

# Documentos

---

ISSN 0102-0110  
Outubro, 2007

240

**MicoInseticidas e Micoacaricidas no Brasil: Como estamos?**



**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

## *Documentos 240*

# **MicoInseticidas e Micoacaricidas no Brasil: Como estamos?**

Coordenadora-Geral

*Miguel Michereff Filho*

*Marcos Rodrigues de Faria*

*Stephen P. Wraight*

***Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia  
Brasília, DF  
2007***

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na

Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia

Serviço de Atendimento ao Cidadão

Parque Estação Biológica, Av. W/5 Norte (Final) –

Brasília, DF CEP 70770-900 – Caixa Postal 02372 PABX: (61) 448-4600 Fax: (61) 340-3624

<http://www.cenargen.embrapa.br>

e.mail:sac@cenargen.embrapa.br

Comitê de Publicações

Presidente: *Sergio Mauro Folle*

Secretário-Executivo: *Maria da Graça Simões Pires Negrão*

Membros: *Arthur da Silva Mariante*

*Maria de Fátima Batista*

*Maurício Machain Franco*

*Regina Maria Dechechi Carneiro*

*Sueli Correa Marques de Mello*

*Vera Tavares de Campos Carneiro*

Supervisor editorial: *Maria da Graça S. P. Negrão*

Editoração eletrônica: *Daniele Alves Loiola*

1ª edição

1ª impressão (2007):

**Todos os direitos reservados**

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia**

M 626 MicoInseticidas e micoacaricidas no Brasil: Como estamos? Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia / Miguel Michereff Filho, Marcos Rodrigues de Faria, Stephen P. Wraight (coordenadores). -- Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2007. 28 p. -- (Documentos / Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 0102 - 0110; 240).

1. Fungos entomopatogênicos. 2. MicoInseticidas - formulações. 3. Micoacaricidas - formulações. 4. Controle microbiano. 5. Incrementação. 6. MIP. I. Michereff Filho, Miguel. II. Faria, Marcos Rodrigues de. III. Wraight, Stephen P. IV. Série.

632.96 - CDD 21.

## **Editores**

Miguel Michereff Filho

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Entomologia, Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília - DF.

Marcos Rodrigues de Faria

Engenheiro Agrônomo, Mestre em Entomologia, Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília - DF.

Stephen P. Wraight

PhD, USDA-ARS, Robert W. Holley Research Center, Ithaca, Nova Iorque, EUA; professor adjunto da Universidade de Cornell, Departamento de Entomologia, Ithaca, Nova Iorque, EUA.

# MicoInseticidas e Micoacaricidas no Brasil: Como estamos?

---

Miguel Michereff Filho  
Marcos Rodrigues de Faria  
Stephen P. Wraight

## RESUMO

Micopesticidas, no caso micoInseticidas e micoacaricidas, podem ser definidos como produtos à base de propágulos vivos de fungos visando o controle de pragas através de aplicações inundativas ou inoculativas. Neste trabalho apresentamos uma proposta de padronização da nomenclatura para tipos de formulações utilizadas com fungos entomopatogênicos, seguida por uma síntese do cenário mundial dos micopesticidas, incluindo formulações e principais organismos-alvo destes produtos e, por fim, uma análise do “estado-de-arte” dos micopesticidas brasileiros. Cerca de doze espécies ou subespécies (variedades) de fungos entomopatogênicos têm sido utilizadas como ingredientes ativos de micoInseticidas e micoacaricidas em diversas partes do mundo. Os insetos-alvo estão distribuídos em pelo menos 48 famílias taxonômicas e em 10 ordens, com destaque para Hemiptera, Coleoptera, Lepidoptera, Thysanoptera e Orthoptera. Nas últimas quatro décadas mais de 80 companhias no mundo desenvolveram 171 micopesticidas e mais de 40% desses produtos foram desenvolvidos ou disponibilizados comercialmente por empresas e instituições da América do Sul. Nesta região encontra-se também o maior programa de controle biológico com fungos entomopatogênicos, envolvendo o emprego de *Metarhizium anisopliae* para o controle de cigarrinhas (Hemiptera: Cercopidae) em pastagens e lavouras de cana-de-açúcar. No Brasil, cerca de 40 micopesticidas já foram comercializados, sendo que 32 produtos encontram-se atualmente disponíveis no mercado e aproximadamente 18 empresas (biofábricas com fins lucrativos) estão em funcionamento. Micopesticidas à base de *M. anisopliae* representam 65% dos produtos nacionais, seguido por *Beauveria bassiana* (20%), *Lecanicillium* spp. (7,5%) e “*Sporothrix insectorum*” (7,5%), tendo como alvos cigarrinhas, percevejo-de-renda, cochonilhas, besouros e ácaros fitófagos. A maioria dos micopesticidas brasileiros não tem registro e apenas duas categorias de produtos técnicos e um único tipo de formulação podem ser encontrados no mercado; concentrados técnicos (substratos líquidos ou sólidos colonizados por fungos) correspondem a 75% dos produtos disponíveis, 3,1% dos produtos são comercializados na forma de material técnico (conídios puros), enquanto 21,9% são formulações do tipo dispersão oleosa. Situação oposta ocorre nos países industrializados, onde se sobressaem os produtos formulados e registrados. No Brasil, a eficiência de controle alcançada com micopesticidas nem sempre tem correspondido às expectativas dos usuários, tendo como causas principais: a predominância de produtos técnicos, que via de regra apresentam qualidade inferior ao dos produtos formulados e exigem manuseio complexo; o uso de produtos com baixa concentração e viabilidade de propágulos do fungo; a recomendação pelos fabricantes de dosagens inapropriadas e formas de aplicação duvidosa; a elevada contaminação por outros microrganismos e a curta vida de prateleira dos produtos. Embora o avanço tecnológico nos últimos 30 anos tenha sido menor que o esperado, há expectativa de crescente adoção desses agentes de controle biológico em razão de nichos de mercado emergentes como a produção integrada de frutas, a agropecuária

orgânica, os cultivos protegidos e a expansão do agronegócio da cana-de-açúcar e da bovinocultura. A qualidade dos micoinseticidas no mercado brasileiro pode ser incrementada de forma considerável, restando às biofábricas investir na constante melhoria de seus produtos.

Termos para indexação: Fungos entomopatogênicos; micoinseticidas; micoacaricidas; formulações; controle microbiano; incrementação; MIP

## INTRODUÇÃO

Existem mais de 700 espécies e cerca de 90 gêneros de fungos que são patogênicas aos insetos e responsáveis por aproximadamente 80% das doenças constatadas nestes artrópodes (Wraight & Roberts, 1987; Alves, 1998). Os fungos entomopatogênicos possuem ação por contato, ou seja, invadem os insetos através da cutícula e dos espiráculos e não precisam ser ingeridos para ocasionar a doença. Em razão deste mecanismo de infecção, os fungos mostram-se mais vantajosos em relação aos demais entomopatógenos quando insetos sugadores de planta tornam-se alvo do controle microbiano (Lacey & Goettel, 1995). A primeira tentativa de controlar um inseto-praga com um fungo entomopatogênico ocorreu na Rússia em 1888, quando o fungo hoje conhecido como *Metarhizium anisopliae* (Metschn.) [Sorokin](#) foi produzido massalmente em resíduos da fabricação de cerveja e aplicado no campo para controle do gorgulho da beterraba *Cleonus punctiventris* (Germar) (Lord, 2005).

O primeiro programa brasileiro de controle microbiano, em ampla escala, surgiu no início da década de 1970, com a liberação do fungo *M. anisopliae* var. *anisopliae* para controle da cigarrinha *Mahanarva posticata* Stål, 1855 (Hemiptera: Cercopidae), em canais da região Nordeste. O sucesso alcançado permitiu redução de 90% na área tratada com inseticidas sintéticos e o uso de insetos parasitóides para controle biológico da broca da cana-de-açúcar (Alves, 1998).

Historicamente o desenvolvimento de dois micopesticidas impulsionou o avanço tecnológico nas áreas de produção e formulação de fungos entomopatogênicos em escala industrial no ocidente. Boverin, um micoinseticida à base de *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. para controle de *Leptinotarsa decemlineata* (Say) (Coleoptera: Chrysomelidae) e *Cydia pomonella* (L.) (Lepidoptera: Tortricidae) na antiga União Soviética, foi desenvolvido em 1965 (Kendrick, 2000). Mycar, um micoacaricida baseado em *Hirsutella thompsonii* Fisher, teve registro concedido pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos em 1981, para controle do ácaro da ferrugem dos citros, *Phyllocoptruta oleivora* (Ashmead) (Acari: Eriophyidae) (McCoy, 1986).

