

10. Controle biológico no MIP florestal

LEONARDO RODRIGUES BARBOSA¹, BÁRBARA MONTEIRO DE CASTRO E CASTRO²,
EVERTON PIRES SOLIMAN³, CARLOS FREDERICO WILCKEN⁴, EDSON TADEU IEDE¹,
JOSÉ COLA ZANUNCIO²

¹Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária- Embrapa Florestas, 83411-000, Colombo, Paraná, Brasil. leonardo.r.barbosa@embrapa.br, edson.iede@embrapa.br

²Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Entomologia, Av. P.H. Rolfs, s/n, Centro, CEP 36570-900, Viçosa, Minas Gerais, Brasil. zanuncio@ufv.br

³Suzano Papel e Celulose, Proteção Florestal, Av. José Lembo, 1010, Bairro Jardim Bela Vista, CEP 18207-780, Itapetininga, São Paulo, Brasil. epsoliman@suzano.com.br

⁴Departamento de Proteção Vegetal, Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, 18610-307, Botucatu, São Paulo, Brasil. cwilcken@fca.unesp.br

DEFINIÇÕES SOBRE CONTROLE BIOLÓGICO

A expressão “controle biológico” foi utilizada pela primeira vez em 1919 por Harry Scott Smith para designar o uso de organismos vivos para suprimir a densidade e o impacto de um organismo praga específico. Essa definição estabelece dois dos principais fundamentos do método de controle. Em primeiro lugar, muitos organismos são consumidos por outros na natureza e, em muitos casos, reduzem, drasticamente, populações de espécies presas. Em segundo, o controle biológico reduz a população de pragas ao invés de erradicar, permitindo ao inimigo natural persistir no agroecossistema e manter as pragas em baixas densidades populacionais durante longos períodos. Liberações complementares e métodos adicionais são necessários, em alguns casos, para atingir o nível adequado de controle.

Um inimigo natural efetivo deve apresentar as características como adaptabilidade às condições ambientais, especificidade a determinado hospedeiro/presa, alta capacidade de busca e de crescimento populacional em relação a seu hospedeiro/presa, particularmente em baixas densidades do hospedeiro/presa, sincronização sazonal com o hospedeiro/presa e sobrevivência em períodos de ausência do hospedeiro/presa.

Agentes biológicos são de diversas classes, incluindo predadores e parasitoides referidos como entomófagos alimentando-se de insetos. Patógenos (bactérias, fungos, nematoides, protozoários e vírus) são agentes entomopatogênicos capazes de causar doenças em insetos.

Agentes entomófagos

Predadores são indivíduos de vida livre que requerem um grande número de presas para completar o seu ciclo de vida e apresentam comportamento predatório nos estágios ninfal ou larval e adulto. Estes inimigos naturais estão presentes em várias ordens de insetos, principalmente em Coleoptera (Coccinellidae e Carabidae), Dermaptera (Forficulidae e Labiduridae), Diptera (Syrphidae e Asilidae), Hemiptera (Anthocoridae, Pentatomidae e Reduviidae), Hymenoptera (Vespidae) e Neuroptera (Chrysopidae). *Brachygastra lecheguana* Latreille (Hymenoptera: Vespidae), *Chrysoperla externa* Hagen (Neuroptera: Chrysopidae), *Cycloneda sanguinea* L. (Coleoptera: Coccinellidae), *Labidura riparia* Pallas (Dermaptera: Labiduridae), *Orius insidiosus* Say (Hemiptera: Anthocoridae), *Podisus nigrispinus* Dallas (Hemiptera: Pentatomidae) e *Porasilus barbiellinii* Curran (Diptera: Asilidae) são predadores importantes para o manejo de pragas na silvicultura.

Parasitoides são insetos que matam, normalmente, um único hospedeiro. Estes inimigos naturais podem atacar e se desenvolver em todos os estágios do hospedeiro, ou seja, ovo, larva ou ninfa, pupa e adulto. O parasitoidismo é semelhante ao parasitismo, exceto no fato do hospedeiro ser morto, quando adultos de vida livre emergem, alimentando-se, em geral, de néctar e substâncias açucaradas. Representantes destes inimigos naturais são, principalmente, da ordem Hymenoptera e poucos de Diptera (Tachinidae). *Aphidius colemani* Viereck (Hymenoptera: Aphidiidae), *Cotesia flavipes* Cameron (Hymenoptera: Braconidae), *Lysiphlebus testaceipes* Cresson (Hymenoptera: Aphidiidae), *Teleonomus podisi* Ashmead (Hymenoptera: Scelionidae), *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) e *Trissolcus basalis* Wollaston (Hymenoptera: Scelionidae) são parasitoides importantes para o manejo de pragas na silvicultura brasileira.

O parasitismo é dividido em categorias:

a) Quanto à relação com outros parasitoides:

Parasitoide primário: espécie que se desenvolve, exclusivamente, sobre

hospedeiros não parasitados.

