



INFORME AGROPECUARIO

v. 40, n. 305, 2019

ISSN 0100-3364

Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais
Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento
Governo de Minas Gerais

Tecnologias para o manejo sustentável de pragas e doenças



Queijo Minas Artesanal

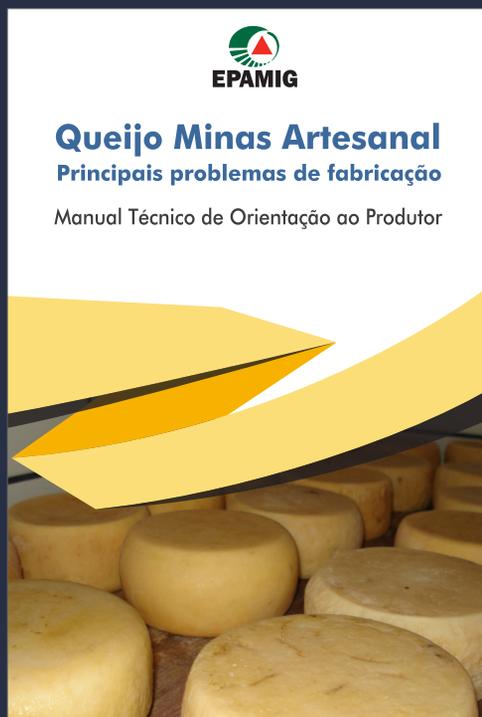
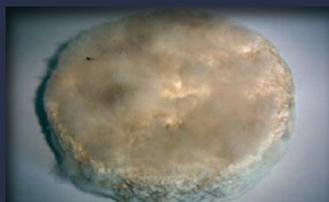
Manual Técnico de orientação ao produtor

O Manual Queijo Minas Artesanal – principais problemas de fabricação tem como objetivo destacar a importância do acompanhamento do estado sanitário do rebanho e da qualidade dos produtos, sem interferir demasiadamente nos processos, visando a preservação dos valores e tradições. Neste Manual são identificados os principais defeitos apresentados pelos queijos artesanais, suas causas e recomendações de boas práticas para a obtenção de um produto de qualidade.

Confira no site

www.epamig.br

Publicações/Publicações disponíveis





Apresentação

A proteção dos cultivos agrícolas contra pragas e doenças necessita de inovações que considerem a sustentabilidade econômica, social e ambiental. Os métodos convencionais com base unicamente na aplicação de agrotóxicos não são sustentáveis e tornam-se ineficientes com o decorrer do tempo. É contínuo e crescente o número de espécies de pragas e patógenos resistentes às moléculas químicas disponíveis. Ressalta-se que a velocidade da evolução desses organismos é muito maior que a velocidade de criação de moléculas.

Os impactos ambientais causados pelo uso indiscriminado de agrotóxicos para o controle de pragas e doenças são evidentes, como por exemplo, os efeitos negativos sobre organismos benéficos, o que acaba repercutindo na severidade do ataque ou mesmo contribuindo para a ocorrência de surtos de pragas e patógenos secundários. Os números cada vez maiores de registros de intoxicações em campo e em decorrência de resíduos de agrotóxicos na água e nos alimentos que chegam à mesa das famílias brasileiras, assim como a contaminação do ambiente por agrotóxicos, reforçam a necessidade do uso de outros métodos de controle para o manejo fitossanitário dos cultivos agrícolas.

Esta edição do Informe Agropecuário apresenta tecnologias sustentáveis disponíveis para o agricultor manejar pragas e doenças nos sistemas agrícolas. Os assuntos abordados nesta publicação têm como objetivo final atualizar tecnicamente profissionais, produtores e estudantes interessados no uso de tecnologias sustentáveis para o manejo fitossanitário e métodos que não resultem em danos ambientais e, consequentemente, não coloquem em risco a saúde do homem, garantindo o bem-estar do produtor rural e de sua família no campo, assim como a qualidade e a segurança alimentar dos consumidores finais.

*Madelaine Venzon
Trazilbo José de Paula Júnior
Wânia dos Santos Neves*

Informe Agropecuário

Uma publicação da EPAMIG
v. 40, n. 305, 2019
Belo Horizonte, MG

Sumário

EDITORIAL	3
ENTREVISTA	4
Inovações para o manejo sustentável de pragas e doenças <i>Madelaine Venzon, Angelo Pallini, Wânia dos Santos Neves, Trazilbo José de Paula Júnior, Wagner Bettiol e Evaldo Ferreira Vilela</i>	7
Avanços e desafios no registro de agentes de controle biológico no Brasil <i>Pedro Henrique Brum Togni, Madelaine Venzon, Ana Carolina Gomes Lagôa e Edison Ryoiti Sujii</i>	13
Agrobiodiversidade como estratégia de manejo de pragas <i>Madelaine Venzon, Pedro Henrique Brum Togni, Juliana Andrea Martinez Chiguachi, Gabriel Martins Pantoja, Edna Antonia da Silva Brito e Edison Ryoiti Sujii</i>	21
Produtos derivados de plantas para o controle de pragas e doenças <i>Maira Christina Marques Fonseca, Madelaine Venzon, Pedro Henrique Brum Togni, Wânia dos Santos Neves, Rosana Gonçalves Rodrigues-das-Dôres e Trazilbo José de Paula Júnior</i>	30
Biofábrica de ácaros predadores <i>Angelo Pallini, Henry Eduardo Vacacela Ajila e André Lage Perez</i>	39
Biofábrica de insetos predadores <i>Dany Silvio Souza Leite Amaral, Madelaine Venzon, Eleonora Barbosa, Nathália Abreu e Wagner Resende</i>	48
Sucesso do controle biológico de pragas da cana-de-açúcar <i>Alexandre de Sene Pinto</i>	57
Controle biológico de lagartas com entomopatógenos <i>Fernando Hercos Valicente e Frederick Mendes Aguiar</i>	66
Uso de <i>Trichoderma</i> no controle de doenças de plantas <i>Trazilbo José de Paula Júnior, Marcelo Augusto Boechat Morandi, Zayame Vegette Pinto, Hudson Teixeira, Rogério Faria Vieira e Wagner Bettiol</i>	74
Produção de milho e soja no Cerrado com uso de insumos biológicos <i>Celso Katsuhiko Tomita, José Mário Lobo Ferreira e Débora Maria Zoccoli Tomita</i>	81

ISSN 0100-3364

Informe Agropecuário	Belo Horizonte	v. 40	n. 305	p. 1-92	2019
----------------------	----------------	-------	--------	---------	------

© 1977 Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG)

ISSN 0100-3364

INPI: 006505007

CONSELHO DE PUBLICAÇÕES E INFORMAÇÃO TECNOLÓGICA

Trazilbo José de Paula Júnior

Vânia Lúcia Alves Lacerda

Beatriz Cordenonsi Lopes

Thales Santos Terra

Marcelo Abreu Lanza

COMISSÃO EDITORIAL DE PUBLICAÇÕES E INFORMAÇÃO TECNOLÓGICA

Trazilbo José de Paula Júnior

Beatriz Cordenonsi Lopes

Vânia Lúcia Alves Lacerda

Marcelo Abreu Lanza

EDITORES TÉCNICOS

Madeline Venzon, Trazilbo José de Paula Júnior e

Wânia do Santos Neves

CONSULTOR TÉCNICO

Angelo Pallini (UFV)

PRODUÇÃO

DEPARTAMENTO DE INFORMAÇÃO TECNOLÓGICA

EDITORA-CHEFE

Vânia Lúcia Alves Lacerda

DIVISÃO DE PRODUÇÃO EDITORIAL

Fabriciano Chaves Amaral

REVISÃO LINGUÍSTICA E GRÁFICA

Marlene A. Ribeiro Gomide e Rosely A. R. Battista Pereira

NORMALIZAÇÃO

Fátima Rocha Gomes

PRODUÇÃO E ARTE

Diagramação/formatação: *Ângela Batista P. Carvalho e Fabriciano Chaves Amaral*

Coordenação de Produção Gráfica

Ângela Batista P. Carvalho

Capa: *Ângela Batista P. Carvalho*

Foto: Maíra Queiroz Rezende

(Vespa alimentando-se de néctar extrafloral de plantas de ingá)

Contato - Produção da revista

(31) 3489-5075 - dpit@epamig.br

Impressão: EGL Editores Gráficos Ltda.

Circulação: agosto 2019

Informe Agropecuário é uma publicação trimestral da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG)

É proibida a reprodução total ou parcial, por quaisquer meios, sem autorização escrita do editor. Todos os direitos são reservados à EPAMIG.

Os artigos assinados por pesquisadores não pertencentes ao quadro da EPAMIG são de inteira responsabilidade de seus autores.

Os nomes comerciais apresentados nesta revista são citados apenas para conveniência do leitor, não havendo preferências, por parte da EPAMIG, por este ou aquele produto comercial. A citação de termos técnicos seguiu a nomenclatura proposta pelos autores de cada artigo.

O prazo para divulgação de errata expira seis meses após a data de publicação da edição.

ERRATA

INFORME AGROPECUÁRIO. Gestão de recursos hídricos e ambientais. Belo Horizonte: EPAMIG, v. 39, n. 304, p.2, 2018.

Folha	Coluna	Onde se lê	Leia-se
2	1	Robson Alexandro de Sousa (Universidade do Rio Grande do Norte - RN)	Robson Alexandro de Sousa (Universidade Federal do Rio Grande do Norte - RN)

AQUISIÇÃO DE EXEMPLARES

Divisão de Negócios Tecnológicos

Av. José Cândido da Silveira, 1.647 - União

CEP 31170-495 Belo Horizonte - MG

www.informegropecuario.com.br; www.epamig.br

(31) 3489-5002 - publicacao@epamig.br

CNPJ (MF) 17.138.140/0001-23 - Insc. Est.: 062.150146.0047

DIFUSÃO INTERINSTITUCIONAL

Dorotéia Resende de Moraes e Maria Lúcia de Melo Silveira

Biblioteca Professor Octávio de Almeida Drumond

(31) 3489-5073 - biblioteca@epamig.br

EPAMIG Sede

Informe Agropecuário. - v.3, n.25 - (jan. 1977) - . - Belo Horizonte: EPAMIG, 1977 - .
v.: il.

Bimestral - até 2017, Trimestral - 2018
Cont.deInformeAgropecuário:conjuntura e estatística.-
v.1, n.1 - (abr.1975).
ISSN 0100-3364

1. Agropecuária - Periódico. 2. Agropecuária - Aspecto Econômico. I. EPAMIG.

CDD 630.5

O Informe Agropecuário é indexado na
AGROBASE, CAB INTERNATIONAL e AGRIS

Governo do Estado de Minas Gerais
Romeu Zema Neto
Governador

Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento
Ana Maria Soares Valentini
Secretária



Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais

Conselho de Administração

Ana Maria Soares Valentini
Nilda de Fátima Ferreira Soares
Sebastião Barbosa
Glênio Martins de Lima Mariano
Neivaldo de Lima Virgílio
Maria Lélia Rodriguez Simão
Marco Antonio Viana Leite

Suplentes
Ligia Maria Alves Pereira
Guilherme Henrique de Azevedo Machado
João Ricardo Albanez
Reginério Soares Faria

Conselho Fiscal

Márcio Maia de Castro
Livia Maria Siqueira Fernandes
Amarildo José Brumano Kalil

Suplentes
Marcelo de Sousa Magalhães
Pedro Dangelo Ribeiro

Presidência

Nilda de Fátima Ferreira Soares

Diretoria de Operações Técnicas

Trazilbo José de Paula Júnior

Diretoria de Administração e Finanças

Leonardo Brumano Kalil

Gabinete da Presidência

Maria Lélia Rodriguez Simão

Assessoria de Assuntos Estratégicos

Luciana Pereira Junqueira Simão

Assessoria de Comunicação

Fernanda Nívea Marques Fabrino

Assessoria de Contratos e Convênios

Eliana Helena Maria Pires

Assessoria de Informática

Gilberto Stoduto de Melo

Assessoria Jurídica

Melcquisedec Inácio Teixeira

Assessoria de Negócios Agropecuários

Clenderson Corradi de Mattos Gonçalves

Auditoria Interna

Adriana Valadares Caiáfa

Departamento de Gestão de Pessoas

Marcelo Ribeiro Gonçalves

Departamento de Informação Tecnológica

Vânia Lúcia Alves Lacerda

Departamento de Infraestrutura e Logística

Ricardo Alves de Oliveira

Departamento de Inovação, Negócios Tecnológicos e

Suporte Jurídico à Pesquisa

Thales Santos Terra

Departamento de Orçamento e Finanças

Polliette Alcileia Leite

Departamento de Pesquisa

Beatriz Cordenonsi Lopes

Departamento de Suprimentos

Mauro Lúcio de Rezende

Instituto de Laticínios Cândido Tostes

Claudio Furtado Soares

Instituto Técnico de Agropecuária e Cooperativismo

Luci Maria Lopes Lobato e Francisco Olavo Coutinho da Costa

EPAMIG Sul

Rogério Antônio Silva e Marcelo Pimenta Freire

EPAMIG Norte

Polyanna Mara de Oliveira e Josimar dos Santos Araújo

EPAMIG Sudeste

Marcelo de Freitas Ribeiro e Luciano Luis Jacob

EPAMIG Centro-Oeste

Marinalva Woods Pedrosa e Felipe Lopes Pena

EPAMIG Oeste

Fernando Oliveira Franco e Irenilda de Almeida

Tecnologias inovadoras promovem a sustentabilidade na agricultura

Um dos grandes desafios do Brasil é manter o protagonismo na produção de alimentos, ao mesmo tempo em que adota uma política que incentiva a prática de uma agricultura cada vez mais sustentável. Atualmente, existem inúmeras tecnologias para o manejo de pragas e de patógenos, desenvolvidas e/ou adaptadas para uso em regiões tropicais, tanto em grandes empreendimentos rurais como em pequenas propriedades. Isto reforça a importância do investimento governamental na pesquisa agropecuária e na busca de inovações para o setor.

O mercado mundial de biopesticidas vem crescendo expressivamente nos últimos anos. No Brasil, esses produtos ainda representam uma pequena porcentagem dos pesticidas registrados, entretanto, vêm sendo usados cada vez mais frequentemente no campo. A produção de produtos biológicos para o controle de pragas e doenças tem crescido cerca de 15% ao ano, no Brasil; enquanto a indústria de produtos químicos tem crescido em torno de 3%. O avanço do controle biológico no Brasil deve-se, em parte, à evolução da legislação brasileira para o registro de produtos de baixa toxicidade e periculosidade. Além do uso de biopesticidas, outras estratégias têm sido preconizadas com o objetivo de reduzir a utilização de agrotóxicos, como por exemplo, a diversificação da vegetação nas áreas cultivadas.

A EPAMIG e outras instituições de Minas Gerais e do Brasil têm enfatizado o desenvolvimento de pesquisas relacionadas com o manejo sustentável de pragas e doenças e com a produção de alimentos, aliada à preservação dos recursos naturais e da agrobiodiversidade. Nesta edição, são apresentadas algumas dessas inovações tecnológicas, com o objetivo de atender à demanda cada vez mais crescente dos produtores e da sociedade.

Nilda de Fátima Ferreira Soares
Presidência da EPAMIG

Agricultura sustentável - uma nova forma de produção agrícola que promove a sinergia entre sociedade, tecnologia e ambiente



José Graziano da Silva possui graduação em Engenharia Agrônoma, pela Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - Universidade de São Paulo (Esalq-USP); mestrado em Economia e Sociologia Rural, pela USP; doutorado em Ciências Econômicas, pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp); pós-doutorado em Estudos Latino-Americanos, pela University College of London, e Estudos Ambientais, pela University of California. José Graziano trabalha com segurança alimentar, desenvolvimento rural, reforma agrária, modernização agrícola e questões relacionadas com os trabalhadores rurais há mais de 30 anos, com destaque para atuação como arquiteto do Programa Fome Zero, no Brasil e como diretor-geral da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO). É autor de vasta publicação sobre estes temas, com diversas palestras, que resultaram numa atuação preponderante e reconhecimento internacional. À frente da FAO por dois mandatos consecutivos (2011 e 2015), Graziano aprimorou estrategicamente a organização, fortalecendo sua presença no campo. Trabalhou também para incentivar uma melhor cultura de relação custo-benefício. No âmbito internacional, seu foco sempre foi construir um consenso sobre questões relacionadas com a segurança alimentar.

IA - O que é, na sua opinião, agricultura sustentável?

José Graziano - A atividade agrícola e o meio rural estão intrinsecamente comprometidos com a plena realização, a longo prazo, dos objetivos estratégicos definidos na Agenda 2030, da Organização das Nações Unidas (ONU). Portanto, o conceito de sus-

tentabilidade de um ponto de vista macrossocial deve dar conta de todas estas dimensões, que vão muito além daquelas dos limites do sistema produtivo. Além de zelar pela manutenção e recuperação do meio ambiente, incluindo aí as águas, o ar e os solos crescentemente impactados pelas mudanças climáticas e ações antrópicas etc., a agricultura sustentável deve contribuir,

ainda, para reduzir a pobreza e as desigualdades sociais intra e entre países, eliminar a fome e promover modos de vida dignos para todos, sem discriminação de raça ou de gênero. É muito mais do que uma opção tecnológica, é uma nova forma de relacionar-se com a produção agrícola e, por meio desta, relacionar-se com a sociedade e o ambiente atuais e futuros.

IA - *O combate à fome no mundo pode ser encarado separadamente da prática de uma agricultura sustentável?*

José Graziano - Não, do contrário só agravaremos a situação atual. Hoje, a maioria das pessoas, que sofre de fome aguda ou crônica, está nas áreas rurais. Se não promovermos sistemas produtivos que visem alcançar os objetivos da Agenda 2030, o problema pode agravar-se muito rapidamente. Mas é preciso observar que grande parte da fome, que hoje assola fração significativa da população mundial, deve-se a crises políticas, agravamento das condições climáticas e também dificuldade de acesso ou baixo poder aquisitivo para comprar alimentos. A agricultura deve ser pensada e compreendida dentro deste contexto.

IA - *Qual a importância da agricultura familiar e do agronegócio no desenvolvimento global, na segurança alimentar e na preservação dos recursos naturais e da agrobiodiversidade?*

José Graziano - A agricultura empresarial e a agricultura familiar cumprem papéis relevantes, porém diferenciados no atual momento. Segundo dados da FAO, agricultores familiares em diversas regiões do mundo representam 90% dos 570 milhões de estabelecimentos rurais e, embora tenham em torno de 12% da área agrícola, produzem uma parte considerável dos alimentos para o mundo. Os estabelecimentos empresariais dedicam-se mais a uma pauta de produção diferente, mais adaptada à grande escala, como grandes lavouras, florestas, pecuária bovina etc. As duas formas continuarão a existir no curto prazo e, necessariamente, deverão promover mudanças em direção à sustentabili-

dade tal como a conceituamos anteriormente.

IA - *Como conciliar a “missão”, que tem sido dada ao Brasil, de “alimentar o mundo” com a prática de uma agricultura sustentável no País?*

José Graziano - O Brasil, de fato, tem um grande potencial produtivo. No entanto, na ânsia de explorar esta capacidade, não se deve descuidar dos demais objetivos. A harmonização destes objetivos deve ser buscada por meio de um marco regulatório e institucional público adequado que observe todos os aspectos não só econômicos, mas tam-

“

Segundo dados da FAO, agricultores familiares em diversas regiões do mundo representam 90% dos 570 milhões de estabelecimentos rurais e, embora tenham em torno de 12% da área agrícola, produzem uma parte considerável dos alimentos para o mundo.

”

bém ambientais e sociais. O mercado proporciona estímulos à produção imediata; entretanto, aspectos sociais, ambientais, de médio e de longo prazos devem ser preocupação das políticas públicas.

IA - *Quais as áreas consideradas mais críticas para as transformações estruturais significativas para sistemas alimentares e agrícolas sustentáveis?*

José Graziano - A partir da minha experiência na direção-geral da FAO, pude identificar algumas áreas prioritárias: acesso ao crédito e a serviços financeiros que priorizem a sustentabilidade dos sistemas alimentares em toda a sua amplitude; facilitação do acesso do produtor rural aos mercados consumidores, com ênfase nas suas novas demandas por alimentos mais saudáveis; encorajar a diversificação de produtos e as redes locais de produção e consumo, especialmente no caso de frutas e de verduras; promover o manejo sustentável do solo, dos recursos hídricos e da biodiversidade, mantendo ou recuperando sua qualidade; e adaptação e mitigação às mudanças climáticas. Teria uma lista enorme de medidas ainda a mencionar, mas cabe destacar que todas devem ser tratadas de um modo integrado, considerando as sinergias e os efeitos negativos resultantes de suas interações, levando-se em conta as particularidades de cada localidade. Na medida do possível, essas medidas devem ser respaldadas por políticas públicas e seus instrumentos, a fim de as instituições serem incentivadas e fortalecidas, mediante parcerias entre agentes de governos e produtores, universidades e centros de pesquisa, além das organizações da sociedade civil interessadas no tema. É fundamental que se estabeleça um diálogo democrático, bem como mecanismos de governança inovadores para imprimir uma nova dinâmica na sustentabilidade dos sistemas alimentares.

■ Por Vânia Lacerda

CARTILHAS EPAMIG

As cartilhas da EPAMIG trazem informações práticas para orientar produtores rurais, técnicos, estudantes e consumidores. Com uma linguagem simples e direta identificam pragas e doenças do cafeeiro, manejo, controle e recomendações, bem como flores comestíveis e suas formas de consumo e cultivares de oliveira para produção de azeitona e azeite.



Disponíveis para download

www.epamig.br

em Publicações disponíveis



AGRICULTURA,
PECUÁRIA E
ABASTECIMENTO



MINAS
GERAIS

GOVERNO
DIFERENTE.
ESTADO
EFICIENTE.

Inovações para o manejo sustentável de pragas e doenças

Madelaine Venzon¹, Angelo Pallini², Wânia dos Santos Neves³, Trazilbo José de Paula Júnior⁴, Wagner Bettiol⁵, Evaldo Ferreira Vilela⁶

Resumo - O manejo sustentável de pragas e doenças pode ser entendido como a combinação de uma série de estratégias que assegure que os agroecossistemas continuem diversos e produtivos, de maneira equilibrada, sem prejudicar outros ecossistemas. Essa combinação de estratégias inclui técnicas que permitem a produção sustentável, com manejo da resistência das pragas geradas pelos agrotóxicos. Essas técnicas vão desde a amostragem eficiente em campo, com o uso de feromônios e sensoriamento remoto, a liberações de inimigos naturais por meio de drones. O uso de formulações eficientes como as nanoformulações é uma estratégia que permite que biopesticidas tenham ação prolongada e estável em campo.

Palavras-chave: Manejo integrado. Biopesticida. Feromônio. Nanotecnologia.

Innovations for the sustainable management of pests and plant diseases

Abstract - The sustainable management of pests and diseases can be understood as a combination of strategies that ensure the agroecosystems continue diverse and productive without interfering on other ecosystems. This combination of strategies includes techniques that allow a sustainable production while managing the pest resistance generated by pesticides. These techniques range from an efficient sampling in open field using pheromones and remote sensing to releasing of natural enemies by drones. The use of efficient formulations such as nanoformulations allows that biopesticides have a stable and long lasting action in the field.

Keywords: Integrated management. Biopesticide. Pheromone. Nanotechnology.

INTRODUÇÃO

A Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação – Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) estima, anualmente, uma perda de 20% a 40% da produção agrícola mundial de alimentos e fibras, pelo ataque de pragas e doenças, apesar da aplicação de cerca de 2 milhões de toneladas de agrotóxicos (FAO, 2015). Tanto o rendimento como a qualidade da produção podem ser drasticamente reduzidos pelo ataque

de pragas e doenças. Essas informações indicam que uma proteção eficiente das culturas é pré-requisito para a produção sustentável de alimentos e fibras, a qual somente poderá ser alcançada a partir do entendimento da estrutura e do funcionamento dos agroecossistemas, com a utilização de técnicas compatíveis e que potencializem os recursos ambientais e preservem a biodiversidade. O manejo sustentável de pragas e doenças pode ser entendido como a combinação de estratégias que assegurem que os agroecossiste-

mas continuem diversos e produtivos, de maneira equilibrada, sem prejudicar outros ecossistemas.

No Brasil, a principal estratégia usada para o controle de pragas e doenças é o controle químico. Apesar de essa estratégia ser preconizada como a última opção em programas de manejo integrado, e que deve ser utilizada somente quando os níveis econômicos de controle das pragas são atingidos, na prática isso não é o que ocorre. Na maioria das vezes, o controle químico é exclusivo, utilizado

¹Eng. Agrônoma, Ph.D., Pesq. EPAMIG Sudeste/Bolsista CNPq, Viçosa, MG, venzon@epamig.br

²Eng. Agrônomo, Ph.D., Prof. Tit. UFV - Depto. Entomologia/Bolsista CNPq, Viçosa, MG, pallini@ufv.br

³Eng. Agrônoma, D.Sc., Pesq. EPAMIG Sudeste, Viçosa, MG, wanianeves@epamig.br

⁴Eng. Agrônomo, Ph.D., Pesq. EPAMIG Sede/Bolsista CNPq, Belo Horizonte, MG, trazilbo@epamig.br

⁵Eng. Agrônomo, D.Sc., Pesq. EMBRAPA Meio Ambiente/Bolsista CNPq, Jaguariúna, SP, wagner.bettiol@embrapa.br

⁶Eng. Agrônomo, Ph.D., Presidente FAPEMIG/Bolsista CNPq, Belo Horizonte, MG, evaldovilela@gmail.com

preventivamente e seguindo esquemas de calendário de aplicações. Além de todos os problemas ambientais e toxicológicos associados à utilização de agrotóxicos (BOMBARDI, 2017), o uso frequente e as dosagens inadequadas têm levado à perda da eficiência desses produtos e ao aumento de resistência das pragas-alvo (HAWKINS *et al.*, 2019).

A seleção de populações de pragas e de patógenos resistentes a um ou mais princípios ativos de agrotóxicos tem crescido exponencialmente nos últimos 40 anos. Mais de 500 espécies de insetos com resistência a, pelo menos, um agrotóxico foram identificadas (WHALON; MOTA-SANCHEZ; HOLLINGWORTH, 2008). O mesmo vem ocorrendo com os fitopatógenos, como por exemplo com *Phakopsora pachyrhizi*, agente causal da ferrugem da soja (GODOY, 2017). Essa seleção de organismos resistentes aos agrotóxicos custa bilhões de dólares e, apesar dos avanços na área química e em biologia molecular para novos produtos, de acordo com Gould, Brown e Kuzma (2018) existe uma chance considerável de que a evolução da resistência pelas pragas seja mais rápida do que as inovações humanas.

O surto de pragas secundárias, que tiveram seu status elevado a pragas-chave, e a ressurgência de outras pragas são graves problemas associados ao uso dos agrotóxicos, especialmente causado pela destruição de inimigos naturais (DUTCHER, 2007). As pulverizações com certos piretroides ocasionam surtos de populações de ácaros fitófagos em algumas culturas, das quais eram considerados pragas secundárias, e também afetam negativamente a população de ácaros predadores (BARROS *et al.*, 2007; HARDMAN *et al.*, 2007; ZANARDI *et al.* 2018). O uso de alguns fungicidas na soja pode estimular a incidência de um maior número de lagartas-desfolhadoras nas áreas tratadas, por causa da supressão do fungo *Nomuraea rileyi*, um dos inimigos mais importantes dessas lagartas (SOSA-GÓMEZ *et al.*, 2003).

O uso de um único método de controle coloca em risco a cadeia produtiva, e a

própria indústria de agroquímicos reconhece que esse uso exclusivo do controle químico não é sustentável. A invasão de novas pragas, para as quais ainda não há registro de agrotóxicos no País, é um exemplo também de que a aposta em um único método pode colocar em risco a produção. Em 2012, a lagarta *Helicoverpa armigera* invadiu o País e causou grandes danos em plantações de milho, algodão e soja (CZEPAK *et al.*, 2013). Não havia produtos eficientes disponíveis, uma vez que a praga já apresentava resistência aos poucos agrotóxicos registrados. O controle biológico, por meio da aprovação emergencial de biopesticidas à base de *Bacillus thuringiensis* (*Bt*) e Baculovírus, e do uso do parasitoide *Trichogramma pretiosum* foi o único método efetivo de controle disponível à época (VAN LENTEREN *et al.*, 2018; PARRA; COELHO JUNIOR, 2019).

Tecnologias para manejo de pragas, as quais busquem a sustentabilidade dos cultivos, são, portanto, necessárias. Estas existem e estão disponíveis para o pronto uso, não sendo necessariamente relacionadas com o uso de novos agrotóxicos. Quando necessário, o controle químico pode ser utilizado, mas no momento certo, em áreas mais restritas, relacionado com ataque mais severo e determinado por meio de sistemas de amostragens eficientes, utilizando-se formulações e tecnologia de aplicação que minimizem os impactos ambientais, humanos e econômicos. Qualquer tipo de uso dos agrotóxicos causará também impacto no desenvolvimento da resistência dos insetos e ácaros.

Neste artigo estão apresentadas as tecnologias inovadoras disponíveis para viabilizar o manejo sustentável de pragas e doenças.

SISTEMAS DE AMOSTRAGEM EFICIENTES

Um dos pontos críticos à adoção dos níveis de controle para pragas e doenças é a dificuldade de realizar amostragens em campo em grandes áreas, para determinar o momento correto da aplicação do

controle curativo. No entanto, para muitas pragas, existe tecnologia disponível para a realização dessas amostragens, como o uso de armadilhas de feromônios e o sensoramento remoto.

Uso de feromônios

Os feromônios são substâncias químicas produzidas por um organismo emissor que promove uma resposta no organismo receptor. A comunicação química entre insetos, modulada por feromônios, pode ser manipulada para promover a amostragem de uma determinada população em campo ou mesmo para o seu controle (CARRIÈRE *et al.*, 2017). O uso de armadilhas de feromônios em campo promove a melhoria da amostragem de uma determinada espécie praga, por ser o feromônio específico da comunicação entre estes organismos. O feromônio sexual é uma substância volátil produzida por um inseto que atrai o sexo oposto. É amplamente usado em campo por meio da versão sintetizada dessa substância que é liberada gradualmente por sachês presos em armadilhas adesivas, espalhadas na área-alvo para coletar pragas, como *Grapholita molesta* em pessegueiro, lagarta-rosada e bicudo-do-algodoeiro, dentre outros. Esta coleta pode ser para fim de amostragem, ou seja, distribuem-se armadilhas de feromônio para determinar quando a praga chega na lavoura ou para verificar se a praga já está presente. Pode-se ainda determinar onde se localiza e qual a sua densidade populacional do momento. De posse desses dados, o corpo técnico responsável pelo controle de praga da propriedade agrícola toma a decisão que julgar a mais adequada.

Paralelamente, pode-se intensificar o uso de armadilhas em campo para coletar o maior número possível do inseto-praga em questão e, com isso, promover seu controle, tentando abaixar a sua população, evitando-se, por exemplo, o acasalamento e, conseqüentemente, sua reprodução na área. Para evitar o acasalamento em massa, pode-se, ainda, refinar o método de controle promovendo a confusão dos machos. Neste caso, libera-se o feromônio sexual

em grande quantidade no campo, e com isso, os machos acabam indo até a fonte emissora e não encontram as fêmeas. Essa técnica é bastante utilizada para controlar populações de mariposas-praga em diferentes culturas (BOHNENBLUST; HULL; KRAWCZYK, 2011).

Sensoriamento remoto

O sensoriamento remoto é uma ferramenta importante no controle de pragas. O uso de equipamentos que captam informação de satélites ou imagens provenientes de voos de aeronaves tem crescido. Imagens de satélites podem ser usadas para verificar áreas de florestas que estão ou não infestadas por pragas e, com isso, realizar o melhor manejo dessa área, com eficiência adequada e menor custo (JONES; SONG; MOODY, 2015; KUMBULA *et al.*, 2019). A aplicação de imagens captadas por voos de aeronaves pode ser usada para identificar o dano causado por pragas na lavoura ou mesmo para diferenciar, em campo, plantas resistentes ou não a uma determinada praga (CARROLL *et al.*, 2008).

Quando se pensa numa escala mais próxima, pode ser utilizada a tecnologia de análise de imagem com câmeras especiais de alta resolução, para avaliar a presença de uma determinada praga sobre uma planta. A escala pode ser ainda mais próxima e identificar se uma larva ou pupa de uma praga está ou não parasitada, apenas analisando a refletância de sua imagem (NANSEN, 2016). Estas informações podem diminuir o custo de controle, acelerar tomadas de decisões e permitir otimização de um processo produtivo com menor custo e menor uso de insumos, como o de agrotóxicos.

TÉCNICAS DE LIBERAÇÕES

O uso de drones na agricultura está em desenvolvimento. Alguns entraves para aumentar o seu uso são a falta de legislação clara e o controle de segurança. Estes aparelhos coletam imagens do campo que podem ser processadas para identificar pragas ou permitir diferentes tipos de análises.

Além de detectar a praga, o drone também poderá depositar a quantidade necessária do agente de controle no local exato da infestação, com isso não haverá necessidade de pulverizar toda a plantação, como é feito convencionalmente, diminuindo os impactos ambientais, custos e o desenvolvimento de resistência (KING, 2017).

No controle biológico de pragas, algumas empresas estão usando drones para a liberação de inimigos naturais. Em empresas que exploram a produção de cana-de-açúcar estão liberando *Cotesia flavipes* e *Trichogramma* spp., inimigos naturais da broca-da-cana, com veículos aéreos não tripulados (VANTs). Esse tipo de liberação reduz os custos e o tempo necessário, quando comparado ao processo convencional, que exige muita mão de obra. Na Califórnia, foi testado em plantios de morango o uso de drones para a liberação de ácaros predadores para controlar ácaros praga na cultura (KEATLEY; KEATLEY-GARVEY, 2017). No Brasil, as novas empresas de tecnologias especializaram-se e passaram a oferecer a tecnologia dos drones para os agricultores. De acordo com uma das empresas que prestam serviço no Brasil, o uso de drones para liberação de agentes biológicos oferece cobertura de até 1 mil hectares/dia, com autonomia de voo de até 67 minutos, e um dispersor volumétrico de 800 mL (ARPAC, 2016). Aplicações têm ocorrido em cultivos de soja, cana-de-açúcar, tomate, amendoim e batata.

BIOPESTICIDAS

Os biopesticidas são organismos vivos (fungos, bactérias, protozoários, straminípila, nematoides e vírus) e macrorganismos (predadores e parasitoides, insetos e ácaros) ou produtos naturais derivados desses organismos que são usados na proteção das plantas contra problemas fitossanitários.

Dados recentes revelam que o uso de biopesticidas tem crescido mais que o de pesticidas em todo o mundo. O mercado mundial de pesticidas foi de aproximadamente US\$49 bilhões, em 2017, e tudo

indica que alcançará US\$55,6 bilhões, em 2023, considerando uma taxa composta anual de crescimento estimada de 2,7%. Por outro lado, o mercado mundial de biopesticidas foi de US\$6,387 bilhões, em 2017, e deve alcançar US\$16,7 bilhões, em 2024, portanto com uma taxa de crescimento de 15% (MARKET AND MARKET, 2019). No Brasil, de acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) (BRASIL, 2019), o crescimento do mercado de biopesticidas foi superior a 70% em um ano. E este número, possivelmente, será maior, se for considerada a produção *on farm* de agentes de controle biológico.

Esse aumento no consumo dos produtos formulados, contendo agentes de biocontrole, tem contribuído para melhorar a qualidade dos produtos biológicos disponíveis e para aumentar a oferta de produtos no mercado. Também tem sido importante para o estabelecimento de normas de registro adequadas aos produtos estimular os investimentos em pesquisa e desenvolvimento, bem como novas empresas no setor e o incremento na formação de profissionais da área (TOGNI *et al.*, 2019).

