea pode colocar um só ou grupos de até 75 ovos; este parasitoide é de importante interesse, pois foi o primeiro a ser referido no Controle Biológico (vide Histórico, 2.1. Entomofagia).

- Família Ichneumonidae:

a) Subfamília Ephialtinae: ectoparasitoides, com exceção de *Ephialtes* e *Itopectis*, de larvas abrigadas e de pupas em tecido vegetal ou casulos, especialmente de Lepidoptera e de aranhas (como é o caso do ectoparasitoide *Polysphincta*). Exemplos: *Rhyssa*, *Pimpla* e *Scambus*;

b) Subfamília Ichneumoninae: endoparasitoides de lagartas de Lepidoptera, às vezes ovipositando em ovos. Exemplos: *Amblyteles* e *Ichneumon*;

c) Subfamília Tryphoninae: ectoparasitoides de lagartas de Lepidoptera, como *Netelia* e *Tryphon*. Esta família é composta por um grande número de gêneros e espécies. Embora existam formas muito pequenas, a maioria das espécies é de tamanho considerável. Os representantes atacam todos os principais grupos de insetos holometabólicos, aranhas e pseudo-escorpiões. Poucas espécies são predatórias, sendo que a maior parte é composta por parasitoides, ou menos frequentemente hiperparasitoides, de Lepidoptera, seguida por Hymenoptera, especialmente a Família Tenthredinidae (mas, todos os grupos de Hymenoptera podem ser atacados). Uma parte considerável parasita Coleoptera e um pequeno número parasitam Diptera e Arachnida.

Os ichneumonídeos podem ser endo ou ectoparasitoides, sendo que os primeiros são mais comuns. As espécies ectoparasíticas atacam hospedeiros em casulos, galeria, folhas enroladas ou em tocas. O multiparasitismo é bastante comum, especialmente em hospedeiros

expostos.

A maior parte das espécies tem asas bem desenvolvidas e são boas voadoras. Existem algumas espécies micrópteras e outras ápteras. Os adultos se alimentam de um número limitado de material vegetal e de exsudatos, incluindo pólen e néctar. Certas espécies alimentam-se dos fluídos do corpo do hospedeiro, logo após a oviposição de muitas vezes o corpo do hospedeiro é perfurado com o único propósito de alimentação. Algumas espécies alargam os ferimentos com suas mandíbulas para se alimentar, enquanto outras se tornaram predatórias e podem consumir o hospedeiro parcial ou totalmente.

O odor é um forte estímulo para a oviposição e em alguns casos pode ser o odor da planta, em vez do odor do hospedeiro. Normalmente a teia, o casulo e as fezes do hospedeiro fornecem um forte estímulo. Espécies que atacam hospedeiros expostos são estimuladas mediante um contato com este para completar a resposta de oviposição. Por outro lado, hospedeiros que vivem em situações abrigadas não estimulam a oviposição quando expostos diretamente aos parasitoides. A maioria das espécies paralisa o hospedeiro temporária ou permanentemente antes de ovipositar. O ovo geralmente é colocado ao acaso na hemocele do hospedeiro e frequentemente flutua na corrente sanguínea. Espécies de ectoparasitoides em larvas abrigadas ovipositam perto ou em qualquer parte do hospedeiro onde o ovipositor toca. Estes hospedeiros podem estar inativos em suas células ou podem ser paralisados antes da oviposição. Certas espécies ovipositam no ovo do hospedeiro, mas o desenvolvimento do parasitoide é retardado até que o hospedeiro chegue ao estágio larval ou, o que é mais frequente, ao estágio de pupa.

Muitos Tryphoninae como, por exemplo, *Netelia*, prendem seus ovos em posições específicas no hospedeiro (lagartas expostas) e este continua se alimentando após ter sido parasitado. Os parasitoides de aranha, como as espécies de Polysphincta (Ephialtinae), colocam os ovos dorsal ou

lateralmente no abdome do hospedeiro. Os Tryphoninae ectoparasitoides não parasitam o hospedeiro, mas inserem o pedicelo do ovo sob o tegumento, dentro dos músculos ou do epitélio, onde ele se prende tão firmemente que a ecdise subsequente não consegue removê-lo. Muitas espécies que atacam larvas broqueadoras da madeira têm ovipositor longo, sendo capazes de penetrar numa profundidade considerável de madeira.

A capacidade reprodutiva de Ichneumonidae é relativamente baixa para numerosas espécies: 50 a 100 ovos.

7.3. Patógeno

Os patógenos, denominados de entomopatógenos, formam o último grupo de inimigos naturais de artrópodes-praga, sendo estudados no Controle Microbiano, que, segundo Dequech (2000), é um ramo do Controle Biológico que visa a utilização de entomopatógenos (fungos, bactérias, vírus, protozoários, rickétsias e nematoides) no controle de pragas.

A utilização de entomopatógenos para o controle de pragas é mais uma alternativa eficiente e segura ao uso de agrotóxicos. Apesar de ser uma área do conhecimento relativamente antiga, o controle microbiano tomou grande impulso principalmente após a proibição do uso dos inseticidas organoclorados e também em decorrência do Manejo Integrado de Pragas (MIP) como prática racional no controle de insetos prejudiciais em sistemas agrícolas e florestais (Moino Junior, 2009).