Nos últimos anos os esforços de pesquisa e desenvolvimento tecnológico têm aumentado significativamente e um número considerável de biopesticidas à base de fungo tem sido desenvolvido em diversas partes do mundo para controle de insetos e acarinos (ácaros e carrapatos) na agricultura, silvicultura, pecuária e meio urbano (Faria & Wraight, 2007). Isto tem sido estimulado pela crescente pressão da sociedade por alimentos mais saudáveis; pela exigência de mercados importadores por alimentos com baixos teores de resíduos tóxicos; pela conscientização de profissionais do setor agropecuário quanto às adversidades causadas pelo uso abusivo de agrotóxicos e quanto à necessidade de inclusão do controle biológico em estratégias de manejo de resistência de artrópodes pragas; pela implantação de legislações cada vez mais restritivas ao emprego de produtos químicos de amplo espectro de ação e, pelo surgimento de nichos de mercado, que no Brasil correspondem à expansão do agronegócio da cana-de-açúcar (biocombustíveis) e da bovinocultura de corte (Faria & Magalhães, 2001; Faria & Wraight, 2007).

Atualmente, os fungos *M. anisopliae*, *B. bassiana*; "*Sporothrix insectorum*" e *Lecanicillium* spp. são utilizados como micopesticidas para controle de vários artrópodes no Brasil (Tabela 1), incluindo cigarrinhas, percevejo-de-renda, cochonilhas, besouros e ácaros fitófagos (Alves, 1998; Nardo & Capalbo, 1998; Batista Filho et al., 1999; Faria & Magalhães, 2001; Alves et al., 2003; Penteado et al., 2005; Almeida & Batista Filho, 2007a).

Existem várias possibilidades de aplicação dos fungos entomopatogênicos como ferramenta no manejo integrado de pragas (MIP), não sendo recomendados como simples substitutos dos pesticidas químicos. Esses agentes microbianos, na forma de micopesticidas, podem ser integrados a outras táticas de controle, a

exemplo do controle biológico com parasitóides, práticas culturais, semioquímicos e controle químico (Wraight & Carruthers 1999; Alves, 1998).

Inúmeras revisões discutem amplamente a eficácia, os avanços tecnológicos recentes, as futuras tendências e os aspectos da regulamentação de micopesticidas (Copping & Menn, 2000; Neale, 2000; Inglis et al., 2001; Wraight et al., 2001; Castrillo et al., 2005), bem como listas de micopesticidas utilizados no mundo vem sendo disponibilizadas periodicamente (Tengerdy & Szakács, 1998; Butt et al., 1999; Butt & Copping, 2000; Hajek et al., 2001; Stewart, 2001; Wraight et al., 2001; Leite et al., 2003a; Copping, 2004; Hynes & Boyetchko, 2006; Faria & Wraight, 2007). O presente trabalho propõe uma abordagem alternativa e teve por objetivos: a) apresentar uma proposta de padronização da nomenclatura para tipos de formulações mais utilizadas com fungos entomopatogênicos; b) apresentar uma síntese do cenário atual dos micopesticidas no mundo; c) identificar os principais organismos-alvo destes agentes/produtos; d) categorizar os principais micopesticidas produzidos no Brasil com base na nova proposta de classificação e, e) estabelecer uma análise do “estado-de-arte” dos micopesticidas brasileiros em relação aos demais produtos já desenvolvidos e em uso no mundo, visando estimular propostas e ações inovadoras que permitam avanços tecnológicos na produção e formulação, tendo como meta, a expansão no emprego dos fungos entomopatogênicos na agropecuária brasileira como consequência da maior satisfação dos usuários.

Os micoinseticidas e micoacaricidas serão referidos sucintamente neste trabalho como micopesticidas, um termo que também poderia incluir outros produtos à base de fungos não considerados nesta publicação, tais como micoherbicidas e micofungicidas (Wraight et al., 2001).

## **Produtos e Formulações à base de fungo**

### **Produtos**

Micopesticidas podem ser definidos como produtos à base de propágulos vivos de fungos visando o controle de pragas através de aplicações inundativas e inoculativas (Faria & Wraight, 2007). Os tipos de propágulos presentes em muitos tipos de produtos à base de fungos entomopatogênicos são classificados como hifas (micélio), blastosporos ou conídios; estes últimos podendo ser aéreos ou submersos (Wraight et al., 2001; Leite et al., 2003a).

### **Formulações**

Formulação refere-se à mistura do ingrediente ativo (propágulo vivo do fungo) com adjuvantes, e que no caso de produtos biológicos visa: a) estabilizar o agente biológico durante a produção, distribuição e armazenamento; b) facilitar o manuseio e aplicação do produto; c) proteger o agente biológico contra fatores ambientais adversos (UV, baixa umidade, temperaturas elevadas) aumentando sua persistência no ambiente; d) aumentar a atividade do agente biológico, incrementando sua reprodução, contato e interação com a praga-alvo e, e) aumentar a segurança do produto ao usuário, reduzindo os riscos de inalação, irritação aos olhos, etc. (Jones & Burges, 1998).

Dois requisitos críticos para formulações são as características do fungo envolvido e do ambiente onde será armazenado e aplicado. Como o ingrediente ativo é um organismo vivo, sua sobrevivência deverá ser mantida de forma satisfatória para que no campo o efeito esperado seja adequado (Jones & Burges, 1998). Devido à diversidade de condições climáticas, alvos e preferência dos usuários, um único microrganismo poderá ser formulado de maneiras distintas para atender a diferentes mercados.

O modo de ação dos fungos entomopatogênicos e as características dos insetos-alvo são outros fatores a serem considerados. Em razão do mecanismo de ação diferenciado, a aplicação do micopesticida deve garantir o contato das unidades infectivas com o alvo (Bateman et al., 2000). Formulações que contribuam para maior adesão das estruturas infectivas dos fungos ao alvo são igualmente importantes para o sucesso do controle. Os componentes básicos de muitas formulações incluem, além do ingrediente ativo, adjuvantes como dispersantes, umectantes, protetores contra radiação ultravioleta e fatores promotores de virulência ou sinergistas (Moore & Caudwell, 1997; Jones & Burges, 1998).

Neste trabalho, a revisão e a proposta de padronização da nomenclatura para os tipos de formulações mais utilizadas com fungos entomopatogênicos foram baseadas no sistema de código de duas letras da CropLife International para pesticidas técnicos e formulados (CropLife International, 2002) e nas definições utilizadas pela Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura - FAO e pela Organização Mundial da Saúde - OMS para classificar biopesticidas à base de bactérias entomopatogênicas (FAO/WHO, 2002), conforme proposto por Faria & Wraight (2007).

### **Ingredientes ativos de grau técnico (Produtos Técnicos)**

Produtos técnicos são empregados para o preparo de formulações, embora em algumas situações sejam empregados como produto final. O termo genérico “ingrediente ativo de grau técnico” pode ser aplicado tanto para o material técnico como para o concentrado técnico (FAO/WHO, 2002).

*Material técnico (TC)*: um ingrediente ativo isolado a partir de matérias-primas, solventes, etc., utilizados para produzi-lo (FAO/WHO, 2002). Para a produção de fungos entomopatogênicos empregam-se basicamente substratos de cultura líquido ou sólido. Geralmente os materiais técnicos são a base para todos os outros tipos de formulações, embora em algumas circunstâncias eles também possam ser utilizados como produtos finais; havendo neste caso elevada concentração de propágulos do fungo no micopesticida. Conforme a definição da CropLife, materiais técnicos podem incluir “impurezas associadas e pequenas quantidades de aditivos necessários”, de tal forma que os produtos não devam possuir resíduos de impureza maior que 10% do seu peso (T. S. Woods, coordenador do Specifications Expert Group, CropLife International, comunicação pessoal). Portanto, conídios ou outro tipo de propágulo isolado a partir de cultura juntamente com impurezas associadas deveriam cair dentro desta categoria.