Hiperparasitoides (parasitoide secundário): parasitoides que parasitam outro parasitoide (o parasitoide do parasitoide) com vários níveis de hiperparasitismo.

b) Quanto ao número de parasitoides por hospedeiro:

Parasitoide solitário: uma larva do parasitoide completa seu desenvolvimento por hospedeiro.

Parasitoide gregário: várias larvas do parasitoide completam o seu desenvolvimento em um hospedeiro.

c) Quando a posição no corpo do hospedeiro:

Endoparasitoides: parasitoides que se alimentam e desenvolvem no interior do corpo do hospedeiro.

Ectoparasitoide: parasitoides que se alimentam e desenvolvem no exterior do corpo do hospedeiro, em geral fixo ou inserido no sistema tegumentar.

d) Quanto à escolha do hospedeiro:

Parasitoidismo múltiplo: mais de uma espécie de parasitoide vive no mesmo hospedeiro, no interior ou exterior do corpo, sendo que geralmente, apenas um sobrevive.

Superparasitoidismo: vários indivíduos de uma mesma espécie de parasitoides desenvolvem-se em um mesmo hospedeiro, situação mais comum com endoparasitoides solitários que destroem ou suprimem fisiologicamente as larvas ou ovos excedentes, sobrevivendo, normalmente, um indivíduo dominante.

Autoparasitoidismo ou **adelfoparasitoidismo:** parasitoide que parasita a própria espécie (p. ex.: machos de *Coccophagus scutellaris* (Hymenoptera: Aphelinidae) são parasitoides obrigatórios das fêmeas).

Cleptoparasitoidismo: parasitoide ataca, apenas, hospedeiros vulneráveis, parasitados por outras espécies, sendo que, no caso de multiparasitoidismo, em que há competição entre espécies, o cleptoparasitoide geralmente domina.

Parasitoides heterónimos: a fêmea e o macho de uma espécie de parasi-

toide escolhem espécies hospedeiras diferentes.

Parasitoides poliembrionias: o adulto coloca um ovo (ou outro tipo de propágulo) no hospedeiro, que se divide em múltiplos propágulos com desenvolvimento independente, produzindo múltiplos indivíduos.

e) Quanto de exploração do hospedeiro

Parasitoide cenobionte (ou coinobionte): a larva do parasitoide mata o hospedeiro, apenas, após o término do seu desenvolvimento.

Parasitoide idiobionte: parasitoides que matam o hospedeiro antes da emergência e se desenvolvem em cadáveres. O parasitoide dispõe, apenas, dos recursos que o hospedeiro tem no momento da oviposição ou inoculação para completar seu desenvolvimento.

Agentes entomopatogênicos

Os entomopatógenos, para controle de insetos-praga, são encontrados, principalmente, na forma de inseticidas microbianos. Fungos são os principais microrganismos causadores de doenças em insetos na natureza com a ocorrência de epizootias. Estes agentes biológicos possuem elevado potencial para o controle de pragas, devido à sua grande variabilidade genética, largo espectro de hospedeiros e infecção via tegumento dos insetos. Os principais gêneros de fungos entomopatogênicos são *Aschersonia*, *Aspergillus*, *Beauveria*, *Fusarium*, *Hirsutella*, *Lecanicillium*, *Metarhizium*, *Nomurae*, *Paecilomyces*, *Sporothrix*, *Sorospora* e *Tolypocladium*.

Bactérias entomopatogênicas pertencem, principalmente, às famílias Bacillaceae e Enterobacteriaceae, penetrando no inseto por via oral. Bactérias esporulantes são as mais utilizadas, comercialmente, devido à presença de estruturas de resistência denominada endósporos que garantem sua manutenção em ambientes com condições desfavoráveis. Bactérias utilizadas no controle microbiano de insetos devem apresentar alta virulência e capacidade invasora, além da produção de toxinas. As principais bactérias utilizadas no controle biológico são: *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* no controle de lagartas, *B. thuringiensis* var. *israelensis* e *Lysinibacillus sphaericus* para larvas de pernilongos e outros mosquitos (Diptera) e *B. thuringiensis* var. *tenebrionis* para controle de coleópteros.

Vírus são organismos acelulares e parasitos intracelulares obrigatórios, in-

fectando insetos por via oral, sendo altamente específicos por se desenvolverem e se reproduzirem em células hospedeiras e serem, estreitamente, associados ao hospedeiro. Os principais vírus utilizados no controle biológico de insetos são conhecidos como baculovírus.

Nematoides entomopatogênicos são organismos não segmentados, parasitas obrigatórios ou facultativos que causam a morte de insetos devido à relação simbiótica ou mutualística com bactérias dos gêneros *Photorhabdus* e *Xenorhabdus*. Esses nematoides liberam bactérias na hemocele do hospedeiro, as quais produzem metabólitos secundários causando a morte do referido e proporcionando condições para seu desenvolvimento e reprodução. As principais espécies de nematoides associados a insetos são famílias Heterorhabditidae, Mermithidae, Neotylenchidae e Steinernematidae.