O crescimento dessa cadeia produtiva tem levado órgãos regulatórios a considerar o modo de ação dos agentes de biocontrole. Com isso, importantes conquistas vêm sendo obtidas, como, por exemplo, o registro por alvo biológico e a dispensa do uso dos símbolos da caveira e das duas tíbias cruzadas em rótulos, bulas e embalagens de biopesticidas das Classes Toxicológicas III e IV (medianamente tóxico e pouco tóxico, respectivamente). Por sua vez, as instituições de pesquisa e de fomento ampliaram o desenvolvimento de pesquisas em manejo alternativo, levando à criação de grupos de pesquisa em controle biológico no Brasil. Um fator de extrema importância para a ampliação do mercado de biopesticidas no País foi a evolução da legislação brasileira, para o registro de produtos de baixa toxicidade e periculosidade, em que estão incluídos os biopesticidas. A legislação vem obtendo considerável avanço e tem sido referência para muitos países

(BETTIOL; MAFFIA; CASTRO, 2014; TOGNI *et al.* 2019). Também, a criação da Associação Brasileira das Empresas de Controle Biológico (ABCBio), iniciativa do Fórum para Adequação Fitossanitária da Embrapa Meio Ambiente e das empresas de controle biológico em 2007, foi fundamental para o desenvolvimento do controle biológico no Brasil.

Dentre os produtos biológicos comercializados para o controle de doenças de plantas e promotores de crescimento, os produtos à base de *Trichoderma*¹ spp. e de *Bacillus* spp. são, indiscutivelmente, os mais importantes e os que possuem o maior número de produtos disponíveis em todos os continentes (BETTIOL *et al.*, 2012).

Para o controle de nematoides, os agentes biológicos mais comumente estudados e utilizados no campo são os fungos (*Arthrobotrys* spp., *Purpureocillium lilacinum* e *Pochonia chlamydosporia*) e as bactérias (*Pasteuria penetrans* e *Bacillus* spp.). O fungo *Pochonia chlamydosporia* está registrado pelo MAPA e é comercializado no Brasil para o controle de nematoides dos gêneros *Meloidogyne*, *Heterodera*, *Rotylenchulus* e *Pratylenchus*. O produto controla de forma direta os nematoides e atua também como indutor de resistência na planta e pode ser utilizado em substituição ao uso de agrotóxicos, em uma estratégia de manejo integrado em hortaliças, fruteiras, café, soja, algodão, etc. Produtos à base do fungo *Purpureocillium lilacinus* (sinonímia *Paecilomyces lilacinus*) também estão registrados no Brasil e são indicados para uso em todas as culturas, em que o patógeno-alvo seja o nematoide-das-galhas (*Meloidogyne* spp.). Também

existem diversos produtos à base de *Bacillus subtilis*, *Bacillus licheniformis*, *Bacillus amyloliquefaciens* e *Bacillus methylotrophicus* que são registrados para o controle de *Meloidogyne* e *Pratylenchus* (BRASIL, 2018).

Fungos produtores de metabólitos que inibem nematoides estão sendo utilizados em formulações de bionemáticas. Esses metabólitos reduzem a eclosão, mobilidade, penetração e atratividade de plantas a nematoides (CHEN; DICKSON, 2012). Os produtos comerciais são formulados com propágulos viáveis dos antagonistas e, no solo ou na rizosfera, esses organismos produzirão os compostos inibidores de nematoides. Os fungos mais estudados, com capacidade de produzir metabólitos inibidores de nematoides, são os dos gêneros *Aspergillus*, *Fusarium*, *Myrothecium*, *Penicillium*, *Pleurotus*, *Purpureocillium* e *Trichoderma*. As espécies do gênero *Trichoderma* são as mais estudadas e utilizadas na formulação de produtos comerciais. Um produto à base do fungo *Trichoderma harzianum*, que sintetiza metabólitos tóxicos, pode ser utilizado no Brasil em qualquer cultura agrícola que tenha como alvo o nematoide-das-lesões (*Pratylenchus brachyurus*) ou o fungo *Macrophomina phaseolina* causador da doença conhecida como podridão-cinzeada-do-caule, podendo ser aplicado no solo ou utilizado no tratamento de sementes (BRASIL, 2018).

Outra inovação é a produção de nemáticas biológicas que contêm somente as micotoxinas produzidas por alguns gêneros de fungos, sem que seja necessário colocar os propágulos do agente de biocontrole e sim, somente seus metabólitos. No Brasil,

ainda não existem produtos registrados com esta característica. Entretanto, o fungo *Myrothecium verrucaria*, obtido via fermentação, é comercializado nos Estados Unidos para o manejo de nematoides dos gêneros *Meloidogyne*, *Heterodera*, *Globodera*, *Pratylenchus*, *Trichodorus*, *Belonolaimus* e para o controle do nematoide-cavernícola, *Radopholus similis*, que ataca a cultura da banana. O produto, além de promover a ação direta do metabólito tóxico sobre os nematoides, faz com que as raízes tornem-se mais vigorosas, aumentando a absorção de nutrientes e reduzindo, assim, a deficiência nutricional, característica causada por nematoides (VALENT BIOSCIENCES, 2019).

Para o controle de ácaros e insetos fitófagos, os biopesticidas mais utilizados no Brasil e registrados no MAPA são os agentes microbianos como os fungos, as bactérias e os vírus, além de macrorganismos, predadores e parasitoides².

FORMULAÇÕES EFICIENTES

Formulações micro/nanoestruturadas podem aumentar a eficiência dos agentes de controle e minimizar os impactos ambientais ocasionados pelo seu uso. A encapsulação de ingredientes ativos tem-se revelado uma importante estratégia para evitar problemas com a rápida degradação de moléculas inseticidas. Por exemplo, a tecnologia de produção de nanoformulações pode aumentar a potencialidade do uso dos óleos essenciais e seus compostos por elevar a eficiência e a estabilidade destes compostos³.

O uso da nanotecnologia para aplicação de nanopesticidas está sendo desenvolvido tanto para pesticidas convencionais quanto

¹O uso de *Trichoderma* é abordado em detalhes nesta publicação, no artigo: Uso de *Trichoderma* no controle de doenças de plantas, de Paula Júnior *et al.*, p.74-80.

²São abordados em detalhes a tecnologia para uso desses agentes biológicos no País, sua disponibilidade no mercado, registro, técnicas de criação e de liberação, entre outros nesta publicação, nos artigos: Avanços e desafios no registro de agentes de controle biológico no Brasil, de Togni *et al.*, p.13-20; Biofábrica de ácaros predadores, de Pallini, Vacacela Ajila e Perez, p.39-47; Biofábrica de insetos predadores, de Amaral *et al.*, p.48-56; Sucesso do controle biológico de pragas da cana-de-açúcar, de Pinto, p.57-65 e Controle biológico de lagartas com entomopatógenos, de Valicente e Aguiar, p.66-73.

³Ver nesta publicação, no artigo: Produtos derivados de plantas para o controle de pragas e doenças, de Fonseca *et al.*, p.30-38.

para biopesticidas. As formulações nano podem atuar em campo por mais tempo, fazendo a liberação do ingrediente ativo em doses estáveis, evitando a degradação prematura do produto. Várias formulações estão sendo testadas para controle de insetos-praga, e o princípio ativo do nim, *Azadirachta indica*, é uma destas (KAMARAJ *et al.*, 2018; KUMAR *et al.*, 2019).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para fazer frente à ameaça real de perdas na produção agrícola, causadas por pragas e doenças, é preciso e possível evoluir nos métodos, tecnologias e produtos que vêm sendo empregados na agricultura. A solução quase única até aqui, do uso de produtos químicos aplicados nos plantios, não se sustenta mais, em função dos seus efeitos negativos sobre a vida no meio ambiente, atingindo invariavelmente organismos não alvos, como o próprio homem. É atualmente um atentado contra a sustentabilidade na produção agrícola, apesar do reconhecimento do relevante papel destes produtos químicos para o desejado aumento da produtividade agrícola. Porém, é absoluta e urgente a necessidade de ampliar a sustentabilidade dos sistemas de produção agrícola por meio inclusive da viabilização e intensificação do uso do controle biológico integrado a outras técnicas, como armadilhas com feromônios para a captura de insetos-praga, uso de drones em aplicações, uso de dados providos por satélites na elaboração de estratégias de controle, etc. Particularmente na agricultura tropical, onde a ameaça das populações de pragas é mais evidente em função das condições climáticas favoráveis ao longo do ano, é preciso urgentemente investir em leis e políticas públicas que favoreçam as alternativas para o controle químico, condição sem a qual não se alcançam os objetivos do desenvolvimento sustentável, tão necessários para que o Brasil possa continuar contribuindo para alimentar a humanidade, com produtos saudáveis. É um cenário de oportunidades para o País,

que pode valer-se e valorizar o seu desenvolvimento científico e tecnológico e os seus pesquisadores, os quais poderão criar soluções inovadoras para os desafios que envolvem o manejo de pragas e doenças.

AGRADECIMENTO

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

REFERÊNCIAS

- ARPAC. **Sobre o drone**. São Leopoldo, [2016]. Disponível em: <http://www.arpacbrasil.com.br/>. Acesso em: 18 maio 2019.
- BARROS, R. *et al.* Desequilíbrio biológico do ácaro-rajado *Tetranychus urticae* Koch, 1836 (Acari: Tetranychidae) após aplicações de inseticidas em algodoeiro. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v.74, n.2, p.171-174, abr./jun. 2007.
- BETTIOL, W.; MAFFIA, L.A.; CASTRO, M.L.M.P. de. Control biológico de enfermidades de plantas en Brasil. In: BETTIOL, W. *et al.* (ed.). **Control biológico de enfermedades de plantas en América Latina y el Caribe**. Montevideo: Facultad de Agronomía, 2014. cap.3, p.91-137.
- BETTIOL, W. *et al.* **Produtos comerciais à base de agentes de biocontrole de doenças de plantas**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2012. 155p. (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, 88).
- BOHNENBLUST, E.; HULL, L.A.; KRAWCZYK, G. A comparison of various mating disruption technologies for control of two internally feeding Lepidoptera in apples. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v.138, n.3, p.202-211, Mar.2011.
- BOMBARDI, L.M. **Geografia do uso de agrotóxicos no Brasil e conexões com a união europeia**. São Paulo: USP-FFLCH, 2017. 292p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **AGROFIT**. Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários. Brasília, 2018. Disponível em: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 23 mar. 2019.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Mercado de biodefensivos cresce mais de 70% no Brasil em um ano**. Brasília, 2019. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/noticias/feffmercado-de-biodefensivos-cresce-em-mais-de-50-no-brasil>. Acesso em: 18 maio 2019.

CARRIÈRE, Y. *et al.* Large-scale evaluation of association between pheromone trap captures and cotton boll infestation for pink bollworm (Lepidoptera: Gelechiidae). **Journal of Economic Entomology**, v.110, n.3, p.1345-1350, June 2017.

CARROLL, M.W. *et al.* Use of spectral vegetation indices derived from airborne hyperspectral imagery for detection of european corn borer infestation in Iowa corn plots. **Journal of Economic Entomology**, v.101, n.5, p.1614-1623, Oct. 2008.

CHEN, S.; DICKSON, D.W. Biological control of plant-parasitic nematodes. In: MANZANILLA-LÓPEZ, R.H.; MARBÁN-MENDOZA, N. (ed.). **Practical plant nematology**. Montecillo: Colegio de Postgraduados, 2012. p.761-811.

CZEPAK, C. *et al.* First reported occurrence of *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) in Brazil. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.43, n.1, p.110-113, Jan./mar. 2013.

DUTCHER, J.D. A review of resurgence and replacement causing pest outbreaks in IPM. In: CIANCIO, A.; MUKERJI K.G. (ed.). **General concepts in integrated pest and disease management**. Dordrecht: Springer, 2007. p.27-43.

FAO. **Frear as pragas e as doenças das plantas: especialistas planejam medidas a nível global**. [Brasília]: 2015. Disponível em: <http://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/pt/c/293049/>. Acesso em: 5 abr. 2019.

GODOY, C.V. **Alerta sobre o controle da ferrugem-asiática no Brasil**. [Londrina]: Embrapa Soja, [2017]. Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/1355202/1529289/FRAC+-+Resistencia+a+fungicidas/e583e4fd-4104-4de5-d4ff-85cd4e2754d2>. Acesso em: 18 maio 2019.

GOULD, F.; BROWN, Z.S.; KUZMA, J. Wicked evolution: can we address the sociobiological dilemma of pesticide resistance? **Science**, v.360, n.6390, p.728-732, May 2018.

HARDMAN, J.M. *et al.* Effects of acaricides, pyrethroids and predator distributions on populations of *Tetranychus urticae* in apple orchards. **Experimental and Applied Acarology**, v.43, n.4, p.235-253, Dec. 2007.

HAWKINS, N. *et al.* The evolutionary origins of pesticide resistance. **Biological Reviews**, v.94, n.1, p.135-155, Feb. 2019.

JONES, C.; SONG, C.; MOODY, A. Where's woolly?: an integrative use of remote sensing to improve predictions of the spatial distribution of an invasive forest pest the hemlock woolly adelgid. **Forest Ecology and Management**, v.358, p.222-229, Dec. 2015.

KAMARAJ, C. *et al.* Novel and environmental friendly approach: impact of neem (*Azadirachta indica*) gum nano formulation (NGNF) on *Helicoverpa armigera* (Hub.) and *Spodoptera litura* (Fab.). **International Journal of Biological Macromolecules**, v.107, Part A, p.59-69, Feb. 2018.

KEATLEY, K.; KEATLEY-GARVEY, K. **Drones used to fight spider mites in strawberry fields**. Woodland, CA: DAILY DEMOCRAT, 2017. Disponível em: <https://www.dailydemocrat.com/2017/05/27/drones-used-to-fight-spider-mites-in-strawberry-fields/>. Acesso em: 15 abr. 2019.

KING, A. Technology: the future of agriculture. **Nature**, v.544, p.S21-S23, Apr. 2017.

KUMAR, S. *et al.* Nano-based smart pesticide formulations: emerging opportunities for agriculture. **Journal of Controlled Release**, v.294, p.131-153, Jan. 2019.

KUMBULA, S.T. *et al.* Using Sentinel-2 multispectral images to map the occurrence of the cossid moth (*Coryphodema tristis*) in *Eucalyptus nitens* plantations of Mpumalanga, South Africa. **Remote Sensing**, v.11, n.3, p.278, Feb. 2019.

MARKETS AND MARKETS. **Biopesticides market by type, source, mode of application, formulation, crop application and region: global forecast to 2023**. Charing, Kent, UK: REPORT BUYER, 2019. Disponível em: <https://www.reportbuyer.com/product/4364825>. Acesso em: 7 mar. 2019.

NANSEN, C. The potential and prospects of proximal remote sensing of arthropod pests. **Pest Management Science**, v.72, n.4, p.653-659, Apr. 2016.

PARRA, J.R.P.; COELHO JUNIOR, A. Applied biological control in Brazil: from laboratory assays to field application. **Journal of Insect Science**, v.19, n.2, p.1-6, Mar. 2019.

SOSA-GÓMEZ, D.R. *et al.* Impacto de fungicidas sobre epizootias de *Nomuraea rileyi*

(Farlow) Samson e sobre populações de *Anticarsia gemmatalis* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae), em soja. **Neo-tropical Entomology**, Londrina, v.32, n.2, p.287-291, abr./jun. 2003.

TOGNI, P.H.B. *et al.* Brazilian legislation leaning towards fast registration of biological control agents to benefit organic agriculture. **Neotropical Entomology**, v.48, n.2, p.175-185, Apr. 2019.

VALENT BIOSCIENCES. **DiTera Biological Nematicide: unique value beneath the surface**. Libertyville, IL, [2019]. Disponível em: <https://www.valentbiosciences.com/cropprotection/products/ditera>. Acesso em: 3 fev. 2019.

VAN LENTEREN, J.C. *et al.* Biological control using invertebrates and microorganisms: plenty of new opportunities. **BioControl**, v.63, n.1, p.39-59, Feb. 2018.

WHALON, M.E.; MOTA-SANCHEZ, D.; HOLLINGWORTH, R.M. (ed.). **Global pesticide resistance in arthropods**. Wallingford: CABI, 2008. 169p.

ZANARDI, O.Z. *et al.* Spraying pyrethroid and neonicotinoid insecticides can induce outbreaks of *Panonychus citri* (Trombidiformes: Tetranychidae) in citrus groves. **Experimental and Applied Acarology**, v.76, n.3, p.339-354, Nov. 2018.

Oliveira no Brasil: tecnologias de produção

O livro *Oliveira no Brasil: tecnologias de produção* aborda temas que vão desde a distribuição da oliveira na América Latina, história de sua introdução em Minas Gerais, considerações sobre mercado consumidor, botânica, anatomia, aplicações de técnicas modernas de biotecnologia e marcadores moleculares, variedades mais plantadas nos países produtores, registro e proteção de cultivares, pragas, doenças, poda, adubação, até o preparo de azeitonas para mesa, extração de azeite de oliva, índices de qualidade e legislação pertinente, e ainda vantagens do azeite de oliva para a saúde humana.

www.informeagropecuario.com.br
publicacao@epamig.br
 (31) 3489-5002



Avanços e desafios no registro de agentes de controle biológico no Brasil

Pedro Henrique Brum Togni¹, Madelaine Venzon², Ana Carolina Gomes Lagôa³, Edison Ryoiti Sujii⁴

Resumo - O processo de registro de agentes de controle biológico na agricultura orgânica brasileira é uma inovação necessária para o desenvolvimento de uma agricultura sustentável no Brasil. Existem 53 empresas ou associações que comercializam 21 espécies de inimigos naturais no País. Isso representa 116 produtos distintos sendo comercializados em território nacional. Os maiores mercados para agentes de controle biológico no País são resultantes de pesquisas científicas de sucesso desenvolvidas em sistemas convencionais, mas que são amplamente aplicáveis no manejo de pragas em sistemas orgânicos. Portanto, há um grande potencial para inovação em manejo sustentável de pragas no Brasil.

Palavras-chave: Agroecologia. Controle biológico aumentativo. Controle microbiano. Inimigo natural.

Advances and challenges in the registration of biological control agents in Brazil

Abstract - In this chapter, we present the process of registering biological control agents in Brazilian organic agriculture, as a necessary innovation of a sustainable agriculture in Brazil. Currently, there are 53 companies or associations marketing 21 species of natural enemies in the country. This represents 116 distinct products being marketed in the national territory. The largest markets for biological control agents in the country are resulting of successful scientific research developed in conventional systems, but broadly applicable for pest management in organic systems. Therefore, there is a great potential for innovation in sustainable pest management in Brazil.

Keywords: Agroecology. Augmentation biological control. Microbial Control. Natural Enemies.

INTRODUÇÃO

A expansão da produção agrícola no Brasil, nas últimas décadas, posicionou o País dentre os principais produtores de alimentos no mundo (FAO, 2018). Essa expansão, especialmente na área plantada de commodities, foi acompanhada pelo aumento dos problemas relacionados com insetos-praga de origem nativa ou exótica (OLIVEIRA *et al.*, 2013). Para lidar com

a maioria desses problemas, a principal forma de defesa fitossanitária utilizada no País é o uso de agrotóxicos. Como consequência de todo esse processo, o Brasil adquiriu um título importante e preocupante: o de maior consumidor de agrotóxicos no mundo (CARNEIRO *et al.*, 2015).

Esse título vai na contramão do que vem sendo discutido e implementado em diversos países. Recentemente, a Organização das Nações Unidas (ONU) publicou

um relatório técnico sobre o direito à alimentação no mundo e de como o uso de agrotóxicos ameaça esse direito, à saúde ambiental e humana e à sociedade como um todo (ONU, 2017). Essas preocupações também estão alinhadas com a Convenção sobre Diversidade Biológica – Convention on Biological Diversity (CBD). A CBD institui que todas as partes devem criar estratégias nacionais para conservação e uso da diversidade biológica, visando ao

¹Biólogo, D.Sc., Prof. Adj. UnB - Depto. Ecologia, Brasília, DF, pedrotogni@unb.br

²Eng. Agrônoma, Ph.D., Pesq. EPAMIG Sudeste/Bolsista CNPq, Viçosa, MG, venzon@epamig.ufv.br

³Bióloga, Doutoranda UnB/Prof^a Adj. UNIP - Campus Brasília, Brasília, DF, acglagoa@gmail.com

⁴Eng. Agrônomo, Ph.D., Pesq. EMBRAPA Recursos Genéticos e Biotecnologia/Bolsista CNPq, Brasília, DF, edison.sujii@embrapa.br

desenvolvimento sustentável a longo prazo (CONVENTION ON BIOLOGICAL DIVERSITY, 2006). Isso requer a compatibilização dos interesses de produção de alimento com a conservação da biodiversidade e a provisão de serviços ecossistêmicos-chave, como o controle biológico e a polinização. É então necessário desenvolver e utilizar estratégias de manejo de pragas fundamentadas na compreensão de processos ecológicos em sistemas de produção menos impactantes, ao invés do uso de produtos químicos sintéticos como na agricultura convencional.

Uma das formas de alcançar esses objetivos é por meio do controle biológico. As estratégias desse controle consistem no uso de inimigos naturais para a regulação da população de pragas, aplicável em sistemas orgânicos de produção, principalmente porque estes carecem de estratégias eficientes de manejo de pragas. Nesse sentido, o Brasil já dispõe de informações técnico-científicas, tecnologias e mecanismos legais para fazer uma agricultura mais sustentável crescer. Para que isto ocorra, é necessário considerar, primeiramente, que o controle biológico possui uma base científica sólida com vários casos de sucesso no Brasil, além de ser adequado para sistemas orgânicos e convencionais (PARRA; ZUCCHI, 2004; PARRA, 2014; VENZON *et al.*, 2015). Em segundo, a agricultura orgânica é mais dependente da conservação da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos associados, pois o uso de agrotóxicos não é permitido. Por fim, a Instrução Normativa Conjunta SDA/SDC/Anvisa/Ibama nº 1, de 24/5/2011 estabelece as rotas legislativas para o registro de produtos à base de inimigos naturais na agricultura orgânica de forma mais simples, rápida e prioritária em relação à rota de registro convencional. Todo esse cenário demonstra que o caminho para desenvolver uma agricultura mais sustentável no País já está estabelecido (BRASIL, 2011).

O objetivo deste artigo é apresentar e discutir como é realizado o processo de

registro de produtos à base de agentes de controle biológico na agricultura orgânica brasileira. Apesar das vantagens dessa rota de registro e de suas características de inovação para agricultura nacional, há ainda uma série de desafios para sua implementação efetiva. Por isso, serão abordados avanços, desafios e limitação do uso e registro de agentes de controle biológico na agricultura orgânica em direção ao manejo de pragas, realmente sustentável no Brasil.

PROBLEMA E ALTERNATIVAS PARA USO DOS AGROTÓXICOS

O uso de agrotóxicos no Brasil aumentou exponencialmente nos últimos cinco anos, enquanto que a área plantada cresceu lentamente (CARNEIRO *et al.*, 2015). Em 2015, 21 culturas ocupavam uma área de 71,227 milhões de hectare no País e foram utilizados cerca de 899 milhões de litros de agrotóxicos (PIGNATI *et al.*, 2017). Muitos desses produtos são proibidos em diversos países, pelos potenciais danos à saúde humana e ao meio ambiente (BOMBARDI, 2017). Somente no cultivo da soja, existem 150 produtos registrados, dos quais 33 são proibidos na União Europeia.

O argumento para o uso e registro de novos agrotóxicos no País é que esses produtos são necessários e justificados pela grande pressão das pragas sobre os cultivos ao longo de todo o ano. De fato, apenas as pragas exóticas causam danos anuais à economia brasileira, estimados em US\$ 12,0 bilhões (OLIVEIRA *et al.*, 2013). Por outro lado, é importante considerar também que a resistência de pragas aos produtos sintéticos resulta também em um custo de bilhões de dólares a vários países no mundo. Em estudo recente, Gould, Brown e Kuzma (2018) demonstraram que as pragas estão desenvolvendo resistência a muitos ingredientes ativos de agrotóxicos, mais rapidamente do que a capacidade de as empresas e os pesquisadores desenvolverem novos produtos eficientes. Além disso, os agrotóxicos em geral são nocivos ao ambiente e ameaçam a provisão de diversos serviços ecossistêmicos importantes

para a produção agrícola, como o controle biológico e a polinização (GARIBALDI *et al.*, 2016; TOGNI *et al.*, 2018).

Portanto, é evidente a urgência de novas abordagens para lidar com as pragas. Como os insetos fitófagos evoluíram por milhões de anos com seus inimigos naturais, a abordagem mais lógica é investir no uso desses agentes pela compreensão de sua importância ecológica e como utilizá-los na agricultura (MICHAUD, 2018). Uma alternativa viável para isso e para compatibilizar a produção de alimentos com conservação da biodiversidade, saúde humana e ambiental e a provisão de serviços ecossistêmicos é a promoção de sistemas agroecológicos de produção (ONU, 2017).

Apesar de os movimentos agroecológicos e a agricultura orgânica possuírem uma longa história no Brasil (COSTA *et al.*, 2017), a agricultura orgânica foi oficialmente reconhecida no País apenas em 2003. A Lei nº 10.831, de 23/12/2003 define a agricultura orgânica como todos os sistemas de manejo que adotam técnicas específicas que otimizam o uso dos recursos naturais e socioeconômicos disponíveis, com o objetivo de alcançar a sustentabilidade econômica e ecológica (BRASIL, 2003). Após essa Lei, o Decreto nº 7.794, de 20/8/2012 criou a Política Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica, dos quais um dos objetivos é a redução no uso de agrotóxicos em território nacional (BRASIL, 2012). Recentemente, também foi aprovada, em comissão especial na Câmara dos Deputados, a Política Nacional de Redução de Agrotóxicos a partir do Projeto de Lei nº 6.670, de 13/12/2016 (BRASIL, 2017b). Essa é uma perspectiva que está alinhada diretamente com as perspectivas da ONU e da CDB (ONU, 2017).

Quanto ao manejo de pragas na agricultura orgânica, os principais objetivos são substituir os insumos externos por processos ecológicos e conservar a biodiversidade, visando à provisão e otimização do serviço ecossistêmico de controle biológico (ZEHNDER *et al.*, 2007; VENZON

et al., 2015). Mesmo assim, substâncias, como preparados fitoterápicos, caldas, inseticidas botânicos e biopesticidas, podem ser utilizadas como medidas curativas em algumas situações. O uso de todos esses produtos e substâncias para o controle de pragas na agricultura orgânica é regulado pelas Instruções Normativas nº 17, de 18/6/2014 e nº 35, de 11/9/2017a do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) (BRASIL, 2014, 2017a). Este Ministério é responsável por constantemente atualizar a lista dessas substâncias permitidas. Nessa lista, o uso de agentes de controle biológico em estratégias de controle biológico aumentativo é contemplado. Os predadores e parasitoides são incluídos na categoria de Agentes Biológicos de Controle (ABCs); e os microrganismos na categoria de Agentes Microbianos de Controle (AMCs). Atualmente, o MAPA, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) e o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis (Ibama) são os responsáveis por realizar o registro desses produtos nos sistemas orgânicos e convencionais.

REGISTRO DE AGENTES DE CONTROLE BIOLÓGICO NA AGRICULTURA ORGÂNICA

A legislação atual prioriza o registro de produtos fitossanitários para a agricultura orgânica em detrimento dos produtos registrados apenas para a agricultura convencional. Isso porque é compreendido que esses produtos são menos nocivos ao ambiente e à saúde humana – Instrução Normativa Conjunta SDA/SDC/Anvisa/Ibama nº 1, de 24/5/2011 (BRASIL, 2011). Assim, considera-se uma importante inovação, porque os produtos são registrados de forma prioritária, mais rápida e com protocolos específicos para os agentes de controle biológico. Esses fatores são apontados por alguns pesquisadores como os mais importantes para acelerar e estimular o uso e o registro de agentes de controle biológico no mundo (VAN LENTEREN et al., 2018).

Especificações de referência

Para que o processo de registro de produtos com agentes de controle biológico seja mais rápido e prioritário, o MAPA, a Anvisa e o Ibama podem utilizar as informações técnicas e científicas disponíveis para dar suporte à publicação de especificações de referência para um dado ingrediente ativo (ex. extrato de planta) ou espécie/isolado de um agente de controle biológico. Essas especificações de referência são publicadas pelo MAPA e devem preceder ao registro de qualquer produto comercial. Com as especificações de referência é possível indicar, para cada produto a ser registrado, a nomenclatura taxonômica válida, classe de uso, tipo de formulação permitida, espécies-alvo a ser controladas, culturas nas quais o produto pode ser utilizado e outras recomendações sobre a eficiência do produto.

Para requerer o estabelecimento de uma especificação de referência, a parte interessada deve fazer uma requisição às Comissões Locais de Produção Orgânica (CPOrgs). A CPOrg é uma organização social formada por representantes da sociedade civil e governamental envolvida com a produção local em cada Estado, e irá elaborar uma lista de produtos prioritários para registro de acordo com as demandas locais e, posteriormente, enviará esta lista para o MAPA. O MAPA, a Anvisa e o Ibama são responsáveis por criarem as especificações de referências demandadas a partir de um grupo de trabalho conjunto, formado por pessoal qualificado das três instituições. Após estabelecida, outras partes interessadas em registrar outros produtos, utilizando o mesmo ingrediente ativo ou espécie/isolado, podem requerer o registro com as informações já disponíveis na especificação de referência.

As informações específicas necessárias para o registro de um ABC ou um AMC estão descritas na Instrução Normativa Conjunta nº 2, de 27/9/2006 MAPA/Anvisa/Ibama (BRASIL, 2006). A maior parte dessas informações pode ser encontrada na literatura científica, técnica e em documen-

tos oficiais dos governos de outros países e é plenamente utilizada pelas instituições responsáveis pelo registro desses produtos no Brasil. Este é um dos fatores que acelera o processo de registro dos agentes de controle biológico para a agricultura orgânica em relação à rota convencional.

Resumidamente, as primeiras informações necessárias são as relacionadas com a classificação taxonômica da espécie/isolado, possíveis sinonímias, caracterização morfológica, biologia e distribuição geográfica. A Anvisa requer comprovações técnicas e científicas sobre testes toxicológicos em relação a possíveis efeitos na saúde humana, que vão desde a produção até a comercialização e aplicação do produto final. Já o Ibama requer as informações referentes a testes ecotoxicológicos que comprovem o baixo risco ou a inocuidade do produto ao meio ambiente, incluindo a vegetação e a vida animal. Quando disponível, deve-se acrescentar outras informações relevantes, como uso prévio em programas de controle biológico e possíveis detalhes quanto ao registro de produtos com o mesmo ingrediente ativo em outros países. Outra informação essencial para o registro é a comprovação da eficiência do produto no controle de uma praga-alvo. Nesse sentido, estudos realizados em campo são priorizados no processo de tomada de decisão quanto ao registro e estudos em ambientes controlados e são tratados como evidências de eficiência do agente de controle biológico.

Para garantir a qualidade dos produtos a ser comercializados, bem como sua segurança, tanto ambiental quanto à saúde humana, é necessário prover informações sobre os procedimentos de criação massal dos organismos. Para algumas espécies já utilizadas em programas de controle biológico no mundo, como *Encarsia formosa* Gahan (Hymenoptera: Aphelinidae), *Dygliphys begini* (Ashmed) (Hymenoptera: Eulophidae), *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot (Acari: Phytoseiidae) e *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae), essas informações

são prontamente disponíveis como em trabalhos realizados por Van Lenteren *et al.* (2002) e por Bueno (2009). Contudo, algumas espécies potencialmente eficientes, especialmente as nativas, ainda carecem dessas informações. É então necessário que os pesquisadores e técnicos nacionais desenvolvam e tornem públicos esses procedimentos, para que o setor se torne mais competitivo e atraente para os empreendedores locais e atraia o interesse de outros países para as tecnologias desenvolvidas no Brasil (PARRA *et al.*, 2002; BUENO, 2009).

Finalmente, devem-se prover as diretrizes sobre o controle de qualidade dos produtos a ser registrados. Isso garantirá parâmetros de qualidade ao consumidor final e aos órgãos fiscalizadores. A Organização Internacional para o Controle Biológico – International Organisation for Biological Control (IOBC), possui um documento que compila essas informações para diversos agentes de controle biológico (VAN LENTEREN *et al.*, 2002). Contudo, existe também uma carência dessas informações e adaptações para os sistemas de produção tropicais. Isso pode representar uma importante oportunidade para o desenvolvimento de diretrizes nacionais, utilizando o conhecimento acumulado em outros países como modelo (BUENO, 2009).

Informações faltantes podem ser solicitadas pelo MAPA e, em alguns casos, ser requisitadas, bem como testes específicos, realizados em laboratórios credenciados. Após esse processo, o produto pode ser registrado e rotulado como “produto fitossanitário, com uso aprovado para a agricultura orgânica”, e pode ser comercializado para uso em sistemas orgânicos e convencionais de produção. E ambas as cadeias produtivas do setor agropecuário são beneficiadas por essa rota de registro via orgânicos.

Panorama geral dos produtos registrados

Até janeiro de 2019, havia 36 especificações de referência publicadas, sendo 27 relacionadas com as espécies/isolados de

agentes de controle biológico. Considerando que a lista de priorização de registros é elaborada pelas CPOrgs, é provável que estes inimigos naturais sejam os mais demandados pelo mercado interno. A lista completa das especificações de referência publicadas pode ser acessada no link sobre produtos orgânicos no site do MAPA referente à especificação de referência para os produtos fitossanitários.

Em estudo realizado por Togni *et al.* (2019), foi verificado que, desde que a rota de registro de produtos fitossanitários com uso aprovado para a agricultura orgânica foi aprovada, em 2011, houve um crescimento exponencial dos ABCs e AMCs registrados. Essa rota de registro já superou inclusive a rota de registro via agricultura convencional. Isso pode ter ocorrido pelo fato de o registro prioritário ser mais rápido e simples do que aquele requerido para agricultura convencional. Consequentemente, toda a agricultura nacional, seja convencional seja orgânica, beneficiou-se dessa rota de registro. Considerando o crescente interesse internacional em alternativas sustentáveis para o manejo de pragas, é possível considerar que a legislação brasileira deu um importante e inovador passo nesse sentido. Ao consultar a base de dados Agrofite - Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários, foi verificado que, atualmente, existem 53 empresas ou associações comercializando 21 espécies de inimigos naturais no País (Quadro 1). Isso representa 116 produtos distintos, sendo comercializados em território nacional.

A seguir, serão apresentadas as principais espécies/isolados de AMCs e ABCs registradas no Brasil e suas principais características.

Agentes Microbianos de Controle

Dentre os AMCs, os isolados de fungos entomopatogênicos são os produtos com maior representatividade no mercado nacional (Quadro 1). Apenas os produtos à base de *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae* representam, juntos, 50% de todo o mercado de agentes de controle

biológico no Brasil, e 86,56% dos AMCs disponíveis (Quadro 1). Isso pode ser explicado principalmente por dois fatores. O primeiro, é que esses produtos são amplamente utilizados em grandes culturas como cana-de-açúcar e pastagens, para o controle de cigarrinhas (Hemiptera: Cercopidae) (ALVES; LOPES, 2008). O segundo, é que os produtos à base desses isolados já estão presentes no mercado brasileiro, mesmo antes da rota de registro via agricultura orgânica estar estabelecida (MICHEREFF *et al.*, 2009). Portanto, o volume de utilização dos produtos na agricultura em larga escala é um mercado já estabelecido e com grande potencial de crescimento.