*Concentrado técnico (TK)*: um material consistindo do ingrediente ativo juntamente com subprodutos oriundos do processo da produção e livre da adição de agentes modificantes. Esta definição ajusta-se a biopesticidas que incluem componentes do meio de cultura, ou seja, grãos de cereais colonizados ou meio de cultura líquido contendo estruturas fúngicas. Nestes casos, nenhum processo é utilizado para separar o ingrediente ativo do substrato no estágio final da produção do fungo; os substratos sólidos colonizados pelo fungo podem conter proporções variáveis de micélio em processo de esporulação e esporos assexuados (conídios ou blastosporos), dependendo de fatores como idade da cultura e lote. Em alguns países os concentrados técnicos são utilizados como produtos finais para controle de pragas através da sua incorporação direta no solo (Paau, 1998). Alternativamente, o ingrediente ativo pode ser extraído antes da aplicação por lavagem e peneiração, algumas vezes com a adição de surfactantes para garantir a suspensibilidade do princípio ativo na calda (Faria & Magalhães, 2001). Nos concentrados técnicos baseados em substratos sólidos os propágulos consistem em conídios e hifas (C+H), enquanto nos produtos produzidos em meio líquido, misturas de conídios submersos, blastosporos ou hifas podem estar presentes.

## **Tipos de formulação**

*Pó molhável (WP)*: formulação em pó para aplicação como suspensão após diluição em água; pronta para uso, ou seja, dispensam-se aditivos como espalhantes adesivos para preparo e aplicação da calda. Assim, produtos tais como um material técnico hidrofílico que não inclui aditivos que possibilitem sua mistura com água (tais como surfactantes ou argilas) não entrariam nesta classificação (Faria & Wraight, 2007).

*Grânulo (GR)*: formulação sólida do tipo “free-flowing” com partículas de tamanho definido e pronta para uso. Embora concentrados técnicos constituídos por substratos sólidos possam assemelhar-se e funcionar como formulações granulares, o termo grânulo geralmente refere-se a formulações mais elaboradas com partículas de tamanho uniforme e com o ingrediente ativo fortemente aderido ou incorporado ao grânulo. Portanto, grãos de cereais colonizados por fungos não estariam incluídos nesta definição.

*Grânulos dispersíveis em água (WG)*: formulação consistindo de grânulos a serem aplicados após sua desintegração e dispersão em água.

*Isca (pronto uso) (RB)*: formulação desenvolvida para atrair e ser consumida pela(s) praga(s)-alvo. Esta definição é geralmente aplicável aos micopesticidas; contudo, como muitos dos fungos patogênicos infectam seus hospedeiros via penetração direta da cutícula, a ingestão pode ser desnecessária e iscas podem ser constituídas por outros atraentes.

*Pó para contato (CP)*: formulação em pó para aplicação direta, porém distinta de pó polvilhável (DP) pelo sistema de códigos da CropLife International; inclui todos os micopesticidas em pó que não se enquadram nos tipos de formulação previamente mencionada.

*Dispersão oleosa (OD)*: suspensão estável constituída pelo(s) ingrediente(s) ativo(s) em fluído originalmente não miscível em água e com emulsificante(s); para uso após diluição em água. A palavra “estável” nesta e em outras formulações acima mencionadas indica que o produto pode apresentar sedimentação do ingrediente ativo durante o armazenamento, porém esta é facilmente resuspensa via agitação manual do usuário. Dispersões oleosas de fungos entomopatogênicos têm sido referidas mais comumente na literatura como suspensões emulsionáveis, suspoemulsões ou suspensões em óleo emulsionável e identificadas pela abreviação ES (Moore & Caudwell, 1997; Jones & Burges, 1998). Todavia, a abreviação ES pelo sistema de códigos da CropLife International refere-se a emulsões para tratamentos de sementes.

*Suspensão concentrada (SC)*: suspensão estável de ingrediente(s) ativo(s) em água, para aplicação após diluição em água.

*Suspensão concentrada miscível em óleo (suspensão miscível em óleo) (OF)*: suspensão estável de ingrediente(s) ativo(s) em um fluído, para aplicação após diluição em um líquido orgânico.

*Suspensão para aplicação a ultra baixo volume (SU)*: suspensão pronta para uso através de equipamento UBV, sem necessidade de diluição.

## **Cenário Mundial**

Esta seção foi compilada a partir de dados disponibilizados por Faria & Wraight (2007) e engloba um levantamento mundial das últimas quatro décadas baseado em diferentes fontes de consulta, como publicações técnicas e científicas, material publicitário de fabricantes e de fornecedores de micopesticidas, bulas, consultas a especialistas e informações coletadas em sites eletrônicos. Foram considerados produtos registrados, em processo de registro e aqueles comercialmente disponíveis mesmo sem registro. Produtos sem nenhum nome comercial (usualmente produtos em processo de registro ou materiais não formulados vendidos

diretamente aos usuários finais) e aqueles não mais disponíveis, porém já comercializados no passado, foram também considerados. Por outro lado, produtos distribuídos gratuitamente ou vendidos a preços subsidiados aos usuários finais por organizações sem fins lucrativos, tais como associações de produtores, bem como micopesticidas derivados de produção na própria unidade rural não foram incluídos neste levantamento em razão da escassez de informações atualizadas.

### **Fungos mais utilizados**

Pelo menos 12 espécies ou subespécies (variedades) de fungos têm sido empregadas como ingredientes ativos em micoinseticidas e micoacaricidas visando o controle inundativo e inoculativo de pragas (Faria & Wraight, 2007). Este número deverá provavelmente aumentar no futuro à medida que estudos moleculares revelarem espécies crípticas dentro de grandes gêneros. Por exemplo, o fungo entomopatogênico previamente classificado como *Verticillium* spp. foi arranjado em um novo gênero, *Lecanicillium* (Gams and Zare, 2001; Zare and Gams, 2001) e muitas espécies entomopatogênicas de *Paecilomyces* (incluindo *P. fumosoroseus*) tem sido transferidas para o gênero *Isaria* (Hodge et al., 2005; Luangsa-Ard et al., 2005). Algumas espécies também necessitam estudo taxonômico adicional. Estudos moleculares recentes indicam que isolados do fungo identificado como *Sporothrix insectorum* [de Hoog & H.C.Evans](#), correntemente usado no Brasil para controle do percevejo-de-renda [Leptopharsa heveae](#) Drake & Poor em plantações de seringueira, pertencem a mais de uma espécie e não são espécies verdadeiras de *Sporothrix* (K.T. Hodge, Cornell University, comunicação pessoal).

A maioria dos fungos utilizados nos micopesticidas são anamórficos. Micopesticidas baseados em *B. bassiana* (33,9%), *M. anisopliae* (33,9%), *Lecanicillium* spp. (9,4%), *Isaria fumosorosea* Wize (5,8%) e *B. brongniartii* (Sacc.) Petch (4,1%) são os mais comuns dentre os produtos já desenvolvidos em escala mundial (Faria & Wraight, 2007).

### **Produtos desenvolvidos**

Nas últimas quatro décadas mais de 80 companhias no mundo desenvolveram 171 micoinseticidas e micoacaricidas (Faria & Wraight, 2007). Embora muitos produtos estejam baseados em tipos específicos de propágulos, o produto final pode conter pequena ou substancial quantidade de outros tipos de propágulos. Produtos baseados em conídios aéreos podem conter hifas e vice-versa e micoinseticidas produzidos através de fermentação líquida podem apresentar uma mistura de conídios submersos, blastosporos e hifas (Leite et al., 2003a). A exata composição de propágulos dos produtos biopesticidas é raramente indicada pelos fabricantes e, em alguns casos, o propágulo específico constituindo o ingrediente ativo não é indicado. Segundo Faria & Wraight (2007), proporção significativa dos produtos (25,7% - muitos destes classificados como concentrados técnicos) contém esporos assexuados (conídios ou blastosporos) e hifas; 67,5% de todos os produtos contém exclusivamente esporos assexuados (conídios ou blastosporos), com conídios aéreos sendo o princípio ativo mais comum entre os micopesticidas (40,9%). Apenas 4,1% dos produtos no mundo são constituídos unicamente por blastosporos, enquanto aqueles baseados em hifas contabilizam somente 2,3%.

Um total de 11 categorias de produtos técnicos e formulações foram identificados por Faria & Wraight (2007), com concentrados técnicos (substratos colonizados por fungos) (26,3%), pós molháveis (20,5%) e dispersões oleosas (15,2%) entre as mais comuns. Dos 129 produtos atualmente disponíveis no mundo (em processo de registro, registrados ou comercializados com ou sem registro), mais de 90% foram desenvolvidos para controle

biológico inundativo, enquanto menos de 10% foram destinados exclusivamente para estratégias de controle inoculativo, a exemplo daqueles produtos formulados somente com hifas ou substratos colonizados com fungos para controle de besouros habitantes do solo. Aproximadamente 43% de todos os produtos foram desenvolvidos ou disponibilizados comercialmente por empresas ou instituições da América do Sul, sobretudo no Brasil e Colômbia.