Apesar do avanço do Controle Microbiano, é importante mencionar que os microrganismos entomopatogênicos raramente devem ser considerados isoladamente no controle de pragas. Esse tipo de controle deverá fazer parte de um conjunto de medidas, as quais, atuando em harmonia com o ambiente, sejam capazes de reduzir a população das pragas a níveis de danos não econômicos. O principal objetivo do Controle Microbiano deve ser o estabelecimento enzoótico do patógeno no agroecossistema (Gallo *et*

al., 2002).

De acordo com Alves (1998a), a utilização de entomopatógenos no controle de pragas apresenta uma série de vantagens e desvantagens, a saber:

Vantagens

a) Especificidade e seletividade: alguns patógenos são específicos, como é o caso dos vírus, alguns fungos e protozoários. Outros não apresentam grande especificidade, mas são altamente patogênicos para determinadas espécies, como ocorre com fungos em geral, bactérias e nematoides. Assim, mesmo aplicados em doses elevadas, ainda conseguem evitar desequilíbrios biológicos de importância no agroecossistema, por não afetarem parasitoides, predadores e polinizadores. Desse modo, os patógenos apresentam uma grande vantagem em relação aos pesticidas de largo espectro, pela manutenção das populações de parasitoides, predadores e polinizadores.

b) Multiplicação, dispersão e produção: os patógenos possuem a capacidade de multiplicação e dispersão no ambiente através dos indivíduos da população (insetos sadios, doentes, parasitoides e predadores). Dos focos primários da doença resultam focos secundários, mesmo de uma geração para outra, pois os patógenos podem permanecer na área, no solo ou nos cadáveres ou, como acontece com vírus e protozoários, podem passar de uma geração para outra através dos ovos dos insetos (disseminação vertical). Os patógenos facultativos também podem ser produzidos em meios artificiais em grandes quantidades, como acontece com *Bacillus thuringiensis*, *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana*, etc.

c) Efeitos secundários: os patógenos podem provocar a mortalidade direta da praga ou afetar as gerações seguintes, diminuindo a oviposição, a viabilidade de ovos e aumentando a sensibilidade da população a outros

agentes biológicos e químicos. É bom destacar que esses efeitos deverão ser levados em consideração durante a experimentação com entomopatógenos.

d) Controle mais duradouro: a doença pode assumir caráter enzoótico após o estabelecimento do patógeno em uma determinada área de cultura perene ou semiperene, de modo que o inseto-praga mantenha-se abaixo de limiares de dano econômico.

e) Controle associado: pode ser aplicado juntamente com inseticidas seletivos em subdosagens, visando a ação sinérgica bem como um controle mais rápido e eficiente da praga.

f) Engenharia genética: os entomopatógenos podem sofrer modificações genéticas em laboratório, originando linhagens de largo espectro ou específicas, de acordo com as necessidades, ou ainda ser utilizadas para a obtenção de plantas transgênicas.

g) Aplicação: dependendo de adaptações, os patógenos podem ser aplicados com as máquinas convencionais empregadas para os pesticidas, incluindo aplicações aéreas.

h) Poluição e toxicidade: os patógenos não poluem o ambiente, não são tóxicos para o homem e outros animais, desde que selecionados e manuseados corretamente.

i) Comercial: a comercialização de alimentos protegidos com produtos biológicos possibilita a venda por preços mais elevados.

j) Resistência: é óbvio que os insetos já desenvolveram o máximo de resistência aos patógenos existentes no meio onde ocorrem. Assim, apesar da possibilidade de ocorrência, os insetos dificilmente se tornam resistentes aos patógenos (não-bioengenheirados) devido às aplicações normais nas culturas. Os patógenos modificados geneticamente e as plantas transgênicas devem ser monitorados sob esse aspecto, acreditando-se

que, para as plantas transgênicas, o manejo da resistência deveria ser uma medida legal, visando evitar problemas futuros.

l) Ressurgência de pragas: o uso de inseticidas microbianos não favorece à ressurgência de pragas secundárias e terciárias, como acontece com os pesticidas.

m) Custo de desenvolvimento e registro: apesar do custo de desenvolvimento ser aproximadamente o mesmo que dos químicos (não é correto pensar que os microbianos podem ser desenvolvidos com menor custo), os gastos com registros de microbianos custam cerca de 80 a 90% menos que com os pesticidas.

Desvantagens

a) Espectro de ação: a especificidade de alguns patógenos pode ser encarada, a curto prazo, como uma desvantagem econômica em relação aos pesticidas de largo espectro que atuam sobre diversas pragas. Porém, raças de patógenos podem ser selecionadas adequadamente para o agroecossistema que se está manejando, visando o controle de diversos insetos ao mesmo tempo.

b) Ação mais lenta: as aplicações de inseticidas microbianos devem ser planejadas de acordo com o período de incubação do patógeno, de modo que o inseto possa ser eliminado antes de prejudicar economicamente a cultura.

c) Condições favoráveis: determinados patógenos necessitam de condições favoráveis de temperatura, umidade, luminosidade, radiação, aplicação, etc., para serem eficientes.

d) Potencial de inóculo adequado e estratégias: os produtos microbianos só funcionam quando aplicados corretamente, fornecendo um potencial

de inóculo adequado e suficiente para provocar doença por ingestão ou contato, usando-se estratégias previamente selecionadas.

e) Armazenamento: os inseticidas microbianos exigem maiores cuidados no armazenamento, visando manter a viabilidade e patogenicidade. Formulações adequadas precisam ser desenvolvidas para melhor aproveitamento do potencial desses entomopatógenos.

f) Comercial: alguns patógenos podem provocar a aderência dos insetos mortos na planta ou nos frutos tratados e isso poderá afetar a aceitação desses produtos quando os mesmos não são previamente lavados.

g) Segurança: os produtos microbianos podem representar riscos para o consumidor e para o ambiente desde que manuseados incorretamente. Assim, o manuseio biológico representado por repicagens sucessivas, produção massal em grandes fermentadores, produção em células, transformações genéticas de plantas e de patógenos devem ser monitorados (em laboratório e campo) para se evitar a produção de contaminantes e de outras formas biológicas indesejáveis.