Apenas três produtos formulados tendo bactérias como ingredientes ativos possuem registro ativo. Dois desses produtos são utilizados para o controle de nematoides, alvos biológicos bastante restritos, se comparados aos potenciais alvos biológicos dos isolados de fungos (Quadro 1). Apesar dessa limitação, vale ressaltar que existem 23 produtos à base de *Bacillus thuringiensis* (*Bt*) já registrados no Brasil, antes da rota de registro via orgânicos estar regulamentada. Os produtos à base de *Bt*, especialmente o isolado HD-1, são amplamente utilizados para o controle de larvas de Lepidoptera em diversas culturas em todo o mundo (LACEY *et al.*, 2015). Como há uma especificação de referência publicada para *Bt* var. *kurstaki* HD-1, é esperado que novos produtos venham a ser registrados em breve. Adicionalmente, há também um produto que combina um isolado de bactéria com um de fungo, que está classificado como fungicida microbiológico e um fungo entomopatogênico registrado para o controle de nematoides (Quadro 1).

Existem também cinco produtos registrados com *Baculovirus* como ingrediente ativo (Quadro 1). O Brasil é um dos líderes mundiais em desenvolvimento e uso de tecnologias relacionadas com isolados de *Baculovirus* (LACEY *et al.*, 2015). Na década de 1990, cerca de 1 milhão de hectares de soja foram tratados com *Baculovirus*

Quadro 1 - Espécies de inimigos naturais com produtos comerciais disponíveis e com uso permitido na agricultura orgânica do Brasil, com o número de espécies comerciais disponíveis, culturas nas quais seu uso é permitido e os alvos biológicos desses produtos

Inimigos naturais	Produtos comerciais	Culturas	Pragas-alvo
Predadores			
<i>Cryptolaemus montrouzieri</i>	1	Todas as culturas onde a praga-alvo ocorre	<i>Maconellicoccus hirsutus</i>
<i>Neoseiulus californicus</i>	3	Todas as culturas onde a praga-alvo ocorre	<i>Tetranychus urticae</i>
<i>Orius insidiosus</i>	2	Todas as culturas onde a praga-alvo ocorre	<i>Frankliniella occidentalis</i>
<i>Phytoseiulus macropilis</i>	2	Todas as culturas onde a praga-alvo ocorre	<i>Tetranychus urticae</i>
<i>Stratiolaelaps scimitus</i>	2	Todas as culturas onde a praga-alvo ocorre	<i>Bradysia matogrossensis</i>
Parasitoides			
<i>Cotesia flavipes</i>	27	Todas as culturas onde a praga-alvo ocorre	<i>Diatraea saccharalis</i>
<i>Trichogramma galloi</i>	5	Todas as culturas onde a praga-alvo ocorre	<i>Diatraea saccharalis</i>
<i>Trichogramma pretiosum</i>	7	Todas as culturas onde as pragas-alvo ocorrem	<i>Helicoverpa zea</i> , <i>Spodoptera frugiperda</i> , <i>Crysoideixis includens</i> , <i>Anticarsia gemmatalis</i> , <i>Tuta absoluta</i> , <i>Pseudoplusia includens</i>
<i>Trissolcus basalıs</i>	1	Todas as culturas onde a praga-alvo ocorre	<i>Nezara viridula</i>
Nematoides			
<i>Deladenus siricidicola</i>	1	Todas as culturas onde a praga-alvo ocorre	<i>Sirex noctilio</i>
Bactérias			
<i>Bacillus methylotrophicus</i> UFPEDA 20	1	Todas as culturas onde as pragas-alvo ocorrem	<i>Meloidogyne javanica</i> , <i>Pratylenchus brachyurus</i>
<i>Bacillus subtilis</i> UFPEDA 764	1	Todas as culturas onde as pragas-alvo ocorrem	<i>Meloidogyne javanica</i> , <i>Pratylenchus brachyurus</i>
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> + <i>Trichoderma harzianum</i>	1	Todas as culturas onde as pragas-alvo ocorrem	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i> , <i>Rhizoctonia solani</i>
Fungos			
<i>Beauveria bassiana</i> IBCB 66	30	Banana, milho, morango, pepino, soja e demais culturas onde as pragas-alvo ocorrem.	<i>Cosmopolites sordidus</i> , <i>Dalbulus maidis</i> , <i>Tetranychus urticae</i> , <i>Bemisia tabaci</i> biotype B
<i>Metarhizium anisopliae</i> IBCB 425	28	Pastagem, cana-de-açúcar e demais culturas onde as pragas-alvo ocorrem	<i>Mahanarva fimbriolata</i> , <i>Zulia entreriana</i> , <i>Deois flavopicta</i>
<i>Trichoderma asperellum</i> URM 5911	1	Feijão, milho	<i>Rhizoctonia solani</i> , <i>Fusarium solani</i> f.sp. <i>phaseoli</i>
<i>Trichoderma harzianum</i>	1	Todas as culturas onde as pragas-alvo ocorrem	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i> , <i>Rhizoctonia solani</i>
<i>Paecilomyces lilacinus</i>	1	Todas as culturas onde a praga-alvo ocorre	<i>Meloidogyne incognita</i>
Vírus			
<i>Baculovirus Anticarsia gemmatalis</i>	1	Soja	<i>Anticarsia gemmatalis</i>
<i>Baculovirus Spodoptera frugiperda</i>	3	Milho e demais culturas onde as pragas-alvo ocorrem	<i>Spodoptera frugiperda</i>

Fonte: Brasil (2018).

anticarsia para o controle de *Anticarsia gemmatalis* (MOSCARDI, 1999). Por causa do sucesso, a maioria dos alvos biológicos dos produtos registrados à base desse entomopatógeno é praga de grandes culturas como soja e milho (Quadro 1).

Apesar de muitos desses produtos terem sido desenvolvidos e utilizados primeiramente na agricultura convencional, toda a tecnologia agora está também disponível para a agricultura orgânica. Outro ponto a ser considerado sobre os AMCs é que a forma de aplicação e os equipamentos para tal são semelhantes aos dos inseticidas convencionais. Este é um fator relevante para agricultores no processo de transição para os sistemas orgânicos, pois pode ser o primeiro passo para a utilização de outros agentes de controle biológico, na medida em que ganham experiência com esses produtos (SOUSA *et al.*, 2016).

Agentes Biológicos de Controle

O parasitoide *Cotesia flavipes* Cameron (Hymenoptera: Braconidae) representa o maior mercado de ABCs do Brasil, com 27 produtos registrados atualmente (Quadro 1). Esta espécie é utilizada para o controle de um único alvo biológico, a broca-da-cana *Diatraea saccharalis* (Fabr.) (Lepidoptera: Crambidae). Apesar de seu uso ser permitido em todas as culturas de ocorrência de seu alvo biológico (Quadro 1), este ABC é utilizado, principalmente, em cultivos de cana-de-açúcar. Este é um dos programas de controle biológico mais bem-sucedidos no mundo e utilizado em uma ampla área do território nacional (PARRA, 2014). O Programa de Controle Biológico da Broca-da-cana também impulsionou as pesquisas com espécies de parasitoides de ovos do gênero *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Trichogramma galloi* Zucchi (Hymenoptera: Trichogrammatidae) possui o mesmo alvo que *C. flavipes* (Quadro 1). Atualmente, essa espécie pode ser utilizada em conjunto com as liberações massais de *C. flavipes*, o que aumenta em até 3,7 vezes a eficiência de controle de

D. saccharalis comparado a liberações de apenas *C. flavipes*.

Outro parasitoide de ovos bastante relevante no cenário nacional é *Trichogramma pretiosum*, que possui sete produtos registrados para o controle de ovos de diversas espécies de lepidópteros, como para a broca-do-tomateiro *Tuta absoluta* Meyrich (Lepidoptera: Gelechiidae), e para lagarta do cartucho do milho, *Spodoptera frugiperda* Smith (Lepidoptera: Noctuidae) (Quadro 1). Para a soja, existe um produto registrado à base de parasitoide *Trissolcus basalis* (Wollaston) (Hymenoptera: Platygasteridae) (Quadro 1). Esta espécie parasita ovos de percevejos da família Pentatomidae, que fazem parte do complexo de percevejos-praga da soja (CORRÊA-FERREIRA; MOSCARDI, 1996).

Quanto aos predadores, existem dez produtos registrados com cinco diferentes espécies (Quadro 1). Os ácaros da família Phytoseiidae são os mais representativos dentre os ABCs registrados. *Phytoseiulus macropilis* (Banks) é um ácaro especialista que ocorre naturalmente nos agroecossistemas brasileiros e é utilizado no controle de *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). O predador *Neoseiulus californicus* (McGregor) é um fitoseídeo de hábito generalista, com ampla distribuição mundial, utilizado desde 1985 como agente de controle biológico de ácaros na América do Norte e Europa (VAN LENTEREN, 2012). *Stratiolaelaps scimitus* (Womersley) (Acari: Laelapidae) é uma das poucas alternativas de manejo sustentável disponíveis para o controle da mosca *Bradysia matogrossensis* (Lane) (Diptera: Sciaridae), em cultivos protegidos de cogumelos (CASTILHO *et al.*, 2009).

Os únicos insetos predadores com produtos registrados são o percevejo *Orius insidiosus* (Say) (Hemiptera: Anthocoridae) e a joaninha *Cryptolaemus montrouzieri* (Mulsant) (Coleoptera: Coccinellidae) (Quadro 1). *Orius insidiosus* é nativo das Américas e preda insetos de corpo mole, incluindo tripses em diversos cultivos agrícolas e ornamentais (VAN LENTEREN,

2012). Já *C. montrouzieri* é uma espécie nativa da região da Australásia que foi introduzida no Brasil, em 1997, a partir do Chile, para o controle de pragas em citros (KAIRO *et al.*, 2013). Atualmente, é uma das poucas opções de manejo da cochonilha rosada *Maconellicoccus hirsutus* (Green) (Hemiptera: Pseudococcidae), que é uma espécie exótica invasora no Brasil. Além dos insetos, recentemente foi registrado um produto à base do nematoide *Deladenus siricidicola* para o controle de vespa da madeira (Quadro 1).

Limitações

No levantamento mais recente sobre o tema, Van Lenteren *et al.* (2018) identificaram que cerca de 440 espécies/isolados de inimigos naturais estão sendo utilizados em produtos comerciais no mundo. O Brasil possui apenas 16 espécies/isolados com produtos no mercado orgânico, atualmente. Outro problema, é que a maioria das empresas que comercializam esses produtos está sediada na Região Sudeste do País. Isso faz com que o mercado para esses produtos ainda esteja distante e pouco atrativo para grandes regiões produtoras e potenciais consumidores como a Região Centro-Oeste. Esse cenário aponta para o potencial de expansão do mercado de agentes de controle biológico no País.

Em um trabalho realizado por Parra (2014), foram identificados onze problemas e desafios para o uso de estratégias de controle biológico aumentativo no Brasil. Uma discussão semelhante é levantada por Michaud (2018). Dentre os limitantes levantados por esses autores, os que são aplicáveis ao uso como agentes de controle biológico na agricultura orgânica são:

- a) monitoramento de pragas;
- b) transferência de tecnologias;
- c) diretrizes para o controle de qualidade dos produtos;
- e) logística de transporte, armazenamento e aplicação;
- f) seleção de populações adaptadas a presas/hospedeiros e condições climáticas locais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar de as estratégias de controle biológico aumentativo serem inovações necessárias e promissoras, devem ser utilizadas em situações específicas, quando ações preventivas às pragas não obtiverem resultados satisfatórios. As estratégias de controle biológico conservativo e as tecnologias desenvolvidas no País devem ser prioritariamente promovidas e estimuladas. Outro ponto relevante é tornar o controle biológico aumentativo associado ao controle biológico conservativo. O potencial brasileiro para esse método fica claro quando se observa que o Brasil é o segundo País que mais produz estudos com o controle biológico conservativo, dentre os países em desenvolvimento (WYCKHUYS *et al.*, 2013). Tendo em vista que as duas estratégias de controle biológico são compatíveis, é possível afirmar que a combinação das duas pode resultar em uma maior eficiência no controle de pragas do que cada estratégia utilizada isoladamente. Como o controle biológico conservativo tem o foco principal na aplicação de conceitos ecológicos para o favorecimento dos inimigos naturais, é sugerido que haja uma maior interação entre engenheiros agrônomos e ecólogos no Brasil. Essa pode ser uma oportunidade para o desenvolvimento científico e tecnológico de uma agricultura realmente sustentável em território nacional (MICHAUD, 2018).

Ainda assim, as estratégias de controle biológico aumentativo podem ser o primeiro passo na construção de uma agricultura sustentável, especialmente durante o processo de transição da agricultura convencional para a orgânica. Nesse período, os produtores enfrentam uma série de mudanças em seus sistemas produtivos. O uso de AMC e ABC pode dar suporte a esse processo de mudança. Isso porque, primeiramente, a forma de uso e de aplicação de produtos como os AMCs é bastante semelhante a dos inseticidas químicos convencionais (SOUSA *et al.*, 2016). Contudo, a eficiên-

cia de produtos à base de inimigos naturais depende de algum conhecimento básico sobre a biologia e a ecologia do agente de controle biológico a ser liberado. Esses produtos podem então ser utilizados como o primeiro contato dos agricultores com diferentes componentes da biodiversidade. Para que a familiaridade dos agricultores com esses produtos aumente, o registro de produtos à base de espécies de inimigos naturais nativos deve ser priorizado. Com isso, os agricultores ganharão experiência com as espécies que ocorrem naturalmente em suas terras. Na medida em que vão ganhando mais experiência com o sistema orgânico e os inimigos naturais, as estratégias de controle biológico conservativo podem ser incorporadas e gradativamente tornarem-se a principal opção para o manejo de pragas da propriedade. Isso depende de um esforço coletivo de diferentes segmentos da sociedade, incluindo pesquisadores, agentes de extensão rural, órgãos reguladores, empresas e sociedade para geração e transferência de tecnologias.

É fato que a regulamentação dos produtos fitossanitários, com uso aprovado para a agricultura orgânica, estimulou e facilitou o registro de produtos à base de inimigos naturais. Mas também é evidente que a tecnologia gerada, ao longo dos anos, deve ser adaptada às demandas da agroecologia e agricultura orgânica, de modo que satisfaça também os acordos internacionais sobre conservação e uso da biodiversidade, dos quais o Brasil é signatário. Isso implica que pesquisadores, técnicos, extensionistas e tomadores de decisão precisam inovar em busca de uma agricultura verdadeiramente sustentável. A rota de registro dos produtos representa uma alternativa eficiente para que essas inovações ocorram. Mas para isso acontecer é necessário mudar a perspectiva de controle de pragas (eliminação da praga) para a perspectiva de manejo de pragas (compreensão e manipulação das interações ecológicas dentro de um agroecossistema).

AGRADECIMENTO

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq); à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pelo auxílio financeiro e pelas bolsas de pesquisa aos autores.

REFERÊNCIAS

- ALVES, S.B.; LOPES, R.B. (ed.). **Controle microbiano de pragas na América Latina: avanços e desafios**. Piracicaba: FEALQ, 2008. 414p. (Biblioteca de Ciências Agrária Luiz de Queiroz, 14).
- BOMBARDI, L.M. **Geografia do uso de agrotóxicos no Brasil e conexões com a União Europeia**. São Paulo: USP-FFLCH, 2017. 292p.
- BRASIL. Decreto nº 7.794, de 20 de agosto de 2012. Institui a Política Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 21 ago. 2012.
- BRASIL. Instrução Normativa Conjunta SDA/SDC/ANVISA/IBAMA nº 1, de 24 de maio de 2011. Estabelece os procedimentos para o registro de produtos fitossanitários com uso aprovado para a agricultura orgânica. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 2011.
- BRASIL. Instrução Normativa Conjunta MAPA/ANVISA/IBAMA nº 2, de 27 de setembro de 2006. [Efetuações das reavaliações dos agrotóxicos, seus componentes e afins]. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 29 set. 2006. Seção 1, p.126.
- BRASIL. Lei nº 10.831, de 23 de dezembro de 2003. Dispõe sobre a agricultura orgânica e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 24 dez. 2003. Seção 1, p.8.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **AGROFIT: Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários**. Brasília, [2018]. Disponível em: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 14 set. 2018.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa,

- nº 17, de 18 de junho de 2014. Estabelece o Regulamento Técnico para os Sistemas Orgânicos de Produção, bem como as listas de substâncias e práticas permitidas para uso nos Sistemas Orgânicos de Produção. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 20 jun. 2014. Seção 1, p.32.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa, nº 35, de 11 de setembro de 2017. Estabelece os procedimentos para a comercialização das substâncias sujeitas a controle especial, quando destinadas ao uso veterinário. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 21 set. 2017a. Seção 1, p.16.
- BRASIL. Projeto de Lei nº 6.670 de 13 dez. 2016. Institui a Política Nacional de Redução de Agrotóxicos - PNARA, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 8 fev. 2017b. p.145.
- BUENO, V.H.P. (org.). **Controle biológico de pragas: produção massal e controle de qualidade**. 2.ed.rev. Lavras: UFLA, 2009. 429p.
- CARNEIRO, F.F. *et al.* (org.). **Dossiê ABRASCO: um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde**. Rio de Janeiro: Escola Politécnica de Saúde João Venâncio, 2015. 623p.
- CASTILHO, R.C. *et al.* The predatory mite *Stratiolaelaps scimitus* as a control agent of the fungus gnat *Bradysia matogrossensis* in commercial production of the mushroom *Agaricus bisporus*. **International Journal of Pest Management**, v.55, n.3, p.181-185, 2009.
- CONVENTION ON BIOLOGICAL DIVERSITY. Global Biodiversity Outlook, 2., 2006, Montreal. **Conference...** Nairobi: UNEP, 2006. 81p. Disponível em: <https://www.cbd.int/doc/gbo/gbo2/cbd-gbo2-en.pdf>. Acesso em: 14 set. 2018.
- CORRÊA-FERREIRA, B.S.; MOSCARDI, F. Biological control of soybean stink bugs by inoculative releases of *Trissolcus basalus*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v.79, n.1, p.1-7, Apr. 1996.
- COSTA, M.B.B. da. *et al.* Agroecology development in Brazil between 1970 and 2015. **Agroecology and Sustainable Food Systems**, v.41, n.3/4, p.276-295, 2017.
- FAO. **Agroecology knowledge hub: the 10 elements of agroecology**. Rome, [2018]. Disponível em: <http://www.fao.org/agroecology/knowledge/10-elements/en/>. Acesso em: 14 set. 2018.
- GARIBALDI, L.A. *et al.* Mutually beneficial pollinator diversity and crop yield outcomes in small and large farms. **Science**, v.351, n.6271, p.388-391, 2016.
- GOULD, F.; BROWN, Z.S.; KUZMA, J. Wicked evolution: can we address the socio-biological dilemma of pesticide resistance? **Science**, v.360, n.6390, p.728-732, 2018.
- KAIRO, M.T.K. *et al.* *Cryptolaemus montrouzieri* (Mulsant) (Coccinellidae: Scymninae): a review of biology, ecology, and use in biological control with particular reference to potential impact on non-target organisms. **CAB Reviews: perspectives in agriculture, veterinary science, nutrition and natural resources**, v.8, n.5, p.1-20, May 2013.
- LACEY, L.A. *et al.* Insect pathogens as biological control agents: back to the future. **Journal of Invertebrate Pathology**, v.132, p.1-41, Nov. 2015.
- MICHAUD, J.P. Problems inherent to augmentation of natural enemies in open agriculture. **Neotropical Entomology**, Londrina, v.47, n.1, p.161-170, 2018.
- MICHEREFF FILHO, M. *et al.* Micoinseticidas e micoacaricidas no Brasil: como estamos após quatro décadas? **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v.76, n.4, p.769-779, out./dez. 2009.
- MOSCARDI, F. Assessment of the application of baculoviruses for control of Lepidoptera. **Annual Review of Entomology**, v.44, p.257-89, 1999.
- OLIVEIRA, C.M. *et al.* Economic impact of exotic insect pests in Brazilian agriculture. **Journal of Applied Entomology**, v.137, n.1/2, p.1-15, Feb. 2013.
- ONU. **Report of the special rapporteur on the right for food**. New York, 2017. 24p. Disponível em: <https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/1701059.pdf>. Acesso em: 14 set. 2018.
- PARRA, J.R.P. Biological control in Brazil: an overview. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.71, n.5, p.420-429, Sept./Oct. 2014.
- PARRA, J.R.P.; ZUCCHI, R.A. *Trichogramma* in Brazil: feasibility of use after twenty years of research. **Neotropical Entomology**, Londrina, v.33, n.3, p.271-281, May/June 2004.
- PARRA, J.R.P. *et al.* **Controle biológico no Brasil: parasitoides e predadores**. São Paulo: Manole, 2002. 635p.
- PIGNATI, W.A. *et al.* Distribuição espacial do uso de agrotóxicos no Brasil: uma ferramenta para a vigilância em saúde. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 22, n.10, p.3281-3293, out. 2017.
- SOUSA, A.A.T.C. de *et al.* **Diagnóstico dos problemas fitossanitários na agricultura de base ecológica no Distrito Federal e entorno**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2016. 30p. (Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. Documentos, 350).
- TOGNI, P.H.B. *et al.* Biodiversity provides whitefly biological control based on farm management. **Journal of Pest Science**, v.92, n.2, 393-403, Mar. 2019.
- TOGNI, P.H.B. *et al.* Brazilian legislation leaning towards fast registration of biological control agents to benefit organic agriculture. **Neotropical Entomology**, Londrina, v.48, n.1, p.1-11, Mar. 2019.
- VAN LENTEREN, J.C. The state of commercial augmentative biological control: plenty of natural enemies, but a frustrating lack of uptake. **BioControl**, v.57, n.1, p.1-20, Feb. 2012.
- VAN LENTEREN, J.C. *et al.* Biological control using invertebrates and microorganisms: plenty of new opportunities. **BioControl**, v.63, n.1, p.39-59, Feb. 2018.
- VAN LENTEREN, J.C. *et al.* Risks of importation and release of exotic biological control agents: how to determine host specificity? **IOBC: WPRS bulletin**, v.25, n.1, p.281-284, 2002.
- VENZON, M. *et al.* Manejo agroecológico de pragas. **Informe Agropecuário**. Agricultura orgânica e agroecologia, Belo Horizonte, v.36, n.287, p.19-30, 2015.
- WYCKHUYS, K.A.G. *et al.* Current status and potential of conservation biological control for agriculture in the developing world. **Biological Control**, v.65, n.1, p.152-167, Apr. 2013.
- ZEHNDER, G. *et al.* Arthropod pest management in organic crops. **Annual Review of Entomology**, v.52, p.57-80, 2007

Agrobiodiversidade como estratégia de manejo de pragas

*Madelaine Venzon¹, Pedro Henrique Brum Togni², Juliana Andrea Martinez Chiguachi³, Gabriel Martins Pantoja⁴,
Edna Antonia da Silva Brito⁵, Edison Ryoiti Sujii⁶*

Resumo - A agrobiodiversidade tem potencial de fornecer serviços ecossistêmicos relevantes no processo produtivo, tais como, ciclagem de nutrientes, regulação microclimática, aumento da fertilidade do solo, polinização e controle de pragas. A funcionalidade e a permanência de serviços ecossistêmicos, para o controle das pragas, podem ser alcançados pela associação de plantas em diferentes estratégias, como Sistemas Agroflorestais, consórcios com plantas aromáticas, manutenção de plantas espontâneas, barreiras vegetais entre talhões de cultivo, manutenção de habitats com diferentes usos dentro da propriedade, como áreas de pousio, presença de áreas de vegetação nativa próximas à propriedade e pela inserção da propriedade dentro de paisagens diversificadas. A compreensão da importância e a adoção do aumento da biodiversidade nos sistemas agrícolas são fundamentais para o desenvolvimento de uma agricultura sustentável.

Palavras-chave: Controle biológico conservativo. Sistema Agroflorestal. Planta aromática. Planta espontânea. Cobertura verde.

Agrobiodiversity as strategy for pest management

Abstract - Agrobiodiversity has the potential for providing important ecosystem services to food production such as nutrient cycling, microclimate regulation, increasing soil fertility, pollination and pest control. The functionality and stability of the ecosystem services of pest control can be reached by the association of plants using different strategies such as agroforestry systems, intercropping with aromatic plants, maintenance of non-crop plants, vegetal barriers between crops, maintenance of habitats with different uses within the property, such as fallow areas, native vegetation areas close to the property and by the insertion of the property within diversified landscapes. The understanding of the importance and the adoption of biodiversity increase in the agricultural systems are crucial for developing a sustainable agriculture.

Keywords: Conservation biological control. Agroforestry Systems. Aromatic plants. Non-crop plants. Cover crops.

INTRODUÇÃO

Nos cultivos convencionais, representados principalmente pelas monoculturas, os insetos e ácaros fitófagos encontram condições ecológicas ideais para o seu crescimento populacional, pois há abundância de recursos e facilidade de encontrá-los. Isso ocorre por causa da extensa massa vegetal da cultura-alvo e das condições ambientais favoráveis para sobrevivência

e reprodução dos herbívoros. Nesses cultivos, geralmente, a presença de inimigos naturais é menor, pela falta de alimento alternativo (ex. presas e hospedeiros, alimento derivado da planta como pólen e néctar), de áreas de refúgio e de microclima favorável. Muitas espécies de predadores necessitam de pólen e néctar durante um estágio de vida não carnívoro, outros utilizam esses recursos para complementar a dieta na falta das presas principais.

Já os insetos parasitoides alimentam-se obrigatória ou facultativamente de néctar durante a fase adulta, o que favorece sua sobrevivência e reprodução. Assim, para a manutenção desses organismos benéficos nas áreas de cultivo, é imperativa a presença de plantas e habitats que forneçam tais recursos durante o período de cultivo.

As plantas associadas ou mantidas nas áreas de plantio podem interferir na interação inseto-planta, por exemplo, e causar

¹Eng. Agrônoma, Ph.D., Pesq. EPAMIG Sudeste/Bolsista CNPq, Viçosa, MG, venzon@epamig.ufv.br

²Biólogo, D.Sc. Prof. Adj. UnB - Depto. Ecologia, Brasília, DF, pedrotogni@unb.br

³Eng. Agrônoma, Doutoranda Entomologia UFV/Bolsista CAPES, Viçosa, MG, juliandremartinez@hotmail.com

⁴Eng. Agrônomo, M.Sc. Entomologia, Viçosa, MG, pantojaufrj55@gmail.com

⁵Eng. Agrônoma, Profª IFPA - Campus Marabá Rural, Marabá, PA, edna.silvabrito2@gmail.com

⁶Eng. Agrônomo, Ph.D., Pesq. EMBRAPA Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia/Bolsista CNPq, Brasília, DF, edison.sujii@embrapa.br

efeito repelente ou uma não preferência (visual, olfativa ou ambas combinadas) por determinado tipo de hábitat (TOGNI *et al.*, 2010). É então esperado que ocorra a diminuição das populações de pragas a partir de um efeito direto da planta sobre a praga. Além disso, a planta associada pode favorecer que mais espécies de insetos fitófagos ocorram em uma mesma área, porém com populações reduzidas, por causa da competição por recursos. Plantas introduzidas podem também prover recursos (ex. pólen e néctar) e condições (ex. abrigo, microclima e locais de oviposição) que favoreçam a atração e a manutenção de diferentes espécies de inimigos naturais na lavoura. Dessa forma, espera-se que uma comunidade mais diversa e abundante de inimigos naturais possa atuar simultaneamente sobre diferentes espécies de insetos fitófagos mantendo-os em níveis populacionais aceitáveis para o agricultor (VENZON *et al.*, 2015; TOGNI *et al.*, 2018). É importante que essas plantas associadas sobrevivam no ambiente selecionado, com manutenção mínima, e tenham fácil trato agrônomico, forneçam seletivamente recursos aos inimigos naturais, sem beneficiar os artrópodes fitófagos, e não hospedem os mesmos herbívoros da cultura principal, pois isso favorece o aumento da população destes (VENZON *et al.*, 2015).

Além da regulação populacional de pragas, a biodiversidade presente nos sistemas agrícolas também fornece diversos outros serviços ecossistêmicos que são relevantes no processo produtivo, como a polinização, a ciclagem de nutrientes, a regulação microclimática e o aumento da fertilidade do solo (SUJII *et al.*, 2010). Esses processos biológicos e sua persistência dependem da manutenção da biodiversidade nas lavouras, visando à funcionalidade e à permanência dos serviços ecossistêmicos associados. Isso pode ser alcançado por meio da associação de plantas em Sistemas Agroflorestais (SAFs), consórcios com plantas aromáticas, manutenção de plantas espontâneas, barreiras vegetais entre talhões de cultivo, manutenção de hábitats com diferentes usos dentro da propriedade como áreas de pousio, presença de áreas de

vegetação nativa próximas à propriedade e pela implementação da propriedade dentro de paisagens diversificadas.

Contudo, é importante ressaltar que a diversificação por si só não é garantia de provisão do serviço de controle biológico. Isso demanda o conhecimento das interações ecológicas entre inimigos naturais, presas, recursos suplementares e alternativos, hábitats e práticas culturais. A aplicação desse conhecimento poderá minimizar a ocorrência de interações negativas como competição e predação intraguilda, ao mesmo tempo em que interações positivas, como uso complementar de recursos, serão favorecidas. Portanto, as estratégias para favorecimento e atuação da agrobiodiversidade na lavoura dependem de uma diversificação funcional, onde interações-chave podem ser manipuladas para favorecer o controle das pragas.

Neste artigo, serão apresentadas estratégias para o manejo da agrobiodiversidade em sistemas agrícolas, visando ao manejo ecológico de pragas.

SISTEMAS AGROFLORESTAIS

Os policultivos que consorciavam cultivos agrícolas e espécies arbóreas são denominados SAFs. Nos SAFs, a incidência e os danos causados pelas pragas são reduzidos, principalmente por incrementar a popula-

ção de inimigos naturais, por aumentar a dificuldade de encontro das culturas pelas pragas, pela moderação do microclima e pelo aumento da água e nutrientes no solo (PUMARIÑO *et al.*, 2015). Geralmente, as árvores que compõem um SAF são selecionadas por critérios que se baseiam na compatibilidade entre os cultivos, na produção de biomassa, na facilidade de manejo e na diversificação da produção com espécies da flora nativa da região (SOUZA *et al.*, 2010). Outro critério importante que deve ser incorporado é a escolha de plantas com características que favoreçam o controle biológico de pragas (VENZON *et al.*, 2015).

Árvores com nectários extraflorais, que são estruturas secretoras de néctar encontradas em diversas partes da planta fora das flores, e que liberam néctar constantemente, podem ser selecionadas para inclusão nos SAFs. Esse néctar extrafloral é utilizado por predadores, parasitoides e polinizadores (REZENDE *et al.*, 2014). O ingá (*Inga* spp.) e o fedegoso (*Senna* spp.) podem ser utilizados em SAFs de cultivo de café. Essas árvores possuem nectários extraflorais que oferecem constantemente alimento alternativo para os inimigos naturais das pragas do café (REZENDE *et al.*, 2014) (Fig. 1). Além disso, o ingá hospeda predadores onívoros, como os tripses da fa-

Figura 1 - Nectários de árvores de ingá



Maira Queiroz Rezende

mília Phlaeothripidae (Fig. 2), que predam a broca-do-café (PANTOJA, 2018).

Os SAFs também podem ser intercalados com talhões de plantio de hortaliças de modo que os talhões de cultivo ficam divididos por linhas de SAF. Alternativamente ou associado às linhas de SAF, é possível manter “ilhas” de SAF em áreas que não estão sendo utilizadas para o plantio (Fig. 3). Em épocas de entressafra das hortaliças, os inimigos naturais tendem a migrar das áreas de plantio para as de agroflorestas, onde mantêm suas populações reduzidas. Por ocasião de um novo plantio, os inimigos naturais tendem a recolonizar as novas áreas cultivadas e aumentam suas populações em resposta à colonização por insetos herbívoros, evitando que estes alcancem o status de praga (HARTERREITEN-SOUZA *et al.*, 2014). Portanto, os SAFs, quando dispostos principalmente ao lado dos cultivos de hortaliças, podem servir como abrigo para várias espécies de inimigos naturais, mas não para insetos-praga.

CONSÓRCIO COM PLANTAS AROMÁTICAS

As plantas aromáticas produzem e liberam espontaneamente compostos orgânicos que podem apresentar efeito repelente, deterrente ou tóxico aos herbívoros (BATISTA *et al.*, 2017). Podem também atrair parasitoides e predadores generalistas capazes de controlar as populações de herbívoros, prover recursos alimentares a estes organismos benéficos e fornecer abrigo, local de oviposição e presas alternativas (TOGNI *et al.*, 2016). Em associação com culturas de alta suscetibilidade ao ataque de herbívoros, as plantas aromáticas podem beneficiar tais culturas por meio de resistência associativa.

O manjericão (*Ocimum basilicum*) atrai inimigos naturais, tanto durante a fase vegetativa quanto durante a floração (BATISTA *et al.*, 2017). Suas flores podem ser usadas por predadores como fonte de alimento alternativo e por polinizadores (PEREIRA *et al.*, 2015; BATISTA *et al.*, 2017). Além disso, o manjericão é

Figura 2 - Tripes *Trybomia* sp. predando larva da broca-do-café



Maira Queiroz Rezende

Figura 3 - Sistema Agroflorestal (SAF) em área de hortaliças



Pedro Henrique Brum Togni

repelente de pragas, fato já demonstrado para pragas de solanáceas (BRITO, 2018). Adequando-se a época de plantio do manjericão com as de hortaliças, pode-se incrementar a população de inimigos naturais presentes nas áreas de cultivos e repelir as pragas antes que a população destas se estabeleça.

Outro exemplo de sucesso com as plantas aromáticas é o consórcio de tomate e

coentro (*Coriandrum sativum*). O coentro atrai predadores generalistas e parasitoides da mosca-branca e da traça-do-tomateiro antes de florir. A quantidade desses insetos benéficos pode ser de duas vezes e meia a três vezes maior, quando o coentro está florido (MEDEIROS *et al.*, 2009; TOGNI *et al.*, 2009). Predadores como as joaninhas *Cycloneda sanguinea*, *Hippodamia convergens* e o crisopídeo *Chrysoperla*

externa são capazes de se alimentar do pólen e do néctar do coentro (TOGNI *et al.*, 2016; ANDRADE *et al.*, 2018) (Fig. 4). Os voláteis produzidos pelo coentro, mesmo em estágio vegetativo, aumentam a atratividade de predadores generalistas como *C. sanguinea* para tomateiros infestados com pulgões nas proximidades (TOGNI *et al.*, 2016) e, ao mesmo tempo, servem como sítio de oviposição para várias espécies de joaninhas (RESENDE *et al.*, 2010). Além de não comprometer a produtividade dos tomateiros (MAROUELLI *et al.*, 2011), o coentro ainda provê renda extra ao agricultor e aumenta a eficiência de uso da terra (MEDEIROS *et al.*, 2011).

A associação de coentro, manjerição ou ambos com a pimenta-malagueta reduziu o número de frutos atacados por insetos broqueadores, quando comparado ao monocultivo da pimenta, não interferindo na produtividade (BRITO, 2018) (Fig. 5). Além disso, essas três plantas podem ser comercializadas juntas, aumentando a rentabilidade do cultivo.

A erva-baleeira (*Varronia curassavica*), também conhecida como cordia, é uma planta arbustiva aromática, perene, nativa do Brasil e que apresenta propriedades medicinais (HOELTGEBAUM *et al.*, 2018). No seu óleo essencial, são encontrados compostos envolvidos na defesa induzida indireta das plantas, por meio da atração de inimigos naturais, e compostos presentes de forma constitutiva, ou seja, poucos estímulos são necessários para a liberação e conseqüente volatilização desses compostos, que também podem atuar na atração ou repelência dos herbívoros. As inflorescências da erva-baleeira são atrativas e fornecem pólen e néctar para uma grande diversidade de artrópodes, predadores e polinizadores (MARTINS, 2017). Desses, destacam-se pela abundância as formigas predadoras e as vespas, as quais se alimentam dos frutos da erva-baleeira (Fig. 6). Esses recursos alimentares são garantidos ao longo do ano, pelo fato de a erva-baleeira não ser domesticada e estar constantemente em florescimento, e garan-

Figura 4 - Joaninha *Cycloneda sanguinea* alimentando-se na flor do coentro



Paula R. Sicsú

Figura 5 - Plantio de pimenta consorciado com manjerição



Edna Antonia da Silva Brito

te a presença frequente de insetos benéficos, fazendo com que a erva-baleeira seja uma planta indicada para a diversificação dos plantios, provendo múltiplos serviços ecossistêmicos.