### **Artrópodes-alvo**

Dos 171 micopesticidas desenvolvidos no mundo, aproximadamente 160 (93,6%) são recomendados para controle de insetos e 28 (16,4%) contra acarinos, havendo múltiplo espectro de ação em vários produtos (Faria & Wraight, 2007). Os insetos-alvo estão distribuídos em pelo menos 48 famílias taxonômicas e em 10 ordens, principalmente em Hemiptera (subordens Heteroptera, Auchenorrhyncha e Sternorrhyncha), Coleoptera, Lepidoptera, Thysanoptera e Orthoptera. As famílias Aleyrodidae, Curculionidae (incluindo Scolytinae), Cercopidae, Scarabaeidae/Melolonthidae, Aphididae e Thripidae estão entre os alvos mais comuns. Cerca de 28 produtos comercializados para o controle de acarinos (ácaros e carrapatos) estão distribuídos em pelo menos quatro famílias distintas, embora apenas três produtos (todos baseados em *Hirsutella thompsonii*), foram desenvolvidos exclusivamente como acaricidas; ácaros da família Tetranychidae são os principais alvos destes produtos.

### **Abrangência regional**

Historicamente, países na Ásia, América Latina e leste europeu são tradicionais usuários de fungos entomopatogênicos. Conforme revisado por Feng et al. (1994), na década de 1980 aproximadamente 0,8-1,3 milhão de hectares de florestas na China eram tratados anualmente com *B. bassiana* para o controle de inúmeras pragas; entretanto, seu uso era fortemente subsidiado pelo governo (sem fins lucrativos) e declinou significativamente em anos recentes (Feng, 2003). A produção comercial de micoinseticidas neste país está em sua infância; lançamentos por companhias privadas de produtos formulados para manejo de gafanhotos e cigarrinhas do chá estão adiantados (M.-G. Feng, Zhejiang University, China, comunicação pessoal). Níveis elevados de produção “não-comercial” de micoinseticidas também foram alcançados por cooperativas de produtores no Brasil durante as décadas de 1970 e 1980 (Alves, 1998), por laboratórios governamentais em vários países do leste europeu (especialmente Rússia, Polônia e Checoslováquia) durante o mesmo período (Lipa, 1985; Feng et al., 1994) e por laboratórios governamentais em Cuba a partir da década de 1990 (Rosset, 1997; Vega, 2005).

Produtos desenvolvidos ou disponibilizados comercialmente por empresas e instituições da América do Sul representam 42,7% do total listado em escala mundial, seguidos pela América do Norte (20,5%), Europa e Ásia (12,3% cada), América Central (7,0%), África (2,9%) e Oceania (2,3%) (Tabela 3).

Dados recentes indicam que o maior programa de controle biológico com o uso de fungos entomopatogênicos no mundo envolve aplicações de *M. anisopliae* para controle de cigarrinhas (Hemiptera: Cercopidae) em cultivos de cana-de-açúcar e pastagens nas Américas do Sul e Central. Dentre os 58 produtos à base de *M. anisopliae* listados por Faria & Wraight (2007), 37 (63,8%) são indicados para controle de cercopídeos e mais de 90% destes estão atualmente disponíveis nas Américas do Sul e Central (Faria & Wraight, 2007).

### Como estamos?

No Brasil, *M. anisopliae* é usado em grande escala para controlar um complexo de cigarrinhas, incluindo *Mahanarva fimbriolata* (Stål) e *M. posticata* em cultivos de cana-de-açúcar, e *M. fimbriolata*, *Deois flavopicta* (Stål) e *Notozulia entreriana* (Berg) em pastagens (Alves, 1998; Faria & Magalhães, 2001). Na realidade, várias pesquisas e programas de controle microbiano com fungos entomopatogênicos foram implementados no Brasil nas últimas quatro décadas (Tabela 1).

Micopesticidas à base de *M. anisopliae* representam 65% dos produtos, seguido por *B. bassiana* (20%), *Lecanicillium* spp. (7,5%) e "*S. insectorum*" (7,5%) (Tabela 2). Em termos de produção da mistura fungo+substrato nas biofábricas, por fermentação sólida em 2006/2007 foram produzidas 1.750 toneladas de *M. anisopliae*, 35 toneladas de *B. bassiana* e duas toneladas de *Lecanicillium* spp., enquanto por fermentação líquida foram produzidos 3.000 litros de "*S. insectorum*" (Almeida & Batista Filho, 2007a).

Atualmente micopesticidas vêm sendo empregados para controle biológico de diversos artrópodes-pragas (Tabela 1), destacando-se a cigarrinha da raiz da cana-de-açúcar, *M. fimbriolata*; a cigarrinha-das-folhas da cana-de-açúcar, *M. posticata*; as cigarrinhas-das-pastagens; o percevejo-de-renda da seringueira, *L. hevea*; a broca da bananeira, *Cosmopolites sordidus*; a broca-do-café, *Hypothenemus hampei*, ácaros Tetranychidae e Eriophyidae em plantas ornamentais e citros e a cochonilha *Orthezia proelonga* em citros (Almeida & Batista Filho, 2007a).

Em alguns casos, impactos econômicos altamente positivos gerados pelo uso de micopesticidas no controle de pragas têm impulsionado o surgimento de biofábricas em todo o território nacional, criando empregos e aumentando a demanda de pesquisas com fungos entomopatogênicos. Por exemplo, para o controle de *M. fimbriolata*, no Estado de São Paulo, a produção do fungo, no período de 2006/2007, por empresas e usinas de cana-de-açúcar foi de 360 toneladas. O valor médio de comercialização foi de R\$ 9,00 e a receita bruta gerada no período chegou a R\$ 3.240.000,00. A atividade de produção do micopesticida gerou 180 empregos diretos e a área de cana tratada atingiu 250.000 ha. O valor médio do tratamento/ha foi de R\$ 40,00 enquanto o tratamento químico (inseticidas thiamethoxam e imidacloprid) teve um custo de R\$ 160,00/ha. A economia média gerada por hectare foi de R\$ 120,00, totalizando uma economia global de R\$ 40 milhões, além do fato de que cinco toneladas de inseticidas deixaram de ser aplicadas no ambiente (Almeida & Batista Filho, 2007b). Cerca de 40 micopesticidas já foram comercializados no Brasil (Tabela 2), sendo que 32 produtos encontram-se atualmente disponíveis no mercado e aproximadamente 18 biofábricas (empresas com fins lucrativos) estão em funcionamento. Universidades, organizações sem fins lucrativos, usinas de cana-de-açúcar e algumas fazendas produtoras de látex – nestes dois últimos casos para consumo próprio, também estão igualmente envolvidos na produção de fungos entomopatogênicos.

Pelo menos cinco tipos de produtos à base de fungos entomopatogênicos têm sido utilizados no Brasil: 1) Concentrado técnico (TK) constituído de grãos+fungo - grãos de cereais (geralmente arroz cozido) colonizados pelo fungo, cabendo ao usuário final as etapas de lavagem do produto em água e de peneiramento para obtenção da calda com conídios e hifas; 2) Concentrado técnico (TK) à base de grãos triturados+ fungo - semelhante ao anterior, porém, os grãos+fungo são triturados antes de sua comercialização na forma de pó molhável; 3) Concentrado técnico (TK) líquido – suspensão líquida constituída predominantemente por blastosporos, porém com presença de hifas e conídios submersos, para mistura direta à água sem necessidade de espalhantes adesivos; 4) Material técnico (TC) (conídios puros) - os conídios são separados do substrato pelo fabricante, gerando um produto final com elevada concentração de conídios, o qual pode ser utilizado para posterior formulação ou diluição em água e aplicação no campo, mas, a exemplo das categorias

anteriores, neste último caso exigindo, via de regra, a adição de espalhante adesivo à calda; 5) Dispersão oleosa (OD) - produto pronto para uso, em que os conídios puros (categoria anterior) são misturados pelo fabricante a um óleo emulsionável para que o micopesticida seja diretamente misturado à água sem o emprego adicional de espalhantes adesivos.