7.3.1. Fungos entomopatogênicos

Os fungos constituem um numeroso grupo de organismos bastante diversificado filogeneticamente e de grande importância ecológica e econômica. Apesar de heterogêneo, este grupo reúne algumas características básicas que permite separá-lo de outros seres vivos, formando um reino à parte (Krugner & Bacchi, 1995). São as seguintes as características:

a) Talo eucariótico: os fungos apresentam membrana nuclear envolvendo o material genético da célula, fato que os distingue das bactérias.

b) Heterotrofismo: característica que separa os fungos das plantas que, ao contrário destes, possuem clorofila. Todos os fungos, sejam eles sapróbios

ou parasitas, requerem carbono orgânico na sua nutrição, como os animais.

c) Absorção de nutrientes: água e nutrientes minerais ou orgânicos são absorvidos pelos fungos a partir do substrato onde crescem. A absorção é feita através da parede celular das hifas, as quais constituem o talo vegetativo da maioria dos fungos ou de células individuais no caso de fungos unicelulares. Fungos desprovidos de parede celular, como mixomicetos, ingerem ou engolfam o alimento, fagocitando-o através de seu plasmódio.

d) Formação de esporos: os fungos, principalmente aqueles utilizados no controle de pragas, caracterizam-se por produzir esporos, os quais são unidades reprodutivas com forma e tamanhos definidos, que funcionam como seus propágulos. São as seguintes as estruturas do fungo utilizadas no controle de pragas e suas funções no ciclo natural do patógeno, segundo Almeida & Batista Filho (2006):

- **Conídios:** possuem função de reprodução e de disseminação.
- **Blastosporos:** com função de disseminação na hemolinfa do hospedeiro.
- **Micélio:** função de migrar para fora do hospedeiro e permitir a conidiogênese dos fungos.
- **Esporos de resistência:** com função de permitir a sobrevivência do fungo no solo.

Os fungos foram os primeiros patógenos a serem utilizados no controle de artrópodes-praga, pois além de atacar insetos fitófagos, aquáticos e edáficos, causam epizootias naturais. Vale ressaltar que 80% das doenças de insetos é provocada por esses patógenos (Dequech, 2000; Almeida & Batista Filho, 2006).

O ciclo de desenvolvimento inicia-se pela adesão do fungo ao tegumento do inseto e a conseqüente germinação dos esporos sobre o tegumento. Em seguida, o esporo penetra na cutícula do inseto e multiplica-se na hemocele deste, onde produz toxinas (alguns fungos ou cepas).

Posteriormente, o inseto morre e o fungo coloniza todo o interior do seu corpo. Após isso, o esporo deixa a hemocele, passando através do tegumento, e esporula sobre a superfície do inseto. Finalmente, os propágulos são disseminados no ambiente.

Na tabela 3 são encontradas as espécies de fungos entomopatogênicos encontradas no Brasil e seus hospedeiros (Alves, 1998b).

Tabela 3. Espécies de fungos entomopatogênicos constatadas no Brasil e seus hospedeiros.

| Espécies | Hospedeiros |
|--|--|
| <i>Aschersonia aleyrodidis</i> | Aleirodídeos |
| <i>Aschersonia cubensis</i> | Coccídeos |
| <i>Aspergillus parasiticus</i> | Lepidoptera e Hymenoptera |
| <i>Atractium flammeum</i> | Coccídeos |
| <i>Akamthomyces</i> (= <i>Inseticola</i>) | Lepidoptera |
| <i>Baktoa</i> cf. <i>apiculata</i> | <i>Mahanarva fimbriolata</i> e <i>Deois flavopicta</i> |
| <i>Beauveria amorphia</i> | <i>Solenopsis</i> sp. e <i>Cosmopolites sordidus</i> |
| <i>Beauveria bassiana</i> | Lep., Col., Hym., Hem.-Stern., Isop., etc. |
| <i>Beauveria brongiartii</i> | <i>Castnia licus</i> , <i>Brassolis</i> spp. e <i>Diatraea saccharalis</i> |
| <i>Cladosporium cladosporioides</i> | Hemiptera-Sternorrhyncha (pulgões) |
| <i>Cordyceps</i> spp. | Lep., Col., Hym., Hem.-Stern. |
| <i>Entomophaga</i> (= <i>Eryniopsis</i>) | Lepidoptera- <i>Thyrinteina</i> |
| <i>Entomophthora</i> spp. (= <i>Empusa</i>) | <i>Musca domestica</i> , <i>Deois</i> spp. e pulgões |
| <i>Fusarium</i> spp. | Hymenoptera, Coleoptera e coccídeos |
| <i>Gibellula</i> sp. | Aracnídeos |
| <i>Hirsutella</i> sp. | Ácaros e <i>Solenopsis saevissima</i> |
| <i>Lagenidium</i> sp. | Diptera |
| <i>Massospora</i> spp. | Hemiptera-Sternorrhyncha |
| <i>Metarhizium anisopliae</i> | Hem.-Stern./Auch./Het., Col., Hym., Dip., Lep., etc. |
| <i>Metarhizium flavoviride</i> | Orthoptera |
| <i>Podonectria</i> (= <i>Sphaerostilbe</i>) | Coccídeos |