MANEJO DE PLANTAS ESPONTÂNEAS

As plantas espontâneas podem ser mantidas em áreas não cultivadas próximas aos cultivos, ao redor dos plantios e

nas suas entrelinhas. Seu manejo pode ser facilmente implantado em Sistemas Agroecológicos, por não ser necessária a aquisição de sementes e a introdução de plantas diferentes da realidade dos agricultores. Para evitar a competição entre o cultivo e as plantas espontâneas, recomenda-se impedir a associação das plantas no período crítico da cultura (geralmente no primeiro terço de desenvolvimento), permitir o crescimento em faixas alternadas com plantas espontâneas ou promover o espaçamento maior nas entrelinhas da cultura principal (Fig.7). Quando se conhece as plantas espontâneas que são mais atrativas aos inimigos naturais-chave, é fundamental realizar a capina seletiva para aumentar a efetividade do controle biológico. Algumas plantas espontâneas podem também abrigar artrópodes indesejáveis. Nesse caso, recomenda-se monitorar principalmente no período da entressafra e realizar o controle das possíveis plantas hospedeiras de artrópodes fitófagos.

Em experimentos realizados na EPAMIG Sudeste - Campo Experimental do Vale do Piranga (CEVP), em Oratórios, verificou-se que a manutenção de plantas espontâneas aumentou a abundância de besouros predadores (Carabidae), no solo de cultivos de pimenta-malagueta. De acordo com Perez *et al.* (2018), o incremento da diversidade local com essas plantas aumenta a diversidade e a abundância de invertebrados que podem representar recursos alimentares para os besouros carabídeos, como uma alternativa às espécies pragas associadas com os cultivos. Além disso, as sementes provenientes das plantas espontâneas representam recurso alimentar alternativo para muitas espécies de carabídeos granívoros, garantindo um recurso alimentar complementar. As plantas espontâneas também fornecem locais de refúgio para estes besouros predadores, aumentando a sua persistência dentro do agroecossistema.

Outro grupo, que é influenciado positivamente pela presença de plantas espontâneas, é o das aranhas, importantes

Figura 6 - Vespa alimentando-se de fruto da erva-baleeira



Eliem Fialho Martins

Figura 7 - Manutenção de faixa de vegetação espontânea em horta



Madelaine Venzon

predadores de diversas pragas agrícolas (AMARAL *et al.*, 2016). As plantas espontâneas aumentaram a abundância total de aracnídeos dentro de áreas cultivadas de pimenta, bem como provocaram redução no ataque de pulgões nas plantas de pimenta. As aranhas utilizam as plantas espontâneas como substrato para construção de teias, usam suas inflorescências como local de captura de presas e alimentam-se do

pólen o do néctar. Uma planta espontânea abundante nas áreas de cultivo e que abriga grande número de aranhas é o mentrasto (*Ageratum conizoides*). Além das aranhas, essa planta abriga diversos predadores. Seu pólen e néctar são usados por joaninhas para complementar a dieta de presa de baixa qualidade (Fig. 8A e 8B). Para os crisopídeos, em períodos de escassez de presas em pomares, a presença do mentrasto nas

Figura 8 - Joaninha alimentando-se em flores de mentrasto



Nota: A - *Cycloneda sanguinea*; B - *Eriopis connexa*.

entrelinhas aumenta a população de parasitoides das famílias Trichogrammatidae, Ichneumonidae e Braconidae e reduz a densidade populacional de lepidópteros pragas (SONG *et al.*, 2014).

Percevejos predadores (*Podisus nigrispinus*) sobrevivem na ausência de presas, mas na presença de mentrasto e de picão-preto (*Bidens pilosa*) (EVANGELISTA JÚNIOR *et al.*, 2004), outra planta espontânea comum nas áreas de cultivos. As inflorescências do picão-preto fornecem pólen e néctar para predadores, como joaninhas e crisopídeos (SALGADO DIAZ, 2014; FONSECA *et al.*, 2017). O picão-preto hospeda pulgões, que não atacam os cultivos principais, mas que servem de presas alternativas para predadores, e de hospedeiros para parasitoides de pulgões que atacam as plantas cultivadas. A presença de plantas de picão aumenta a atração de joaninhas para plantas de tomate infestadas com pulgões, quando comparado somente com tomate (FONSECA *et al.*, 2017).

MANEJO DE PLANTAS DE COBERTURA

Os adubos verdes, muito utilizados em cultivos agroecológicos para melhoria das características químicas, físicas

e biológicas do solo, podem também contribuir para a redução da incidência de pragas. O guandu (*Cajanus cajan*) e a crotalária (*Crotalaria* spp.), leguminosas utilizadas como adubos verdes, produzem pólen nutricionalmente adequado ao predador generalista *C. externa* (Neuroptera: Chrysopidae), o qual ocorre em diversos agroecossistemas (VENZON *et al.*, 2006). Em sistemas orgânicos de produção de café, o uso de adubos verdes plantados nas entrelinhas aumentou a taxa de ataque de vespas predadoras em minas do bichomineiro-do-cafeeiro (AMARAL *et al.*, 2010). Nesse estudo, a taxa de predação aumentou com o acréscimo no número de espécies de adubos verdes e plantas espontâneas, indicando a importância na diversidade de plantas, para a garantia de recursos alimentares diferentes que possam atrair inimigos naturais.

Outra planta que pode ser utilizada para cobertura verde é o trigo mourisco (*Fagopyrum esculentum*). É utilizado como adubo verde para a regeneração de solos esgotados. Possui um período de floração de, aproximadamente, 40 dias, e suas flores são exploradas como fonte de recursos para diversos inimigos naturais e por polinizadores. Quando implantado

nas entrelinhas do cafeeiro, pode fornecer alimento alternativo para predadores e parasitoides, inimigos naturais do bichomineiro, uma das pragas mais importantes da cultura (ROSADO, 2007) (Fig. 9).

MANEJO ALÉM DA ÁREA CULTIVADA

O manejo além da área cultivada é outra estratégia eficiente dentre as citadas. As propriedades agrícolas geralmente são formadas por um conjunto variável de habitats que incluem além dos diferentes tipos de cultivos (herbáceas anuais como hortaliças e grãos, perenes como frutíferas e outras arbóreas, semiperenes como pastagens e agroflorestas), vegetação nativa (como áreas de proteção permanente, reserva legal, reserva particular), áreas de pousio, áreas de transição (barreiras internas e externas), entre outras. Todos esses habitats variam em relação à estratificação da vegetação, composição de espécies vegetais, diversidade estrutural e frequência e intensidade de manejo.

As áreas de cultivo, principalmente aquelas de espécies herbáceas e com cultivos anuais, apresentam alta instabilidade por causa da elevada rotatividade de espécies em resposta à perturbação resultante do manejo agrônomico da área e dos ciclos

Figura 9 - Trigo mourisco nas entrelinhas de plantio de café



Maria da Consolação Rosado

de colheita e plantio. Assim, habitats menos perturbados e mais estáveis, dentro e ao redor da propriedade, contribuem para a conservação e a resiliência da comunidade local de insetos, colaborando para o provimento de serviços ecossistêmicos como o controle biológico. No entanto, na seleção e na composição das espécies desses habitats é essencial que estas sejam funcionais para o controle biológico. Estudos prévios têm demonstrado que ambientes mais abertos, como áreas de pousio e de transição entre a vegetação nativa florestada e os plantios, apresentam maior similaridade da fauna de inimigos naturais em comparação com aquelas formações vegetacionais mais fechadas, como matas e florestas. Dessa forma, a manutenção e o manejo dessas áreas são essenciais, para que sirvam como fonte para inimigos naturais, pelas características de dreno das áreas cultivadas para estes insetos. Isso aumenta a diversidade regional de espécies que podem atuar como potenciais colonizadores de uma cultura (MEDEIROS *et al.*, 2018).

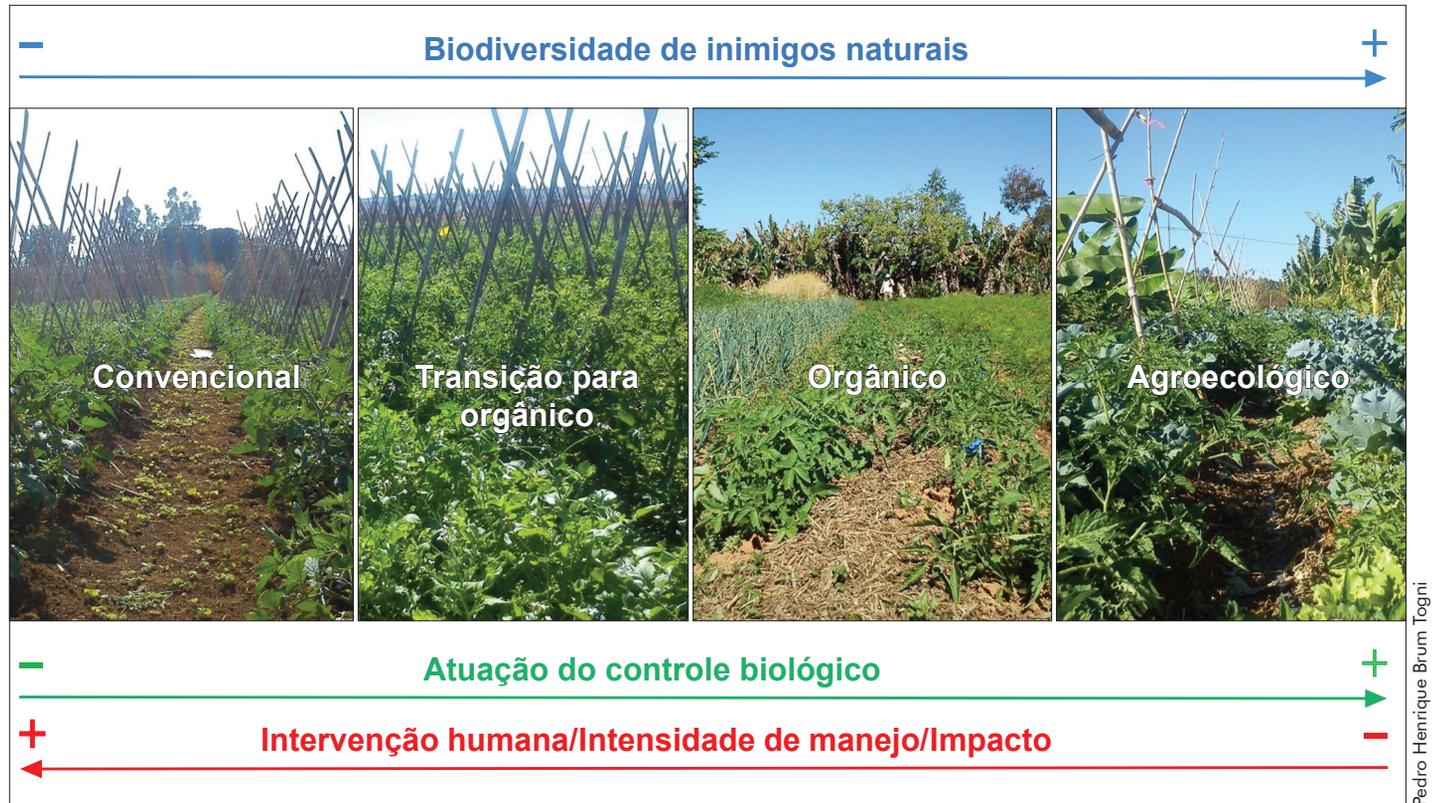
Contudo, os cultivos agrícolas e os habitats adjacentes devem prover recursos e condições, para que as espécies sejam

capazes de colonizar os cultivos e realizar o serviço de controle biológico de pragas específicas. Em experimento recente foi avaliado como o aumento da diversidade dos habitats dentro da propriedade e a redução da aplicação de produtos inseticidas (sintéticos ou não) podem contribuir para o controle da mosca-branca (TOGNI *et al.*, 2018). Foram amostradas 33 fazendas produtoras de tomate no Distrito Federal (DF) com diferentes tipos de manejo. As propriedades amostradas eram compostas por fazendas convencionais (monoculturas e constante aplicação de inseticidas químicos), fazendas em transição para a agricultura orgânica (baixa diversidade de habitats que eram majoritariamente áreas de cultivo e constante aplicação de inseticidas botânicos e caldas fitoprotetoras), fazendas orgânicas (talhões de cultivo em policultura ou consórcio de culturas, presença de barreiras de vegetação, mata preservada e aplicação de inseticidas botânicos e caldas fitoprotetoras, apenas quando necessário) e fazendas agroecológicas (alta diversidade de habitats dentro e ao redor dos cultivos, presença de SAFs e corredores de vegetação e controle natural de pragas).

Nessas propriedades, a infestação de adultos de mosca-branca foi similar, mas quanto maior a diversidade da fazenda e menor o uso de inseticidas, maior era a conservação de espécies de inimigos naturais da mosca-branca (TOGNI *et al.*, 2018). Com exceção das fazendas convencionais, a predação foi considerada o fator-chave de mortalidade das ninfas de mosca-branca. O parasitismo das ninfas da praga foi negligenciável em sistemas convencionais, baixo em fazendas na transição para orgânico e semelhante em fazendas orgânicas e agroecológicas. A importância dos patógenos na mortalidade das ninfas aumentou significativamente, na medida em que aumentava a diversidade da fazenda e era reduzida a aplicação de produtos fitossanitários. Portanto, a importância de diferentes componentes da biodiversidade na provisão do controle biológico aumenta na medida em que a biodiversidade é conservada e favorecida na propriedade (TOGNI *et al.*, 2018) (Fig. 10). Isso fica ainda mais claro porque foi verificado que quanto maior a diversidade e a abundância de inimigos naturais, maior era o controle biológico das ninfas de mosca-branca.

Esses resultados demonstram claramente que os inseticidas possuem um papel deletério na conservação da biodiversidade e na provisão dos serviços ecossistêmicos associados. Além disso, considerando que a taxa de infestação de adultos é semelhante entre as propriedades, a taxa de recrutamento das ninfas é afetada por diferentes fatores. Enquanto em sistemas convencionais isso é afetado pelos inseticidas, nas propriedades agroecológicas isso é realizado pela biodiversidade. Portanto, a provisão do serviço ecossistêmico de controle biológico depende do capital humano e do capital natural. Quanto mais o capital natural é degradado pela ação humana, maior será a necessidade tanto de compensação do serviço provido pela biodiversidade quanto de intervenção humana no sistema. A busca por um equilíbrio entre conservação da biodiversidade, provisão de serviços ecossistêmicos e produção

Figura 10 - Representação esquemática de diferentes tipos de sistema de manejo



Nota: Diferentes tipos de sistema de manejo afetam a conservação da biodiversidade de inimigos naturais e controle biológico de pragas. Sistemas com menor intensidade de manejo e menor impacto local possuem maior atuação do controle biológico, por causa da conservação da biodiversidade.

de alimentos só poderá ser possível se todos esses fatores forem considerados em conjunto.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Problemas relacionados com as pragas em cultivos agrícolas são causados basicamente pela interferência direta ou indireta nas interações ecológicas que foram moldadas e estabelecidas por milhares de anos na natureza. Por isso, qualquer sistema agrícola pode ser considerado uma perturbação ecológica, que favorece principalmente insetos fitófagos. Por outro lado, existem formas de diminuir esses impactos e favorecer interações ecológicas específicas por meio da conservação e do uso da agrobiodiversidade. Foram relatadas algumas dessas técnicas já em uso pelos agricultores em diferentes regiões do País. A utilização e o incremento dessas estratégias foram possíveis graças à inte-

ração entre pesquisadores, extensionistas, produtores e sociedade.

A compreensão da importância e utilidade da biodiversidade nos sistemas agrícolas por todos esses atores é fundamental para a construção de uma agricultura sustentável a longo prazo. Dada a dimensão e a importância do Brasil no agronegócio mundial e o fato de ser o País mais biodiverso do mundo, é possível afirmar que existe uma oportunidade de inovação, na qual o Brasil pode-se tornar um dos protagonistas mundiais em favor da agrobiodiversidade para o manejo de pragas. Essa é uma demanda cada vez mais eminente dos mercados nacional e internacional que favorecerá a compatibilização da produção de alimentos com a conservação e o uso da biodiversidade.

AGRADECIMENTO

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig), ao

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pelo financiamento das pesquisas e concessão de bolsas aos autores. Aos agricultores e às agricultoras que participaram das pesquisas, pelo apoio e contribuição.

REFERÊNCIAS

- AMARAL, D.S. *et al.* Diversificação da vegetação reduz o ataque do bicho-mineiro-do-cafeeiro *Leucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville) (Lepidoptera: Lyonetiidae). **Neotropical Entomology**, v.39, n.4, p.543-548, jul./ago. 2010.
- AMARAL, D.S.S.L. *et al.* Non-crop plant communities conserve spider populations in chili pepper agroecosystems. **Biological Control**, v.103, p.69-77, Dec. 2016.
- ANDRADE, K.A. *et al.* Pollen ingestion by *Chrysoperla externa* (Hagen) adults in a di-

- versified organic Agroecosystem. **Neotropical Entomology**, v.47, n.1, p.118-130, Feb. 2018.
- BATISTA, M.C. *et al.* Basil (*Ocimum basilicum* L.) attracts and benefits the green lacewing *Ceraeochrysa cubana* Hagen. **Biological Control**, v.110, p.98-106, July 2017.
- BRITO, E.A. da S. **Consórcio de plantas aromáticas com pimenta malagueta (*Capsicum frutescens*) como estratégia de manejo de pragas**. 2018. 25p. Dissertação (Mestrado em Defesa Sanitária Vegetal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2018.
- EVANGELISTA JÚNIOR, W.S. *et al.* Fitofagia de *Podisus nigrispinus* em algodoeiro e plantas daninhas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.5, p.413-420, maio 2004.
- FONSECA, M.M. *et al.* Non-crop plant to attract and conserve an aphid predator (Coleoptera: Coccinellidae) in tomato. **Biological Control**, v.115, p.129-134, Dec. 2017.
- HARTERREITEN-SOUZA, E.S. *et al.* The role of integrating agroforestry and vegetable planting in structuring communities of herbivorous insects and their natural enemies in the neotropical region. **Agroforest Systems**, v.88, n.2, p.205-219, Apr. 2014.
- HOELTGEBAUM, M.P. *et al.* Reproductive biology of *Varronia curassavica* Jacq. (Boraginaceae). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v.90, n.1, p.59-71, mar. 2018.
- MAROUELLI, W.A. *et al.* Produção de tomateiro orgânico irrigado por aspersão e gotejamento, em cultivo solteiro e consorciado com coentro. **Horticultura Brasileira**, v.29, n.3, p.429-434, jul./set. 2011.
- MARTINS, E.F. **Interações ecológicas da erva-baleeira (*Varronia curassavica* Jacq.) e seus artrópodes visitantes**. 2017. 48p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2017.
- MEDEIROS H.R. *et al.* Non-crop habitats modulate alpha and beta diversity of flower flies (Diptera, Syrphidae) in Brazilian agricultural landscapes. **Biodiversity and Conservation**, v. 27, n.6, p.1309-1326, May 2018.
- MEDEIROS, M.A. de *et al.* Padrão de oviposição e tabela de vida da traça-do-tomateiro *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera, Gelechiidae). **Revista Brasileira de Entomologia**, São Paulo, v.53, n.3, p.452-456, 2009.
- MEDEIROS, M.A. de *et al.* **Princípios e práticas ecológicas para o manejo de inseto-praga na agricultura**. Brasília: EMATER-DF, 2011. 42p.
- PANTOJA, G.M. **Artrópodes predadores da broca-do-café associados ao ingá**. 2018. 57p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2018.
- PEREIRA, A.L.C. *et al.* The management of bee communities by intercropping with flowering basil (*Ocimum basilicum*) enhances pollination and yield of bell pepper (*Capsicum annuum*). **Journal of Insect Conservation**, v.19, n.3, p.479-486, June 2015.
- PEREZ, A.L. *et al.* Plantas espontâneas incrementam a população de besouros predadores de solo em cultivos de pimenta-malagueta. **Cadernos de Agroecologia**, v.13, n.1, jul. 2018. Anais do VI Congresso Latino-Americano de Agroecologia; X Congresso Brasileiro de Agroecologia e V Seminário de Agroecologia do Distrito Federal e Entorno.
- PUMARIÑO, L. *et al.* Effects of agroforestry on pest, disease and weed control: a meta-analysis. **Basic and Applied Ecology**, v.16, n.7, p. 573-582, 2015.
- RESENDE, A.L.S. *et al.* Consórcio couve-coentro em cultivo orgânico e sua influência nas populações de joaninhas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.28, n.1, p.41-46, jan./mar. 2010.
- REZENDE, M.Q. *et al.* Extrafloral nectaries of associated trees can enhance natural pest control. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v.188, p.198-203, Apr. 2014.
- ROSADO, M.C. **Plantas favoráveis a agentes de controle biológico**. 2007. 59f. Dissertação (Mestrado em Entomologia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- SALGADO DIAZ, N.S. **Plantas espontâneas favorecem crisopídeos em plantio de pimenta malagueta**. 2014. 59p. Dissertação (Mestrado em Entomologia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2014.
- SONG, B. *et al.* Combining repellent and attractive aromatic plants to enhance biological control of three tortricid species (Lepidoptera: Tortricidae) in an apple orchard. **Florida Entomologist**, v.97, n.4, p.1679-1689, Dec. 2014.
- SOUZA, H.N. *et al.* Selection of native trees for intercropping with coffee in the Atlantic rainforest biome. **Agroforestry Systems**, v.80, n.1, p.1-16, Sept. 2010.
- SUJII, E.R. *et al.* Práticas culturais no manejo de pragas na agricultura orgânica. In: VENZON, M.; PAULA JÚNIOR, T.J. de; PALLINI, A. (Coord.). **Controle alternativo de pragas e doenças na agricultura orgânica**. Viçosa, MG: EPAMIG, 2010. p.143-168.
- TOGNI, P.H.B. *et al.* Biodiversity provides whitefly biological control based on farm management. **Journal of Pest Science**, v.92, n.2, p.393-403, Mar. 2018.
- TOGNI, P.H.B. *et al.* Conservação de inimigos naturais (Insecta) em tomateiro orgânico. **Arquivos do Instituto Biológico**, v.77, n.4, p. 669-676, Jan. 2010.
- TOGNI, P.H.B. *et al.* Dinâmica populacional de *Bemisia tabaci* biótipo B em tomate monocultivo e consorciado com coentro sob cultivo orgânico e convencional. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.27, n.2, p.183-188, abr./jun. 2009.
- TOGNI, P.H.B. *et al.* Mechanisms underlying the innate attraction of an *Aphidophagous coccinellid* to coriander plants: implications for conservation biological control. **Biological Control**, v.92, p.77-84, Jan. 2016.
- VENZON, M. *et al.* Manejo agroecológico de pragas. **Informe Agropecuário**. Agricultura orgânica e agroecologia, Belo Horizonte, v.36, n.287, p.19-30, 2015.
- VENZON, M. *et al.* Suitability of leguminous cover crop pollens as food source for the green lacewing *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v.35, n.3, p.371-376, May/June 2006.

Produtos derivados de plantas para o controle de pragas e doenças

Maira Christina Marques Fonseca¹, Madelaine Venzon², Pedro Henrique Brum Togni³, Wânia dos Santos Neves⁴, Rosana Gonçalves Rodrigues-das-Dôres⁵, Trazilbo José de Paula Júnior⁶

Resumo - Produtos derivados de plantas para o controle de pragas e doenças têm sido amplamente discutidos e pesquisados, especialmente em razão das consequências negativas do modelo convencional de agricultura, para o meio ambiente e para a saúde humana. Dentre as estratégias disponíveis, em substituição aos inseticidas e fungicidas, destacam-se componentes bioativos vegetais presentes em espécies medicinais e aromáticas, os quais podem ser utilizados em todos os sistemas de produção de alimentos. Óleos essenciais, extratos vegetais e formulações contendo outros metabólitos secundários extraídos de plantas são ferramentas de grande valor que contribuem para a garantia da segurança alimentar e da sustentabilidade dos sistemas de produção de alimentos.

Palavras-chave: Composto vegetal bioativo. Formulação. Legislação. Manejo fitossanitário.

Plant derivate products to control pests and plant diseases

Abstract - The use of products derived from plants for controlling pests and plant diseases has been discussed, especially because of the negative consequences of the conventional agriculture model on the environment and human health. Among the strategies available to replace insecticides and fungicides, we highlight the use of bioactive plant components present in medicinal and aromatic plant species, which can be used in all food production systems. The use of essential oils, plant extracts and formulations containing other secondary metabolites extracted from plants, is a valuable tool that contributes to the guarantee of food safety and the sustainability of food production systems.

Keywords: Bioactive plant compounds. Formulation. Legislation. Phytosanitary management.

INTRODUÇÃO

Um dos principais desafios da produção mundial de alimentos está relacionado com os danos econômicos atribuídos à incidência de pragas e patógenos nas áreas de cultivo. Esses organismos podem causar danos diretos ou indiretos, tanto em pequenas lavouras quanto em áreas extensas de cultivo. Por esta razão, há constante desenvolvimento de produtos químicos sintéticos que visam à mortali-

dade de seus alvos biológicos. Além disso, o uso frequente desses produtos resulta na resistência de pragas e de patógenos aos diferentes princípios ativos, tornando esse modelo insustentável a longo prazo. Outro fator preocupante é que muitos desses produtos apresentam sérios riscos à saúde humana, além de impactos ambientais (ONU, 2017).

Em razão desses problemas, as Nações Unidas publicaram, recentemente, um do-

cumento especial que indica que o uso de agrotóxicos, além de infringir os direitos humanos a uma alimentação saudável e a um meio ambiente equilibrado, é também uma das principais causas de perda de biodiversidade no mundo (ONU, 2017). Esse documento aponta que existem alternativas viáveis para sanar esses problemas. Uma destas é construir um modelo de agricultura sustentável, tais como a adoção de práticas e sistemas agroecológicos que

¹Eng. Agrônoma, D.Sc., Pesq. EPAMIG Sudeste, Viçosa, MG, maira@epamig.br

²Eng. Agrônoma, Ph.D., Pesq. EPAMIG Sudeste/Bolsista CNPq, Viçosa, MG, venzon@epamig.br

³Biólogo, D.Sc., Prof. Adj. UnB - Depto. Ecologia, Brasília, DF, pedrotogni@unb.br

⁴Eng. Agrônoma, D.Sc., Pesq. EPAMIG Sudeste, Viçosa, MG, wanianeves@epamig.br

⁵Farmacêutica, Ph.D., Pesq. UFOP, Ouro Preto, MG, plantasmed@ufop.br

⁶Eng. Agrônomo, Ph.D., Pesq. EPAMIG Sede/Bolsista CNPq, Belo Horizonte, MG, trazilbo@epamig.br

priorizem o uso de interações ecológicas e de produtos derivados de plantas, em substituição aos produtos sintéticos. Na legislação brasileira, sistemas agroecológicos podem ser incluídos na categoria de sistemas orgânicos, desde que atendam aos requisitos estabelecidos para certificação como tal e de acordo com a Lei nº 10.831, de 23/12/2003 (BRASIL, 2003). É uma grande oportunidade para que as mudanças no processo de produção de alimentos sejam amparadas pela legislação vigente e pelas políticas públicas. Neste contexto, a pesquisa científica, relacionada com o uso de produtos naturais no manejo de pragas e doenças, tem um papel fundamental na geração de tecnologias de baixo impacto ambiental, o que contribui para a garantia da segurança alimentar, da saúde do produtor e do consumidor final, além da preservação da biodiversidade.

No manejo de pragas e doenças em sistemas orgânicos agroecológicos, são priorizadas estratégias preventivas. Inicialmente, deve-se planejar o desenho da propriedade de modo que sejam favorecidos os processos naturais e a atuação da biodiversidade local. Isso pode ser realizado pelo incremento da diversidade de plantas em diferentes escalas e pelo uso de estratégias como Sistemas Agroflorestais (SAFs), consórcio de culturas, barreiras de vegetação, conservação da vegetação nativa e manutenção de áreas de pousio (SUJII *et al.*, 2010; TOGNI *et al.* 2019). Entretanto, em algumas situações, como no processo de transição agroecológica, as estratégias preventivas podem não ser suficientes para conter possíveis surtos populacionais. Nesse caso, utilizam-se insumos alternativos, como por exemplo os extratos vegetais. Sabe-se que as plantas, ao longo de sua evolução, desenvolvem defesa química contra pragas e fitopatógenos por meio da síntese de metabólitos secundários. Assim, os inseticidas botânicos são considerados produtos derivados de plantas ou de suas partes, incluindo o material vegetal moído e os produtos derivados por extração.

De acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

(MAPA), o uso de extratos de plantas, assim como de outros compostos bioativos extraídos de vegetais, é permitido pela legislação vigente. Esses produtos podem ser aplicados em partes comestíveis, desde que amparados por estudos e por pesquisas que comprovem a ausência de danos à saúde humana. Assim, essa estratégia deve ser utilizada com cautela, de acordo com as recomendações específicas de uso de cada extrato botânico ou de produtos elaborados com seus metabólitos, com o objetivo de evitar impactos na biodiversidade e no meio ambiente.

Neste artigo estão registrados alguns produtos derivados de plantas que têm demonstrado eficiência no controle de pragas e doenças em áreas de cultivo, além de algumas limitações e cuidados de uso de alguns produtos, de acordo com a legislação vigente.

LEGISLAÇÃO VIGENTE E REGISTRO DE PRODUTOS

A Instrução Normativa nº 46, de 6/10/2011 (BRASIL, 2011), alterada pela Instrução Normativa nº 17, de 18/6/2014 (BRASIL, 2014) e pela Instrução Normativa nº 35, de 11/9/2017 (BRASIL, 2017b) dispõe e atualiza constantemente uma lista de substâncias e insumos que podem ser utilizados em sistemas orgânicos de produção, inclusive para o manejo de pragas – Anexos VII e VIII da Instrução Normativa nº 17, de 18/6/2014 (BRASIL, 2014). Nessa lista são apresentadas as formas permitidas de uso de cada substância, bem como suas limitações. Extratos vegetais e outros derivados de plantas utilizadas na alimentação humana podem ser aplicados livremente em partes comestíveis das plantas cultivadas. Entretanto, tais produtos, caso não sejam utilizados na alimentação humana, só poderão ser aplicados em partes comestíveis de plantas cultivadas mediante estudos prévios que comprovem a inocuidade à saúde humana e aprovação pelos Organismos de Avaliação da Conformidade Orgânica (OAC) ou Organização de Controle Social (OCS). Os extratos de fumo, piretro, rotenona e nim, para uso em

qualquer parte da planta, deverão ser autorizados pela OAC ou OCS, sendo proibido o uso da nicotina pura.

De acordo com o disposto na Lei nº 10.831, de 23/12/2003 (BRASIL, 2003), que posteriormente foi regulamentada pelo Decreto nº 6.323, de 27/12/2007 (BRASIL, 2007), os insumos utilizados na agricultura orgânica devem ser objeto de registro diferenciado que garanta a simplificação, priorização e agilidade no processo de registro. Para tanto, existem mecanismos próprios de regulamentação de produtos comerciais especificamente para o manejo de pragas e doenças em sistemas orgânicos de produção. Esses produtos devem ser registrados a partir do estabelecimento de especificações de referência para cada tipo de produto. Essas especificações são estabelecidas pelo MAPA, em conjunto com a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) e o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama). Resumidamente, são avaliadas as características de cada produto, suas interações no local de liberação, eficiência agrônômica, impacto ao meio ambiente e à vida silvestre, impacto a organismos não alvo e potenciais riscos à saúde humana, além de informações quanto à viabilidade de produção desses produtos e parâmetros de controle de qualidade. A partir dessas características são elaboradas as indicações e formas de uso, os alvos biológicos e as culturas que permitem determinado produto. Tais informações podem ser obtidas a partir de dados disponíveis na literatura técnico-científica, o que reduz o custo de registro dos produtos. É muito importante que produtores, técnicos, extensionistas e pesquisadores estejam atentos à legislação vigente e às suas atualizações, para que as recomendações e o uso dos produtos comerciais sejam feitos de forma adequada.

USO DE PRODUTOS NATURAIS REGISTRADOS PARA O CONTROLE DE PRAGAS E DOENÇAS

Espécies vegetais e componentes bioativos mais utilizados e pesquisados no

controle de pragas e de doenças, tais como nim, rotenona e piretro, estão descritos a seguir.

Nim

O nim (*Azadirachta indica*) é uma espécie arbórea da qual se extrai a azadiractina, componente ativo que possui efeitos tóxicos sobre insetos e fitopatógenos. Cerca de 400 espécies de insetos e ácaros são suscetíveis a diferentes concentrações e formulações de produtos à base de nim (SINGH *et al.*, 2008). As azadiractinas têm ação sistêmica e apresentam largo espectro de ação contra insetos desfolhadores, pragas de grãos armazenados e alguns fitopatógenos. Outras vantagens são: ausência de resistência pelas populações de insetos, em razão da mistura de compostos bioativos; baixa toxicidade a mamíferos; ausência de resíduos tóxicos nos alimentos; disponibilidade de matéria-prima, uma vez que a árvore de nim pode ser cultivada em solos pobres, é resistente à seca e sua madeira pode ser explorada comercialmente (SINGH *et al.*, 2008). O uso do nim deve seguir recomendações técnicas, levando-se em consideração a eficiência, seletividade

aos inimigos naturais, impacto sobre o meio ambiente e a fitotoxicidade.

O modo de ação dos produtos à base de nim sobre os insetos é diferente da maioria dos inseticidas convencionais, pois não causam a morte imediata das espécies-alvo. A azadiractina, além de outros componentes bioativos extraídos do nim, como nimbina e salanina, é forte deterrente alimentar e promove redução dos movimentos das paredes do intestino, resultando na morte do inseto por inanição (SINGH *et al.*, 2008). A azadiractina também atua no sistema hormonal dos insetos, bloqueando a liberação dos hormônios responsáveis pela biossíntese da ecdise, impedindo as etapas normais da troca de muda. Além disso, podem inibir a maturação dos ovos dos insetos e afetar a reprodução, interferindo na síntese e captação de vitelogenina, proteína precursora de nutrientes para os embriões, resultando na redução da fecundidade e esterilidade. Outros efeitos como alterações no comportamento, repelência, atraso no desenvolvimento e mortalidade também foram descritos (MORDUE; NISBET, 2000; SINGH *et al.*, 2008).

Alguns inimigos naturais são menos suscetíveis ao nim, em razão de seu comportamento e fisiologia (AKOL *et al.*, 2002). No entanto, a seletividade do nim está diretamente relacionada com a concentração e a formulação empregadas. Os efeitos negativos do nim sobre predadores podem ser atenuados pela utilização de concentrações mais baixas dos produtos (VENZON *et al.*, 2015).

O extrato foliar do nim, via pulverização, é utilizado para o controle de fitopatógenos da parte aérea de várias culturas. Patógenos do solo, como os nematoides, podem ser controlados com a aplicação do extrato de nim via sulco de plantio, cobertura do solo com folhas de *A. indica* ou incorporação da semente de nim triturada diretamente no solo ou em cobertura. O nim também tem sido utilizado no controle de patógenos de sementes por meio de imersão destas em extrato, óleo ou pó de sementes do nim. O controle eficaz de pragas e fitopatógenos com o uso do nim tem favorecido a comercialização e registro de muitos produtos derivados desta espécie vegetal no mercado. Dentre estes, destacam-se no Quadro 1 os de baixa toxicidade e registrados no MAPA.