Portanto, conforme a classificação de micopesticidas proposta por Faria & Wraight (2007), apenas duas categorias de produtos técnicos e uma única tipo de formulação encontram-se disponíveis no mercado brasileiro (Tabela 2). Um micoinseticida atualmente indisponível poderia ser tecnicamente enquadrado como pó molhável (WP), pois os conídios eram separados dos grãos de arroz colonizados e, em seguida, misturados com parte dos grãos triturados. Produtos à base de conídios aéreos de *M. anisopliae* na (retirar: formulação) suspensão para aplicação a ultra-baixo-volume (SU) foram desenvolvidos recentemente (Magalhães *et al.* 2000; Faria *et al.* 2002) e ainda não chegaram ao mercado. Portanto, concentrados técnicos (TK) correspondem a 75% dos micopesticidas disponíveis, 3,1% dos produtos são comercializados na forma de material técnico (TC), e 21,9% são formulados na forma de dispersões oleosas (OD). Com relação aos tipos de propágulos utilizados (Tabela 2), 24 produtos comerciais contêm conídios aéreos e hifas, sete produtos contêm exclusivamente conídios aéreos e apenas um possui mistura de conídios submersos, blastosporos e hifas. Apesar da grande demanda de biopesticidas por parte dos agricultores e do retorno econômico potencial advindo do seu emprego em alguns agroecossistemas, a maioria dos micopesticidas não está registrado oficialmente no Brasil (MAPA, 2007; ANVISA, 2007) e conforme verificado neste trabalho, via-de-regra, muitos deles ainda são vendidos tais como foram produzidos (substrato+fungo), sem nenhum tratamento posterior ou adição de substâncias que lhes assegurem melhorias na eficiência de controle, capacidade de armazenamento, persistência no agroecossistema ou praticidade de manuseio (Faria & Magalhães, 2001). Situação oposta ocorre nos países industrializados, onde se sobressaem os produtos formulados (77,4%) e registrados (100%) (Faria, dados não publicados).

Embora sejam muito utilizados como produtos finais no Brasil, os concentrados técnicos (TK) apresentam algumas desvantagens que têm limitado a expansão do mercado de micopesticidas em razão da baixa satisfação dos usuários. Estes produtos são de difícil manuseio durante o preparo e a aplicação da calda, uma vez que são pouco práticos em alguns casos (ex. exigência de lavagem e peneiração prévias) e em outros podem causar o entupimento de bicos dos pulverizadores devido à elevada proporção de inertes, principalmente quando são empregados baixos volumes de aplicação. Produtos que dificultam a aplicação levam a um maior custo de aplicação (Faria & Magalhães, 2001).

A maioria dos concentrados técnicos nacionais possui pequena sobrevida (vida de prateleira), devendo ser usados em, no máximo, algumas semanas após sua produção, quando armazenados à temperatura ambiente e em local sombreado. Isso faz com que as vendas ocorram quase que, exclusivamente, sob encomenda, restringindo de forma considerável seu potencial mercadológico. Além da necessidade de processamento dos produtos antes da sua aplicação, a ação dos concentrados técnicos torna-se extremamente dependente das condições climáticas, não funcionando adequadamente, por exemplo, em períodos de baixa umidade relativa ou elevada insolação. Este quadro torna-se mais preocupante, com a comercialização de produtos tendo baixa concentração de estruturas infectivas viáveis e elevada contaminação por outros microrganismos, com a recomendação de dosagens inadequadas pelos fabricantes e com a adoção incorreta de tecnologias de aplicação. Todos estes fatores condicionam os produtores rurais ao uso de micopesticidas com qualidade duvidosa e a necessidade de aplicações freqüentes nos cultivos, em razão da baixa taxa de mortalidade do organismo-alvo e/ou da pequena ação residual/persistência do agente microbiano no campo, levando a

resultados nem sempre satisfatórios e a falta de garantia de índices de controle tão elevados quanto aos alcançados com os pesticidas químicos (Michereff Filho & Faria, 2007). Portanto, a disponibilização de micopesticidas padronizados, com elevada concentração e viabilidade de estruturas infectivas, fáceis de utilizar, com preço competitivo e com eficiência de controle previsível, são fundamentais para a reversão do cenário atual dos fungos entomopatogênicos no Brasil (Faria & Magalhães, 2001).

### **Considerações Finais**

Associar um tipo de formulação a um produto microbiano não é uma tarefa tão fácil. As definições de formulações desenvolvidas para pesticidas químicos nem sempre se ajustam aos biopesticidas. Também existe grande sobreposição entre definições de formulações adotadas por entidades internacionais, de tal forma que certo produto pode cair em mais de uma categoria e em algumas circunstâncias, as definições adotadas neste trabalho não são compatíveis com aquelas utilizadas em outras publicações e pelos fabricantes. Outra dificuldade em estabelecer uma lista acurada de micopesticidas está relacionada à informação incompleta e/ou atualizada apresentada nos rótulos dos produtos ou nas descrições dos produtos (quando disponível). Apesar destas limitações, a classificação das formulações e o levantamento de produtos apresentados neste trabalho representam um marco referencial que poderá ser atualizado periodicamente, propiciando à comunidade científica valiosa fonte de informação do estado-de-arte de inseticidas e acaricidas à base de fungos entomopatogênicos no país.

Embora o avanço tecnológico e a utilização de micopesticidas nos últimos 30 anos tenham sido menores do que o esperado no Brasil, há expectativa de crescente adoção desses agentes de controle biológico em razão de nichos de mercado emergentes como a produção integrada de frutas, a agropecuária orgânica, os cultivos protegidos e a expansão do agronegócio da cana-de-açúcar e da bovinocultura. A qualidade dos micoinseticidas disponíveis no mercado brasileiro pode ser incrementada de forma considerável, restando às biofábricas investir na constante melhoria de seus produtos.

Em algumas situações, os micopesticidas à base de fungos entomopatogênicos podem conferir eficiência de controle de pragas semelhante ao obtido por pesticidas convencionais, com custo equivalente ou até mesmo inferior. Todavia, esses produtos não devem ser empregados isoladamente e nem como simples substitutos dos inseticidas e acaricidas químicos. Preconiza-se o uso de fungos entomopatogênicos como mais uma ferramenta a ser implementada no manejo integrado de populações da espécie-alvo.

### **Nota**

A EMBRAPA não garante a qualidade e a eficácia dos produtos comerciais mencionados neste trabalho e, o uso dos nomes pela EMBRAPA não implica em aprovação dos referidos produtos.

**Tabela 1** – Lista parcial de fungos utilizados extensivamente ou em desenvolvimento para controle de artrópodes-praga no Brasil.

| Artrópodes-alvo  | Agroecossistema      | Fungo <sup>1</sup>  |
|--|----------------------|---|
| Cigarrinhas<br><i>Mahanarva posticata</i><br><i>M. fimbriolata</i>                             | cana-de-açúcar       | <i>Metarhizium anisopliae</i> var. <i>anisopliae</i>              |
| Cigarrinhas<br><i>Deois flavopicta</i><br><i>M. fimbriolata</i><br><i>Notozulia entreriana</i> | pastagens            | <i>Metarhizium anisopliae</i> var. <i>anisopliae</i>              |
| Broca-do-rizoma<br><i>Cosmopolites sordidus</i>  | bananeira            | <i>Beauveria bassiana</i><br><i>B. amorpha</i>                    |
| Lagarta-das-palmeiras<br><i>Brassolis sophorae</i>   | coqueiro, dendezeiro | <i>B. bassiana</i><br><i>B. brongniartii</i>                      |
| Cochonilha Ortézia<br><i>Orthezia praelonga</i>  | citros               | <i>B. bassiana</i><br><i>Colletotrichum gloesporioides</i>        |
| Percevejo-de-renda<br><i>Leptopharsa hevea</i>   | seringueira          | " <i>Sporothrix insectorum</i> "                                  |
| Broca-do-café<br><i>Hypothenemus hampei</i>  | cafeeiro             | <i>B. bassiana</i><br><i>M. anisopliae</i> var. <i>anisopliae</i> |
| Cupim-de-montículo<br><i>Cornitermes cumulans</i><br><i>C. bequerti</i>                        | pastagens            | <i>B. bassiana</i><br><i>M. anisopliae</i> var. <i>anisopliae</i> |
| Cupins da cana-de-açúcar<br><i>Heterotermes</i> spp.   | cana-de-açúcar       | <i>B. bassiana</i><br><i>M. anisopliae</i> var. <i>anisopliae</i> |
| Broca-dos-citros<br><i>Diploschema rotundicolle</i>  | citros               | <i>M. anisopliae</i> var. <i>anisopliae</i>                       |
| Pulgão gigante do pinus<br><i>Cinara atlantica</i>   | Pinus                | <i>Lecanicillium</i> sp.  |
| Gafanhotos<br><i>Rhammatocerus schistorcercoides</i><br><i>Siphra robusta</i>                  | vários               | <i>M. anisopliae</i> var. <i>acridum</i>                          |
| Ácaro da ferrugem<br><i>Phyllocoptruta oleivora</i>  | citros               | <i>B. bassiana</i><br><i>Hirsutella thompsonii</i>                |
| Ácaro rajado<br><i>Tetranychus urticae</i>   | vários               | <i>B. bassiana</i>  |

<sup>1</sup>Fontes: Alves, 1998; Nardo & Capalbo, 1998; Batista Filho et al., 1999; Faria & Magalhães, 2001; Alves et al., 2003; Leite et al., 2005; Almeida & Batista Filho, 2007a.