| Espécies | Hospedeiros |
|---|--|
| <i>Neozygites</i> | Pulgões e ácaros |
| <i>Nomuraea rileyi</i> | Lepidoptera e Orthoptera |
| <i>Paecilomyces</i> spp. | Lep., Hem.-Stern./Auch./Het., Col., etc. |
| <i>Sorospora</i> sp. | Lepidoptera e Orthoptera |
| <i>Sporothrix insectorum</i> | Hem.-Stern./Auch./Het. |
| <i>Verticillium lecanii</i> | Hem.-Stern./Auch./Het. |
| <i>Zoophthora</i> spp. (= <i>Erynia</i>) | Hem.-Stern./Auch./Het. e Lepidoptera |

Na tabela 4 são apresentados alguns produtos à base de fungos desenvolvidos no Brasil por indústrias e centros de pesquisas.

Tabela 4. Produtos à base de fungos desenvolvidos por indústrias e centros de pesquisas (Gallo *et al.*, 2002).

| Produto | Fungo | Inseto-alvo | Empresa |
|---------------|-------------------------------|----------------------|---------------|
| Arroz + fungo | <i>Metarhizium anisopliae</i> | Cigarrinhas | ESALQ/USP |
| Arroz + fungo | <i>M. anisopliae</i> | Cigarrinha | IB |
| Arroz + fungo | <i>M. anisopliae</i> | Cigarrinhas | IPA |
| Arroz + fungo | <i>M. anisopliae</i> | Cigarrinhas | Asplana |
| Arroz + fungo | <i>M. anisopliae</i> | Percevejo-renda | IB, ESALQ/USP |
| Biotec | <i>M. anisopliae</i> | Cigarrinha-cana | Biotec |
| Boveril | <i>Beauveria bassiana</i> | Cupins, ácaros | Itaforte |
| Metabiol | <i>M. anisopliae</i> | Cigarrinhas | Tecnicontrol |
| Metaquino | <i>M. anisopliae</i> | Cigarrinhas | CODECAP |
| Metarril | <i>M. anisopliae</i> | Cigarrinhas e tripes | Itaforte |

7.3.2. Bactérias entomopatogênicas

As bactérias são classificadas como protistas inferiores e constituem o maior e mais diversificado grupo desses microrganismos. São unicelulares e multiplicam-se por fissão binária transversa ou cissiparidade. A célula bacteriana exibe três formas fundamentais. Algumas possuem células esféricas ou ovóides e são, comumente, chamadas de cocos. Outras são

cilíndricas e são denominadas de bacilos ou bastonetes. O terceiro grupo é formado por bactérias com células espiraladas, chamadas de espirilos ou espiroquetas (Ferreira & Salgado, 1995).

As bactérias entomopatogênicas estão agrupadas em duas categorias: esporulantes e não-esporulantes.

- **Bactérias esporulantes:** incluem todas as espécies obrigatórias e a maioria das facultativas (cristalíferas e não-cristalíferas). De acordo com Habib & Andrade (2002), apresentam a característica da persistência, o que é considerado um pré-requisito para que um agente possa ser produzido em escala comercial. Embora sejam poucas as espécies de bactérias com alta capacidade de invadir a parede intestinal ou de se multiplicar na luz do intestino, várias são as espécies consideradas potenciais, ou seja, com a capacidade de se multiplicar na hemolinfa, causando septicemias fatais. Existem, também, espécies de bactérias, embora poucas, que se caracterizam por alta virulência, alta capacidade invasora e produção de toxinas, causando toxemias em insetos. A família Bacillaceae é a mais estudada e envolve os dois gêneros de maior importância: *Bacillus* e *Clostridium*. As espécies do gênero *Bacillus* são encontradas no solo e são representadas por células em forma de bastonete; são em geral aeróbicas ou anaeróbicas facultativas; formam esporos e produzem toxinas e enzimas. Dentre as espécies mais importantes, destaca-se *Bacillus thuringiensis* (Bt). Esta espécie apresenta como característica típica a presença de um cristal protéico intracelular, que não possui ação tóxica, sendo considerado como pró-toxina; a sua dissolução em meio alcalino resulta em moléculas de ação tóxica, tais como as delta-endotoxinas. Portanto, apenas insetos com pH intestinal alcalino são suscetíveis a este patógeno. As delta-endotoxinas são o principal componente inseticida das formulações atuais desta bactéria, sendo codificadas por genes denominados “cry”.