Quadro 1 - Produtos comerciais derivados do nim (*Azadirachta indica*), registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), e recomendados para o controle de insetos, ácaros e fitopatógenos

Nome comercial	Classe toxicológica	Inseto	Patógeno
Agro neem	IV	<i>Bemisia tabaci</i> e <i>B. argentifolii</i> (mosca-branca)	<i>Erysiphe polygoni</i> (oídio)
Fitoneem	IV	<i>Bemisia tabaci</i> e <i>B. argentifolii</i> (mosca-branca)	<i>Erysiphe polygoni</i> (oídio)
Azamax	III	<i>Bemisia tabaci</i> (mosca-branca) <i>Myzus persicae</i> (pulgão-verde) <i>Toxoptera citricida</i> (pulgão-preto) <i>Thrips palmi</i> (tripes) <i>Tetranychus urticae</i> (ácaro-rajado) <i>Plutella xylostella</i> (traça-das-crucíferas) <i>Hypothenemus hampei</i> (broca-do-café) <i>Leucoptera coffeella</i> (bicho-mineiro) <i>Phyllocnistis citrella</i> (larva-minadora) <i>Spodoptera frugiperda</i> (lagarta-do-cartucho) <i>Tuta absoluta</i> (traça-do-tomateiro)	<i>Meloidogyne incognita</i> (nematoides-das-galhas)

Fonte: Brasil (2017a).

Nota: III - Medianamente tóxico; IV - Pouco tóxico.

Rotenona

A rotenona é extraída de espécies vegetais dos gêneros *Tephrosia*, *Lonchocarpus* e *Derris*. No Brasil, tradicionalmente são utilizadas plantas conhecidas como timbó, que pertencem ao gênero *Derris*, com destaque para *D. urucu* e *D. amazonica* (Fabaceae) (ISMAN, 2006). Populações indígenas e ribeirinhas utilizam as raízes maceradas do timbó na água, para atordoar peixes e pescá-los. A rotenona, quando ingerida, bloqueia a cadeia transportadora de elétrons nas mitocôndrias, inibindo a produção de energia em seus alvos biológicos (HOLLINGWORTH *et al.*, 1994). Diante dessa característica, a rotenona é considerada um inseticida botânico de amplo espectro de hospedeiros, incluindo animais vertebrados (ISMAN, 2006).

Extratos de folhas de *D. amazonica* aplicados topicamente podem causar 85% de mortalidade em adultos de *Ceratomyia arcuatus* (ALÉCIO *et al.*, 2010). O extrato bruto também foi eficiente no controle populacional de *Diabrotica speciosa* em feijoeiro, 168 horas após a aplicação (MIGLIORINI; LUTINSKI; GARCIA, 2010). O produto Rotenat® pode ser utilizado no controle de pragas de grãos armazenados, como *Callosobruchus maculatus*, causando mortalidade de até 85,5% de suas populações iniciais (AZEVEDO *et al.*, 2007). Entretanto, a eficiência da rotenona pode variar em função da espécie vegetal, da parte da planta utilizada e do método de extração. Por exemplo, Costa, Belo e Barbosa (1997) observaram que *D. urucu* foi mais eficiente do que *D. nicou* no controle de populações de moscas-domésticas. Apesar de apresentar alta eficiência no controle de alguns insetos, a rotenona é rapidamente degradada pela luz solar. Portanto, as aplicações desse extrato sobre as plantas em condições de campo podem apresentar menor eficiência do produto (AZEVEDO *et al.*, 2013).

Apesar de ser eficiente sob condições de baixa incidência luminosa, a rotenona pode apresentar efeitos deletérios em populações de peixes e invertebrados

aquáticos. Por este motivo, países como Argentina, Japão e Quênia proibiram o uso da rotenona. Austrália, Irã, México, Filipina, Tailândia, EUA e países membros da União Europeia apresentam diversas restrições de uso. Essas restrições estão relacionadas, principalmente, com a deriva do produto para corpos d'água (FAO; WHO, 2009). Pelo amplo espectro de ação da rotenona e pelos possíveis efeitos negativos em ambientes aquáticos, sugere-se que as formulações e os extratos de plantas que contenham rotenona sejam utilizados com cautela.

Piretro

O extrato das flores desidratadas e trituradas de *Chrysanthemum cinerariaefolium* e o óleo essencial extraído dessa espécie são utilizados há muitos anos na agricultura. As piretrinas são princípios ativos presentes nessa espécie vegetal com ação inseticida, sendo as mais comuns as piretrinas I e II, jasmolina I e II e cinerinas I e II (KUMAR; SINGH; BHAKUNI, 2005). Esses compostos atuam por ingestão ou contato e apresentam ação neurotóxica que hiperestimula o fluxo neural.

De acordo com Menezes (2005), o preparo caseiro desse composto pode ser realizado utilizando 500 g de flores desidratadas e trituradas. Adiciona-se esse material a 200 L de água e deixa-se em repouso por 30 minutos. Depois, deve-se misturar 20 g de sabão de coco, não detergente, coar e aplicar o produto em seguida. O extrato aquoso e os produtos comerciais podem ser considerados inseticidas de amplo espectro e pouco seletivos. Existem mais de 27 alvos biológicos identificados em cerca de 17 culturas distintas e pelo menos seis produtos comerciais disponíveis no mercado. Em geral, é amplamente eficiente e pode ser utilizado no controle de pragas de grãos armazenados e insetos sugadores, como pulgões e moscas-brancas (EDELSON; DUTHIE; ROBERTS, 2002). Mesmo em baixas concentrações as piretrinas podem causar deterrência alimentar em insetos sugadores e lagartas (MAZZONETTO *et al.*, 2013).

Apesar de amplamente eficientes, em razão do modo de ação e amplo espectro do piretro, os produtos caseiros e comerciais podem causar impactos negativos. Em estudos ecotoxicológicos, o piretro foi considerado tóxico a invertebrados aquáticos, peixes e outros organismos aquáticos (O'BRIEN *et al.*, 2013). Ainda assim, a rápida degradação natural do produto, quando exposto ao sol, pode reduzir esses riscos em condições de aplicação em campo. Para mamíferos, o piretro é considerado de baixa toxicidade (MENEZES, 2005).

Compostos bioativos derivados de plantas

O potencial de extratos vegetais no controle de doenças de plantas tem sido relatado em diversos trabalhos *in vitro* e o efeito de vários desses extratos tem sido comprovado em campo, podendo seu uso ser recomendado nas áreas de plantio, para o controle de pragas e doenças (VENTUROSO; BACCHI; GAVASSONI, 2011). Em um trabalho realizado por Kobayashi e Amaral (2018), os extratos vegetais de aroeirinha (*Schinus polygama*) e de assa-peixe (*Vernonia polysphaera*), obtidos pelo método de infusão na concentração de 10%, foram eficientes em reduzir a severidade da pinta-preta em plantas de tomate, causada pelo fungo *Alternaria solani*, por meio da pulverização quinzenal.

No óleo extraído de cascas de frutas cítricas, como a laranja, os constituintes químicos de maior interesse para o controle de pragas são o limoneno e o linalol (BORDEN *et al.*, 2018). Estes compostos são atestados como seguros pela United States Food and Drug Administration (FDA) e apresentam baixa toxicidade. Extratos cítricos de diferentes espécies foram relatados como eficientes no controle de fungos, como *Penicillium expansum*, causador do mofo-azul, e *Colletotrichum gloeosporioides*, causador da antracnose. Além disso, podem reduzir a severidade de fungos em sementes de diferentes espécies vegetais.

O óleo essencial de gengibre, na concentração de 20%, reduziu em até 75% a

incidência dos fungos *Cladosporium* sp., *Rhizopus* sp. e *Fusarium* spp. em grãos de soja (GONÇALVES; MATTOS; MORAIS, 2009).

O óleo, a torta e o farelo de mamona (*Ricinus communis*) são eficientes no controle de patógenos do solo, como por exemplo nematoides e fungos, por liberarem resíduos tóxicos a estes organismos em sua decomposição (PEDROSO, 2016). O farelo e a torta de mamona são encontrados à venda no mercado como adubos orgânicos ou na categoria de condicionador de solo, por causa dos nutrientes e da matéria orgânica (MO) disponibilizados ao solo, o que contribui para um melhor desenvolvimento das plantas cultivadas. A ricina, proteína presente na mamona, é liberada no solo durante sua decomposição e é considerada responsável pelo controle de patógenos (DINARDO-MIRANDA; FRACASSO, 2010).

A incorporação do farelo de mamona ao solo já foi relatada como estratégia de controle de nematoides do gênero

Meloidogyne, com eficiência similar ou superior ao controle obtido com nematocidas comerciais (BAVARESCO; MAZZUCHELLI, 2017). No trabalho realizado por Dinardo-Miranda e Fracasso (2010), a incorporação de farelo de mamona ao solo em doses superiores a 1.800 kg/ha resultou em aumento na produtividade de cana-de-açúcar e redução das populações de nematoides presentes na área de cultivo. É importante salientar que altas doses da torta ou farelo de mamona incorporadas ao solo podem causar fitotoxidez. O farelo de mamona aplicado ao sulco de plantio e, posteriormente, incorporado ao solo na dose de 4 t/ha foi o que resultou em maior produtividade de plantas de tomate e controle do nematoide-das-galhas, sem causar fitotoxidez (BAVARESCO; MAZZUCHELLI, 2017). Nesse trabalho as doses superiores testadas causaram fitotoxidez e reduziram o crescimento das plantas. A utilização da torta de mamona também foi eficiente em controlar a doença conhecida como mal-do-panamá, causada

por *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* em mudas de bananeira (LOPES, 2009).

Há produtos registrados no MAPA e formulados com compostos bioativos extraídos de plantas, os quais também são indicados para o controle de pragas e doenças, como por exemplo: Timorex gold (à base de extrato e óleo de *Melaleuca alternifolia*) e o Ecolife-40[®], que está registrado como fertilizante e possui selo de certificação orgânica pelo Instituto Biodinâmico (IBD). Além desses produtos, existem outros comercializados e indicados para a mesma finalidade (Quadro 2).

O subproduto da fabricação da farinha de mandioca (*Manihot esculenta*) é eficaz não só no controle de ácaros e insetos, mas também no controle de patógenos (fungos e bactérias). Apresenta eficácia superior aos pesticidas recomendados para cada praga e doença testadas (PONTE, 2002). A linamarina é o composto presente no extrato de mandioca, para o qual se atribuem ações inseticida, nematocida e acaricida (TALAMINI; STADNIK, 2004).

Quadro 2 - Produtos comerciais formulados com compostos bioativos vegetais para controle de pragas e doenças (continua)

Nome comercial	Composição	Patógeno	Pragas e doenças	Cultura
⁽¹⁾ Timorex Gold	Extrato de folhas e óleo essencial de <i>Melaleuca alternifolia</i>	<i>Botrytis cinerea</i>	Mofo-cinza, podridão-da-flor	Abacate, caqui, figo, morango, pêssego, uva
		<i>Sphaerotheca fuliginea</i>	Míldio-pulverulento, oídio	Abóbora, abobrinha, chuchu, melancia, pepino
		<i>Fusarium graminearum</i>	Fusariose; giberela	Aveia, centeio, cevada, trigo, triticale
		<i>Oidium</i> sp.	Oídio	Alface
		<i>Alternaria porri</i>	Crestamento; mancha-púrpura	Alho, cebola
		<i>Pyricularia grisea</i>	Brusone	Arroz
		<i>Bipolaris oryzae</i>	Mancha-foliar; mancha-parda	Arroz
		<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>cubense</i>	Fusariose, mal-do-panamá	Banana
		<i>Mycosphaerella musicola</i> ; <i>M. fijiensis</i>	Sigatoka-amarela Sigatoka-negra	Banana
		<i>Pectobacterium carotovorum</i>	Podridão-mole	Batata, batata-doce
	<i>Oidiopsis sicula</i>	Oídio	Berinjela	

(conclusão)				
Nome comercial	Composição	Patógeno	Pragas e doenças	Cultura
⁽¹⁾ Timorex Gold	Extrato de folhas e óleo essencial de <i>Melaleuca alternifolia</i>	<i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>vesicatoria</i>	Pústula-bacteriana	Berinjela, pimenta, pimentão
		<i>Alternaria brassicae</i>	Mancha-de-alternária, mancha-preta	Brócolis, couve, couve-chinesa, couve-de-Bruxelas, couve-flor, repolho
		<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>garcae</i>	Crestamento-bacteriano, mancha-aureolada	Café
		<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	Antracnose	Caju
		<i>Oidium anacardii</i>	Cinza-do-cajueiro	Caju
		<i>Glomerella cingulata</i>	Antracnose	Caqui, figo, goiaba
		<i>Colletotrichum lindemuthianum</i>	Antracnose	Feijão
		<i>Oidium caricae</i>	Oídio	Mamão
		<i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>mangiferaeindicae</i>	Mancha-angular	Manga
		<i>Erysiphe polygoni</i>	Oídio	Manga
		<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	Mofa-branco	Melão
		<i>Pantoea ananatis</i>	Complexo-mancha-branca	Milho
		<i>Oidiopsis taurica</i>	Oídio	Pimenta, pimentão
		<i>Erysiphe cichoracearum</i>	Oídio	Quiabo
		<i>Xanthomonas vesicatoria</i>	Mancha-bacteriana	Tomate
Ecolife-40®	Biomassa cítrica, composto de bioflavonoides, fitoalexinas e ácido ascórbico	<i>Alternaria solani</i>	Pinta-preta	Tomate
		<i>Uncinula necator</i>	Oídio	Uva
		<i>Mycosphaerella fijiensis</i>	Sigatoka-negra	Banana
Compostonat	Óleo de nim, timbó, gerânio, pimenta-longa e outros extratos	-	Bacterioses	Pimentão, morango
		<i>Botrytis</i>	Podridão-cinzenta-da-uva	Uva
Naturalho®	Extrato de alho	-	Insetos	Diversas culturas

Fonte: Elaboração dos autores.

(1) Classificação toxicológica do produto: extremamente tóxico; Classificação ambiental do produto: pouco perigoso.

FORMULAÇÕES COM PRODUTOS NATURAIS

Estima-se que para o desenvolvimento de um novo defensivo à base de plantas são necessários cerca de oito anos de pesquisa, o que torna a produção dispendiosa. A busca crescente por novas tecnologias e

compostos bioativos impulsiona a pesquisa para o desenvolvimento de inovações tecnológicas para geração de defensivos verdes. Esses novos defensivos ou insumos bioativos, para uso na agricultura, estão preconizados no Regulamento Técnico para os Sistemas Orgânicos de Produção –

Instrução Normativa nº 17, de 18/6/2014 (BRASIL, 2014) – e nos seus Anexos I a VIII encontram-se as listas de substâncias e práticas permitidas para uso nos sistemas orgânicos de produção.

Óleos, extratos, tinturas ou preparados que requerem diluição para aplicação

direta, quer seja por fumigação, aspersão, quer seja por difusão, são chamados produtos simples. A base das formulações é constituída de princípio ativo acrescido de agente dispersor e veículo. Preferencialmente, os veículos são solventes orgânicos de alta polaridade, como água ou etanol, e os agentes dispersores são adicionados, buscando dar estabilidade, encorpar e aumentar a validade da formulação. A legislação vigente permite o uso de aditivos, como carboximetilcelulose (CMC) e derivados, caulim e derivados, amidos, farinhas, gelatina, silicatos e derivados (BRASIL, 2014).

Por causa da volatilidade dos óleos essenciais, têm-se buscado formulações em que se utilizam microcápsulas para promover maior duração da sua efetividade, redução da volatilização, simplificação do manuseio e redução do tempo de biodegradação (DAYAN; CANTRELL; DUKE, 2009)

Em função do crescimento do número de pesquisas e desenvolvimento de formulações com ação contra pragas e doenças na agricultura, têm-se buscado, atualmente, formulações mais elaboradas. As nanoformulações, por exemplo, são formas mais estáveis que favorecem a penetração

e a liberação dos compostos bioativos na superfície desejada e, conseqüentemente, proporcionam maior tempo de ação. Um exemplo dessa formulação é a nanogoma feita a partir do extrato de *Azadirachta indica* e testada quanto à sua atividade larvicida, contra *Helicoverpa armigera* e *Spodoptera litura*. A nanogoma, na concentração de 100 ppm, apresentou atividade larvicida significativa contra *H. armigera* e *S. litura*. Nanoemulsão constituída por 5% de óleo (miristato de octildodecila), 5% de surfactantes (monooleato de sorbitano/polissorbato 80), 85% de água e 5% de extrato de frutos de *Manikara subsericea* causaram mortalidade de *Dysdercus peruvianus*. Testes de estabilidade in vivo foram realizados comprovando a ausência de toxicidade na formulação (FERNANDES *et al.*, 2014). Cita-se ainda o uso de nanoemulsão com polissorbato 80 como surfactante e óleo essencial de *Baccharis articulata* e limoneno para o controle de *Aedes aegypti*. A nanoemulsão foi potencialmente útil para controlar o mosquito pela dispersão de compostos hidrossolúveis em meio aquoso (BOTAS *et al.*, 2017).

PATENTES DE PRODUTOS DERIVADOS DE PLANTAS PARA USO AGRÍCOLA

Vários pedidos de patentes de produtos naturais, elaborados com óleos essenciais e extratos vegetais, visando ao controle de pragas e doenças na agricultura, têm sido registrados (Quadro 3). Entretanto, nenhuma patente foi registrada por brasileiros nos últimos dez anos. Este panorama deve servir de alerta para valorização da biodiversidade brasileira e também de estímulo para o desenvolvimento de pesquisas e registro de patentes de produtos derivados de plantas nativas com alto potencial para controle de pragas e doenças na agricultura.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de produtos de plantas tanto na agricultura orgânica quanto na convencional, para o controle de pragas e doenças, é prática comum na Europa e nos Estados Unidos. No Brasil, apesar de ser o país com maior biodiversidade, este uso ainda é limitado, mas é frequente em sistemas de cultivo orgânico ou agroecológico. Os resultados de pesquisa demonstram a viabilidade de vários desses produtos, o que representa uma opção para o controle

Quadro 3 - Pedidos de patente de produtos derivados de plantas para uso agrícola

Patente	Composto bioativo	Uso agrícola
WO/2012/150573	Saponinas	Moluscida
WO/2011/142918	Óleos essenciais (gerânio, menta e mamona)	Pesticida
WO/2011/032892	Ácidos e alcoóis graxos, ésteres, óleos (coco, mamona, argan e paulownia)	Acaricida e inseticida
WO/2010/018576	Mistura de óleos essenciais	Bactericida, fungicida, inseticida
WO/2009/135289	Óleos (casca de frutas cítricas, noz moscada, cássia e eucalipto)	Bactericida, fungicida, inseticida
WO/2008/091871	Óleos (gergelim, cravo, tomilho, alecrim, jojoba, hortelã-pimenta, baunilha, eucalipto, capim-limão, canola, mostarda, soja, milho, linho, algodão, pinhão-manso) e lecitina	Fungicida, nematocida, herbicida, inseticida.
WO/2008/039362	Óleo essencial de lúpulo	Fungicida, inseticida
WO/2006/077568	Mistura de óleos essenciais	Herbicida, inseticida, acaricida, fungicida, nematocida
US/20080175930	Óleos essenciais (gergelim, canola, mostarda e outros)	Nematocida

Fonte: Adaptado de Aragão Ortiz (2013).

de pragas e doenças com diversas vantagens em relação aos produtos sintéticos. Dentre tais vantagens destacam-se menor probabilidade de ocorrência de evolução da resistência em pragas-alvo, maior segurança à saúde humana, e menor impacto sobre a biodiversidade de organismos benéficos à agricultura.

AGRADECIMENTO

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo financiamento das pesquisas e bolsas.

REFERÊNCIAS

- AKOL, A.M. *et al.* Relative safety of sprays of two neem insecticides to *Diadegma mollipla* (Holmgren), a parasitoid of the diamondback moth: effects on adult longevity and foraging behaviour. **Crop Protection**, v.21, n.9, p.853-859, Nov. 2002.
- ALÉCIO, M.R. *et al.* Ação inseticida do extrato de *Derris amazonica* Killip para *Ceratomyxa arcuatus* Olivier (Coleoptera: Chrysomelidae). **Acta Amazonica**, Manaus, v.40, n.4, p.719-728, dez. 2010.
- ARAGÃO ORTIZ, L.R. **Busca de patentes em óleos essenciais como defensivos agrícolas alternativos em contexto agroecológico orgânico familiar e segurança alimentar**. 2013. 210p. Dissertação (Mestrado em Propriedade Intelectual e Inovação) – Instituto Nacional da Propriedade Industrial, Rio de Janeiro.
- AZEVEDO, F.R. *et al.* Eficiência de produtos naturais no controle de *Callosobruchus maculatus* (Fab.) em feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) armazenado. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.38, n.2, p.182-187, abr./jun. 2007.
- AZEVEDO, F.R. *et al.* Inseticidas vegetais no controle de *Anastrepha* spp. (Diptera: Tephritidae) em pomar de goiaba. **Holos**, ano 29, v.4, p.77-86, 2013.
- BAVARESCO, L.G.; MAZZUCHELLI, R.C.L. Avaliação do desempenho nematocida de farelo de mamona em comparação ao controle químico de *Meloidogyne* spp. em tomateiro. **Colloquium Agrariae**, v.13, p.53-58, 2017. Número especial.
- BOTAS, G. da S. *et al.* *Baccharis reticularia* DC. and limonene nanoemulsions: promising larvicidal agents for *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) control. **Molecules**, v.22, n.11, p.1990, Nov. 2017.
- BRASIL. Decreto nº 6.323, de 27 de dezembro de 2007. Regulamenta a Lei nº 10.831, de 23 de dezembro de 2003, que dispõe sobre a agricultura orgânica, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 28 dez. 2007.
- BRASIL. Lei nº 10.831, de 23 de dezembro de 2003. Dispõe sobre a agricultura orgânica e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 24 dez. 2003. Seção 1, p.8.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **AGROFIT**: Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários. Brasília, [2017a]. Disponível em: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 21 nov. 2017.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 46, de 6 de outubro de 2011. Estabelece o Regulamento Técnico para os Sistemas Orgânicos de Produção, bem como as listas de substâncias e práticas permitidas para uso nos Sistemas Orgânicos de Produção, na forma desta Instrução Normativa e de seus Anexos I a VIII. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 7 out. 2011.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa, nº 17, de 18 de junho de 2014. Estabelece o Regulamento Técnico para os Sistemas Orgânicos de Produção, bem como as listas de substâncias e práticas permitidas para uso nos Sistemas Orgânicos de Produção. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 20 jun. 2014. Seção 1, p.32.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa, nº 35, de 11 de setembro de 2017. Estabelece os procedimentos para a comercialização das substâncias sujeitas a controle especial, quando destinadas ao uso veterinário. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 21 set. 2017b. Seção 1, p.16.
- BORDEN, M.A. *et al.* **Natural products for managing landscape and garden pests in Florida**. Gainesville: University of Florida, 2018. 13p. Disponível em: <http://edis.ifas.ufl.edu/IN197>. Acesso em: 21 nov. 2018.
- COSTA, J.P.C. da; BELO, M.; BARBOSA, J.C. Efeitos de espécies de timbós (*Derris* spp.: Fabaceae) em populações de *Musca domestica* L. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v.26, n.1, p.163-168, abr. 1997.
- DAYAN, F.E.; CANTRELL, C.L.; DUKE, S.O. Natural products in crop protection. **Bioorganic & Medicinal Chemistry**, v.17, n.12, p.4.022-4034, June 2009.
- DINARDO-MIRANDA, L.L.; FRACASSO, J.V. Efeito da torta de mamona sobre populações de nematoides fitoparasitos e a produtividade da cana-de-açúcar. **Nematologia Brasileira**, v.34, n.1, p.68-71, mar. 2010.
- EDELSON, J.V.; DUTHIE, J.; ROBERTS, W. Toxicity of biorational insecticides: activity against the green peach aphid, *Myzus persicae* (Sulzer). **Pest Management Science**, v.58, n.3, p.255-260, Mar. 2002.
- FAO; WHO. Guidelines for the production, processing, labelling and marketing of organically produced foods: annex 2: deletion of rotenone (CL 2008/27-fl). In: FAO; WHO. **Codex Alimentarius Commission**. Rome, 2009. 7p. Disponível em: http://www.fao.org/tempref/codex/Meetings/CCFL/ccfl37/fl37_09e.pdf. Acesso em: 21 nov. 2017.
- FERNANDES, C.P. *et al.* Development of an insecticidal nanoemulsion with *Manilkara subsericea* (Sapotaceae) extract. **Journal of Nanobiotechnology**, v.12, n.1, p.22-30, Dec. 2014.
- GONÇALVES, G.G.; MATTOS, L.P.V.; MORAIS, L.A.S. Óleos essenciais e extratos vegetais no controle de fitopatógenos de grãos de soja. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.27, n.2, S102-S107, ago. 2009. Suplemento.
- HOLLINGWORTH R. *et al.* New inhibitors of complex I of the mitochondrial electron transport chain with activity as pesticides. **Biochemical Society Transactions**, v.22, n.1, p.230-233, Feb. 1994.
- ISMAN, M.B. Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. **Annual Review of Entomology**, v.51, p.45-66, 2006.
- KOBAYASHI, B.F.; AMARAL, D.R. Efeito de extratos vegetais de plantas do Cerrado

para controle de pinta-preta em tomateiro. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v.44, n.2, p.189-192, abr./jun. 2018.

KUMAR, A.; SINGH, S.P.; BHAKUNI, R.S. Secondary metabolites of *Chrysanthemum* genus and their biological activities. **Current Science**, v.89, n.9, p.1489-1501, Nov. 2005.

LOPES, E.P. Efeito das tortas de algodão, mamão e pinhão manso na biologia de *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* e no desenvolvimento da bananeira “prata-anã”. 2009. 41p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Universidade Estadual de Montes Claros, Janúba.

MAZZONETTO, F. *et al.* Ação de inseticidas botânicos sobre a preferência alimentar e sobre posturas de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em milho. **Entomo Brasilis**, v.6, n.1, p.34-37, jan./abr. 2013.

MENEZES, E. de L.A. **Inseticidas botânicos: seus princípios ativos, modo de ação e uso agrícola.** Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2005. 58p. (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 205).

MIGLIORINI; LUTINSKI, J.A.; GARCIA, F.R. de M. Eficiência de extratos vegetais no controle de *Diabrotica speciosa* (German,

1824) (Coleoptera: Chrysomelidae em laboratório. **Biotemas**, Florianópolis, v.23, n.1, p.83-89, mar. 2010,

MORDUE, A.J.; NISBET, A.J. Azadirachtin from the neem tree *Azadirachta indica*: its action against insects. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v.29, n.4, p.615-632, Dec. 2000.

O'BRIEN, D. *et al.* Impact of a natural pyrethrin biocide on two amphibians, common toad *Bufo bufo* and palmate newt *Lissotriton helveticus*, in Highland, UK. **Conservation Evidence**, v.10, p.70-72, 2013.

ONU. **Report of the special rapporteur on the right for food.** New York, 2017. 24p. Disponível em: <https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/1701059.pdf>. Acesso em: 14 set. 2018.

PEDROSO, L.A. **Torta de mamona é tóxica ao nematoide *Meloidogyne incognita* também pelos compostos orgânicos voláteis.** 2016. 41p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

PONTE, J.J. da. **Cartilha da maripueira: uso do composto como insumo agrícola.** 2.ed. Fortaleza: Secretaria de Ciência e Tecnologia do Ceará, 2002. 52p.

SINGH, K.K. *et al.* (ed.). **Neem: a treatise.** New Delhi: IK International, 2008. 546p.

SUJII, E.R. *et al.* Práticas culturais no manejo de pragas na agricultura orgânica. In: VENZON, M.; PAULA JÚNIOR, T.J. de; PALLINI, A. (coord.). **Controle alternativo de pragas e doenças na agricultura orgânica.** EPAMIG: Viçosa, MG, 2010. p.143-168.

TALAMINI, V.; STADNIK, M.J. Extratos vegetais e de algas no controle de doenças de plantas. In: STADNIK, M.J.; TALAMINI, V. (ed.). **Manejo ecológico de doenças de plantas.** Florianópolis: UFSC- CCA, 2004. p.45-62.

TOGNI, P.H.B. *et al.* Biodiversity provides whitefly biological control based on farm management. **Journal of Pest Science**, v.92, n.2, p.393-403, Mar. 2019.

VENTUROSO, L.R. *et al.* Atividade antifúngica de extratos vegetais sobre o desenvolvimento de fitopatógenos. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v.37, n.1, p.18-23, jan./mar. 2011.

VENZON, M. *et al.* Manejo agroecológico de pragas. **Informe Agropecuário.** Agricultura orgânica e agroecologia, Belo Horizonte, v.36, n.287, p.19-30, 2015.



MUDAS DE OLIVEIRA

Garantia de procedência, mudas padronizadas, qualidade comprovada e variedade identificada

Pedidos e informações:
 Campo Experimental de Maria da Fé
 CEP: 37517-000 - Maria da Fé - MG
 e-mail: cemf@epamig.br
 Tel: (35) 3662-1227

 EPAMIG

Biofábrica de ácaros predadores

Angelo Pallini¹, Henry Eduardo Vacacela Ajila², André Lage Perez³

Resumo - O uso de ácaros predadores, como alternativa para o emprego de pesticidas no controle de ácaros praga na agricultura, é uma ferramenta bem desenvolvida no Brasil e no mundo. As pesquisas realizadas nos últimos anos disponibilizaram no mercado diversas técnicas de produção e liberação desses agentes de controle biológico. É possível desenvolver biofábricas desses predadores, com técnicas acessíveis a produtores e aos demais interessados no setor. A produção comercial e a liberação de ácaros predadores em campo estimulam iniciativas de técnicos e produtores a adicionar valor agregado ao seu produto final (produto ecológico/sustentável) e a otimizar o sistema de manejo de pragas.

Palavras-chave: Ácaro. Produção de ácaro. Controle biológico. Alimento suplementar.

Biofactory of predatory mites

Abstract - Predatory mites release is a cutting-edge alternative to the use of pesticides for controlling pests in Brazil and worldwide. Current studies have provided the market with several techniques of production and release of these natural enemies. Here we present the technical features to develop biofactories of predatory mites with accessible technologies to farmers (small and large stakeholders) and others interested in the agro-business. The commercial production and releases of predatory mites are also intended to stimulate initiatives by technicians and growers to add value to their products (ecological/sustainable products) and to optimize the pest management strategies.

Keywords: Predatory mite production. Biological control. Supplementary food.

INTRODUÇÃO

Um grande número de artrópodes fitófagos encontra-se comumente associado aos diversos cultivos no mundo inteiro (GERSON; SMILEY; OCHOA, 2003; MANIANIA *et al.*, 2009; VÁSQUEZ *et al.*, 2016). Dentre esses, os ácaros fitófagos destacam-se em razão dos danos econômicos que causam e da alta capacidade reprodutiva e de transmissão de vírus e doenças (MOSER; PERRY; SOLHEIM, 1989; CHAGAS; KITAJIMA; RODRIGUES, 2003; MORAES; FLECHTMANN, 2008; ROETS *et al.*, 2011). Os danos diretos que esses organismos ocasionam ocorrem quando se alimentam

das plantas. Nas folhas, os sintomas iniciais são caracterizados por bronzeamentos generalizados, redução da superfície foliar e, em altas infestações, podem provocar o desfolhamento total da planta (SMITH; GOLDSMITH, 1936; CROFT *et al.*, 1998; MORAES; FLECHTMANN, 2008; VACACELA AJILA *et al.*, 2018). Frutos atacados podem apresentar bronzeamentos, deformidades e redução de tamanho, comprometendo, assim, o valor comercial do produto (PALLINI *et al.*, 2002; GOBIN; BANGELS, 2008; VACACELA AJILA *et al.*, 2018).

O uso intensivo do controle químico no manejo de ácaros pragas potencializa o desenvolvimento de populações resistentes

às principais moléculas de acaricidas. Em cultivos que possuem pragas com alta resistência, os agricultores aumentam a frequência de aplicações e a dosagem dos acaricidas na tentativa de controlar as populações. A ocorrência de resistência cruzada em ácaros fitófagos pode fazer com que esta resistência estenda-se para outras moléculas. Esses fatores comprometem a efetividade do controle químico, mesmo quando é empregada a rotação de moléculas acaricidas. Como alternativa para a solução desses problemas, o crescente mercado de agentes de controle biológico tem estimulado o desenvolvimento de biofábricas de ácaros predadores. Há exemplos de sucesso no controle de pragas em diversos cultivos (GARCÍA-MARÍ;

¹Eng. Agrônomo, Ph.D., Prof. Tit. UFV - Depto. Entomologia/Bolsista CNPq, Viçosa, MG, pallini@ufv.br

²Eng. Agrônomo, D.Sc., UFV - Depto. Entomologia, Viçosa, MG, henryeduar2@hotmail.com

³Biólogo, D.Sc., Diretor ECONTROLE Pesquisa e Consultoria, Viçosa, MG, alageperez@gmail.com

GONZÁLEZ-ZAMORA, 1999; OLIVEIRA *et al.*, 2009; SOLTANIYAN *et al.*, 2018).

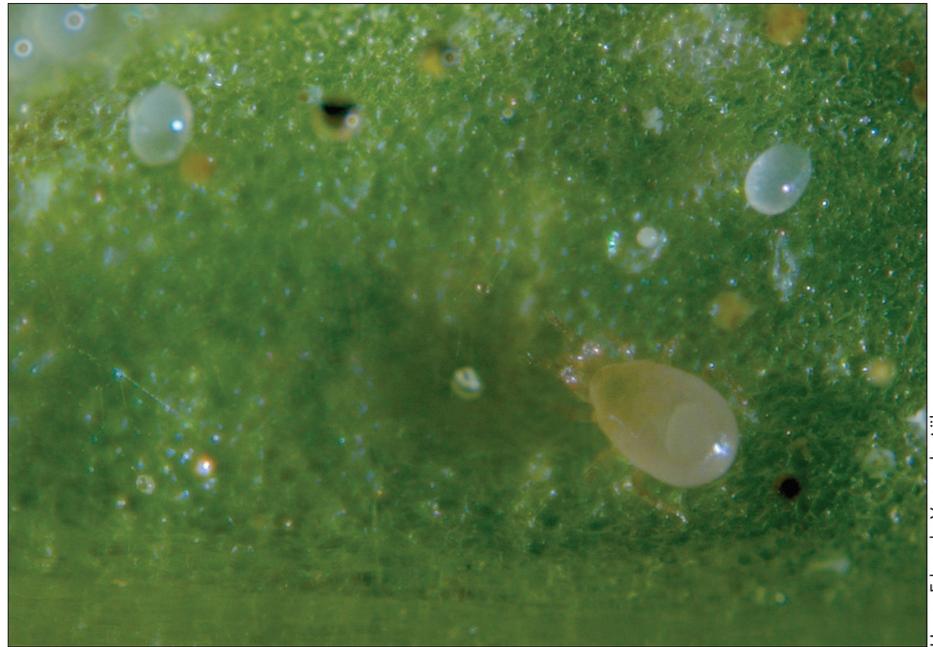
No mercado atual, existem várias espécies de ácaros predadores que podem ser adquiridas pelos agricultores no Brasil. *Neoseiulus californicus* é um predador que pode ser usado para o controle de ácaros pragas, como o ácaro-rajado *Tetranychus urticae*, ácaro-branco *Polyphagotarsonemus latus* e o ácaro-do-enfezamento *Phytonemus pallidus* (GARCÍA-MARÍ; GONZÁLEZ-ZAMORA, 1999; EASTERBROOK; FITZGERALD; SOLOMON, 2001) (Fig. 1). *Phytoseiulus macropilis* é usado para o controle do ácaro-rajado (OLIVEIRA *et al.*, 2007, 2009) (Fig. 2). Outra espécie comercializada no País é o ácaro predador *Stratiolaelaps scimitus*, da família Laelapidae, para o controle do fungus gnats e outras pragas de solo (CABRERA; CLOYD; ZABORSKI, 2005) (Fig. 3).