TIPOS DE CONTROLE BIOLÓGICO

As estratégias do controle biológico podem variar com o tipo (predador, parasitoide, patógenos) e a origem do inimigo natural (nativo ou exótico), se o inimigo natural é liberado ou manipulado, se o controle é imediato ou em longo prazo. Essas estratégias são agrupadas em três categorias.

Controle biológico clássico: é a introdução intencional de um inimigo natural exótico visando seu estabelecimento permanente e o controle de pragas exóticas, eventualmente nativas, em longo prazo. O processo de introdução de um inimigo natural envolve a identificação e exploração do centro de origem, procedimentos de quarentena e produção massal, liberação, estabelecimento e avaliações pós-estabelecimento. O sucesso de um programa de controle biológico clássico só poderá ser alcançado alguns anos após as liberações, sendo uma tática muito utilizada em sistemas nos quais o controle de pragas não precisa ser imediato e o nível de dano econômico é maior tolerando-se alguns danos como em florestas nativas ou plantios florestais.

Controle biológico aumentativo: é a criação massal do inimigo natural em biofábricas e distribuição e liberação no campo, com a introdução dos referidos de forma regular em liberações inoculativas ou inundativas. A liberação intencional de um organismo vivo como agente de controle biológico que visa a sua multiplicação e ao controle da praga durante um período prolongado, mas não permanentemente, é designada como liberação inoculativa. Nesta estratégia,

a expectativa é de controlar a praga com a descendência ou gerações sucessivas dos inimigos naturais liberados. Este tipo de liberação é aplicado em culturas perenes ou semiperenes, como os plantios florestais. Nas liberações inundativas, somente os indivíduos do inimigo natural que foram liberados, devem controlar a praga, sendo mais utilizados contra pragas-chaves que não foram suprimidas por inimigos naturais existentes na área (estabelecidos) ou introduzidos, em culturas anuais ou perenes.

Controle biológico por conservação: Esta tática consiste em preservar ou aumentar a população de inimigos naturais existentes através de técnicas de manejo com efeitos prejudiciais sobre pragas em longo prazo. As principais técnicas são o uso racional de inseticidas e o controle silvicultural para prover alimentos (pólen, néctar, presas ou hospedeiros alternativos), abrigo e microclima favorável. O cultivo mínimo é usado no manejo dos pulgões-gigantes-do-pinus (*Cinara* spp.) no sul do país. A cobertura vegetal mantém a umidade do solo adequada e garante proteção contra raios UV favorecendo a proliferação do fungo entomopatogênico *Lecanicillium lecanii*, melhorando o controle biológico dessas pragas (Reis Filho et al., 2005; Iede & Reis Filho, 2009).

HISTÓRICO E EVOLUÇÃO DO CONTROLE BIOLÓGICO NO BRASIL

Sistemas de controle biológico são parte da gestão de pragas na agricultura, silvicultura e em cultivos protegidos de olerícolas. Os primeiros programas antecederam a era moderna de pesticidas, embora muitos agentes de controle biológicos foram introduzidos para combater pragas resistentes a inseticidas e acaricidas.

O primeiro registro de controle biológico data do século III A.C. quando chineses utilizaram as formigas predadoras *Oecophylla smaragdina* Fabricius (Hymenoptera: Formicidae) no controle de desfolhadores e coleobrocas em citros. Outros inimigos naturais começaram a ser estudados e entre 1602 a 1706, surgiram os primeiros relatos sobre parasitismo de insetos. Em 1835, a infecção pelo fungo *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin em lagartas de bicho-da-seda, *Bombyx mori* L. (Lepidoptera: Bombycidae) foi o primeiro registro experimental de microrganismo patogênico a insetos. O primeiro caso de sucesso de controle biológico ocorreu em 1888, quando a joaninha *Rodolia cardinalis*

Mulsant (Coleoptera: Coccinellidae) foi importada da Austrália para o controle da cochonilha *Icerya purchasi* Maskell (Hemiptera: Margarodidae) em citros na Califórnia (DeBach, 1964). Desde então, muitos exemplos de sucesso de controle biológico em diferentes partes do mundo têm sido documentados.

Em 1921, o primeiro inimigo natural foi importado para o Brasil (Tabela 1), com a introdução de *Prospaltella berlesei* Howard (Hymenoptera: Aphelinidae) visando ao controle de *Pseudaulacaspis pentagona* Targioni (Hemiptera: Diaspididae), mas sem sucesso. Os principais problemas enfrentados incluíam a falta de estudos sistemáticos sobre a criação de insetos ou programas interdisciplinares e multidisciplinares, com poucos programas isolados sendo conduzidos, individualmente, por pesquisadores.