Os sintomas externos, quando uma lagarta é infectada por Bt, caracterizam-se pela perda de apetite e o abandono do alimento, seguidos

pela regurgitação e diarreia. A lagarta perde agilidade e o tegumento fica sem brilho, em função da invasão do patógeno na hemolinfa, tornando-se marrom-escuro. Algumas espécies sofrem paralisia geral antes da morte, que ocorre entre 18 e 72 horas. A lagarta fica preta e ocorre a deterioração dos tecidos. Comercialmente o Bt foi usado pela primeira vez em 1960, com o nome de Dipel. Atualmente, existem alguns produtos a base de Bt, os quais são utilizados no controle de lepidópteros e coleópteros (Tabela 5). Também é possível inserir genes de Bt para que se expresse a síntese de delta-endotoxina nos tecidos de plantas de culturas de importância econômica.

Tabela 5. Produtos comerciais à base de *B. thuringiensis* (Adaptado por Dequech, 2000).

| Produto | <i>Bacillus thuringiensis</i> (Bt) | Inseto-alvo |
|----------------|--|--------------------|
| Dipel | <i>Bt kurstaki</i> | Lepidópteros |
| Thuricide | <i>Bt kurstaki</i> | Lepidópteros |
| Bactospeine | <i>Bt kurstaki</i> | Lepidópteros |
| Jovelin | <i>Bt kurstaki</i> | Lepidópteros |
| Foray | <i>Bt kurstaki</i> | Lepidópteros |
| Biobit | <i>Bt kurstaki</i> | Lepidópteros |
| Foil/Condor | <i>Bt kurstaki</i> | Lepidópteros |
| Delfin | <i>Bt kurstaki</i> | Lepidópteros |
| Cutlass | <i>Bt kurstaki</i> | Lepidópteros |
| Larvo Bt | <i>Bt kurstaki</i> | Lepidópteros |
| Nubilacid | <i>Bt kurstaki</i> | Lepidópteros |
| MVP | <i>Bt kurstaki</i> | Lepidópteros |
| Bac-control | <i>Bt kurstaki</i> | Lepidópteros |
| M-One | <i>Bt san diego</i> <i>Bt tenebrionis</i> | Coleópteros |
| M-One Plus | <i>Bt san diego</i> <i>Bt tenebrionis</i> | Coleópteros |
| Di-Terra | <i>Bt san diego</i> <i>Bt tenebrionis</i> | Coleópteros |
| Trident | <i>Bt san diego</i> <i>Bt tenebrionis</i> | Coleópteros |
| Novodor | <i>Bt san diego</i> <i>Bt tenebrionis</i> | Coleópteros |

- **Bactérias não-esporulantes:** por não produzirem esporos, apresentam baixa resistência, devido à alta sensibilidade às radiações e às condições climáticas, o que dificulta o seu manuseio, além de grande parte ser considerada patogênica para vertebrados. Merecem destaque as famílias Enterobacteriaceae, com a espécie *Serratia macescens* em gafanhoto e bicudo-do-algodoeiro, e Pseudomonadaceae, com *Pseudomonas* sp. em curuquerê-do-algodoeiro.

7.3.3. Vírus entomopatogênicos

A definição de vírus é, ainda hoje, um tema bastante complexo. Ao longo do tempo, várias tentativas foram feitas, tornando-se, porém, inadequadas à medida que a ciência da virologia avançava (Bedendo, 1995). Um dos conceitos mais aceitos atualmente é de que os vírus são macromoléculas, usualmente nucleoproteínas, dotadas ou não de membrana envoltória, capazes de se replicar quando introduzidas em células permissíveis, isto é, nas quais os vírus têm condições de se multiplicar (Ribeiro *et al.*, 1998). A maioria dos vírus foi isolada a partir de lepidópteros, com centenas de espécies confirmadas como sendo hospedeiras (Dequech, 2000).

A principal família de vírus de interesse entomológico é Baculoviridae, cujos principais representantes pertencem ao gênero *Baculovirus* (causadores das poliedroses nucleares e granuloses). Por serem eficientes, específicos e seguros para o homem e outros animais, estes vírus preenchem todos os requisitos básicos como alternativa aos inseticidas químicos, tóxicos e poluentes, utilizados na proteção de culturas (Almeida & Batista Filho, 2006).

Os vírus penetram no hospedeiro através da ingestão de alimentos contaminados (folhas e caules de plantas) com os poliedros, sendo o estado larval o que apresenta maior predisposição. A contaminação através dos ovos dos insetos também é possível. A contaminação interna dos ovos

(transovariana) não é comum. Entre os agentes de disseminação dos vírus, certos inimigos naturais devem ser considerados, como os parasitoides dos gêneros *Apanteles*, *Chelonus* e *Cardiochiles*, que são capazes de inocular partículas virais no momento em que parasitam os seus hospedeiros.

Após a ingestão, os poliedros que contêm as partículas virais (vírions), em condições alcalinas ($\text{pH} > 7,5$) do tubo digestivo do mesêntero (intestino médio), são dissolvidos liberando os vírions. Estes em contato com as microvilosidades intestinais liberam os capsídeos nas células epiteliais do intestino, iniciando a infecção primária. Em seguida, atingem outros tecidos com grande produção de cristais dentro das células caracterizando a infecção secundária e provoca o rompimento da parede celular. Os insetos contaminados liberam, através do vômito e das fezes, grandes quantidades de poliedros que representam importantes fontes de inóculo para outros insetos que vivem no mesmo habitat. Também o inseto morto (podre) representa uma fonte de inóculo significativa para a manutenção de epizootias (Almeida & Batista Filho, 2006).