Neste artigo são apresentadas as técnicas utilizadas em biofábricas de ácaros predadores para produção, comercialização e liberação desses agentes de controle biológico. O uso de alimentos suplementares é também uma estratégia para manter as populações dos ácaros predadores em campo no controle preventivo de ácaros pragas. São técnicas que podem ser facilmente usadas pelos agricultores, por meio de contratação de prestação de serviços de empresas ou por desenvolvimento próprio em sua propriedade.

PRODUÇÃO DE ÁCAROS EM PLANTAS

Os ácaros predadores são naturalmente encontrados nas plantas hospedeiras de suas presas. Assim como as pragas, tais ácaros demonstram estreita relação com as plantas onde ocorrem. A criação destes ácaros, diretamente em plantas infestadas com suas presas (ácaro praga), permite o seu rápido crescimento populacional. Algumas espécies de ácaros predadores especialistas, tais como *P. macropilis* e *P. persimilis* (este último somente disponível em mercados internacionais), preferem plantas com alta disponibilidade de presas. O predador especialista *P. macropilis*

Figura 1 - Ácaro predador *Neoseiulus californicus*



Henry Eduardo Vacacela Ajila

Figura 2 - Ácaro predador *Phytoseiulus macropilis*



Henry Eduardo Vacacela Ajila

possui uma taxa diária de consumo de, aproximadamente, 40 ovos da sua presa, o ácaro-rajado *T. urticae* (OLIVEIRA *et al.*, 2007). Essa espécie de ácaro predador abandona as plantas hospedeiras, quando suas presas atingem níveis populacionais muito baixos (VACACELA AJILA *et al.*, 2019). A alta disponibilidade de presas

oferecidas pelo método de criação em plantas possibilita o desenvolvimento de criações massais de ácaros predadores especialistas. Portanto, selecionar a planta adequada para o desenvolvimento de presa é fundamental para conseguir boa quantidade de predadores.

Seleção da planta hospedeira

A seleção da planta hospedeira para o uso na criação de ácaros predadores deve ser embasada na praticidade de cultivo, curto tempo de germinação das sementes, rápido crescimento vegetativo, alta suscetibilidade à praga-alvo e alta capacidade de suporte a elevadas populações de fitófagos (ácaros presas). O feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*) é a planta mais comumente utilizada em criação de ácaros predadores, embora outras espécies de leguminosas também sejam empregadas, como o feijão (*Phaseolus vulgaris*) e a soja (*Glycine max*).

A produção de plantas hospedeiras para a criação de ácaros em geral é feita em estufas com alta concentração de plantas (Fig. 4). Com isso, outros herbívoros tais como tripes, pulgões e cochonilhas podem atacar as plantas, o que impossibilita a criação e a comercialização dos ácaros predadores. Portanto, em cada lote de plantas devem ser instaladas armadilhas adesivas de coloração azul ou amarela penduradas acima das plantas. Essas armadilhas capturam os insetos invasores, especialmente tripes e pulgões alados, e atuam como ferramentas para a amostragem.

Os canteiros de plantas hospedeiras mantidos em ambiente protegido requerem irrigação por gotejamento. A irrigação nunca deve ser por aspersão, por causa da vulnerabilidade dos ácaros à ação mecânica da água diretamente nas folhas, o que pode diminuir sua população. Os ácaros fitófagos da família Tetranychidae, apresentam maiores taxas de crescimento populacional em ambiente seco e quente, com temperaturas acima de 25 °C e umidade relativa (UR) inferior a 60%. As elevadas taxas de UR, acima de 80%, podem proporcionar o desenvolvimento do fungo *Neozygites* sp., que causa micose em ácaros adultos, levando à perda total da população da presa. O controle da UR nos canteiros pode ser obtido pelo controle da irrigação, evitando-se o encharcamento do solo e substratos de plantio.

Figura 3 - Ácaro predador *Stratiolaelaps scimitus*



Fonte: Planet Natural (2019).

Figura 4 - Canteiros de produção em estufa



André Lage Perez

Infestação de plantas com presas

A infestação dos canteiros de criação deve ser feita assim que as plantas desenvolverem folhas suficientes para receber e permitir a manutenção da população inicial de fitófagos. Em feijão-de-porco,

isso normalmente ocorre com o desenvolvimento completo das duas primeiras folhas cotiledonares. A infestação do novo lote é feita utilizando-se folhas infestadas retiradas de um lote de criação dos fitófagos ou retiradas de cultivos atacados pela praga. No entanto, essas folhas precisam passar por triagem para a retirada de fitó-

fagos indesejados, como tripes, pulgões e cochonilhas. As folhas que contêm ácaros fitófagos devem ser postas sobre as folhas das plantas do novo lote. Para uma rápida infestação, deve-se utilizar pelo menos uma folha infestada para cada quatro plantas do novo lote. Uma semana após a infestação, devem-se amostrar as folhas efetuando-se a contagem de ácaros fitófagos com auxílio de lupa de mão ou estereomicroscópio. Quando constatado o crescimento da população de fitófagos em número suficiente, deve-se efetuar a liberação de ácaros predadores. Em geral, estes ácaros preferem preda os ovos e as formas imaturas dos ácaros fitófagos. Portanto, o momento adequado para a liberação dos predadores é quando for constatada a presença de ovos e ninfas do fitófago em número superior ao de adultos.

Liberação de predadores

O momento da liberação e o número de ácaros predadores liberados nas plantas hospedeiras dependem da espécie de ácaro predador criado. Em criações de ácaros predadores especialistas (ex: *P. macropilis*), a introdução do predador em canteiros infestados deve ser feita em proporções superiores a 1:20 (predador:presa). Quando o canteiro destina-se à criação de ácaros predadores generalistas, como *N. californicus*, a liberação desses ácaros deve ser feita em proporções inferiores a 1:20 (predador:presa). Os ácaros fitófagos da família Tetranychidae, quando em altas densidades, tecem uma teia espessa, o que dificulta o deslocamento de ácaros predadores generalistas. O desenvolvimento das populações de ácaros predadores deve ser monitorado em frequência semanal, a fim de evitar o esgotamento de presas e, consequentemente, a fuga e a mortalidade dos ácaros predadores. Quando constatado o crescimento da população de ácaros predadores e o esgotamento dos ácaros fitófagos, deve-se realizar o corte das plantas dos canteiros e iniciar o processamento dos predadores para a comercialização e/ou liberação na área de controle. Quando o agricultor desenvolver a sua própria criação para uso no controle de

pragas em sua propriedade, todo esse processo precisa ser planejado e sincronizado, para ter o número certo de predadores de acordo com as necessidades de liberação em campo. Para um planejamento eficiente e com retorno de resultados a contento, é importante a participação de um profissional que atue na área.

PRODUÇÃO DE ÁCAROS EM BALDES

A criação de ácaros predadores pode ser também feita em ambientes de salas e laboratórios, em condições controladas de temperatura, UR e luminosidade artificial. No entanto, esse método possui limitações, quando comparado ao anterior. Nesse caso, não se alcançam os mesmos níveis de produção obtidos da criação direta em plantas hospedeiras.

O método de produção de ácaros predadores em baldes (100 L) consiste no empilhamento das folhas da planta hospedeira que contêm os ácaros fitófagos e ácaros predadores (Fig. 5). Dessa forma, à medida que se esgotam as populações de fitófagos nas camadas inferiores de folhas, os predadores migram para as camadas superiores até atingir a superfície da tampa

do balde, onde se encontram as folhas mais jovens. Em geral, os ácaros predadores da família Phytoseiidae migram para folhas mais túrgidas e com maior disponibilidade de presas. Estes ácaros apresentam geotropismo negativo, ou seja, deslocam-se verticalmente em sentido contrário ao da gravidade. Para a manutenção dos baldes de criação, a cada dois dias devem-se adicionar 20 a 40 folhas contendo os fitófagos. Estas folhas das camadas superiores devem ser transferidas para as camadas inferiores, à medida que ressecam. As folhas das camadas mais baixas da pilha devem ser descartadas semanalmente para evitar a formação de umidade excessiva e o crescimento de fungos e insetos decompositores. A disposição das folhas na pilha deve ser feita acomodando-se as folhas em cestos de estrutura metálica, fechados nas laterais e no fundo, com tela do tipo sombrite (Fig. 6). Cada balde de 100 L pode acomodar até quatro cestos de folhas. Os baldes de criação devem ser apoiados sobre vasos de planta (15 L) mantidos dentro de bandejas plásticas, contendo solução de água e detergente para evitar a fuga dos ácaros e a contaminação da criação com outras espécies de predadores.

Figura 5 - Produção de ácaros predadores em baldes



André Lage Perez

PRODUÇÃO DE ÁCAROS PREDADORES EM BANDEJAS

Pequenas populações de ácaros predadores também podem ser mantidas em bandejas, em pequenas salas ou em áreas com certo controle de temperatura e umidade. Esse método requer a produção de ácaros fitófagos em plantas, para a manutenção das populações nas bandejas. Porém, as criações em bandejas demandam menos folhas em comparação com os demais métodos de criação. Tal método é empregado em laboratórios de pesquisa e em biofábricas para a manutenção de diferentes espécies de ácaros predadores, separados quanto à linhagem e à procedência. No caso de criação por produtores, esse método pode ser usado para emprego no controle de pragas em plantios de pequena escala que demande o controle biológico de ácaros pragas.

Quando se usa este método na manutenção de predadores, para períodos em que estes não sejam usados em campo ou criados em larga escala para comercialização, as bandejas de criação devem ser identificadas quanto à espécie de ácaro predador, local de coleta da espécie e data de montagem da bandeja. Esse procedimento mantém o controle do processo e serve para monitorar possíveis infestações de organismos não desejáveis na criação. Para manutenção de cada espécie, são necessárias duas bandejas plásticas de tamanhos diferentes, em que a bandeja maior seja capaz de comportar a bandeja menor. A bandeja de menor tamanho conterá as folhas de criação dos ácaros. Essa bandeja menor com os ácaros deve ser disposta dentro da bandeja maior. Nesta, deve-se adicionar uma solução de água e de detergente para evitar a fuga de ácaros, bem como a entrada de organismos invasores (Fig. 7). No processo de criação, as folhas mais novas são depositadas sobre a pilha de folhas formada no centro da bandeja. Com o tempo, as folhas mais velhas ficam ressecadas. No entanto, estas não devem ser descartadas de imediato, pois ainda podem conter ovos e imaturos de ácaros

Figura 6 - Cestos de empilhamento de folhas



André Logge Perez

Figura 7 - Bandejas de produção de ácaros predadores



André Logge Perez

predadores. Folhas com essas características podem ser utilizadas para a montagem de novas bandejas de criação.

LIBERAÇÃO DE ÁCAROS NA LAVOURA

A liberação de ácaros predadores é empregada em diversos cultivos como estratégia para o controle biológico de pragas. Esses organismos são comercializados em

diferentes tipos de embalagens, visando à praticidade das liberações. Algumas empresas comercializam, no Brasil, os ácaros predadores em potes de plástico, embalagens de papel ou em sachês (Fig. 8). Essas embalagens contêm os ácaros predadores em mistura com um substrato estéril, como a vermiculita e a casca de arroz. Em embalagens fechadas, as formas móveis dos ácaros predadores concentram-se próximas

Figura 8 - Liberação de ácaros predadores comercializados em frascos



Fotos: André Lage Perez

à tampa. Isto pode comprometer a distribuição uniforme do conteúdo na hora da liberação em campo. Por isso, recomenda-se que sejam feitos movimentos circulares e de inversão dos potes entre cada ponto de liberação. Dessa forma, os ácaros predadores dispersam-se no substrato contido no frasco, permitindo a liberação uniforme na lavoura.

Monitoramento de ácaros na lavoura

Liberações preventivas são realizadas antes do ataque da praga às plantas ou em infestações iniciais. Essa estratégia de

controle biológico inoculativo visa ao estabelecimento de populações de ácaros predadores na lavoura. Em altas infestações da praga são feitas liberações inundativas. Esta estratégia consiste em liberar os inimigos naturais em quantidade e frequência suficientes para causar a imediata redução da população da praga.

Recomendam-se monitoramentos periódicos e, assim, determinam-se o momento adequado para a liberação dos ácaros predadores e a estratégia a ser usada. Os parâmetros de amostragem e a tomada de decisão para o manejo de ácaros

fitófagos são específicos para cada tipo de cultivo. Na cultura do morango, a principal praga é o ácaro-rajado (*T. urticae*). Neste caso, as amostragens devem ser feitas, semanalmente, observando-se um folíolo por planta em pontos a cada 10 m da linha do canteiro. A liberação de ácaros predadores deve ser feita quando for observado, em média, cinco ácaros-rajados por folíolo. Deve-se liberar um total de dois ácaros predadores por planta de morango (Fig. 9). O ácaro-rajado também é a principal praga em cultivos de rosas. Como pode causar dano estético aos botões de rosas,

Figura 9 - Amostragem e liberação de ácaros predadores, em cultivo de morango semi-hidropônico



Fotos: André Lage Perez

as plantas devem ser amostradas com maior frequência (duas vezes por semana). Devem-se amostrar quatro plantas em cada canteiro de plantio, coletando-se uma folha no terço médio das plantas. A liberação de ácaros predadores deve ser feita quando o número médio de ácaros-rajados alcançar cinco ácaros por folha. Por causa da alta suscetibilidade das plantas de rosa ao ácaro-rajado, podem ser feitas liberações periódicas do predador *N. californicus* de forma preventiva, antes de a praga atingir o nível de dano econômico.

Em cultivos de fruteiras de porte arbóreo (maçã, pera e pêssago), o ácaro-vermelho-europeu *Panonychus ulmi* (Acari: Tetranychidae) ataca as folhas e as brotações comprometendo o desenvolvimento de novos ramos. A amostragem deve ser feita coletando-se 50 folhas por hectare. As folhas devem ser inspecionadas com auxílio de lupa de mão (aumento 20x), para o registro da presença de ácaros. Quando for constatada a presença de ácaros

em 40% das folhas amostradas, devem ser feitas liberações do ácaro predador *N. californicus*. Deve-se liberar um total de 150 mil ácaros predadores por hectare, espalhados em todas as plantas.

Os valores de liberação de predadores até aqui mencionados podem sofrer variação em função das características ambientais, onde a propriedade está inserida, do tipo de estratégia de plantio usado e do valor de mercado do produto a ser comercializado. O monitoramento da praga, bem como a tomada de decisão a respeito do uso de ácaros predadores, deve ser acompanhado por profissional com capacitação para o manejo de ácaros pragas. Algumas startups oferecem os ácaros predadores como parte de um pacote de serviços de manejo integrado de pragas em diversos tipos de cultivo, além de oferecer suporte técnico e praticidade aos produtores, o que contribui significativamente para o sucesso no uso de ácaros predadores.

RECURSOS ALIMENTARES SUPLEMENTARES

Entre os ácaros predadores comercializados, existem espécies com diferentes hábitos alimentares: especialistas e generalistas. Os ácaros especialistas alimentam-se de ácaros tetraniquídeos, enquanto os generalistas alimentam-se de diferentes fontes, como mosca-branca, tripes, ácaros fitófagos e diversos tipos de pólen (MCMURTRY; CROFT, 1997) (Quadro 1). Apesar do sucesso no controle usando ácaros especialistas, as populações desses organismos chegam a se extinguir, quando a população da presa diminui na lavoura. Os ácaros predadores generalistas, apesar de explorarem diversos recursos alimentares, também se mostram efetivos para o controle de pragas severas como *T. urticae* (EASTERBROOK; FITZGERALD; SOLOMON, 2001; VACACELA AJILA *et al.*, 2019). Tanto a performance como a persistência desses ácaros predadores

Quadro 1 - Diferentes tipos de pólen e seu uso na alimentação de ácaros predadores, para o controle de diferentes pragas dos cultivos

Ácaro predador	Tipo de pólen	Praga que controla
<i>Neoseiulus californicus</i>	Pólen de taboa - <i>Typha</i> sp. Pólen de amêndoa - <i>Prunus amygdalus</i> Pólen de milho - <i>Zea mays</i> Pólen de chá - <i>Camellia sinensis</i> Pólen de damasqueiro - <i>Prunus armeniaca</i> Pólen de pistache - <i>Pistachio vera</i>	Ácaro-rajado - <i>Tetranychus urticae</i> Ácaro-vermelho-europeu - <i>Panonychus ulmi</i> Ácaro-purpúreo - <i>Panonychus citri</i> Ácaro-do-enfezamento - <i>Phytonemus pallidus</i> Ácaro-branco - <i>Polyphagotarsonemus latus</i>
<i>Amblyseius swirskii</i>	Pólen de taboa - <i>Typha angustifolia</i> , <i>Typha latifolia</i> , <i>Typha</i> sp. Pólen de mamona - <i>Ricinus communis</i> Pólen de milho - <i>Zea mays</i> Pólen de castanheiro-da-índia - <i>Aesculus hippocastanum</i> Pólen de videoeiro-branco - <i>Betula pendula</i> Pólen de maçã - <i>Malus domestica</i>	Tripes - <i>Frankliniella occidentalis</i> , <i>Scirtothrips dorsalis</i> Mosca-branca - <i>Bemisia tabaci</i> , <i>Trialeurodes vaporariorum</i>
<i>Neoseiulus cucumeris</i>	Pólen de taboa - <i>Typha latifolia</i> Pólen de maçã - <i>Malus domestica</i> Pólen de eucalyptus - <i>Eucalyptus</i> sp. Pólen de cerejeira - <i>Prunus avium</i> Pólen de mesembryanthemum - <i>Mesembryanthemum</i> sp.	Tripes - <i>Frankliniella occidentalis</i> , <i>Scirtothrips dorsalis</i> Mosca-branca - <i>Bemisia tabaci</i> , <i>Trialeurodes vaporariorum</i>
<i>Typhlodromalus aripo</i>	Pólen de milho - <i>Zea mays</i> Pólen de leucena - <i>Leucaena leucocephala</i>	Ácaro-verde-da-mandioca - <i>Mononychellus tanajoa</i>
<i>Euseius concordis</i>	Pólen de taboa - <i>Typha domingensis</i> Planta espontânea - <i>Peltaea riedelii</i> Pólen de milho - <i>Zea mays</i> Pólen de mamona - <i>Ricinus communis</i>	Ácaro-do-bronzeamento-do-tomateiro - <i>Aculops lycopersici</i> Ácaro-branco - <i>Polyphagotarsonemus latus</i> Ácaro-vermelho - <i>Tetranychus bastosi</i>

Fonte: Elaboração dos autores.

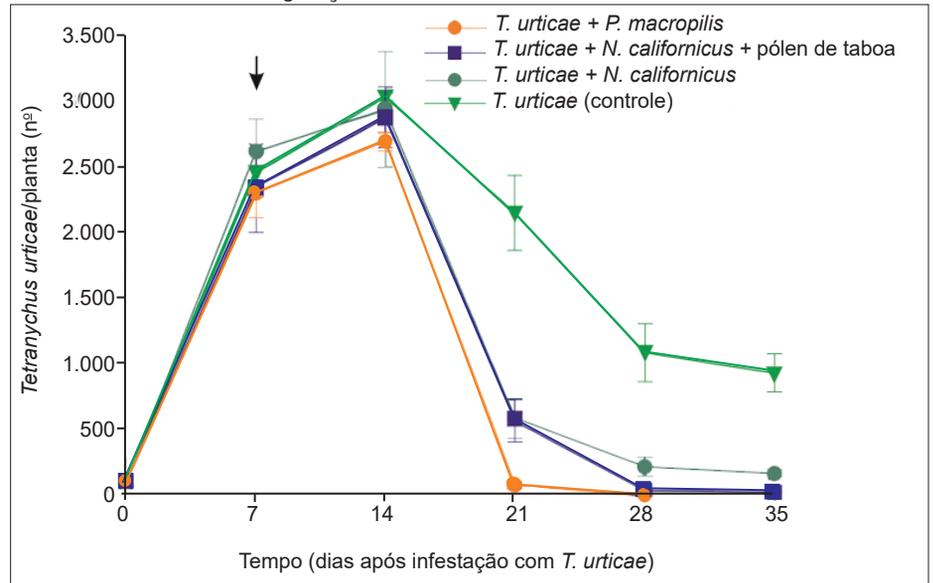
podem ser melhoradas com a adição de alimentos suplementares. Vacacela Ajila *et al.* (2019) observaram que, apesar de *N. californicus* demorar um pouco mais de tempo para controlar *T. urticae* em comparação com *P. macropilis* (especialista) (Gráfico 1), este predador persiste na área onde é liberado. Ao final das avaliações, foi encontrado maior número de ácaros predadores *N. californicus* nas plantas, enquanto que a população de *P. macropilis* extinguiu-se. O número de ácaros predadores foi maior no tratamento em que o pólen foi fornecido (Gráfico 2). Assim, foi concluído que *N. californicus* é um eficiente agente de controle biológico de *T. urticae*, e a adição do pólen pode contribuir para manter os ácaros em períodos de baixa densidade da presa. Portanto, as liberações de *N. californicus* combinadas com aplicações de pólen podem ser usadas como uma estratégia de controle biológico preventivo ao alcance de qualquer produtor (VACACELA AJILA *et al.*, 2019).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar do grande avanço que o uso de agentes de controle biológico tem atingido nos últimos anos no Brasil, principalmente com o emprego de entomopatógenos e nos exemplos de predadores citados, esse método de controle ainda é incipiente nos mercados de hortaliças e flores. Estes mercados têm grande potencial de uso de ácaros predadores, especialmente pelo retorno econômico e pela possibilidade de exportação. Porém, para alcançar tais mercados competitivos e altamente lucrativos é necessário cumprir com determinados padrões de qualidade (certificações internacionais) ou mesmo com as exigências dos consumidores por produtos livres de agrotóxicos. Nesse contexto, o controle biológico constitui claramente uma alternativa eficiente e rentável.

Produtores e consumidores podem ser beneficiados com o uso de agentes de controle biológico. Os benefícios desse método são refletidos especialmente na obtenção de produtos agrícolas de qualidade sem uso de agrotóxicos, de alto valor

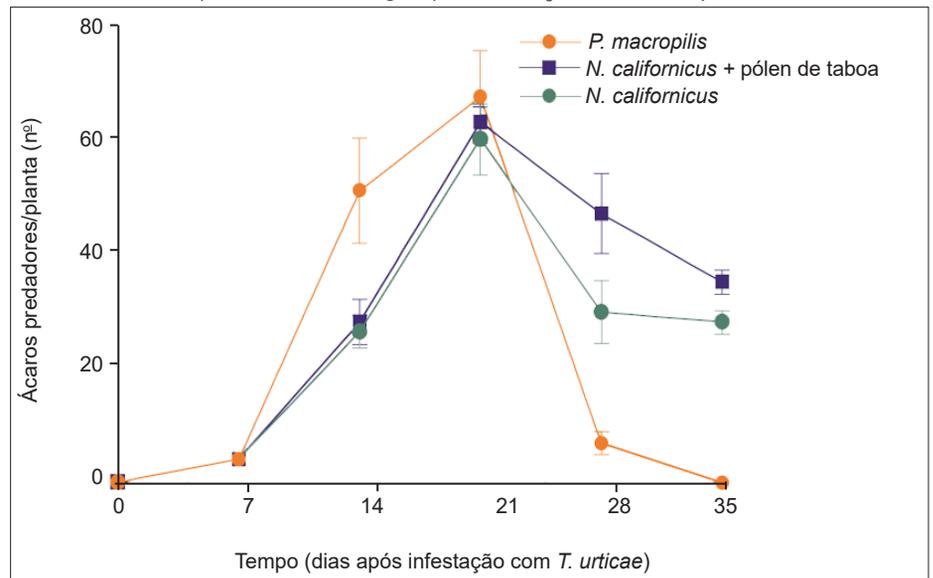
Gráfico 1 - Número médio de formas móveis e imóveis de *Tetranychus urticae* em função do tempo sobre plantas de morango com *Neoseiulus californicus*, com *N. californicus* + pólen de taboa, com *Phytoseiulus macropilis* e sem predador em casa de vegetação



Fonte: Vacacela Ajila *et al.* (2019).

Nota: Os predadores foram liberados nas plantas após sete dias da infestação com *T. urticae* (indicado por uma seta no gráfico).

Gráfico 2 - Número médio de ácaros predadores (todas as fases) em função do tempo sobre plantas de morango após infestação com *Tetranychus urticae*



Fonte: Vacacela Ajila *et al.* (2019).

Nota: Plantas com *Neoseiulus californicus*, com *N. californicus* + pólen de taboa e com *Phytoseiulus macropilis* em casa de vegetação.

econômico, de baixo custo de manejo e, especialmente, sem risco de intoxicação. Para os consumidores, o principal benefício é a disponibilidade de produtos de qualidade e sem resíduos de agrotóxicos.

Entretanto, apesar dos evidentes benefícios do controle biológico, esse tipo de tecnologia demanda alguns cuidados do produtor, quanto ao processo de comercialização e logística de distribuição,

quando os predadores são fornecidos por empresas. Já quando o produtor cria o seu próprio predador, a ênfase deve ser dada ao controle de qualidade de sua biofábrica. Em muitos relatos, os produtores desistem desse tipo de tecnologia, porque compram produtos que já vêm contaminados com outros agentes biológicos. Esse problema está diretamente relacionado com a comercialização e a manipulação dos organismos por empresas que não cumprem com padrões de qualidade adequados. As biofábricas de ácaros predadores oferecem uma solução para esse obstáculo. Com essa tecnologia, o agricultor pode produzir ácaros predadores em sua propriedade. Preocupando-se com a qualidade das criações, o produtor pode obter um produto biológico barato ao empregar uma tecnologia eficiente e de baixo custo. Adicionalmente, sendo o produtor o próprio gestor do seu negócio, há economia com a compra de predadores de empresas e planejamento da produção de predadores com um cronograma adequado de liberação em sua propriedade, de acordo com sua conveniência e necessidades. É recomendável, no entanto, que o produtor, ao iniciar a sua biofábrica, tenha um correto assessoramento de um profissional experiente.

AGRADECIMENTO

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pelo auxílio financeiro e pelas bolsas de pesquisa aos autores.

REFERÊNCIAS

- CABRERA, A.R.; CLOYD, R.A.; ZABORSKI, E.R. Development and reproduction of *Stratiolaelaps scimitus* (Acari: Laelapidae) with fungus gnat larvae (Diptera: Sciaridae), potworms (Oligochaeta: Enchytraeidae) or *Sancassania* aff. *sphaerogaster* (Acari: Acaridae) as the sole food source. **Experimental and Applied Acarology**, v.36, n.1/2, p.71-81, May 2005.
- CHAGAS, C.M.; KITAJIMA, E.W.; RODRIGUES, J.C. V. Coffee ringspot virus vectored by *Brevipalpus phoenicis* (Acari: Tenuipalpidae) in coffee. **Experimental and Applied Acarology**, v.30, n.1/3, p.203-213, May 2003.
- CROFT, B. *et al.* Predation, reproduction, and impact of Phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) on cyclamen mite (Acari: Tarsonemidae) on strawberry. **Journal of Economic Entomology**, v.91, n.6, p.1307-1314, Dec. 1998.
- EASTERBROOK, M.A.; FITZGERALD, J.D.; SOLOMON, M.G. Biological control of strawberry tarsonemid mite *Phytonemus pallidus* and two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* on strawberry in the UK using species of *Neoseiulus* (*Amblyseius*) (Acari: Phytoseiidae). **Experimental and Applied Acarology**, v.25, n.1, p.25-36, Jan. 2001.
- GARCÍA-MARÍ, F.; GONZÁLEZ-ZAMORA, J.E. Biological control of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) with naturally occurring predators in strawberry plantings in Valencia, Spain. **Experimental and Applied Acarology**, v.23, n.6, p.487-495, June 1999.
- GERSON, U.; SMILEY, R.L.; OCHOA, R. (ed.). **Mites (Acari) for pest control**. Oxford: Blackwell Sciencel, 2003. 539p.
- GOBIN, B.; BANGELS, E. Field control of strawberry mite *Phytonemus pallidus*. **IOBC: WPRS bulletins**, v.39, p.97-100, 2008.
- MANIANIA, N.K. *et al.* Role of entomopathogenic fungi in the control of *Tetranychus evansi* and *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae), pests of horticultural crops. In: BRUIN, J.; VAN DER GEEST, L.P.S. (ed.). **Diseases of mites and ticks**. Dordrecht: Springer, 2009. p.259-274.
- MCMURTRY, J.A.; CROFT, B.A. Life-styles of phytoseiid mites and their roles in biological control. **Annual Review of Entomology**, v.42, p.291-321, 1997.
- MORAES, G.J. de; FLECHTMANN, C.H.W. **Manual de acarologia: acarologia básica e ácaros de plantas cultivadas no Brasil**. Ribeirão Preto: HOLOS, 2008. 308p.
- MOSER, J.C.; PERRY, T.J.; SOLHEIM, H. Ascospores hyperphoretic on mites associated with *Ips typographus*. **Mycological Research**, v.93, n.4, p.513-517, Dec. 1989.
- OLIVEIRA, H. *et al.* A phytoseiid predator from the tropics as potential biological control agent for the spider mite *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). **Biological Control**, v.42, n.2, p.105-109, Aug. 2007.
- OLIVEIRA, H. *et al.* Evaluation of the predatory mite *Phytoseiulus macropilis* (Acari: Phytoseiidae) as a biological control agent of the two-spotted spider mite on strawberry plants under greenhouse conditions. **Experimental and Applied Acarology**, v.47, n.4, p.275-283, Apr. 2009.
- PALLINI, A. *et al.* Manejo integrado de ácaros em fruteiras tropicais e subtropicais. In: ZAMBOLIN, L. (ed.). **Manejo integrado: fruteiras tropicais - doenças e pragas**. Viçosa, MG: UFV, 2002. p.579-614.
- PLANET NATURAL. Research Center. **Fungus gnat predator**. Bozeman, Montana, [2019]. Disponível em: <https://www.planetnatural.com/beneficial-insects-101/hypoaspis-miles/>. Acesso em: 5 fev. 2019.
- ROETS, F. *et al.* Mites are the most common vectors of the fungus *Gondwanamyces proteae* in *Protea infructescences*. **Fungal Biology**, v.115, n.4/5, p.343-350, Apr. 2011.
- SMITH, L.M.; GOLDSMITH, E.V. The cyclamen mite, *Tarsonemus pallidus*, and its control on field strawberries. **Hilgardia**, v.10, n.3, p.53-94, Mar. 1936.
- SOLTANIYAN, A. *et al.* Suitability of pollen from different plant species as alternative food sources for *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) in comparison with a natural prey. **Journal of Economic Entomology**, v.111, n.5, p.2046-2052, Oct. 2018.
- VACACELA AJILA, H.E. *et al.* A new record of a pest mite on strawberry: *Phytonemus pallidus* (Banks) (Acari: Tarsonemidae) arrives in Minas Gerais, Brazil. **Florida Entomologist**, v.101, n.3, p.529-532, Sept. 2018.
- VACACELAAJILA, H.E. *et al.* Supplementary food for *Neoseiulus californicus* boosts biological control of *Tetranychus urticae* on strawberry. **Pest Management Science**, Jan. 2019. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/ps.5312>. Acesso em: 5 fev. 2019.
- VÁSQUEZ, C. *et al.* Phytophagous mites associated to *Fragaria* spp., advances in pest management in South America. **Journal of Entomology**, v.13, n.4, p.110-121, 2016.

Biofábrica de insetos predadores

Dany Silvio Souza Leite Amaral¹, Madelaine Venzon², Eleonora Barbosa³, Nathália Abreu⁴, Wagner Resende⁵

Resumo - O controle biológico aumentativo com o uso de insetos predadores é uma estratégia para controle de organismos indesejáveis, como pulgões, cochonilhas, moscas brancas, tripses e ácaros, tanto nos agroecossistemas como em áreas urbanas. Espécies da ordem Coleoptera, família Coccinellidae (joaninhas) e da ordem Neuroptera, família Chrysopidae (crisopídeos), destacam-se como agentes de controle biológico produzidos em biofábricas, por causa da tecnologia disponível de produção e da eficiência no controle de diversas espécies de pragas. A joaninha *Cycloneda sanguinea* e o crisopídeo *Ceraeochrysa cubana* estão sendo produzidos em biofábrica instalada pela Prefeitura Municipal de Belo Horizonte. Os predadores serão destinados ao controle de pragas em projetos e iniciativas de agricultura urbana. Palavras-chave: Joaninha. Crisopídeo. Agricultura urbana. Controle biológico.

Biofactory of predatory insects

Abstract - The augmentative biological control with predators is a strategy to control pests such as aphids, scales, whiteflies, thrips and mites, in agroecosystems and in urban areas. Coleoptera species, family Coccinellidae (ladybugs) and Neuroptera species, family Chrysopidae (greenlacewings), stand out as biological control agents produced in biofactories, due to the available mass rearing technology and to their efficiency in controlling several pest species. The ladybug *Cycloneda sanguinea* and the greenlacewing *Ceraeochrysa cubana* are being produced in a biofactory built by the municipal administration of Belo Horizonte. The predators will be used to control pests mainly in urban agriculture projects.

Keywords: Ladybird. Greenlacewing. Urban agriculture. Biological control.

INTRODUÇÃO

As soluções baseadas na natureza, termo cunhado pela União Internacional para a Conservação da Natureza (UICN) (COHEN-SHACHAM *et al.*, 2016), que se caracterizam por ações inspiradas em processos naturais, são cada vez mais utilizadas para ajudar a sociedade na construção de sistemas sustentáveis de manutenção da vida. Além da proteção e melhoria de ambientes urbanos, essas soluções podem, por meio da biodiversidade e interações ecológicas, apoiar na sustentabilidade da agricultura, sobretudo

para criar condições de produção agroecológica.

Além dos desafios em otimizar o uso de recursos naturais e respeitar os saberes tradicionais, na agroecologia o manejo de insetos e ácaros indesejáveis é feito sem o uso de agrotóxicos (ALTIERI; SILVA; NICHOLLS, 2003). Ao utilizar soluções com base na natureza, os processos de produção de alimentos sustentáveis devem integrar diversas estratégias de controle. Estas vão desde o manejo da biodiversidade, por meio do redesenho das propriedades até a manipulação de inimigos naturais, pelo

controle biológico aumentativo (ZEHN- DER *et al.*, 2007; VENZON *et al.*, 2015). Este controle tem como pilar a produção massal de inimigos naturais e sua liberação nos agroecossistemas com ataques de insetos, com surto populacional e com ameaças às culturas. Diversos tipos de inimigos naturais podem ser utilizados nesse tipo de controle, como fungos, vírus, bactérias, parasitoides e predadores (DEBACH; ROSEN 1991).