A intensificação da agricultura no século XX, o aumento do comércio internacional e a transferência de pragas em todo o mundo, a introdução de novas culturas e a demanda dos consumidores por produtos “livres de defeitos” contribuíram para uma dependência excessiva do controle químico atingindo pico com a síntese do DDT (diclorodifeniltricloroetano) em 1939, pelo químico suíço Paul Hermann Müller que recebeu o Prêmio Nobel. Em 1967, a introdução de inimigos naturais voltou a receber importância no Brasil (Tabela 1), mas voltou a aumentar, apenas com a criação do sistema de quarentena “Costa Lima” pela Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), em 1991 e cerca 770 espécies de parasitoides, predadores (incluindo ácaros) e patógenos foram importados desde então.

Inimigos naturais foram importados para o controle de pragas florestais no Brasil, incluindo, *Psyllaephagus bliteus* Riek (Hymenoptera: Encyrtidae) para controlar o psilídeo-de-concha *Glycaspis brimblecombei* Moore (Hemiptera: Psyllidae); *Selitrichodes neseri* Kelly & La Salle (Hymenoptera: Eulophidae) contra a vespa-da-galha *Leptocybe invasa* (Hymenoptera: Eulophidae) e *Cleruchoides noackae* Lin e Huber (Hymenoptera: Mymaridae) contra o percevejo-bronzeado *Thaumastocoris peregrinus* Carpintero e Dellape (Hemiptera: Thaumastocoridae).

Tabela 1. Inimigos naturais introduzidos no Brasil com ano da introdução (ano), origem e praga alvo (adaptado de Parra, 2014)

Inimigo natural	Ano	Origem	Praga alvo
<i>Encarsia berlesei</i> (Hym.: Aphelinidae)	1921	EUA	<i>Pseudaulacaspis pentagona</i> (Hem.: Diaspididae)
<i>Prorops nasuta</i> (Hym.: Bethyidae)	1923	África	<i>Hypothenemus hampei</i> (Col.: Curculionidae)
<i>Aphelinus mali</i> (Hym.: Encyrtidae)	1928	Uruguai	<i>Eriosoma lanigerum</i> (Hem.: Aphididae)
<i>Tetrastichus giffardianus</i> (Hym.: Eulophidae)	1937	Havaí, EUA	<i>Ceratitis capitata</i> (Dip.: Tephritidae)
<i>Macrocentrus ancylivorus</i> (Hym.: Braconidae)	1944	EUA	<i>Grapholita molesta</i> (Lep.: Tortricidae)
<i>Neodusmetia sangwani</i> (Hymenoptera: Encyrtidae)	1967	Texas, EUA	<i>Antonina graminis</i> (Hemiptera: Pseudococcidae)
<i>Cotesia flavipes</i> (Hym.: Braconidae)	1970s	Trindade e Tobago, Paquistão	<i>Diatraea saccharalis</i> (Lep.: Crambidae)
Diversas espécies de parasitoides (Hymenoptera) e predadores (Coleoptera)	1970s	Vários países	Pulgões do trigo
<i>Trichogramma pretiosum</i> (Hym.: Trichogrammatidae)	1990s	Colômbia	<i>Tuta absoluta</i> (Lep.: Gelechiidae)
<i>Ageniaspis citricola</i> (Hym.: Encyrtidae)	1998	Florida, EUA	<i>Phyllocnistis citrella</i> (Lep.: Gracillariidae)

A evolução do controle biológico no Brasil resulta de programas com passos sequenciais envolvendo pesquisadores de diferentes áreas. O programa com *Trichogramma* teve influência francesa, especialmente do Dr. Jean Voegelé do INRA (*Institut National de la Recherche Agronomique*) de Antibes e foi iniciado no Brasil para pragas florestais e agrícolas em Piracicaba, em 1984. Outros programas importantes, desenvolvidos no país, incluem o usado para o manejo de pragas florestais, iniciados pelo Prof. José Cola Zanuncio, da Universidade Federal de Viçosa (UFV) e, atualmente, coordenado pelo professor Prof. Carlos Frederico Wilcken, da Universidade Estadual Paulista (UNESP).

O banco de dados BIOCAT, de introduções de agentes de controle biológico de insetos para controle de insetos-praga e elaborado pelo Centro Internacional de Agricultura e Biociências (CABI), registrou em sua última atualização em 2010, 6.158 introduções com 2.384 diferentes agentes de controle biológicos de insetos contra 588 espécies de pragas em 148 países. Ao longo de 1870 e 2010, os Estados Unidos foi o país com maiores investimentos em liberações de agentes de controle biológico com registro de 1956 introduções, enquanto o Brasil registrou 48 (Cock et al., 2016).