No Brasil, *Baculovirus anticarsia*, um vírus de poliedrose nuclear (NPV), é utilizado com sucesso no controle da lagarta-da-soja, *Anticarsia gemmatalis* (Lepidoptera: Noctuidae), em quase todas as áreas cultivadas com esta leguminosa. O controle pode ser feito com a utilização de lagartas infectadas pelo vírus, recomendando-se de 50 a 70 lagartas grandes maceradas com um pouco de água por hectare. A suspensão com os poliedros do vírus passa por uma peneira, sendo em seguida colocada em um pulverizador com 100 a 200 litros de água, visando dar uma cobertura uniforme à área tratada.

Outro vírus bastante promissor, do mesmo grupo NPV, é o *Baculovirus spodoptera*, que vem sendo utilizado no controle da lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda*, na cultura do milho. O preparo é semelhante ao de *B. anticarsia*. Geralmente, faz-se de uma a duas aplicações durante o ciclo do milho, devendo-se aplicar o produto isoladamente. A quantidade aplicada

deve ser de 50 g do produto formulado por hectare.

No Brasil, existem alguns produtos à base de vírus desenvolvidos por indústrias e centros de pesquisa (Tabela 6).

Tabela 6. Produtos à base de vírus desenvolvidos pelas indústrias e centros de pesquisas (Gallo *et al.*, 2002).

| Produto | Inseto-alvo | Empresa |
|-------------------------------|------------------------------|-------------------|
| Baculo-soja | <i>Anticarsia gemmatalis</i> | Nova Era |
| Baculoviron | <i>A. gemmatalis</i> | Tecnivita |
| Baculovírus | <i>A. gemmatalis</i> | Nitral |
| <i>Baculovirus anticarsia</i> | <i>A. gemmatalis</i> | EPAGRI |
| <i>Baculovirus anticarsia</i> | <i>A. gemmatalis</i> | IAPAR |
| <i>Baculovirus anticarsia</i> | <i>A. gemmatalis</i> | Embrapa/CNPSo |
| <i>Baculovirus anticarsia</i> | <i>A. gemmatalis</i> | COODETEC |
| <i>Baculovirus anticarsia</i> | <i>A. gemmatalis</i> | Embrapa-AEE |
| <i>Baculovirus erinnyis</i> | <i>Erinnyis ello</i> | IAPAR |
| <i>Protege</i> | <i>A. gemmatalis</i> | Geratec (Defensa) |

7.3.4 Nematoides entomopatogênicos

Os nematoides são vermes muito pequenos (0,3 – 3,0 mm) e quase transparentes, impossíveis de serem vistos a olho nu. Os gêneros *Steinernema* e *Heterorhabditis* são os mais estudados como agentes entomopatogênicos, inclusive já sendo comercializados por algumas indústrias e centros de pesquisas. Possuem cerca de 1 mm de comprimento e habilidade de localizar e invadir o corpo de insetos hospedeiros por suas aberturas naturais ou pela cutícula. A localização do hospedeiro é possível por meio de quimiorreceptores localizados na região cefálica, que detecta principalmente o CO₂ liberado pelo inseto. Após invadir o corpo do inseto, alcançam o hemoceloma, onde liberam uma bactéria que provoca septicemia

e causa a morte do hospedeiro (inseto) dentro de 48 horas.

Os nematoides alimentam-se da bactéria, após a rápida multiplicação desta no cadáver do inseto, e do material digerido pelo inseto, reproduzindo-se no cadáver do hospedeiro. Após duas a três gerações, com o fim do alimento, o nematoide é convertido no estado de juvenil infectivo (JI), correspondendo ao terceiro estágio juvenil, e milhares de vermes deixam o cadáver e procuram novos hospedeiros. Trata-se de uma associação mutualística, na qual o nematoide atua como um vetor da bactéria, e esta, por sua vez, fornece alimento ao nematoide.

Entre as razões para se utilizar nematoides entomopatogênicos, pode-se citar: a) possibilidade de criação massal “in vitro”, atualmente a custos tidos como economicamente viáveis, b) compatibilidade com alguns produtos químicos e biológicos, demonstrando ação sinérgica em algumas misturas, c) específicos para insetos, com destaque para as pragas de solo ou que passam parte do ciclo biológico no solo, d) em alguns casos, comportamento de busca do hospedeiro, e) persistência por longos períodos no ambiente, e) não toxicidade ao homem e aos animais domésticos e de interesse zootécnico, e f) isenção de registro dos produtos biológicos formulados junto a Environmental Protection Agency (EPA), nos Estados Unidos ou a organismos congêneres em vários outros países.

No Brasil existem alguns programas de controle de pragas com a utilização de nematoides entomopatogênicos, como do gorgulho-da-cana, *Sphenophorus Levis* (Coleoptera: Curculionidae). Entretanto, não existem produtos comerciais formulados. Nos Estados Unidos e na Europa, existem alguns produtos à base de nematoides comercializados.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após se constatar a potencialidade do uso de inimigos naturais, em priscas eras, a partir da utilização de formigas predadoras de lepidópteros desfolhadores e de coleobrocas em pomares de citros na China, pode-se afirmar que o Controle Biológico evoluiu em vários aspectos, principalmente no tocante ao desenvolvimento de metodologia de criação e multiplicação de inimigos naturais, bem como o controle de qualidade dos agentes biológicos envolvidos.