Os principais predadores de artrópodes-praga, utilizados em controle biológico aumentativo, estão distribuídos nas classes

¹Eng. Agrônomo, D.Sc., Prefeitura - SMMA, Belo Horizonte, MG, dany@pbh.gov.br

²Eng. Agrônoma, Ph.D., Pesq. EPAMIG Sudeste/Bolsista CNPq, Viçosa, MG, venzon@epamig.ufv.br

³Eng. Agrônoma, Prefeitura - SMMA, Belo Horizonte, MG, eleonora.barbosa@pbh.gov.br

⁴Bióloga, Prefeitura - SMMA, Belo Horizonte, MG, nathaliaabreu1@pbh.gov.br

⁵Biólogo, Prefeitura - SMMA, Belo Horizonte, MG, wagner.resende@pbh.gov.br

Arachnida (ácaros predadores) e Insecta. Nesta, destaca-se na ordem Coleoptera, a família Coccinellidae; na ordem Hemiptera, subordem Heteroptera, os percevejos das famílias Pentatomidae (gênero *Podisus*) e Anthocoridae (gêneros *Orius* e *Anthocoris*); e na Ordem Neuroptera a família Chrysopidae (MCEWEN; NEW; WHITTINGTON, 2001; TORRES; BASTOS; PRATISSOLI, 2009; HODEK; EVANS, 2012). Outras ordens de insetos (Dermaptera, Diptera, Hymenoptera) possuem predadores que desempenham papel fundamental no controle de populações de pragas e devem ser conservados em campo¹.

PREDADORES NO CONTROLE BIOLÓGICO

Os artrópodes predadores são organismos carnívoros que atacam e consomem presas; não as utilizam como hospedeiro para o seu desenvolvimento, como os parasitoides (TORRES; BASTOS; PRATISSOLI, 2009). Em geral, caracterizam-se por ser generalistas e maiores do que suas presas; possuem aparelho bucal mastigador ou sugador. Podem ser carnívoros em todo seu ciclo ou apenas durante o estágio juvenil, como algumas espécies de Neuroptera. Por consumirem várias presas durante seu ciclo de vida e terem desenvolvimento rápido, possuem também alto potencial para promover a regulação de organismos indesejáveis.

A eficiência dos predadores no controle biológico está associada às características evolutivas de cada espécie, as quais devem ser consideradas para escolha e manejo dos inimigos naturais: capacidade de forrageamento, tipo de desenvolvimento, sincronia temporal e espacial com a presa, estratégias de captura, demanda por alimento, especificidade de dieta, razão de aumento da população, redução de competição e de predação intraguilida (DIXON, 2000)

Artrópodes predadores podem ter as mais diversas estratégias de captura,

manipulação e consumo de suas presas. Algumas famílias de aranhas caracterizam-se pelo comportamento de sentar e esperar a presa que é consumida, quando se encontra no seu raio de ação. Existem, no entanto, espécies de predadores com comportamento mais ativo que realizam a movimentação e a procura de presas, como as joaninhas, crisopídeos, vespas e percevejos. Essas estratégias de captura podem ser características utilizadas para selecionar o uso de determinadas espécies de predadores.

Os predadores podem utilizar durante o forrageamento para localização de presas, além de pistas visuais, os estímulos químicos liberados por suas presas ou pelas plantas atacadas por estas. Joaninhas da espécie *Cycloneda sanguinea* L. (Coleoptera: Coccinellidae), por exemplo, utilizam odores de plantas de tomate atacadas por pulgões, para realizar o processo de escolha e direcionamento para predação (SARMENTO *et al.*, 2007).

Segundo Hajek (2004), uma divisão importante para o uso de predadores para o controle biológico é de acordo com o ciclo de vida desses predadores. Os hemimetábolos são considerados os mais ancestrais do ponto de vista evolutivo. Têm a forma das fases jovens, denominadas ninfas, com a mesma forma da fase adulta, o que limitaria ao mesmo hábito alimentar e estratégia de caça. Exemplos de predadores com esse ciclo são: aranhas, percevejos e ácaros. Já os predadores com metamorfose completa, os holometábolos, como as joaninhas, moscas e crisopídeos, possuem diferenças determinantes entre a forma das larvas e dos adultos. Isso pode ampliar a gama de presas e habitats utilizados pelos inimigos naturais. Por exemplo, os crisopídeos, cujos adultos não se alimentam diretamente de presas, podem-se beneficiar quando são introduzidas plantas que fornecem pólen e néctar nos cultivos (VENZON *et al.*, 2006).

Como estratégia de redução de competição e do risco de predação intraguilida, que seria a mortalidade por causa do ataque de outros predadores, o comportamento de inimigos naturais pode ser um critério priorizado para convivência de várias espécies de inimigos naturais, planejando o uso de predadores com estratégias de busca em vários locais. Diferentes espécies de joaninhas podem ter vantagem de redução do canibalismo e predação intraguilida, quando utilizam plantas de diferentes espécies para o seu desenvolvimento. Como é o caso da joaninha *Hippodamia convergens* Guérin-Meneville (Coleoptera: Coccinellidae) que oviposita em artemísia, uma planta espontânea associada ao cultivo de curcubitáceas, e evita a predação por joaninhas da própria espécie ou por outras como a *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera: Coccinellidae) (AMARAL *et al.*, 2015).

Mesmo com sua importância para regular herbívoros em agroecossistemas, muitas vezes as populações de predadores não estão em número suficiente para realizar o controle efetivo das pragas (CARVALHO; SOUZA, 2002). Duas práticas principais podem ser utilizadas para o incremento do controle biológico com predadores em agroecossistemas, o controle biológico conservativo e o aumentativo. No controle biológico conservativo, são preconizadas práticas de mudança do ambiente para a atração e conservação de inimigos naturais (Venzon *et al.*, 2015). Esse objetivo, incrementar a diversidade vegetal, por meio do plantio de espécies que promovam recursos para os insetos benéficos, tem sido utilizado em cultivos agroecológicos. Já no controle biológico aumentativo, realiza-se a criação massal de inimigos naturais que são posteriormente liberados em áreas atacadas por insetos e que, normalmente, precisam de um manejo rápido do problema. A criação desses organismos é realizada em locais devidamente

¹Ver nesta publicação, artigo: Agrobiodiversidade como estratégia de manejo de pragas, de Venzon et al., p.21-29.

adaptados, conhecidos como biofábricas. Os principais predadores produzidos em biofábricas são os ácaros², os percevejos, as joaninhas e os crisopídeos.

IMPORTÂNCIA DAS JOANINHAS

No controle biológico, destaca-se o papel das joaninhas, besouros carismáticos, associados à sorte e à bem-aventurança. Esses pequenos besouros são predadores vorazes capazes de reduzir populações de pulgões e cochonilhas, suas principais presas, nos agroecossistemas, jardins e áreas verdes. Representam uma alternativa ao uso de agrotóxicos, para redução de insetos indesejáveis.

Em 1887, a joaninha *Rodolia cardinalis* (Mulsant) (Coleoptera: Coccinellidae), importada da Austrália para a Califórnia, para combater a cochonilha *Icerya purchasi* Maskell (Hemiptera: Monophlebidae) que atacava plantios de citros na Califórnia, tornou-se o marco referencial mundial do controle biológico (MICHAUD, 2012). De acordo com Dixon (2000), existem 155 introduções intencionais de joaninhas

em todo o mundo para o controle específico de pulgões. No Brasil, a joaninha *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant (Coleoptera: Coccinellidae) foi introduzida para controle da cochonilha rosada *Maconellicoccus hirsutus* Green (Hemiptera: Pseudococcidae) (SANCHES; CARVALHO, 2011).

As joaninhas têm uma tendência para a especialização, tanto na dieta quanto no tipo de hábitat selecionado (OMKAR; PERVERZ, 2016). Algumas espécies são consideradas estritamente especialistas, mas outras possuem plasticidade e podem ser mais generalistas, principalmente quando há baixa densidade de presas. Esse comportamento pode ser fundamental para sua manutenção em agroecossistemas, pois além de realizar o controle de herbívoros, esses predadores podem consumir alimentos alternativos, como outras presas, pólen e néctar (LUNDGREN, 2009).

As joaninhas têm ciclo de vida holometábolo, ou seja, com metamorfose completa (ovo, larva, pupa e adulto). Tanto as joaninhas adultas quanto as larvas realizam o

controle de insetos. Os ovos alongados têm uma coloração amarelada e são colocados em grupos (Fig. 1). Geralmente, as joaninhas ovipositam próximo às presas, para facilitar o deslocamento das larvas, após a eclosão dos ovos. Poucos dias depois de depositados, os ovos mudam de coloração e, em seguida, destes emergem as minúsculas larvas. Nessa fase é mais comum o canibalismo e as larvas geralmente se dispersam, para se alimentarem e crescerem. Apresentam corpo alongado e aparelho bucal mastigador, sendo esta fase a mais propícia para ser utilizada no controle biológico. Suas cores variam, sendo algumas de cor escura com pontos amarelos e outras com pontos brancos (Fig. 2A e 2B). As larvas de joaninhas passam por estádios de crescimento (ínstar) até chegarem à fase de pupa. Uma larva de joaninha em seu último ínstar pode consumir, aproximadamente, 45 pulgões por dia (FARHADI *et al.*, 2010)

As joaninhas fixam as pupas em alguma estrutura as quais ficam imóveis. Nessa fase, ocorre a metamorfose completa e, ao final, há a emergência do adulto. As

Figura 1 - Ovos da joaninha *Cycloneda sanguinea*



Dany Silvio S. L. Amaral

Pedro H. B. Togni

²Ver nesta publicação, artigo: Biofábrica de ácaros predadores, de Pallini, Vacacela Ajila e Perez, p.39-47.

Figura 2 - Larvas de joaninhas



Nota: A - *Cycloneda sanguinea*; B - *Eriopis connexa*.

joaninhas adultas têm formas variadas e apresentam diversas cores, dependendo da espécie. O dimorfismo sexual em joaninhas não é muito aparente, mas geralmente as fêmeas tendem a ser ligeiramente maiores do que os machos (OMKAR; PERVERZ, 2016). A duração do ciclo de desenvolvimento de ovo a adulto varia de duas semanas até mais de dois meses, dependendo da espécie, das condições ambientais e da quantidade e qualidade do alimento consumido (NEDVED; HONEK, 2012).

No Brasil, as principais espécies de joaninhas predadoras são *C. sanguinea*, *Eriopis connexa*, *H. convergens*, *Hyperaspis* sp., *Coleomegilla maculata* e *Olla v-nigrum* (GRAVENA, 2005; TORRES; BASTOS; PRATISSOLI, 2009; CELLI, 2017) (Fig. 3ABCD)

IMPORTÂNCIA DOS CRISÓPÍDEOS

Os crisópídeos pertencem à família Chrysopidae, ordem Neuroptera, e são encontrados tanto em agroecossistemas como em ambientes naturais. Possuem ciclo de vida holometábolo, com metamorfose completa. Os adultos medem de 10 a 15 mm de comprimento, têm coloração esverdeada, antenas filiformes e as asas membranosas reticuladas (Fig. 4A). A oviposição é característica da família, com ovos depositados na extremidade de um pedicelo (Fig. 4B).

Figura 3 - Adultos de joaninha



Nota: A - *Cycloneda sanguinea*; B - *Eriopis connexa*; C - *Hippodamia convergens*; D - *Hyperaspis* sp.

As larvas são ágeis, com três pares de pernas torácicas alongadas. Alimentam-se de pulgões, cochonilhas, tripses, moscas-brancas, psilídeos, lagartas pequenas e ácaros. Larvas de algumas espécies podem consumir alimentos derivados de plantas, como pólen e néctar (VENZON *et al.*, 2006; OLIVEIRA *et al.*, 2009). As larvas de alguns gêneros são conhecidas como bicho-lixeiro, por causa do hábito de carregar detritos, restos de presas e exúvias no dorso (Fig. 5A). Larvas que não possuem esse hábito são denominadas nuas (Fig. 5B).

Os crisopídeos apresentam-se mais eficientes como predadores na fase larval, quando necessitam de substâncias ricas em proteínas e carboidratos na sua alimentação (VENZON; CARVALHO, 1993; OLIVEIRA *et al.*, 2009). A maior voracidade ocorre no terceiro ínstar, quando consomem cerca de 80% do alimento (DE BORTOLI *et al.*, 2006). A quantidade e a qualidade do alimento consumido na fase larval afetam a taxa de crescimento, tempo de desenvolvimento, peso, sobrevivência, bem como a fecundidade, longevidade, movimentação e capacidade de competição de adultos

(VENZON; CARVALHO, 1993; CARVALHO; SOUZA, 2009).

No Brasil, as principais espécies estudadas para o controle biológico são *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae), que possui larvas nuas, e *Ceraeochrysa cubana* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae), que possui larvas lixeiras (CARVALHO; SOUZA, 2009).

BIOFÁBRICA DE PREDADORES

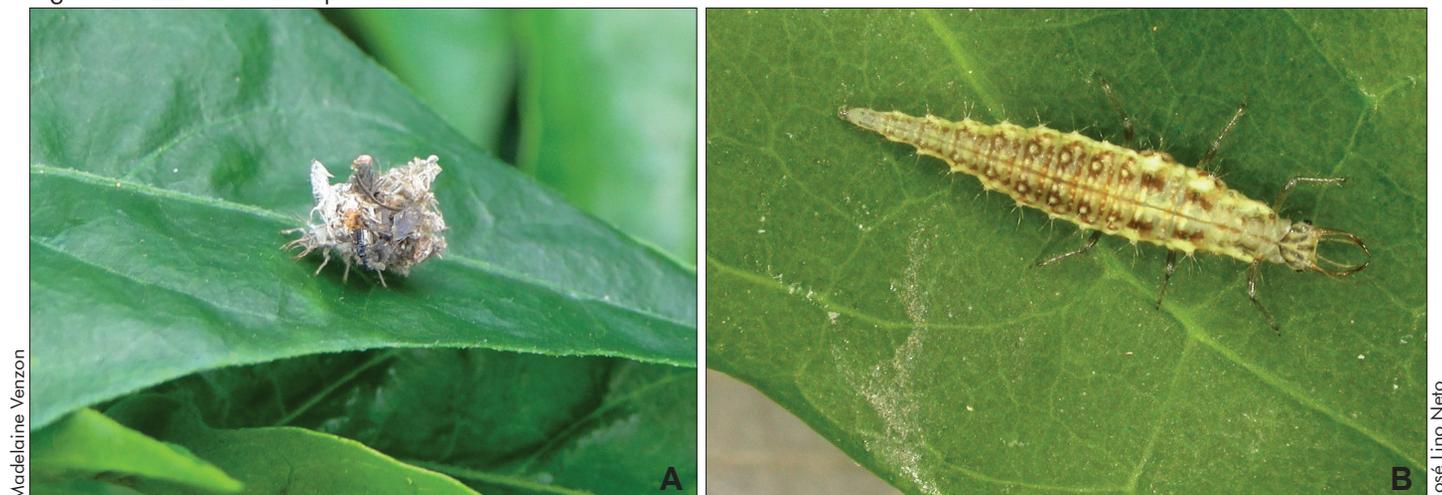
Nas biofábricas, são criadas condições ambientais constantes e fornecimento de dieta apropriada para a criação de

Figura 4 - Crisopídeo



Nota: A - Adulto; B - Ovos.

Figura 5 - Larvas de crisopídeos



Nota: A - Larva bicho-lixeiro de *Ceraeochrysa cubana*; B - Larva nua de *Chrysoperla externa*.

inimigos naturais específicos, que atendam às necessidades de controle de pragas. A criação massal de insetos requer condições ambientais constantes e espaço adequado. Também são necessários, para a eficiência na criação dos insetos, um tempo mínimo de desenvolvimento entre cada geração, uma taxa elevada de emergência de insetos, com altas fecundidade e viabilidade dos ovos.

Além do preponderante papel de empresas privadas no desenvolvimento de biofábricas de predadores, existe o grande potencial de instituições públicas realizarem a produção desses agentes de controle biológico. Nesse sentido, um destaque de experiência pública foi a criação massal de crisopídeos em Pernambuco. A entrada da mosca-preta-dos-citros, *Aleucanthus woglumi* Ashby (Hemiptera: Aleyrodidae), motivou a implantação da Biofábrica Crisobiol, para a produção em larga escala de crisopídeos, especialmente espécies do gênero *Ceraeochrysa* e *Leucochrysa* (SILVA *et al.*, 2013). A biofábrica implantada pelo Laboratório de Entomologia (LABEN), do Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), a Crisobiol, com aproximadamente 45 m² de estrutura, apresentava uma capacidade de produção diária de 30 mil ovos e larvas de crisopídeos, para liberações inundativas em áreas produtoras de citros e palma (SILVA *et al.*, 2013). Além de pesquisas realizadas para observação de níveis de controle e avaliação de métodos de liberação, a biofábrica mantém, atualmente, uma criação de manutenção com potencial para novos programas de controle biológico no Estado.

Um exemplo recente é o da Prefeitura Municipal de Belo Horizonte, em Minas Gerais, que instalou, no Parque das Mangabeiras, uma biofábrica para a criação de duas espécies de inimigos naturais: a joaninha *C. sanguinea* e o crisopídeo *C. cubana* (Fig. 6). Uma das motivações da instalação da biofábrica foi a necessidade de controle da mosca-branca, *Singhiella simplex* (Hemiptera: Aleyrodidae), em *Ficus microcarpa*, em regiões onde essas

Figura 6 - Sala de criação de predadores na biofábrica da Prefeitura Municipal de Belo Horizonte, MG



Dony Silvio S. L. Amaral

árvores formam alamedas e são tombadas pelo Patrimônio Cultural do Município de Belo Horizonte. A criação massal foi projetada também para atender à demanda de controle de insetos em projetos e iniciativas de agricultura urbana, sejam hortas comunitárias, sejam quintais com a produção de alimentos.

Criação massal de joaninhas

A população de joaninhas utilizadas na criação massal foi obtida por meio de coletas periódicas de indivíduos adultos de *C. sanguinea*, em cultivos de hortaliças em áreas verdes públicas, sobretudo nos Centros de Vivência Agroecológica da Prefeitura Municipal de Belo Horizonte. Além dos indivíduos coletados, a criação também conta com a multiplicação da população advinda de novos indivíduos desta criação. A coleta em campo e a seleção de espécimes ou de casais de tamanho maior e/ou com maior quantidade de posturas são contínuas para garantir a variabilidade genética da criação e uma linhagem capaz de produzir um maior número de indivíduos. Além disso, contribuem para a redução de algumas doenças

degenerativas, para adultos mais produtivos e larvas e pupas mais saudáveis.

Após a separação de machos e fêmeas, três casais de joaninhas são acondicionados em potes previamente preparados para abrigar e alimentar tais insetos. Na biofábrica, utilizam-se potes plásticos com capacidade de 1 e 1,50 L. Nestes potes são colocados chumaços de algodão umedecidos para a hidratação dos insetos. Para alimentação, os potes recebem colônias de pulgões, preferencialmente oferecidos nas folhas da planta hospedeira, e uma pequena quantidade de ovos de *Anagasta kuehniella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae), adquiridos de uma biofábrica privada em Viçosa. Ramos com inflorescências de mentrasto, picão-preto, margaridinha amarela, quaresmeira, serralha, erva-de-touro e dente-de-leão, de acordo com a disponibilidade, são colocados nos potes com o objetivo de fornecer pólen e de criar heterogeneidade do habitat (Fig. 7).

Os potes são vedados com a utilização de filme plástico adequadamente perfurado com alfinetes para permitir a oxigenação dos recipientes. A cada dois dias, os adul-

tos são transferidos para potes limpos e a dieta é recomposta. Já a produção de ovos é separada diariamente e acondicionada em pequenos recipientes individuais, adequadamente numerados e datados. Após a eclosão dos ovos, que acontece entre dois e três dias da oviposição, as larvas são transferidas para recipientes preparados de forma semelhante ao preparo feito para os adultos. No entanto, além da alimentação principal e alternativa, há a introdução de estruturas como papel dobrado em forma de sanfonas, para que as larvas se dispersem e se refugiem, defendendo-se do canibalismo natural da espécie (Fig. 8).

Após um período que pode variar de uma semana a dez dias, as larvas fixam-se em um local, que pode ser a superfície de uma folha, do filme plástico ou do próprio recipiente e transformam-se em pupas, estágio em que permanecem por até dez dias. Em seguida, as paredes das pupas rompem-se e emergem novos indivíduos adultos, os quais são selecionados e transferidos para a composição de novos casais de joaninhas, começando todo o ciclo. A criação é mantida em ambiente climatizado com temperatura em torno de 25 °C, umidade relativa (UR) de 60 +/-10% e fotofase de 12 horas.

Para a distribuição inundativa das larvas de *C. sanguinea*, parte da produção de segundo ou terceiro ínstar é usada e parte é direcionada para a continuidade da criação. A distribuição é feita em potes pequenos de 50 mL, ovos de *A. kuehniella* e serragem. Em cada pote são acondicionadas até dez larvas de joaninhas.

Criação massal de crisopídeos

A criação massal de crisopídeos da biofábrica da Prefeitura Municipal de Belo Horizonte iniciou-se com ovos da espécie *C. cubana*, disponibilizados pelo Laboratório de Entomologia da EPAMIG Sudeste, em Viçosa, MG. As larvas foram transferidas para recipientes plásticos retangulares com capacidade de 3 L recobertos com filme PVC, preso por ligas de borracha e perfurado com alfinete

Figura 7 - Criação de joaninhas em potes, contendo diversos alimentos



Dany Silvio S. L. Amaral

Figura 8 - Larvas de joaninhas em pote com papel sanfonado



Dany Silvio S. L. Amaral

para assegurar a oxigenação no interior. Cada recipiente, contendo folhas de papel dobradas em forma de sanfona, acomoda uma população de, aproximadamente, 50 larvas, alimentadas principalmente com *A. kuehniella*, em dias alternados (Fig. 9). Quando disponível, são adicionados pulgões para a complementação da dieta.

Os adultos recém-emergidos de *C. cubana* são acondicionados em tubos de cloreto de polivinila (PVC), com 20 cm de diâmetro e 30 cm de altura, revestidos internamente por papel sulfite branco, que serve de substrato para oviposição. A parte superior é recoberta com filme PVC, preso por ligas de borracha e perfurado com alfinete para assegurar a oxigenação no interior dos tubos. A parte inferior é revestida de papel filtro e preso por ligas de borracha (Fig. 10). Cada recipiente aloja 20 indivíduos, que produzem, em média, 40 ovos/dia/fêmea.

Os adultos são alimentados com dieta de levedo de cerveja e mel em proporções iguais (1:1). Os ingredientes são pesados e homogeneizados até obter uma pasta,

seguindo metodologia de Venzon *et al.* (2006). Essa pasta de levedo de cerveja e mel é pincelada em tiras de Parafilm® de, aproximadamente, 2 cm, fixadas nas paredes laterais dos recipientes com fita crepe. A água é fornecida por meio de pequenos potes de plásticos de 3,4 cm de altura e 2,0 cm de diâmetro, vedados com tampas com um furo central, onde é inserido um chumaço de algodão. A substituição da dieta e da água é feita em dias alternados, porém todos os recipientes de adultos são vistoriados diariamente, para verificar se houve postura de ovos e, se necessário, a retirada destes.

Os ovos, as larvas e os adultos são mantidos em ambiente climatizado com temperatura de 25 °C e UR em torno de 70%. Uma parte da produção de larvas será para liberações inundativas em campo e outra parte para manutenção da criação massal.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A implementação de criações de agentes de controle biológicos, em es-

pecial predadores, tem uma importância fundamental para a manutenção da sustentabilidade em sistemas de produção de alimentos ou áreas verdes, tanto em áreas rurais quanto urbanas. Essa tecnologia é uma alternativa ao risco associado ao uso de agrotóxicos, para controle de organismos indesejáveis, garantindo segurança alimentar e preservação ambiental e promoção da agroecologia.

Do ponto de vista de políticas públicas, as biofábricas de inimigos naturais podem ser estruturadas para atender a demandas estratégicas e também emergenciais. Ao mesmo tempo, as estruturas de criação massal podem ter um papel de divulgação e comunicação sobre os inimigos naturais, de forma que estimule a procura desse tipo de controle e crie incentivos para outras biofábricas públicas e empresas privadas.

Nesse sentido, há necessidade de investimentos futuros em três linhas principais:

- a) realização de novas pesquisas que identifiquem e selecionem predadores estratégicos, para o controle bio-

Figura 9 - Larvas de crisopídeos em pote com papel sanfionado



Dany Silvio S. L. Amaral

Figura 10 - Criação de adultos de crisopídeos



Dany Silvio S. L. Amaral

lógico em sistemas agroecológicos, de agricultura urbana e em áreas de preservação ambiental;

- b) facilitação no processo de registro, comercialização e liberação de inimigos naturais, de modo que estimule iniciativas públicas e privadas a terem custo e burocracia reduzidos nesse processo;
- c) estímulo ao processo de comunicação e de criação de saberes comuns que faça o diálogo entre o conhecimento popular e a ciência, identificando fatores culturais que promovam o interesse da sociedade para o controle biológico.

AGRADECIMENTO

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig), pelo auxílio financeiro para os projetos de pesquisa e para a bolsa de pesquisa concedida.

REFERÊNCIAS

- ALTIERI, M.A.; SILVA, E.N.; NICHOLLS, C.I. **O papel da biodiversidade no manejo de pragas**. Ribeirão Preto: Holos, 2003. 226p.
- AMARAL, D.S.S.L. *et al.* Coccinellid interactions mediated by vegetation heterogeneity. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v.156, n.2, p.160-169, Aug. 2015.
- CARVALHO, C.F.; SOUZA, B. Métodos de criação e produção de crisopídeos. In: BUENO, V.H.P. (ed.). **Controle biológico de pragas: produção massal e controle de qualidade**. 2.ed.rev. e ampl. Lavras: UFLA, 2009. p.77-115.
- CARVALHO, C.F.; SOUZA, B. Potencial de insetos predadores no controle biológico aplicado. In: PARRA, J.R.P. *et al.* (ed.). **Controle biológico no Brasil: parasitóides e predadores**. Piracicaba: Manole, 2002. cap.12, p.191-208.
- CELLI, N. del G. da R. **Coccinellidae (Coleoptera) do sul do Brasil: espécies potencialmente importantes no controle biológico**. 2017. 64p. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2017.
- COHEN-SHACHAM, E. *et al.* (ed.). **Nature-based solutions to address global societal challenges**. Gland, Switzerland: IUCN, 2016. 97p. Disponível em: <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2016-036.pdf>. Acesso em: 3 set. 2018.
- DE BORTOLI, S.A. *et al.* Desenvolvimento e capacidade predatória de *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae) em diferentes presas. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.6, n.1 p.145-152, 2006.
- DEBACH, P.; ROSEN, D. **Biological control by natural enemies**. 2.ed. Cambridge: Cambridge University, 1991. 456p.
- DIXON, A.F.G. **Insect predator-prey dynamics: ladybird beetles and biological control**. Cambridge: University of Cambridge, 2000. 286p.
- FARHADI, R.; ALLAHYARI, H.; JULIANO, S.A. Functional response of larval and adult stages of *Hippodamia variegata* (Coleoptera: Coccinellidae) to different densities of *Aphis fabae* (Hemiptera: Aphididae). **Environmental Entomology**, v.39, n.5, p.1586-1592, Oct. 2010.
- GRAVENA, S. **Manual prático de manejo ecológico de pragas dos citros**. Jaboticabal, 2005. 372p.
- HAJEK, A.E. **Natural enemies: an introduction to biological control**. Cambridge: Cambridge University, 2004. 378p.
- HODEK, I.; EVANS, E.W. Food relationships. In: HODEK, I.; VAN EMDEN, H.F.; HONĚK, A. (ed.). **Ecology and behaviour of the Ladybird Beetles (Coccinellidae)**. Chichester: Wiley-Blackwell, 2012. cap. 5, p.141-274.
- LUNDGREN, J.G. Nutritional aspects of non-prey foods in the life histories of predaceous Coccinellidae. **Biological Control**, v.51, n.2, p.294-305, Nov. 2009.
- MCEWEN, P.K.; NEW, T.R.; WHITTINGTON, A.E. (ed.). **Lacewings in the crop environment**. Cambridge: Cambridge University, 2001. 545p.
- MICHAUD, J.P. Coccinellids in biological control. In: HODEK, I.; VAN EMDEN, H.F.; HONĚK, A. (ed.). **Ecology and behaviour of the ladybird beetles (Coccinellidae)**. Chichester: Wiley-Blackwell, 2012. cap.11, p.488-519.
- NEDVĚD, O.; HONĚK, A. Life history and development. In: HODEK, I.; VAN EMDEN, H.F.; HONĚK, A. (ed.). **Ecology and behaviour of the ladybird beetles (Coccinellidae)**. Chichester: Wiley-Blackwell, 2012. cap.3, p.54-109.
- OLIVEIRA, S.A. de *et al.* Benefícios do mel e pólen de forrageiras nos parâmetros biológicos de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae). **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v.76, n.4, p.583-588, 2009.
- OMKAR; PERVEZ, A. Ladybird beetles. In: OMKAR (ed.). **Ecofriendly pest management for food security**. Amsterdam: Elsevier, 2016. cap.9, p.281-310.
- SANCHES, N.F.; CARVALHO, R. da S. Multiplicação do predador exótico *Cryptolaemus montrouzieri* como alternativa de controle biológico clássico para o controle da cochonilha exótica *Maconellicoccus hirsutus*. **Cadernos de Agroecologia**, v.6, n.2, Dez. 2011. Resumos do VII Congresso Brasileiro de Agroecologia, Fortaleza, CE, 2011.
- SARMENTO, R.A. *et al.* Use of odours by *Cycloneda sanguinea* to assess patch quality. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v.124, n.3, p.313-318, Sept. 2007.
- SILVA, D.M.P. *et al.* Controle biológico aplicado de crisopídeos para combate à mosca-negra-dos-citros em Pernambuco. In: FIGUEIREDO, M. do V.B. *et al.* (ed.). **Tecnologias potenciais para uma agricultura sustentável**. Recife: IPA, 2013. cap.12, p.273-284.
- TORRES, J.B.; BASTOS, C.S.; PRATISSOLI, D. Controle biológico de pragas com uso de insetos predadores. **Informe Agropecuário**. Controle biológico de pragas, doenças e plantas invasoras, Belo Horizonte, v.30, n.251, p.17-32, jul./ago. 2009.
- VENZON, M.; CARVALHO, C.F. Desenvolvimento larval, pré-pupal e pupal de *Ceraeochrysa cubana* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae) em diferentes dietas e temperaturas. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v.22, p.477-483, 1993.
- VENZON, M. *et al.* Manejo agroecológico de pragas. **Informe Agropecuário**. Agricultura orgânica e agroecologia, Belo Horizonte, v.36, n.287, p.19-30, 2015.
- VENZON, M. *et al.* Suitability of leguminous cover crop pollens as food source for the green lacewing *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v.35, n.3, p.371-376, May/June 2006.
- ZEHNDER, G. *et al.* Arthropod pest management in organic crops. **Annual Review of Entomology**, v.52, p.57-80, 2007.

Sucesso do controle biológico de pragas da cana-de-açúcar

Alexandre de Sene Pinto¹

Resumo - O controle biológico de pragas na cultura da cana-de-açúcar é um caso de sucesso a ser seguido nas demais culturas. Desde o plantio, utilizam-se produtos biológicos para o manejo de nematoides, como os fungos dos gêneros *Trichoderma*, *Pochonia*, *Paecilomyces* e *Beauveria* e com as bactérias do gênero *Bacillus*, especialmente *B. subtilis*. O uso da microvespa *Trichogramma galloi* e da vespinha *Cotesia flavipes* tem crescido no controle da broca-da-cana, *Diatraea saccharalis*, em todo o Brasil. A mistura de *Metarhizium anisopliae* em caldas de inseticidas para o controle principalmente das cigarrinhas (*Mahanarva* spp.) tornou-se prática comum, no que é chamado hoje de manejo biológico de pragas. O motivo desse sucesso foi maior disponibilidade de produtos biológicos de qualidade; mudança na estratégia de monitoramento das pragas, especialmente em relação à broca-da-cana (uso de armadilhas de fêmeas virgens); e liberação de parasitoides (*T. galloi* e *C. flavipes*), que passou a ser realizada principalmente com drones.

Palavras-chave: Parasitoide. Fungo entomopatogênico. Tecnologia de liberação. Agentes de controle biológico. Manejo.

Success of biological control of sugarcane pests

Abstract - Biological control of sugarcane pests is a success case to be followed. Since the planting, biological products are used for the management of nematodes, with the fungi of the genera *Trichoderma*, *Pochonia*, *Paecilomyces* and *Beauveria*, and with the bacteria of the genus *Bacillus*, especially *B. subtilis*. All over the country, the use of the *Trichogramma galloi* and *Cotesia flavipes* wasps has grown for the control of *Diatraea saccharalis*. The mixture of *Metarhizium anisopliae* in insecticide sprays, mainly for the control of sugarcane spittlebugs (*Mahanarva* spp.) has become a common practice now called biological pest management. The reason for this success was, among others, the greater availability of quality biological products, the change in the pest monitoring strategy, especially in relation to sugarcane borer (use of traps of virgin insect females), and the release of parasitoids (*T. galloi* and *C. flavipes*), mainly performed with drones.

Keywords: Parasitoid. Entomopathogenic fungi. Release technology. Biological control agents. Management.

INTRODUÇÃO

A cultura da cana-de-açúcar é uma das mais importantes do Brasil. Na safra 2017/2018 foram produzidos 633,26 milhões de toneladas, em uma área plantada de 10,24 milhões de hectares (8,73 milhões de hectares colhidos) (CONAB, 2018). A cana-de-açúcar apresenta dois períodos distintos de safra, sendo basicamente de setembro a março, nas Regiões Norte e Nordeste, e, de abril a novembro, na Região Centro-Sul, o que garante que a cultura esteja presente no campo todos os meses do ano e em todas as fases de

desenvolvimento. Apesar de proporcionar a produção de um dos combustíveis mais ecológicos do mundo, o etanol, atualmente o controle da maioria das pragas é realizado predominantemente com inseticidas químicos, o que é um paradoxo. Entretanto, o manejo da broca-da-cana, *Diatraea saccharalis*, é uma exceção, pois essa praga é manejada principalmente com agentes de controle biológico, sendo referência mundial (PARRA; BOTELHO; PINTO, 2010).

Historicamente, a cultura da cana-de-açúcar tem demonstrado que o controle biológico de pragas é possível em grandes áreas de campos abertos, diferente do

que o mundo acreditava, pois essa tática de controle sempre foi utilizada em ambientes protegidos (casas de vegetação, estufas) ou em pequenas áreas no campo. Na década de 1940, o Brasil começou os Programas de Controle Biológico da broca-da-cana utilizando a mosca parasitoide importada, *Lixophaga diatraea*, e algumas moscas parasitoides nativas (*Lydella minense* e *Billaea claripalpis*). Na década de 1970, depois da importação da vespinha *Cotesia flavipes*, sua utilização passou a ser em áreas cada vez maiores, atingindo quase 4 milhões de hectares, na década de 2010. Na década de 1980, co-

¹Eng. Agrônomo, D.Sc. Entomologia, Prof. do Centro Universitário Moura Lacerda, Ribeirão Preto, SP, aspinn@uol.com.br

meçaram os estudos com uma microvespa, *Trichogramma galloi*, para o controle de ovos da broca-da-cana e, na década de 2000, essa vespinha passou a ser utilizada nos canaviais, atingindo quase 2 milhões de hectares, em 2018.

O Programa de Controle Biológico utilizando o fungo-verde, *Metarhizium anisopliae*, para o manejo das cigarrinhas do gênero *Mahanarva*, pragas de solo e da parte aérea, começou na década de 1970, quando os primeiros laboratórios de produção do fungo foram instalados no Nordeste brasileiro. Esse Programa ganhou impulso na década de 1990, quando a queimada passou a ser proibida no estado de São Paulo. Atualmente, o uso desse fungo tem crescido muito, também por estar sendo adicionado às aplicações de inseticidas no controle da cigarrinha-das-raízes, *Mahanarva* spp.