CONTROLE BIOLÓGICO EM CULTIVOS FLORESTAIS

A homogeneização mundial dos recursos genéticos em cultivos florestais e o aumento das taxas de dispersão de pragas exóticas resultam em ampla distribuição de pragas, chegando às vezes a uma distribuição global em uma década. O risco associado a pragas novas e emergentes é globalmente compartilhado e o controle biológico representa um componente importante na estratégia para reduzir esse risco. Pragas que se estabeleceram fora de sua faixa nativa são cada vez mais prováveis de serem estabelecidas em hospedeiros adequados em outros lugares do mundo. A crescente uniformidade genética em escala global do domínio generalizado de um reduzido número de espécies de crescimento rápido, em grande parte pinheiros, eucaliptos, acácias e álamo, é um agravante no contexto florestal.

Leptocybe invasa, a vespa-da-galha, é o exemplo mais notável de uma ameaça emergente e global de cultivos florestais. Essa vespa era desconhecida até seu primeiro relato em Israel em 2000, mas, em menos de uma década, expandiu sua distribuição da Austrália para pelo menos 25 países em todos os continentes, exceto a Antártida, e ameaça o cultivo contínuo de numerosas espécies de eucaliptos e híbridos (Tabela 2). A expansão dos problemas de fitossanidade, na silvicultura, ultrapassou o desenvolvimento de redes apropriadas para conviver com ameaças em uma escala espacial. O controle biológico das pragas florestais está entre as estratégias mais promissoras e os benefícios de adotar uma perspectiva global para promover a fitossanidade florestal são, particularmente, reais no contexto do controle biológico.

Tabela 2. Pragas de plantações de eucalipto e pinheiros, faixa estabelecida (faixa), ano e país da primeira detecção (A/P), ano global (AG), agentes de biocontrole estabelecidos (agentes), faixa estabelecida (faixa) e ano de introdução (ano) de agentes de controle biológico introduzidos com sucesso (Garnas et al., 2012)

Insetos praga				Agente de controle biológico		
Praga ¹	Faixa ²	A/P	AG ³	Agentes	Faixa ⁴	Ano
<i>Cinara cronartii</i> (P)	A	1974 (AS)	–	<i>Pauesia</i> sp.	A	1983 (África do Sul)
<i>Ctenarytaina eucalypti</i> (E)	A, As, Au, E, AN, AS	1889 (NZ)	1991	<i>Psyllaephagus pilosus</i>	E, AN, AS	1993 (EUA)
<i>Glycaspis brimblecombei</i> (E)	A, E, AN, AS	1998 (EUA)	–	<i>Psyllaephagus bliteus</i>	AS ⁵ , AN, E ⁵	2000 (EUA)
<i>Gonipterus scutellatus</i> (E)	A, As, AU, E, AN, AS	1890 (NZ)	1994	<i>Anaphes nitens</i>	A, E, AN, AS	1916 (África do Sul)
<i>Leptocybe invasa</i> (E)	A, As, E, AN, AS	2000 (Isr.)	2008	<i>Quadristichus mendelli</i> ; <i>Selitrichodes</i> spp.; <i>Megastigmus</i> spp.	As	2007 (Israel)
<i>Ophelimus maskelli</i> (E)	A, As, E	2000 (It.)	–	<i>Closterocerus chamaeleon</i>	As, E	2005 (Israel)
<i>Orthotomicus erosus</i> (P)	A, AU, AN, AS,	1968 (AS)	2004	<i>Dendrosoter caenopachoides</i>	A	1984 (África do Sul)
<i>Paropsis charybdis</i> (E)	AU	1900s (NZ)	–	<i>Enoggera nassau</i>	AU	1987 (Nova Zelândia)
<i>Phorocantha recurva</i> (E)	A, E, AN, AS	1906 (AS)	–	<i>Megalyra fasciipennis</i> ; <i>Avetianella longoi</i> ; <i>Syngaster lepidus</i>	A, AN	1910 (África do Sul)
<i>Phorocantha semipunctata</i> (E)	A, AU, E, AN, AS	1870s (NZ)	–	<i>Megalyra fasciipennis</i> ; <i>Avetianella longoi</i> ; <i>Syngaster lepidus</i>	A, AN	1910 (África do Sul)

(continua)

Tabela 2. Continuação.

Insetos praga				Agente de controle biológico		
Praga ¹	Faixa ²	A/P	AG ³	Agentes	Faixa ⁴	Ano
<i>Rhyacionia buoliana</i> (P)	AN, AS	1914 (EUA)	–	<i>Ogrilus obscurator</i> ; <i>Temelucha interruptor</i> ; <i>T. turionum</i> ; <i>Pimpla turionellae</i> ; <i>Trichogramma nerudai</i>	AN, AS	1928 (EUA)
<i>Sirex noctilio</i> (P)	A, AU, AN, AS	~1900 (NZ)	2005	<i>Deladenus siricidicola</i> ; <i>Ibalia leucospoides</i> ; <i>Megarhyssa</i> spp.; <i>Rhyssa</i> spp.; <i>Schlettererius cinctipes</i>	A, AU, AN, AS	1928 (NZ)
<i>Thaumastocoris peregrinus</i> (E)	A, AS, E	2003 (AS)	–	<i>Cleruchoides noackae</i>	AS	2010 (Chile)
<i>Trachymela tincticollis</i> (E)	A	1982 (AS)	–	<i>Enoggera reticulata</i>	A	1986 (AS)
<i>Uraba lugens</i> (E)	AU	1992 (NZ)	–	<i>Cotesia urabae</i>	AU	2010 (NZ)