Tabela 2. Micopesticidas desenvolvidos para controle de insetos e acarinos no Brasil (extraído de Faria & Wraight, 2007).

| Fungo   | Nome comercial <sup>a</sup> | Propágulo(s)<br>Formulação <sup>b</sup> | Status<br>comercial <sup>c</sup> | Organismo(s) alvo(s)<br>(Ordens e Famílias)  | Fabricante   |
|---|-----------------------------|---|----------------------------------|--|--|
| <b><i>Beauveria bassiana</i></b>  |                             |   |                                  |  |  |
|   | Bovenat                     | C + H / TK                              | ativo                            | Coleoptera (Curculionidae), <a href="#">Hemiptera</a><br><a href="#">(Aleyrodidae)</a> | Natural Rural  |
|   | Boveril<br>ESALQ447         | WP C + H / TK                           | ativo                            | Coleoptera (Curculionidae)   | Itaforte Industrial de BioProdutos Agro-Florestais Ltda. |
|   | Boveril WP PL63             | C + H / TK                              | ativo                            | Coleoptera (Curculionidae) + Acari<br>(Tetranychidae)                                  | Itaforte Industrial de BioProdutos Agro-Florestais Ltda. |
|   | Boveriol                    | C + H / TK                              | ativo                            | Isoptera (Rhinotermitidae, Termitidae)   | Tecnicontrol Ind. e Com. de Produtos Biológicos Ltda.    |
|   | Sem nome comercial          | C + H / TK                              | ativo                            | Coleoptera (Curculionidae)   | Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária (IPA)      |
|   | Sem nome comercial          | C + H / TK                              | inativo                          | <a href="#">Hymenoptera (Formicidae)</a> , Siphonaptera<br>(Pulicidae)                 | Instituto de Biotecnologia Rangel Ltda. (Inbioter)       |
|   | Sem nome comercial          | C + H / TK                              | ativo                            | Coleoptera (Curculionidae)   | Toyobo do Brasil Ltda.                                   |
|   | Bovemax                     | C / OD                                  | ativo                            | Coleoptera (Cerambycidae)  | Turfal Ind. Com. Prod. Biol.                             |
| <b><i>Lecanicillium longisporum</i></b> (anteriormente: <i>Verticillium lecanii</i> ) |                             |   |                                  |  |  |
|   | Vertirril WP 1300           | C + H / TK                              | ativo                            | <a href="#">Hemiptera</a> (Aleyrodidae, Ortheziidae)                                   | Itaforte Industrial de BioProdutos Agro-Florestais Ltda. |
| <b><i>Lecanicillium sp.</i></b> (anteriormente: <i>V. lecanii</i> )                   |                             |   |                                  |  |  |
|   | Sem nome comercial          | C / OD                                  | ativo                            | <a href="#">Hemiptera</a> (Aphididae)  | Turfal Ind. Com. Prod. Biol.                             |
|   | Vertinat                    | C + H / TK                              | ativo                            | <a href="#">Hemiptera</a> (Aleyrodidae, Ortheziidae)                                   | Natural Rural  |
| <b><i>Metarhizium anisopliae</i></b>  |                             |   |                                  |  |  |
|   | BioCerto<br>Cigarrinhas     | para C / OD                             | ativo                            | Hemiptera (Cercopidae)   | Biocerto Ind. Com. Prod. Agrop. Ltda                     |
|   | BioCerto PM                 | C / TC                                  | ativo                            | Hemiptera (Cercopidae)   | Biocerto Ind. Com. Prod. Agrop. Ltda.                    |
|   | Biocontrol                  | C / NI                                  | inativo                          | Hemiptera (Cercopidae)   | Agroceres  |
|   | Biomax                      | C / WP                                  | inativo                          | Hemiptera (Cercopidae)   | Labormax Produtos Químicos Ind. e Com. Ltda.             |
|   | Biotech                     | C + H / TK                              | ativo                            | Hemiptera (Cercopidae)   | Biotech  |
|   | Conbio                      | C + H / TK                              | inativo                          | Hemiptera (Cercopidae)   | Equilíbrio Controle Biológico Ltda.                      |

|                                       |                                       |         |   |   |
|---------------------------------------|---------------------------------------|---------|---|---|
| Metabiol                              | C + H / TK                            | ativo   | Hemiptera (Cercopidae)  | Tecnicontrol Ind. e Com. de Produtos Biológicos Ltda.                         |
| Metanat                               | C / OD                                | ativo   | Hemiptera (Cercopidae, Aphididae)                                   | Natural Rural   |
| Metanat                               | C + H / TK                            | ativo   | Hemiptera (Cercopidae, Aphididae)                                   | Natural Rural   |
| Metaquino                             | C + H / TK                            | inativo | Hemiptera (Cercopidae)  | Com. Exec. Def. Fit. Lav. Can. PE (CODECAP)                                   |
| Metarril WP E9                        | C + H / TK                            | ativo   | Hemiptera (Cercopidae)  | Itaforte Industrial de BioProdutos Agro-Florestais Ltda.                      |
| Metarril SC 1037                      | C / OD                                | ativo   | Hemiptera (Cercopidae)<br>+ Acari (Ixodidae)                        | Itaforte Industrial de BioProdutos Agro-Florestais Ltda.                      |
| Metarriz                              | C + H / TK                            | ativo   | Hemiptera (Cercopidae)  | Biocontrol Sistemas de Controle Biológico                                     |
| Methamax                              | C / OD                                | ativo   | Hemiptera (Cercopidae)  | Turfal Ind. Com. Prod. Biol.  |
| Methavida                             | C + H / TK                            | ativo   | Hemiptera (Cercopidae)  | Methavida Controle Biológico Agrícola   |
| Sem nome comercial                    | C + H / TK                            | ativo   | Hemiptera (Cercopidae)  | Bioagro Controle Biológico  |
| Sem nome comercial                    | C + H / TK                            | ativo   | Hemiptera (Cercopidae)  | Biocana Braz e Costa Ind. e Com. de Produtos Biológicos                       |
| Sem nome comercial                    | C / NI                                | inativo | Hemiptera (Cercopidae)  | BTA   |
| Sem nome comercial                    | C + H / TK                            | ativo   | Hemiptera (Cercopidae)  | Empresa Mato-Grossense de Pesquisa, Assistência e Extensão Rural S/A (EMPAER) |
| Sem nome comercial                    | C + H / TK                            | ativo   | Hemiptera (Cercopidae)  | Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária (IPA)                           |
| Sem nome comercial                    | C + H / TK                            | ativo   | Hemiptera (Cercopidae)  | Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro (PESAGRO)        |
| Sem nome comercial                    | C + H / TK                            | ativo   | Hemiptera (Cercopidae)  | Fitossan Assistência Fitossanitária e Controle Biológico Ltda.                |
| Sem nome comercial                    | C + H / TK                            | ativo   | Hemiptera (Cercopidae)  | Fundação Agro-ambiental da Amazônia (FUNAM)                                   |
| Sem nome comercial                    | C + H / TK                            | ativo   | Hemiptera (Cercopidae)  | Instituto Biológico   |
| Sem nome comercial                    | C + H / TK                            | inativo | <a href="#">Hymenoptera (Formicidae)</a> , Siphonaptera (Pulicidae) | Instituto de Biotecnologia Rangel Ltda. (Inbioter)                            |
| Sem nome comercial                    | C + H / TK                            | ativo   | Hemiptera (Cercopidae)  | Toyobo do Brasil Ltda.  |
| <b><i>"Sporothrix insectorum"</i></b> |                                       |         |   |   |
| Sem nome comercial                    | C + H / TK                            | inativo | Hemiptera (Tingidae)  | Estação de Aviso Fitossanitário de São José do Rio Claro                      |
| Sem nome comercial                    | S + B + H / TK<br>(substrato líquido) | ativo   | Hemiptera (Tingidae)  | Instituto Biológico   |
| Sporothrix ES                         | C / OD                                | ativo   | Hemiptera (Tingidae)  | Biocerto Ind. Com. Prod. Agrop. Ltda.   |

<sup>a</sup>Não foram incluídos nesta lista os produtos distribuídos gratuitamente ou vendidos a preços subsidiados aos usuários finais por organizações sem fins lucrativos, tais como associações de produtores, bem como micopesticidas derivados de produção na própria unidade rural.