Nos últimos 20 – 30 anos outra área de Controle Biológico, o Controle Microbiano, tem recebido destaque em programas de controle de pragas, fundamentados na sustentabilidade dos agroecossistemas. O conhecimento sobre agentes de Controle Biológico, entomófagos ou entomopatógenos, desde a correta identificação até a comprovação da eficiência ao longo do tempo, é responsável pela interrupção de muitos programas antes de alcançarem o destino final, o campo, por falta de uma produção viável dos agentes de controle envolvidos.

O Controle Biológico, como base de sustentação do Manejo Integrado de Pragas (MIP) e como uma medida de controle, isolada ou associada com outros métodos, visa a produtividade harmônica nos agroecossistemas, cujo objetivo final do homem é a obtenção de um produto saudável e economicamente viável. A utilização do Controle Biológico, entretanto, é dificultada por fatores como a indisponibilidade de inimigos naturais, em especial, predadores e parasitoides para aplicação imediatista nas culturas. Este fato, aliado ao custo que às vezes não é competitivo quando comparado aos demais métodos imediatistas convencionais, especificamente o uso de pesticidas, tem tornado o Controle Biológico um desafio para uso em larga escala. Os resultados de insucesso na adoção de métodos imediatistas de controle têm se mostrado ao longo do tempo, trazendo à tona algumas características indesejáveis, tais como: resistência

dos insetos-praga aos pesticidas, aparecimento de novas pragas (antes consideradas secundárias), ressurgência de pragas, desequilíbrios biológicos, efeitos prejudiciais ao homem, aos inimigos naturais, aos peixes e a outros animais, e resíduos nos alimentos, na água e no solo.

No Brasil, por anos, o Controle Biológico Aplicado tem assumido papel primordial em alguns agroecossistemas, sendo justificado e desenvolvido como um método alternativo, de impacto positivo, à utilização desenfreada de pesticidas.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, J.E.M.; BATISTA FILHO, A. Microorganismos no controle de pragas. In: PINTO, A.S.; NAVA, D.E.; ROSSI, M.M.; MALERBO-SOUZA, D.T. (Eds.). **Controle biológico de pragas na prática**. Piracicaba: CP 2, 2006. 287p. p.35-44.

ALVES, S.B. Patologia e controle microbiano: vantagens e desvantagens. In: ALVES, S.B. (Ed.). **Controle microbiano de insetos**. São Paulo: FEALQ, 1998a. 1163p. p.21-37.

ALVES, S.B. Fungos entomopatogênicos. In: ALVES, S.B. (Ed.). **Controle microbiano de insetos**. São Paulo: FEALQ, 1998b. 1163p. p.289-381.

ASKEW, R.R. **Parasitic insects**. London: Heineman Educational Books, 1971. 316p.

ASKEW, R.R.; SHAW, M.R. Parasitoid communities: their size, structure and development. In: WAAGE, J.; GREATHEAD, D. (Eds.). **Insect parasitoids**. London: Academic Press, 1986. 389p. p.225-264.

BEDENDO, I.P. Vírus. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. (Eds.). **Manual de Fitopatologia**. Volume 1: princípios e conceitos. 3. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1995. 919p. p. 132-160.

BENTO, J.M.S. Perdas por insetos na agricultura. **Ação Ambiental**, v.4, p.19-21, 1999.

BERTI FILHO, E. O controle biológico dos insetos-praga. In: CROCOMO, W.B. (Ed.). **Manejo integrado de pragas**. São Paulo: UNESP, 1990. p.87-104.

BORROR, D.J.; WHITE, R.E. **A field guide to the insects of America North of Mexico**. Boston: Houghton Mifflin Company, 1970. 404p.

CALTAGIRONE, L.E. Definitions and principles of biological control. In: International Short Course in Biological Control, 2., 1988. Berkeley. **Anais...** Berkeley: University of California, 1988. 7p.

CARSON, R. **Primavera silenciosa**. São Paulo: Gaia, 2010. 327p.

CHAPMAN, R.F. The insects: structure and function. 4. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 1998. 260p.

CLARIDGE, M.F.; ASKEW, R.R. Sibling species in the *Eurytoma rosae* group (Hym., Eurytomidae). **Entomophaga**, v.5, p.141-153, 1960.

CLAUSEN, C.P. **Entomophagous insects**. New York: McGraw-Hill, 1940. 688p.

COPPEL, H.C.; MERTINS, J.W. **Biological insect pest suppression**. New York: Springer-Verlag, 1977. 314p.

COULSON, R.; WITTER, J. **Forest entomology, ecology and management**. New York: John Wiley, 1984. 669p.

DeBACH, P. **Biological control of insect pests and weeds**. New York: Reinhold, 1964. 844p.

DeBACH, P. **Biological control by natural enemies**. New York: Cambridge University Press, 1974. 323p.

DeBACH, P.; HUFFAKER, C.B. Experimental technique for evaluation. In: DeBACH, P. (Ed.). **Biological control of insect pests and weeds**. New York: Reinhold, 1964. 844p. p.402-428.

DEQUECH, S.T.B. Controle microbiano. In: GUEDES, J.C.; COSTA, I.D.; CASTIGLIONI, E. (Eds.). **Bases e técnicas do manejo de insetos**. Santa Maria: UFSM/CCR/DFS; Pallotti, 2000. 234p. p.71-84.