¹ E: eucalipto, P: Pinus. ² A: África (excluindo África do Norte), As: Ásia, AU: Austrália, AN: América do Norte, AS: América do Sul, E: Europa (incluindo a África do Norte). O continente de origem foi incluído para pragas conhecidas por terem sido introduzidas em países fora dos limites históricos da sua faixa. ³ Pragmas são consideradas globais quando atingem todos os outros continentes (não necessariamente todos os países), onde sua árvore hospedeira é plantada como exótica. ⁴ Corresponde ao agente de controle biológico mais amplamente distribuído. ⁵ Introduzido acidentalmente. EUA: Estados Unidos da América, AS: África do Sul, Isr.: Israel, It.: Itália, NZ: Nova Zelândia.

EXEMPLOS DE CASOS DE SUCESSO EM PLANTIOS FLORESTAIS

A silvicultura tem inúmeros exemplos de programas bem-sucedidos de controle biológico com redução do controle químico e/ou outros métodos. Os primeiros exemplos de controle biológico na silvicultura datam do início dos anos 1900 com dois predadores introduzidos contra *Eriococcus coriaceus* Maskell (Hemiptera: Eriococcidae) em eucalipto na Nova Zelândia e um parasitoide de ovo contra o besouro *Gonipterus scutellatus* Gyllenhal (Coleoptera: Curculionidae). O controle biológico clássico dos pulgões *Pineus pini* e *Pineus boernerii* (Hemiptera: Adelgidae) com predadores especializados das ordens Coleoptera, Diptera e Hemiptera tem sido bem-sucedido no Chile, Havaí e em vários países do leste e sul África. O controle da vespa-da-madeira, pelo nematoide *Deladenus siricidicola*, produziu excelentes resultados na Austrália, onde foi desenvolvido originalmente com a criação e inoculação de nematoides exportada e adotada por vários países do hemisfério sul, incluindo o Brasil.

O uso de inimigos naturais tem reduzido danos por pragas do gênero *Sirex*, apesar dos níveis diferentes de sucesso. Na África do Sul, os danos por *Sirex noctilio* (Hymenoptera: Siricidae) foram calculados em torno de 109 milhões de dólares em 2007, para produtores e processadores após surtos graves nos anos anteriores, com o potencial de aumento para 266 milhões de dólares ou mais, se surtos com níveis equivalentes ocorrerem em todas as regiões de pinho do país. Esses surtos foram controlados, pelo menos em parte, com o nematoide *D. siricidicola*. Os custos de criação e implantação desse inimigo natural são mínimos comparados àqueles associados a perdas potenciais.

Principais pragas florestais e controle biológico

Formigas-cortadeiras

As formigas-cortadeiras dos gêneros *Atta* (saúvas) e *Acromyrmex* (quenquéns) são as principais pragas dos plantios florestais brasileiros (Zanetti et al., 2003) representando mais de 75% dos custos no controle de pragas florestais. Fungos entomopatogênicos, como *Metarhizium anisopliae* e *Beauveria bas-*

siana têm sido testados no combate a formigas-cortadeiras. Estudos em laboratório mostraram mortalidade de 70 e 20% de indivíduos de *Acromyrmex* spp. com iscas à base desses fungos, respectivamente. Resultados semelhantes foram obtidos com *Atta sexdens* em laboratório, mas não em campo, devido, principalmente, à dificuldade de aplicação e do comportamento social desses insetos, reduzindo a eficiência do controle. No entanto, esses fungos são ineficientes em matar formigueiros no campo.

A utilização dos nematoides *Aphelencoides composticola*, *Ditylenchus myceliophagus*, *Rhabditis* spp. e *Steinernema carpocapsae* foi testada no controle de formigas, porém sem resultados animadores.

Canthon virens Mannerheim (Coleoptera: Scarabaeidae) captura e decapita as rainhas de *Atta* spp. para ovipositar em seu gáster e parasitoides dípteros da família Phoridae ovipositam na cabeça ou tórax de soldados e operárias, dessas formigas que morrem após serem devoradas pelas larvas do parasitoide. No entanto, a eficiência de controle de ambos é considerada pequena.

Lagartas desfolhadoras

Um programa de controle biológico de lepidópteros desfolhadores de eucalipto foi desenvolvido em Minas Gerais, através da criação massal e liberação do parasitoide *Trichogramma soaresi* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). Esse parasitoide foi criado em laboratório (UFMG) e liberado para controlar um foco de *Blera varana* (Lepidoptera: Notodontidae), em 16 hectares de *E. cloeziana*, o que foi altamente eficiente. Entretanto, esse programa foi extinto.