<sup>b</sup>Tipos de propágulos utilizados nos produtos desenvolvidos: H - hifas (micélio); C - conídios aéreos; S – conídios submersos; e, B - blastosporos (= corpos hifais).  
Classificação dos produtos: TC - material técnico; TK - concentrado técnico; WP - pó molhável; OD - dispersão oleosa e NI – não informado pelas fontes consultadas.

<sup>c</sup>Disponibilidade do produto no mercado brasileiro: ativo - registrado, em processo de registro ou comercializado com ou sem registro; inativo – atualmente indisponível.

**Tabela 3** – Levantamento de micopesticidas por região global, considerando a localidade do fabricante (adaptado de Faria & Wright, 2007).

| Espécies de fungo                                | Número de produtos | América do Norte |           | América Central | América do Sul | Europa       | Ásia         | Oceania     | África      |
|--|--------------------|------------------|-----------|-----------------|----------------|--------------|--------------|-------------|-------------|
|  |                    | México           | EUA       |                 |                |              |              |             |             |
| <i>Aschersonia aleyrodis</i>                     | 1                  |                  |           |                 |                |              | 1            |             |             |
| <i>Beauveria bassiana</i>                        | 58                 | 3                | 14        | 5               | 22             | 5            | 7            |             | 2           |
| <i>Beauveria brongniartii</i>                    | 7                  |                  |           |                 | 1              | 4            | 1            |             | 1           |
| <i>Conidiobolus thromboides</i>                  | 2                  |                  |           |                 | 1              |              |              |             | 1           |
| <i>Hirsutella thompsonii</i>                     | 3                  |                  | 1         |                 |                |              | 2            |             |             |
| <i>Lagenidium giganteum</i>                      | 1                  |                  | 1         |                 |                |              |              |             |             |
| <i>Lecanicillium longisporum</i>                 | 2                  |                  |           |                 | 1              | 1            |              |             |             |
| <i>Lecanicillium muscarium</i>                   | 3                  |                  |           |                 |                | 1            | 2            |             |             |
| <i>Lecanicillium</i> sp.                         | 11                 | 1                |           | 1               | 4              | 2            | 3            |             |             |
| <i>Metarhizium anisopliae</i>                    | 58                 | 3                | 6         | 6               | 32             | 6            | 3            | 2           |             |
| <i>Metarhizium anisopliae</i> var. <i>acidum</i> | 3                  |                  |           |                 |                |              |              | 2           | 1           |
| <i>Nomuraea rileyi</i>                           | 1                  |                  |           |                 | 1              |              |              |             |             |
| <i>Isaria fumosorosea</i>                        | 10                 | 3                | 1         |                 | 4              | 1            | 1            |             |             |
| <i>Isaria</i> sp.                                | 1                  |                  |           |                 |                |              | 1            |             |             |
| " <i>Sporothrix insectorum</i> "                 | 3                  |                  |           |                 | 3              |              |              |             |             |
| Misturas (duas ou mais espécies)                 | 7                  | 2                |           |                 | 4              | 1            |              |             |             |
| <b>Total</b>                                     | <b>171</b>         | <b>12</b>        | <b>23</b> | <b>12</b>       | <b>73</b>      | <b>21</b>    | <b>21</b>    | <b>4</b>    | <b>5</b>    |
| <b>Percentagem (total de produtos)</b>           | <b>100%</b>        | <b>20,5%</b>     |           | <b>7,0%</b>     | <b>42,7%</b>   | <b>12,3%</b> | <b>12,3%</b> | <b>2,3%</b> | <b>2,9%</b> |

## Referências Bibliográficas

ALMEIDA, J.E.M.; BATISTA FILHO, A. Uso de micopesticidas no Brasil: programas e números recentes. IN: X Simpósio de Controle Biológico, 2007, Brasília – DF. **Resumos...** Brasília – DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia/SEB, 2007a. CD-ROM.

ALMEIDA, J.E.M.; BATISTA FILHO, A. A indústria do fungo entomopatogênico *Metarhizium anisopliae* In: X Simpósio de Controle Biológico, 2007, Brasília – DF. **Resumos...** Brasília – DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia/SEB, 2007b. CD-ROM.

ALVES, S.B. Fungos entomopatogênicos. In: ALVES, S.B. (Ed.). **Controle Microbiano de Insetos**. Piracicaba: FEALQ, p. 289-381, 1998.

ALVES, S.B.; PEREIRA, R.M.; LOPES, R.B.; TAMAI, M.A. Use of entomopathogenic fungi in Latin America. In: UPADHYAY, R.K. (Ed.). **Advances in Microbial Control of Insect Pests**. New York, Kluwer Academic, p. 193-211, 2003.

ANVISA. **SIA** – Sistema de Informação sobre Agrotóxicos. Brasília: ANVISA/MAPA, 2004. Disponível em <<http://www.anvisa.gov.br/toxicologia/sai.htm>> Acesso em: 10 de setembro de 2007.

BATEMAN, R.P.; MATHEWS, G.A.; HALL, F.R. Ground-based application equipment. In: LACEY, LA.; KAYA, H.K. **Field manual of techniques in invertebrate pathology**. Dordrecht (The Netherlands): Kluwer Academic Publishers, p.77-112, 2000.

BATISTA FILHO, A.; BARROS, B.C.; COSTA, V.A.; PATRÍCIO, F.R.A.; OLIVEIRA, S.H.F. DE; OLIVEIRA, C.M.G. DE; RAGA, A.; RAMIRO, Z.A. Conceitos e técnicas do manejo integrado de pragas e doenças das culturas. São Paulo: Secretaria de Agricultura e Abastecimento, 1999, v.1., 40 p. (**Manual Técnico**, Série Especial).

BURGES, H.D.; JONES, K.A. Introduction. In: BURGES, H.D. (Ed.). **Formulation of Microbial Pesticides – Beneficial Microorganisms, Nematodes and Seed Treatments**. Dordrecht: Kluwer Academic, p. 1-4, 1998.

BUTT, T.M.; Copping, L.G., Fungal biological control agents. **Pesticide Outlook**, p. 186-191, 2000. DOI : 10.1039/ b008009h

BUTT, T.M.; HARRIS, J.G.; POWELL, K.A. Microbial biopesticides: the European scene. In: HALL, F.R.; MENN, J.J. (Eds.). **Biopesticides: Use and Delivery**. Totowa: Humana Press, p. 23-44, 1999.

CASTRILLO, L.A.; ROBERTS, D.W.; VANDENBERG, J.D. The fungal past, present, and future: germination, ramification, and reproduction. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 89, p. 46-56, 2005.

COPPING, L.G. **The Manual of Biocontrol Agents**. 3<sup>rd</sup> Edition. Aston: British Crop Protection Council, 2004. 758p.

COPPING, L.G.; MENN, J.J. Biopesticides: a review of their action, applications and efficacy. **Pest Management Science**, v. 56, p. 651-676, 2000.

CROPLIFE INTERNATIONAL. **Catalogue of pesticide formulation types and international coding system**. Technical Monograph n<sup>o</sup> 2, 5<sup>th</sup> Edition, 2002. Disponível em <http://www.croplife.org/monographs.aspx>. Consulta eletrônica realizada em 09 de setembro de 2006.

FARIA, M.R. de; MAGALHÃES, B.P. O uso de fungos entomopatogênicos no Brasil. **Biotecnologia, Ciência & Desenvolvimento**, v. 22, p. 18-21, 2001.