DOUTT, R.L. Biological characteristics of entomophagous adults. In:

DeBACH, P. (Ed.). **Biological control of insect pests and weeds**. London: Chapman and Hall Ltd., 1964. 844p. p.145-167.

FERREIRA, L.P.; SALGADO, C.L. Bactérias. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. (Eds.). **Manual de Fitopatologia**. Volume 1: princípios e conceitos. 3. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1995. 919p. p. 97-131.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R.P.L.; BAPTISTA, G.C.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J.R.P.; ZUCCHI, R.A.; ALVES, S.B.; VENDRAMIM, J.D.; MARCHINI, L.C.; LOPES, J.R.S.; OMOTO, C. **Entomologia Agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 920p.

GAULD, I.; BOLTON, B. **The Hymenoptera**. New York: Oxford University Press, 1988. 332p.

GOMES, J. Histórico do combate biológico no Brasil. **Boletim do Instituto Experimental do Estado do Rio**, v.21, p.89-97, 1962.

GORDON, R.D. The Coccinellidae (Coleoptera) of America North of Mexico. **Journal of the New York Entomological Society**, v.90, n.1, p.1-912, 1985.

GREATHEAD, D.J. Benefics and risks of classical biological control. In: HOKKANEN, H.M.T.; LYNCH, J.M. (Eds.). **Biological control: benefics and risks**. Cambridge: Cambridge University Press, 1995. p.53-63.

GUIMARÃES, J.H. Family Tachinidae. In: PAPAVERO, N. (Ed.). **A catalog of the Diptera of the Americas South of the United States**. São Paulo: Museu de Zoologia/USP, 1971. 333p.

HABIB, M.E.M.; ANDRADE, C.F.S. Bactérias entomopatogênicas. In: ALVES, S.B. (Ed.). **Controle microbiano de insetos**. São Paulo: FEALQ, 1998. 1163p. p.383-446.

HAGEN, K.S. Nutrition of entomophagous insects and their hosts. In:

DeBACH, P. (Ed.). **Biological control of insect pests and weeds**. New York: Reinhold, 1964. 844p. p.356-380.

HAGEN, K.S.; BOMBOSCH, S.; McMURTRY, J.A. The biology and impact of predators. In: HUFFAKER, C.B.; MESSENGER, P.S. (Eds.). **Theory and practice of biological control**. New York: Academic Press, 1976. 788p. p.93-142.

HAGEN, K.S.; FRANZ, J.M. A history of biological control. **Annual Review of Entomology**, v.18, p.325-384, 1973.

HOKKANEN, H.M.T.; LYNCH, J.M. **Biological control: benefics and risks**. Cambridge: Cambridge University Press, 1995. 304p.

HUFFAKER, C.B. **Biological control**. New York: Plenum Press, 1971. 511p.
HUFFAKER, C.B.; MESSENGER, P.S. The concept and significance of natural control. In: DeBACH, P. (Ed.). **Biological control of insect pests and weeds**. London: Chapman and Hall Ltd., 1964. 844p. p.74-117.

HUFFAKER, C.B.; MESSENGER, P.S. **Theory and practice of biological control**. New York: Academic Press, 1976. 788p.

KRUGNER, T.L.; BACCHI, L.M.A. Fungos. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. (Eds.). **Manual de Fitopatologia**. Volume 1: princípios e conceitos. 3. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1995. 919p. p. 46-96.

MACKAUER, M.; SEQUEIRA, R. Patterns of development in insect parasites. In: BECKAGE, N.E.; THOMPSON, S.N.; FEDERICI, B.A. (Eds.). **Parasites and pathogens of insects**. v.1: parasites. San Diego: Academic Press, 1993. p.1-23.

MOINO JUNIOR, A. Produção de agentes entomopatogênicos. In: BUENO, V.H.P. (Ed.). **Controle biológico de pragas: produção massal e controle de qualidade**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2009. 430p. p.277-296.

PARRA, J.R.P.P.; BOTELHO, P.S.M.; CORRÊA-FERREIRA, B.S.; BENTO,

J.M.S. **Controle biológico no Brasil: parasitóides e predadores.** São Paulo: Manole, 2002. 609p.

RIBEIRO, B.M.; SOUZA, M.L.; KITAJIMA, E.W. Taxonomia, caracterização molecular e bioquímica de vírus de insetos. In: ALVES, S.B. (Ed.). **Controle microbiano de insetos.** São Paulo: FEALQ, 1998b. 1163p. p.481-507.

RIGDWAY, R.L.; VINSON, S.B. **Biological control by augmentation of natural enemies.** New York: Plenum Press, 1976. 480p.

SALT, G. The defense reactions of insects to metazoan parasites. **Parasitology**, v.53, p.527-642, 1963.

SWEETMAN, H.L. **The principles of biological control.** Dubuque: Brown, 1958. 560p.

VAN DEN BOSCH, R.; MESSENGER, P.S.; GUTIERREZ, A.P. **An Introduction to biological control.** New York: Plenum Press, 1982. 247p.

WAAGE, J.; GREATHEAD, D. **Insect parasitoids.** London: Academic Press, 1986. 389p.

WILSON, F.; HUFFAKER, C.B. The physiology scope and importance of biological control. In: HUFFAKER, C.B.; MESSENGER, P.S. (Eds.). **Theory and practice of biological control.** New York: Academic Press, 1976. 788p. p.3-14.

IFRN
Editora ■■■■