O único programa de controle biológico de lepidópteros desfolhadores em plantios florestais em atividade no Brasil é o de produção de pentatomídeos predadores (Zanuncio et al., 2006), principalmente do gênero *Podisus* (Torres et al., 2006), desenvolvido pela Universidade Federal de Viçosa (UFV) que visa incrementar a tecnologia de produção desses percevejos. Pentatomídeos têm sido produzidos em larga escala com presas alternativas como larvas de bicho-da-seda, mosca doméstica e tenébrio. A tecnologia está difundida em várias empresas florestais que mantêm laboratórios de criação e realizam liberações em áreas de surtos de lagartas.

A bactéria *Bacillus thuringiensis* (Bt) é a mais importante dentre os patógenos para o controle de lagartas. Esse entomopatógeno produz proteínas tóxicas que, ingeridas pelas lagartas, provocam a ruptura da parede intestinal,

levando-as à morte por inanição e septicemia. Produtos à base dessa bactéria estão disponíveis no mercado. O Bt é o método mais empregado no controle de lagartas desfolhadoras na silvicultura.

Percevejo-bronzeado

Thaumastocoris peregrinus é uma praga relativamente nova em cultivos florestais no Brasil e, portanto, em opções de manejo, ainda estão sendo desenvolvidas. No Brasil, os inimigos naturais, em geral, como a *Atopozelus opsimus* Elkin (Hemiptera: Reduviidae), *Chrysoperla externa* Hagen (Neuroptera: Chrysopidae) e fungos entomopatogênicos como *Beauveria bassiana* e *Zoophthora radicans* (Brefeld) Batko (Entomophthorales: Entomophthoraceae) foram observados atacando ou infectando ninfas e adultos desse inseto.

No entanto, estes inimigos naturais não parecem ser efetivos em controlar as populações desse inseto. O controle biológico clássico, com a importação do parasitoide *Cleruchoides noackae* (Hymenoptera: Mymaridae) da Austrália, é a principal opção para o manejo do percevejo-bronzeado no Brasil.

Psilídeo-de-concha

O psilídeo-de-concha, *Glycaspis brimblecombei* (Hemiptera: Psyllidae), inseto de origem australiana, utiliza várias espécies do gênero *Eucalyptus* como hospedeiro. Essa praga foi observada no Brasil pela primeira vez em 2003, no estado de São Paulo, infestando híbridos de *E. grandis* x *E. urophylla*. A facilidade de adaptação às condições climáticas brasileiras, a rápida dispersão e a extensão das áreas plantadas com eucalipto, sugerem que o controle deste psilídeo deve ser feito a partir do estabelecimento de um programa de Manejo Integrado de Pragas (MIP), baseado no monitoramento da praga e suas interações com o ambiente e outros organismos. Medidas de erradicação são inviáveis e o controle químico oneroso e pouco eficiente.

A importação de oito parasitoides da Austrália foi realizada pelos Estados Unidos e, apenas, uma espécie (*Psyllaephagus bliteus* Riek. (Hymenoptera: Encyrtidae)) estabeleceu-se no campo e tem controlado a praga com resultados satisfatórios. Esse parasitoide foi detectado no Brasil em ninfas de *G. brimblecombei*. Esse agente de controle biológico provavelmente foi introduzido acidentalmente no Brasil, juntamente com a praga.

Vespa-de-galha

A vespa-de-galha, *Leptocybe invasa* (Hymenoptera: Eulophidae), uma praga exótica, é originária da Austrália. Esse inseto é partenogenético, ou seja, fêmeas dão origem a novas fêmeas sem a presença do macho. Portanto, seu potencial de crescimento populacional é enorme.

Em 2015, o Ministério da Agricultura concedeu a permissão para importação da África do Sul do parasitoide *Selitrichodes neseri* Kelly e La Salle (Hymenoptera: Eulophidae), uma vespa que coloca seus ovos dentro das galhas e suas larvas alimentam-se de *L. invasa*. Estudos estão sendo realizados na Faculdade de Ciências Agrônomicas (FCA) da UNESP e na Embrapa Florestas onde serão traçadas as estratégias para criação e liberação em campo desse parasitoide.

Vespa-da-madeira

O nematoide *Deladenus siricidicola* é o principal agente de controle biológico da vespa-da-madeira, *Sirex noctilio*, e foi importado para o Brasil em 1990. Este microrganismo infecta as larvas da vespa no tronco, tornando as vespas adultas estéreis. Os parasitoides *Ibalia leucospoides* (Hymenoptera: Ibalidae), *Rhyssa* sp. e *Megarhyssa* sp. (Hymenoptera: Ichneumonidae) são outros inimigos naturais que podem auxiliar no controle biológico deste inseto.