FARIA, M.R. de; MAGALHÃES, B.P.; ALVES, R.T.; SCHMIDT, F.; SILVA, J.B.T. da; FRAZÃO, H.P.S. Effect of two dosages of *Metarhizium anisopliae* var. *acridum* against *Rhammatocerus schistocercoides* Rehn. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v.37, n.11, p.1531-1539, 2002.

FARIA, M.R. de, WRAIGHT, S.P. Mycoinsecticides and mycoacaricides: a comprehensive list with worldwide coverage and international classification of formulation types. **Biological Control**, v. 43, p. 237-256, 2007.

FAO/WHO. **Manual on development of FAO and WHO specifications for pesticides - 1<sup>st</sup> edition**. FAO Plant Production and Protection Papers n<sup>o</sup> 173. Rome: FAO/WHO, 2002.

FENG, M.-G. Microbial control of insect pests with entomopathogenic fungi in China: a decade's progress in research and utilization. In: UPADHYAY, R.K. (Ed.). **Advances in Microbial Control of Insect Pests**. New York: Kluwer Academic, p. 213-234, 2003.

FENG, M.-G., POPRAWSKI, T.J., KHACHATOURIANS, G.C. Production, formulation and application of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* for insect control: current status. **Biocontrol Science and Technology**, v. 4, p. 3-34, 1994.

GAMS, W.; ZARE, R. A revision of *Verticillium* sect. Prostrata. III. Generic classification. **Nova Hedwigia**, v. 72, p 329-337, 2001.

HAJEK, A.E.; WRAIGHT, S.P.; VANDENBERG, J.D. Control of arthropods using pathogenic fungi. In: Pointing, S.B., Hyde, K.D. (Eds.). **Bio-Exploitation of Filamentous Fungi**, Fungal Diversity Research Series 6. Hong Kong: Fungal Diversity Press, p. 309-347, 2001.

HODGE, K.T.; GAMS, W.; SAMSON, R.A.; KORF, R.P.; SEIFERT, K.A. Lectotypification and status of *Isaria* Pers.: Fr. **Taxon**, v. 54, p. 485-489, 2005.

HYNES, R.K.; BOYETCHKO, S.M. Research initiatives in the art and science of biopesticide formulations. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 38, p. 845-849, 2006.

INGLIS, G.D.; GOETTEL, M.S.; BUTT, T.M.; STRASSER, H. Use of hyphomycetous fungi for managing insect pests. In: BUTT, T.M.; JACKSON, C.; MAGAN, N. (Eds.). **Fungi as Biocontrol Agents: Progress, Problems and Potential**. Wallingford: CAB International, p. 23-69, 2001.

JONES, K.A.; BURGESS, H.D., 1998. Technology of formulation and application. In: BURGESS, H.D. (Ed.). **Formulation of Microbial Pesticides – Beneficial Microorganisms, Nematodes and Seed Treatments**. Dordrecht: Kluwer Academic, p. 7-30, 1998.

KENDRICK, M. **The Fifth Kingdom**. 3<sup>rd</sup> edition. Sidney: Mycologue Publications, 400 p., 2000.

LACEY, L.A.; GOETTEL, M.S. Current developments in microbial control of insect pests and prospects for early 21<sup>st</sup> century. **Entomophaga**, v. 40, p. 1-25, 1995.

LEITE, L.G.; BATISTA FILHO, A.; ALMEIDA, J.E.M. de; ALVES, S.B. **Produção de Fungos Entomopatogênicos**. Ribeirão Preto: A.S. Pinto, 2003a, 92 p.

LEITE, M.S.P.; PENTEADO, S.R.C.; ZALESKI, S.R.M.; CAMARGO J.M.M.; RIBEIRO, R.D. Seleção de isolados de *Verticillium lecanii* para o controle de *Cinara atlantica*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 11, p. 1141-1144, 2005.

LIPA, J.J. Progress in biological control of the Colorado beetle (*Leptinotarsa decemlineata*) in Eastern Europe. **Bulletin OEPP**, v. 15, p. 207-211, 1985.

LORD, J.C. From Metchnikoff to Monsanto and beyond: the path of microbial control. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 89, p. 19-29, 2005.

LUANGSA-ARD, J.J.; HYWEL-JONES, N.L.; MANOCH, L.; SAMSON, R.A. On the relationships of *Paecilomyces* sect. *Isarioidea* species. **Mycological Research**, v. 109, p. 581-589, 2005.

MAGALHÃES, B.P.; LECOQ, M.; FARIA, M.R. de; SCHMIDT, F.G.V.; GUERRA, W.D. Field trial with the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae* var. *acridum* against bands of the grasshopper *Rhammatocerus schistocercoides* in Brazil. **Biocontrol Science and Technology**, v.10, p.427-441, 2000.

MAPA. **AGROSOFT** – Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários. Brasília: MAPA, 2003. Disponível em <[http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons)> Acesso em: 10 de setembro de 2007.

McCOY, C.W. Factors governing the efficacy of *Hirsutella thompsonii* in the field. In: SAMSON, R.A.; VLAK, J.M.; PETERS, D. (Eds.). **Fundamental and Applied Aspects of Invertebrate Pathology**. Foundation of the

Fourth International Colloquium of Invertebrate Pathology. Wageningen, The Netherlands: Society of Invertebrate Pathology, p. 171-174, 1986.

MICHEREFF FILHO, M.; FARIA, M.R de. Fungos Entomopatogênicos: O que mudou nos últimos 30 anos? In: X Simpósio de Controle Biológico, 2007, Brasília – DF. **Resumos...** Brasília – DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia/SEB, 2007. CD-ROM.

MOORE, D.; CAUDWELL, R.W. Formulation of entomopathogens for the control of grasshoppers and locust. In: GOETTEL, M.S., JOHNSON, D.L. (Eds.). *Microbial Control of Grasshoppers and Locusts. **Memoirs of the Entomological Society of Canada***, v. 171, p. 49-67, 1997.

NARDO, E.A.B. de; CAPALBO, D.M.F. Utilização de agentes microbianos de controle de pragas: mercado, riscos e regulamentações. In: MELO, I.S. de; AZEVEDO, J.L. de (Eds.). *Controle Biológico*. Jaguariúna, SP: Embrapa, v. 1, cap. 8, p. 231-262, 1998.

NEALE, M. The regulation of natural products as crop-protection agents. **Pest Management Science**, v. 56, p. 677-680, 2000.

PAAU, A.S. Formulation of beneficial organisms applied to soil. In: BURGESS, H.D. (Ed.). **Formulation of Microbial Pesticides – Beneficial Microorganisms, Nematodes and Seed Treatments**. Dordrecht: Kluwer Academic, p. 236-254, 1998.

ROSSET, P.M. Cuba: ethics, biological control, and crisis. **Agriculture and Human Values**, v. 14, p. 291-302, 1997.

STEWART, A, Commercial biocontrol – reality or fantasy? **Australasian Plant Pathology**, v. 30, p. 127-131, 2001.

TENGERDY, R.P.; SZAKÁCS, G. Perspectives in agrobiotechnology. **Journal of Biotechnology**, v. 66, p. 91–99, 1998.

VEGA, O.F.-L. Development, production and use of biopesticides in Cuba. In: ROETTGER, U.; MUSCHLER, R. (Eds.). **International Symposium on Biopesticides for Developing Countries 2003**. Turrialba: CATIE/GTZ, p. 85-91, 2005.

WRAIGHT, S.P., ROBERTS, D.W. Insect control efforts with fungi. **Journal of Industrial Microbiology**, v. 28, p. 77-87, suppl. 02, 1987.

WRAIGHT, S.P., CARRUTHERS, R.I. Production, delivery, and use of mycoinsecticides for control of insect pests on field crop. In: HALL, F.R.; MENN, J.J. (Eds.). **Biopesticides: Use and Delivery**. Totowa: Humana Press, p. 233-269, 1999.

WRAIGHT, S.P.; JACKSON, M.A., KOCK, S.L. de, Production, stabilization and formulation of fungal biocontrol agents. In: BUTT, T.M.; JACKSON, C.; MAGAN, N. (Eds.). **Fungi as Biocontrol Agents: Progress, Problems and Potential**. Wallingford: CAB International, p. 253-287, 2001.

ZARE, R.; GAMS, W. A revision of *Verticillium* section Prostrata. IV. The genera *Lecanicillium* and *Simplicillium* gen. nov. **Nova Hedwigia**, v. 73, p. 1-50, 2001.