Pulgões-gigantes-do-pínus

Os pulgões-gigantes-do-pínus *Cinara atlantica* Wilson e *Cinara pinivora* Wilson (Hemiptera: Aphididae), originários Canadá e dos EUA, foram registrados no Brasil em 1996. Estes afídeos inserem o estilete nos ramos ou brotações durante a alimentação, causando clorose, deformação e queda de acícula, redução no desenvolvimento da planta, entortamento do fuste e superbrotção em *Pinus* spp..

Um projeto cooperativo entre Embrapa Florestas, Departamento de Zoologia da UFPR, FUNCEMA (Fundo Nacional de Controle de Pragas Florestais) e Museu de História Natural de Illinois foi elaborado no Brasil para a implantação de um programa de MIP para o pulgão-gigante-do-pínus, baseado, principalmente, na utilização do controle biológico e de métodos silviculturais.

O controle biológico dos pulgões-gigantes-do-pínus foi baseado na seleção, coleta, introdução, quarentena, avaliação, criação, liberação e estabeleci-

mento de parasitoides, da região de origem da praga e, também, com estudos de inimigos naturais locais como predadores (coccinelídeos, crisopídeos e sirfídeos) e fungos entomopatogênicos.

Parasitoides foram coletados, nos Estados Unidos, de 2001 a 2003, em diferentes locais de ocorrência de plantios de pinus, visando à obtenção de uma maior diversidade de espécies e maior variabilidade genética de cada espécie de parasitoide. *Pauesia bicolor* e *Pauesia proceptali* (Hymenoptera: Braconidae) e *Xenostigmus bifasciatus* (Hymenoptera: Braconidae) foram os parasitoides introduzidos no Brasil.

Xenostigmus bifasciatus passou por quarentena, foi multiplicado em laboratório e liberado entre 2002 e 2004 nos estados de Santa Catarina, Paraná e São Paulo. O estabelecimento do parasitoide foi confirmado em todas as áreas de liberação e algumas de suas colônias tiveram parasitismo próximo a 100% e a dispersão desse parasitoide atingiu, em seis meses, até 80 km de seu local de liberação (Reis Filho et al., 2004). *Xenostigmus bifasciatus* foi, também, registrado em locais sem liberações, como no Estado do Rio Grande de Sul e no Uruguai. A capacidade de dispersão, o potencial de parasitismo e a adaptação desse parasitoide às condições brasileiras torna o referido um dos principais agentes de controle biológico do pulgão-gigante-do-pinus.

O fungo entomopatogênico, *Lecanicillium* sp. (Moniliaceae), desenvolve-se, naturalmente, no ambiente em condições favoráveis e infectou colônias de *C. atlantica* e *C. pinivora* em campo. Coccinelidae são os predadores mais abundantes dessa praga, representando até 82% da população de seus inimigos naturais. *Cycloneda sanguinea* Linnaeus, *Eriopsis connexa* Germar, *Harmonia axyridis* Pallas, *Hippodamia convergens* Guérin-Meneville, *Olla v-nigrum* Mulsant e *Scymnus (Pullus)* sp. foram encontradas associadas a *C. atlantica* em campo.

REFERÊNCIAS

COCK, M.J.W.; MURPHY, S.T.; KAIRO, M.T.K.; THOMPSON, E.; MURPHY, R.J.; FRANCIS, A.W. Trends in the classical biological control of insect pests by insects: an update of the BIOCOT database. *BioControl* v. 61, p. 349-363, 2016.

GARNAS, J.R.; HURLEY, B.P.; SLIPPERS, B.; WINGFIELD, M.J. Biological control of forest plantation pests in an interconnected world requires greater international focus. *International Journal of Pest Management*, v. 58, p. 211-223, 2012.

PARRA, J.R.P. Biological Control in Brazil: An overview. *Scientia Agrícola*, v. 71, p. 345-355, 2014.

REIS FILHO, W.; PENTEADO, S.R.C.; IEDE, E.T. Controle biológico do pulgão-gigante-do-pinus, *Cinara atlantica* (Hemiptera: Aphididae), pelo parasitoide *Xenostigmus bifasciatus*

(Hymenoptera: Braconidae). Colombo: Embrapa Florestas, v. 3 p. (Comunicado técnico, 122), 2004.

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

ZANETTI, R., ZANUNCIO, J.C., VILELA, E.F., LEITE, H.G., JAFFE, K., OLIVEIRA, A.C. Level of economic damage for leaf-cutting ants (Hymenoptera: Formicidae) in *Eucalyptus* plantations in Brazil. Sociobiology, v. 42, p.433-442, 2003.

ZANUNCIO, J.C.; LEMOS, W.P.; LACERDA, M.C.; ZANUNCIO, T.V.; SERRÃO, J.E.; BAUCE, E. Age-dependent fecundity and fertility life tables of the predator *Brontocoris tabidus* (Heteroptera: Pentatomidae) under field conditions. Journal of Economic Entomology, v. 99, p.401-407, 2006.