Nos últimos dez anos, o controle biológico das demais pragas de solo tem avançado. O gorgulho-da-cana (especialmente pupas e adultos), *Sphenophorus* spp.; o besouro-rajado, *Metamasius hemipterus*; os corós (pão-de-galinha ou bicho-bolo); as formigas-cortadeiras (saúva, *Atta* spp., e quenquém, *Acromyrmex* spp.) e os cupins têm sido controlados com o fungo-branco, *Beauveria bassiana*. O fungo-verde também tem sido usado para o gorgulho-da-cana (especialmente larvas) e o percevejo-castanho, *Scaptocoris* spp. Os nematoides também passaram a ser manejados biologicamente, tendo o fungo *Trichoderma harzianum*, como o mais importante, além de outros como *T. asperellum*, *Pochonia chlamydosporia* e *Paecilomyces lilacinus*, e as bactérias *Bacillus subtilis*, *B. methylotrophicus*, *B. licheniformis* e *B. amyloliquefaciens*. A maioria desses antagonistas possui ações mais amplas, como disponibilização de nutrientes (fósforo, nitrogênio etc.), promoção de crescimento vegetal, controle de doenças e ação negativa sobre algumas outras pragas.

Atualmente, para a cultura da cana-de-açúcar, existem diferentes tipos de manejos de pragas. O manejo químico predomina para as pragas de solo, com o uso exclusivo de inseticidas de diferentes princípios

ativos e grupos químicos, mas sem rotação entre os grupos. O manejo integrado não é uma realidade para essa cultura, pois, se a premissa básica dessa filosofia é o uso de pelo menos três estratégias diferentes no controle de uma determinada praga, não têm sido utilizadas mais do que duas. Com a entrada de variedades de cana transgênicas – *Bacillus thuringiensis* (*Bt*), o manejo integrado da broca-da-cana passará a ser uma realidade, com essa estratégia sendo utilizada junto com o controle químico e biológico. O manejo biológico tem sido adotado em áreas cada vez maiores no Brasil. É uma estratégia em que o controle biológico é a primeira opção, sendo os inseticidas utilizados apenas quando se perdeu o tempo de entrada do agente biológico ou em situações muito pontuais (áreas-problema, dificuldade de manejo etc.). O manejo orgânico é muito restrito no Brasil, pois utiliza exclusivamente o controle biológico e os produtos naturais (nim e outros extratos de plantas, fontes de silício etc.) no combate às pragas, sendo obrigatório nas áreas reconhecidamente orgânicas.

O manejo biológico de pragas (e até doenças) tem crescido na cultura da cana-de-açúcar por vários motivos, dentre os quais destacam:

- a) o agricultor informou-se sobre o controle biológico e aprendeu a utilizá-lo corretamente (antes havia desconhecimento ou falso conhecimento sobre o assunto);
- b) os agricultores vizinhos às áreas canavieiras têm reclamado muito que as pulverizações químicas em canaviais, especialmente as aéreas, estão afetando negativamente suas lavouras;
- c) as áreas de matas e de preservação permanentes, sendo repositórios constantes de pragas, não poderiam receber controle químico;
- d) os produtos biológicos ficaram mais acessíveis e de melhor qualidade nos últimos anos, além de maior oferta e apoio técnico pós-venda pelas empresas;

- e) o agricultor está aprendendo sobre a seletividade de defensivos químicos para os agentes de controle biológico que utiliza em campo, melhorando a performance desses antagonistas;
- f) a tecnologia de liberação de parasitoides avançou e passou a ser aplicada por aviões e drones, o que facilita o processo e diminui drasticamente os custos;
- g) as metodologias de amostragem de pragas foram melhoradas, o que facilitou a tomada de decisão de aplicação de táticas de controle, especialmente de *Trichogramma* para o controle da broca (uso de armadilhas de fêmeas virgens).

MANEJO BIOLÓGICO DE NEMATOIDES

Nos últimos anos, os nematoides passaram a preocupar os agricultores do setor canavieiro, especialmente em áreas de usinas. Nos monitoramentos recentes, os níveis populacionais têm constantemente sido considerados altos. O manejo dessa praga sempre foi realizado com nematicidas químicos, os quais funcionavam mais como nematostáticos, ou seja, como paralisadores dos nematoides, além de ser altamente tóxicos a humanos e ao meio ambiente e de custo elevado.

Recentemente, os nematicidas biológicos ou promotores de crescimento vegetal com ação nematopelente passaram a ser utilizados no plantio e até em soqueiras em canaviais de todo o País. O agente mais utilizado, atualmente, é o fungo *Trichoderma harzianum*, já conhecido pelos plantadores de soja e feijão no controle do mofo-branco. Esse fungo tem ação repelente para nematoides em geral, como *Meloidogyne* e *Pratylenchus*, mas também está relacionado com a disponibilização de fósforo, nitrogênio e demais nutrientes para a planta, com a produção de fitormônios (ou similares) que promovem o crescimento vegetal e diminuem o estresse da planta à falta de água (produção maior de raízes

profundas), com o controle de doenças diversas e com a melhoria geral do solo.

As bactérias *Bacillus* também têm ações semelhantes às de *Trichoderma*. *Bacillus subtilis*, só ou com outras bactérias, tem sido o mais utilizado. Os fungos *Pochonia* e *Paecilomyces* são realmente nematocidas, pois atacam diferentes fases de desenvolvimento dos nematoides, mas até o momento não se conhecem ações adicionais desses agentes.

De forma geral, o uso desses produtos tem controlado ou repellido nematoides e, com diversas outras ações, tem levado ao aumento da produtividade (Gráfico 1). Entretanto, o produtor deve conhecer cada um dos fungos e bactérias e marcas comerciais existentes no mercado, e qual a melhor opção para cada região e tipo de solo.

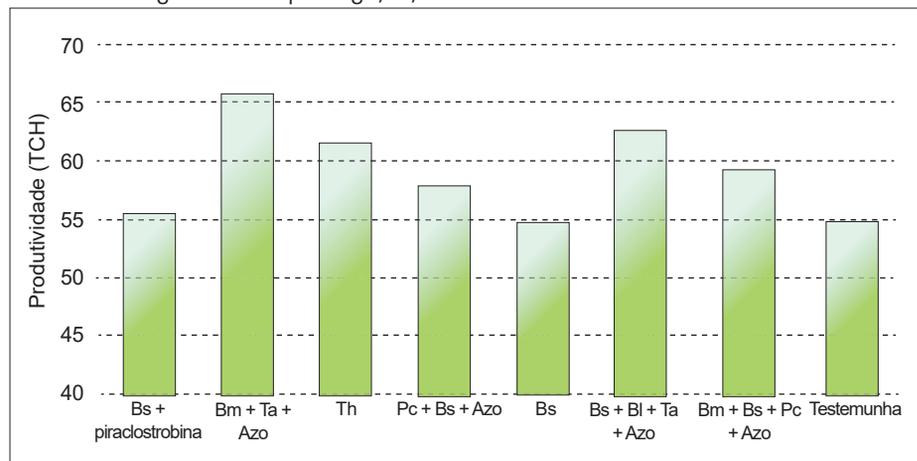
O fungo *B. bassiana*, utilizado no controle biológico de diversas pragas, também tem ação contra nematoides quando aplicado no solo, e precisa ser mais bem conhecido nesse novo contexto. Por esse motivo, alguns agricultores têm incluído esse fungo em algumas caldas de outros produtos, com a intenção de estar sempre inoculando-o no ambiente.

MANEJO BIOLÓGICO DA BROCA-DA-CANA

Existem muitas espécies de *Diatraea* no Brasil (SOLIS; METZ, 2016), mas apenas duas, *D. saccharalis* e *D. impersonatella* (sinônima *D. flavipennella*) (FRANCISCHINI *et al.*, 2017), são citadas e causam prejuízos à cana-de-açúcar.

O sucesso do manejo da broca-da-cana depende da disciplina no monitoramento, pois a maioria das táticas de controle existentes é muito eficaz. Não se pode errar no monitoramento e nem perder os períodos de controle, específicos para cada tática. O conhecimento da biologia da praga dá suporte para decisões em várias situações. Como para todo inseto, o aumento da temperatura diminui o ciclo da broca-da-cana (Tabela 1), interferindo nas decisões a serem tomadas.

Gráfico 1- Produtividade de canavial com diferentes tratamentos no sulco de plantio – Região de Votuporanga, SP, 2018



Fonte: Elaboração do autor.

Nota: TCH - Toneladas de cana por hectare; Bs - *Bacillus subtilis*; Bm - *Bacillus methylophilicus*; Ta - *Trichoderma asperellum*; Azo - *Azospirillum brasilense*; Th - *Trichoderma harzianum*; Pc - *Pochonia chlamydosporia*; Bl - *Bacillus licheniformis*.

Tabela 1 - Ciclo de vida da broca e de parasitoides em diferentes temperaturas em laboratório⁽¹⁾

Temperatura (°C)	Ciclo de ovo a adulto (dias)		
	Broca-da-cana	<i>Trichogramma galloi</i>	<i>Cotesia flavipes</i>
18	134,2	31,8	-
20	85,8	19,8	33,5
22	59,3	14,5	23,1
25	50,7	11,4	20,7
30	44,2	8,5	16,5
32	⁽²⁾ †	7,8	18,0

Fonte: Pádua (1983), Melo e Parra (1988) e Sales Júnior (1992).

(1) Quando no campo, acrescentar mais 15% no valor. (2) Não conseguiu completar o ciclo.

Monitoramento da broca-da-cana

O monitoramento da broca-da-cana era feito das seguintes formas:

- levantamento de lagartas recém-nascidas (broca-fora) em folhas e bainhas da parte superior da planta, em pontos ao acaso ou seguindo alguma estratégia de caminhamento;
- levantamento de lagartas dentro do colmo (broca-dentro) em 2-6 pontos de 1-2 m/ha, em duas linhas paralelas (obrigatório), ao acaso (sistema hora-homem) ou em pontos fixos (entra 25 m na linha, avalia um ponto, e depois a cada 50 m são avaliados novos pontos);

c) levantamento do índice de intensidade de infestação (infestação final), que é realizado na colheita (espera-se colher 50 m do talhão, entra 12,5 m na linha, avaliam-se cinco colmos nesse ponto e a cada 25 m são avaliados novos pontos, até o final da linha, começando outras novas a cada 100 m).

O monitoramento no sistema broca-fora tinha por objetivo determinar o momento ideal de controle (nível de controle), que é variável entre 3%-5% de plantas com lagartas, caminhando externamente no colmo da planta, quando se pretendia utilizar inseticidas químicos (clorantraniliprole, clorantraniliprole + lambda-cialotrina,

flubendiamida, metoxifenoazida + espinetoram, triflumurom, diflubenzurom e diversos outros inseticidas fisiológicos) ou biológicos para lagartas (*B. bassiana* ou *B. thuringiensis*). O sistema broca-dentro tinha por objetivo determinar o momento de liberação da vespinha *Cotesia flavipes*, em que o nível de controle era 800-1.000 brocas grandes (maiores do que 1,5 cm de comprimento) por hectare. O levantamento da intensidade de infestação final continua como a melhor estratégia para saber se o manejo adotado foi adequado, pois a infestação máxima aceitável é de 2%-3%, norteando as estratégias a serem adotadas na safra seguinte.

As estratégias de broca-fora e broca-dentro têm sido rapidamente substituídas pelo monitoramento de machos, utilizando armadilhas de fêmeas virgens (para obtenção de feromônio natural, pois o sintético ainda não existe) (PINTO; RODRIGUES; OLIVA, 2018). Essa é uma estratégia muito

mais simples e barata do que as anteriores. Preconiza o uso de uma armadilha que contenha no interior uma gaiola com três a quatro pupas de fêmeas, de idades diferentes, a cada 50 ha, priorizando armadilhas na parte mais externa das fazendas, setores ou lotes, conjunto de talhões, à beira de matas ou áreas agrícolas vizinhas. A tomada de decisão (Quadro 1) por medida de controle é feita quando 30%-50% das armadilhas (atualmente tem-se preferido 30%) coletarem cada uma seis machos em três dias, em períodos muito quentes ou secos, ou dez machos em uma semana.

O sucesso do controle da broca-da-cana, a partir de decisões tomadas por estratégia, depende do rigor da aplicação da tática escolhida dentro do período estabelecido. Os inseticidas químicos não podem ser aplicados depois de 15 dias de atingido o nível de controle (NC) nas armadilhas, pois as lagartas já terão entrado no colmo. A microvespa *Trichogramma* controla

apenas ovos da broca-da-cana, então não pode ser aplicada muito antes de cinco e nem depois de dez dias do NC, pois antes não existem ovos e, depois, as lagartas já eclodiram. A vespinha *C. flavipes* não pode ser aplicada muito antes de 21-30 dias do NC, pois as lagartas estarão muito pequenas; e nem muito depois, já que terão se transformado em pupas.

Uso da microvespa *Trichogramma galloi* no controle de ovos da broca-da-cana

Este parasitoide vem sendo estudado desde a década de 1980 no Brasil. É um endoparasitoide de ovos, que tem preferência por ovos recém-depositados. O adulto vive cerca de sete dias no campo, mas seu maior parasitismo ocorre no terceiro dia após sua liberação, concentrando 80% do controle que exerce sobre a praga dos dois aos quatro dias no campo. Após parasitados,

Quadro 1 - Tomada de decisão por estratégias e suas doses, níveis de controle (NC) e seus prováveis períodos residuais, para o controle da broca-da-cana a partir de monitoramento de machos com armadilhas de fêmeas virgens

Tática de controle	Dose recomendada por hectare	Dias após o NC ⁽¹⁾	Período residual (dias)
Inseticidas químicos			
Clorantniliprole	21 g i.a.	0-15	35 (períodos muito quentes e/ou secos) a 45
Clorantniliprole + lambda-cialotrina	100 + 50 mL i.a.	0-15	35 (períodos muito quentes e/ou secos) a 45
Flubendiamida	48 mL i.a.	0-15	35 (períodos muito quentes e/ou secos) a 45
⁽²⁾ Metoxifenoazida + espinetoram			
Triflumurom (e demais "fisiológicos")	24-38,4 mL i.a.	0-15	15 (períodos chuvosos) a 25
Diflubenzurom	40 g i.a.	0-15	30
Produtos biológicos			
<i>Trichogramma galloi</i>	Três liberações, em três semanas seguidas, de 50 mil parasitoides cada	5-10	⁽³⁾ 45 (períodos secos) a 60
<i>Cotesia flavipes</i>	Uma liberação de 6 mil vespinhas	⁽⁴⁾ 21-30	45
<i>Beauveria bassiana</i>	⁽¹⁾⁽²⁾ 2x10 conídios viáveis	10-15	15
<i>Bacillus thuringiensis</i> var. <i>kurstaki</i>	33,6 mL i.a.	10-15	15

Fonte: Pinto, Rodrigues e Oliva (2018).

Nota: i.a. - Ingrediente ativo.

(1) 6 machos/armadilha/3 dias ou 10 machos/armadilha/semana). (2) Produto em registro. (3) 45-60 dias da primeira liberação. (4) 21 dias para períodos quentes e 30 dias para períodos frios.

dois a três novos adultos emergem de cada ovo, cerca de 11 a 14 dias após a liberação (Tabela 1). Cada fêmea parasita cerca de 40 ovos. Após uma semana da liberação, os ovos parasitados ficam enegrecidos, mais visíveis nas bordaduras dos canaviais, pois aí se concentram as maiores quantidades de ovos da praga.

O adulto de *Trichogramma* (Fig. 1) parasita mais nas horas mais quentes do dia, das 10h até 14h, com parasitismo baixo à noite. Nos horários de chuva, o parasitismo é baixo, mas logo após a secagem superficial desses ovos, que é bem rápida (menos de uma hora), as vespinhas voltam a parasitar. O parasitismo ocorre tanto em períodos chuvosos quanto em períodos secos, mas nestes há menor produção de descendentes e, por isso, o motivo da redução no período residual (Quadro 1).

A quantidade a ser liberada é de 50 mil microvespas por hectare, em infestações pelo menos de até 400 mil ovos por hectare. Como a maioria das infestações não ultrapassa esse nível, então essa dose tem sido constante. Há necessidade de realizar três liberações seguidas, uma em cada semana, a partir da constatação do nível de controle. Essa exigência explica-se pelo efeito residual que proporciona e pelo ritmo de emergência dos novos parasitoides em campo. Os insetos da primeira liberação só

emergirão depois de duas semanas, por isso há necessidade da segunda liberação, para não deixar uma semana desprotegida, visto que os adultos vivem sete dias. Contando com as duas gerações da broca, cria-se um período residual de 45-60 dias desde a primeira liberação.

Trichogramma pode ser liberado em qualquer horário do dia ou da noite, desde que se evite a exposição do material biológico ao sol, antes de ser aplicado. No campo, a microvespa procura por microambientes adequados à sua sobrevivência, mas confinada dentro de uma caixa ou recipiente, não sobrevive quando submetida a calor intenso ou baixa umidade prolongados.

A liberação pode ser terrestre e manual ou motorizada, utilizando cartelas contendo adultos recém-emergidos dentro destas, seguindo um esquema de liberação que respeita a capacidade de dispersão da espécie, que é de um raio de 10 m (Fig. 2). A liberação motorizada é realizada com uma moto ou quadriciclo com um distribuidor de pupas do parasitoide acoplado, que deve percorrer faixas de 20 m liberando pupas sobre plantas e solo.

Um dos grandes avanços da atualidade foi a liberação de pupas desprotegidas e espalhadas pelo canavial, com o auxílio de distribuidores acoplados a aviões ou

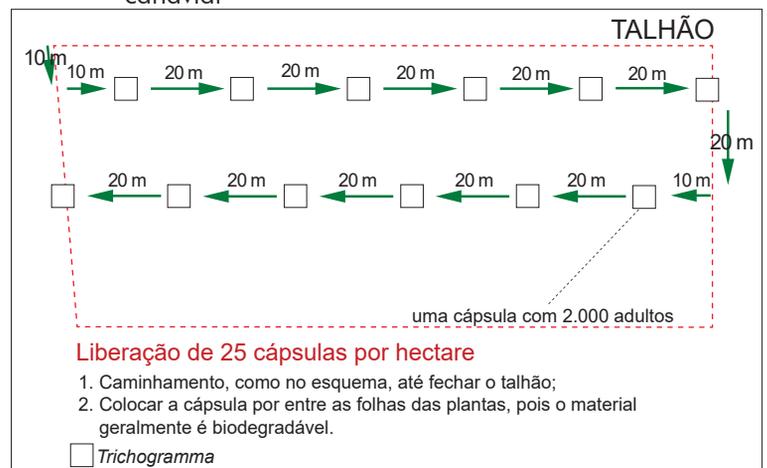
drones, a partir de 2017, com a legislação estabelecida para essa modalidade (AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL, 2017ab). A liberação de pupas soltas tem-se mostrado superior às de adultos ou de pupas protegidas em cápsulas, sem a preocupação de predação do material liberado, pois os predadores têm grande dificuldade em localizar cinco pequeninas pupas em cada metro quadrado, equivalente a 50 mil por hectare. Apesar disso, repelentes de predadores (noz moscada + hortelã + dicloroisocianurato de sódio) foram desenvolvidos para evitar até a pequena predação.

O sucesso da tecnologia de liberação de pupas desprotegidas por drones pode ser comprovado em números. Em 2017, no ano em que foi criada a lei dos drones (AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL, 2017ab), de 1,5 milhão de hectares liberados de *Trichogramma*, 35% já foram feitos com drones. Em 2018, dos 1,7 milhões de hectares liberados, 60% foram feitos apenas com drones. Essa tática de controle possibilita infestação final menor do que 2%, algo conseguido somente com inseticidas de grande ação residual. Muitas vezes consegue-se fechar a safra com apenas uma sequência de três liberações de *Trichogramma*. Em áreas com aplicação de vinhaça ou com variedades suscetíveis ou irrigadas ou, ainda, em áreas margeando

Figura 1 - Adulto de *Trichogramma galloi* parasitando ovos da broca-da-cana



Figura 2 - Esquema de liberação manual e terrestre de *Trichogramma galloi*, para o controle de ovos da broca-da-cana em canavial



Fonte: Elaboração do autor.

matas ou gramíneas são necessárias duas, três ou até quatro sequências. Essas são as chamadas áreas-problema.

Uso da vespinha *Cotesia flavipes* para o controle de lagartas da broca-da-cana

O endoparasitoide larval *C. flavipes* foi importado de Trinidad-Tobago e da Índia e Paquistão para o Brasil, na década de 1970, estabelecendo-se bem no Nordeste e, posteriormente, em São Paulo. Desde sua entrada no Brasil, o Programa de Controle Biológico da broca-da-cana passou a ser um sucesso tão grande que se tornou referência mundial. Em apenas um ano, os prejuízos com a broca-da-cana caíram de 100 para 20 milhões de dólares, sendo considerado o maior Programa de Controle Biológico do mundo (VILELA *et al.*, 1998).

O adulto de *C. flavipes* (Fig. 3) localiza as lagartas dentro dos colmos pelo cheiro das fezes misturadas com restos de alimentos. Ao entrar dentro das galerias criadas pela broca, o parasitoide as localiza e parasita. Ao parasitar, injeta cerca de 100 ovos de uma única vez, mas parte desses ovos é encapsulada e morta pelas defesas da hemolinfa da lagarta, sobrando cerca de 50-60 larvas. As lagartas, após o parasitismo, logo deixam de se alimentar, mas continuam vivas. Depois de cerca de 15-17

dias (Tabela 1), as larvas saem de dentro da lagarta e, em grupo, formam uma massa de fios de seda, onde pupam dentro de casulos. Dessas massas emergem novos adultos depois de cerca de quatro dias, em campo.

As fêmeas parasitam mais nos horários mais quentes do dia. O parasitismo concentra-se nos horários de ausência de chuvas e, à noite, é reduzido. Essa vespinha pode ser liberada em qualquer horário do dia ou da noite, sempre tomando os cuidados descritos para *Trichogramma*. A liberação de *Cotesia* pode ser feita de forma manual e terrestre, respeitando a capacidade de dispersão dessa espécie que é de um raio de 20 m. Portanto, deve-se seguir um esquema de liberação (Fig. 4), onde em cada copinho há 15 massas ou 750 parasitoides, com maior porcentagem de fêmeas.

Nos últimos anos, esse parasitoide também passou a ser liberado por drones, protegido em cápsulas. Será lançado no mercado o drone de liberação de massas desprotegidas e tratadas com repelentes à base de noz moscada, dicloroisocianurato de sódio e grafite (MATEUS JUNIOR, 2017), que proporcionará maior rendimento da operação.

Hoje têm-se realizado liberações de *Cotesia* a cada dois meses e até dois meses antes da colheita, ao redor de talhões que esperam a colheita, ou de canavial bisado

(remanescentes da safra anterior). Essa liberação é realizada a cada 50 m por todo o perímetro do talhão, entrando, no máximo, 2 m na plantação.

MANEJO BIOLÓGICO DAS CIGARRINHAS-DAS-RAÍZES

Existem várias espécies de cigarrinhas que atacam cana no Brasil. No Nordeste, *Mahanarva posticata*, a cigarrinha-das-folhas, é bastante importante; na Zona da Mata de Minas Gerais, é *M. rubicunda indentata*, a cigarrinha-do-cartucho; e, em todo o País, a cigarrinha-das-raízes, *M. fimbriolata*, é bem danosa. Entretanto, *M. fimbriolata* trata-se na verdade de um complexo de espécies que predomina *M. spectabilis*, ocorrendo também *M. liturata* (ALVES; CARVALHO, 2014) e outras espécies não identificadas.

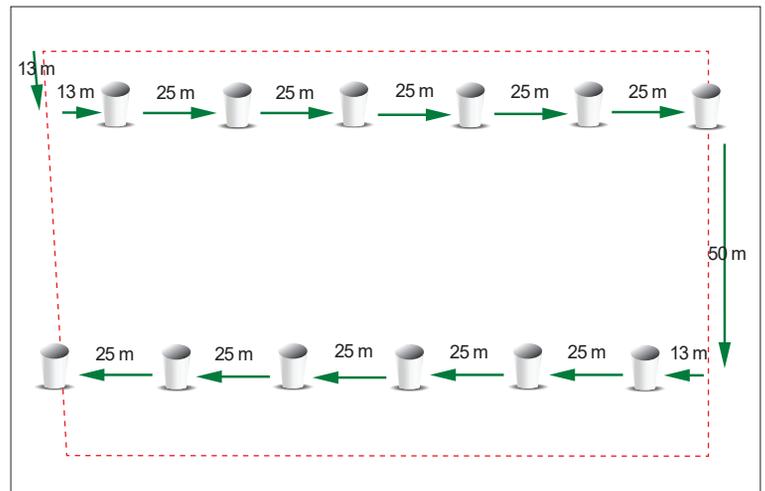
Os trabalhos pioneiros de controle de *M. posticata*, com *Metarhizium anisopliae*, foram realizados em 1969. Em 1975, foram instalados os primeiros laboratórios para a produção do fungo nas usinas de Pernambuco (MARQUES; VILLAS BOAS; PEREIRA, 1981), atingindo uma área de 520 ha, entre 1970 e 1972. Para o controle de *M. fimbriolata*, somente no estado de São Paulo, na safra 2004-2005, o fungo foi aplicado em, aproximadamente,

Figura 3 - Adulto de *Cotesia flavipes* parasitando lagarta da broca-da-cana



Heraldo Negri de Oliveira

Figura 4 - Esquema de liberação manual e terrestre de *Cotesia flavipes* para o controle de lagartas da broca-da-cana em canavial



Fonte: Elaboração do autor.

200 mil hectares (ALMEIDA; BATISTA FILHO, 2006).

Por atuar nas fases ninfal e adulta e por ser facilmente produzido em laboratório, *M. anisopliae* tem sido a melhor opção biológica dentre os agentes de controle existentes. O fungo era aplicado no campo na forma de conídios, seja em suspensão aquosa, junto ao substrato (arroz), seja em óleo. Hoje, as formulações evoluíram muito e a maioria dos produtos comerciais é de pós que se diluem facilmente em água. Em condições ideais, o conídio, ao cair sobre o inseto, germinará e penetrará no tegumento deste inseto, passando a desenvolver-se no seu interior, até causar sua morte. As condições ideais para os processos de adesão, germinação e penetração, fases que levam um pouco mais de 8 horas, são baixa radiação ultravioleta, alta umidade e temperatura amena. Por isso, as aplicações devem ser realizadas ao entardecer ou no início da noite, pois haverá a formação de orvalho, temperaturas mais amenas e não ocorrerá a incidência de raios ultravioleta, maléficis para o fungo (ALVES; LOPES; LEITE, 2005), ou em dias nublados e chuvosos, ou com o solo sombreado pela cultura e com alta umidade do ar. Para o controle biológico de ninfas de *Mahanarva* recomendam-se, pelo menos, 5×10^{12} conídios viáveis por hectare.

Outro fator que interfere no sucesso do controle é o monitoramento e as tomadas de decisão. O monitoramento é realizado caminhando numa linha qualquer do talhão e, a cada 20 m, em um ponto de 1 m é avaliado o número de espumas produzidas pelo inseto. Mais ou menos, uma espuma corresponde a duas ninfas. Ao terminar a linha, o monitoramento está finalizado. Entretanto, se o fungo for aplicado, devem-se avaliar alguns desses pontos contando o número de ninfas pequenas e grandes. O fungo só pode ser aplicado quando mais da metade das ninfas forem grandes, pois, nesse momento, todas já eclodiram de seus ovos no solo. O nível de controle da cigarrinha-das-raízes é de duas ninfas por metro linear. Se no final da época de

ocorrência da cigarrinha ainda houver cerca de cinco ninfas por metro, deve-se realizar outra aplicação do fungo para não deixar os adultos emergirem e colocarem os ovos que permanecerão quiescentes no solo até a próxima safra.

Na atualidade, grande parte das usinas tem misturado no mesmo tanque um inseticida na menor dose possível e uma ou meia dose do fungo-verde. Inseticidas usados para o controle da cigarrinha são compatíveis com o fungo, o que tem propiciado maior período de atuação. Essa associação tem também criado um efeito adicional de controle de outras pragas, como da broca-da-cana.

MANEJO BIOLÓGICO DO GORGULHO-DA-CANA

Recentemente, descobriram-se no Paraná e em São Paulo, outras duas espécies de *Sphenophorus*, *S. rusticus* e *S. mimelus*, atacando cana-de-açúcar, em época de ocorrência diferente da espécie predominante *S. levis*.

O gorgulho-da-cana tem preferência por solos claros, argilosos e com boa umidade. Nota-se que a aplicação excessiva de vinhaça aumenta a ocorrência dessa praga, tal como acontece com a broca-da-cana. O clima influencia na população dos gorgulhos: em todas as fases são mais ativos durante os meses quentes e úmidos e diminuem a atividade nos meses frios e secos. Ocorrem dois picos da praga durante o ano. Os picos de larvas ocorrem entre os meses de maio e julho e entre novembro e dezembro. Os picos de adultos ocorrem entre os meses de outubro e novembro e entre fevereiro e março, sendo este período o de maior pico.

O método de controle mais utilizado no manejo de *S. levis* é a destruição mecânica das soqueiras no período de plantio, momento da reforma do canavial, procurando expor ao máximo as larvas aos seus predadores e ao secamento dos rizomas. O controle químico também é bastante utilizado, visando às larvas e pupas no solo. Assim como na destruição das soqueiras, esta

técnica é utilizada no plantio, procurando evitar o ataque da praga na cana-planta.

Quase todos os inseticidas registrados para o gorgulho são bastante tóxicos e pouco seletivos para inimigos naturais, especialmente para formigas predadoras, as mais importantes reguladoras naturais de populações da broca-da-cana e de cigarrinhas. Portanto, o uso destes produtos em cana-soca compromete o equilíbrio do agroecossistema canavieiro e tem causado o aumento das áreas-problema com a broca-da-cana, exigindo maiores cuidados.

Algumas usinas, junto com o grupo de pesquisa e extensão em controle biológico (G.bio), sediado no Centro Universitário Moura Lacerda, em Ribeirão Preto, SP, têm trabalhado desde 2011 com fungos entomopatogênicos no controle do gorgulho.

O fungo *Beauveria bassiana* sempre foi o mais indicado para o controle do gorgulho-da-cana. A recomendação era a aplicação na forma de pasta do fungo (água + conídios) em iscas de tolete de cana partido ao meio, 150-200 iscas por hectare, com eficácia superior a 90% de controle de adultos, sendo essa uma prática bastante trabalhosa.

Para o controle de adultos que irão iniciar a revoada, o uso de *B. bassiana* aplicado na forma líquida ou granulada (500 g/ha de conídios) é bastante eficaz, com controle superior a 80%, já após 30 dias da aplicação. Entretanto, para o controle de larvas, o fungo *B. bassiana* tem mostrado eficácia inferior a 80% até 100 dias após a aplicação, na forma líquida ou granulada (450 g/ha).

O fungo *M. anisopliae*, comumente utilizado para o controle de cigarrinhas na cana-de-açúcar, tem mostrado excelentes resultados no controle de larvas de *S. levis*, quando aplicado com cortador de soqueiras na forma líquida (250 g/ha) ou na forma granulada (450 g/ha).

A aplicação de *B. bassiana* em área total é feita assim que as primeiras armadilhas de tolete de cana (Fig. 5) capturarem pelo menos dois adultos na semana, espe-

cialmente na revoada de início de ano. O fungo tem se mostrado mais eficaz do que os inseticidas químicos (Gráfico 2).

O gorgulho-da-cana, após ser infectado por algum dos fungos, fica inquieto, perde seus movimentos e para de se alimentar, chegando à morte. Quando os insetos são colonizados pelo fungo *M. anisopliae*, ficam

duros e uma massa pulverulenta de conídios recobre o seu corpo e ganha uma coloração que varia entre verde-clara e escura, acinzentada ou esbranquiçada com pontos verdes. No caso de *B. bassiana*, os insetos ficam cobertos por uma massa esbranquiçada.

Outro produto biológico que entrará no mercado é o nematoide entomopatogênico

(existem algumas espécies dos gêneros *Heterorhabditis* e *Steinernema*), com resultados muito bons para o controle do gorgulho e outras pragas. Quando entrar no mercado, será considerado o faxineiro do solo, eliminando diversas pragas numa única aplicação. A eficácia do nematoide no controle de larvas do gorgulho é superior a 80%, mas no controle de adultos muitas vezes precisa da associação do fungo *B. bassiana*. Pode ser aplicado junto com tiametoxam.

Figura 5 - Monitoramento de adultos do gorgulho-da-cana para tomada de decisão de aplicação de *Beauveria bassiana* em área total

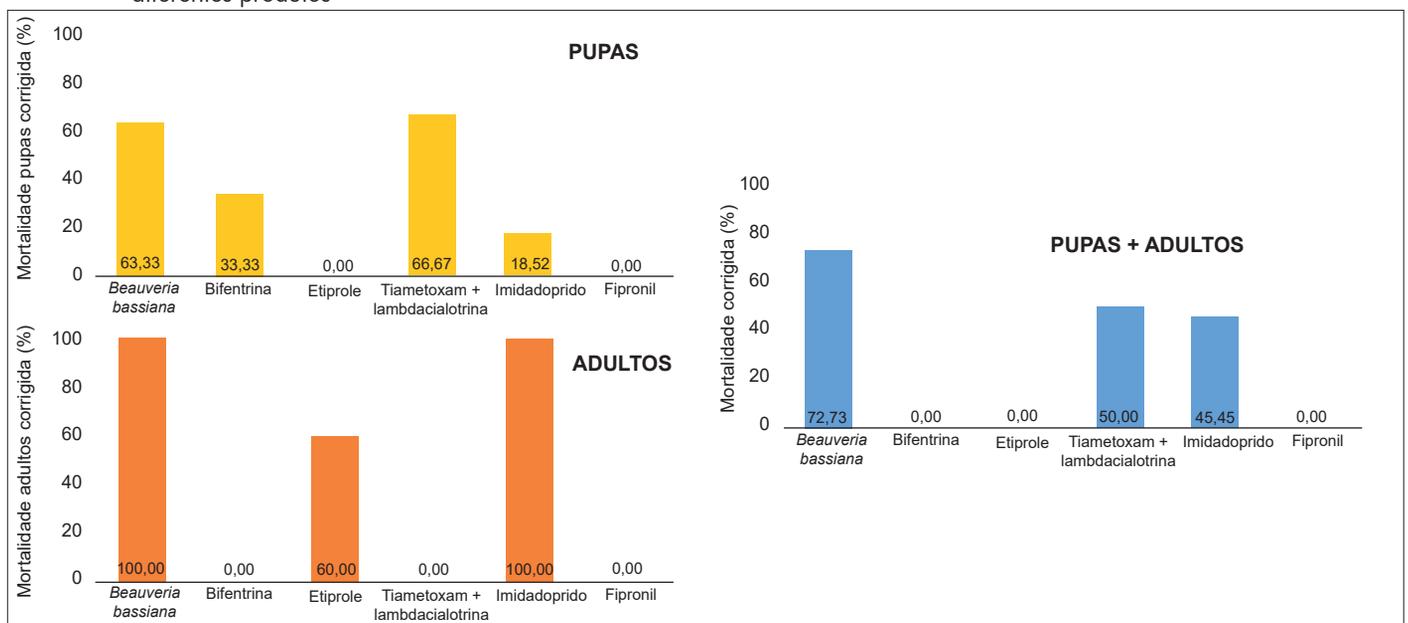


Alexandre de Sene Pinto

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O manejo de pragas da parte aérea na cultura da cana-de-açúcar, no Brasil, é realizado predominantemente com produtos biológicos, sendo referência mundial. O mesmo não acontece com as pragas de solo, onde o controle químico é quase exclusivo. Com o avanço das pesquisas com resultados semelhantes aos destacados neste artigo, em pouco tempo será possível manejar todas as pragas de solo de forma biológica, com a aplicação ocasional de inseticidas seletivos aos inimigos naturais constantes nesse agroecossistema, popularizando, cada vez mais, o manejo biológico de pragas da cana-de-açúcar.

Gráfico 2 - Porcentagem média de mortalidade de pupas e de adultos do gorgulho-da-cana após tratamento superficial de solo com diferentes produtos



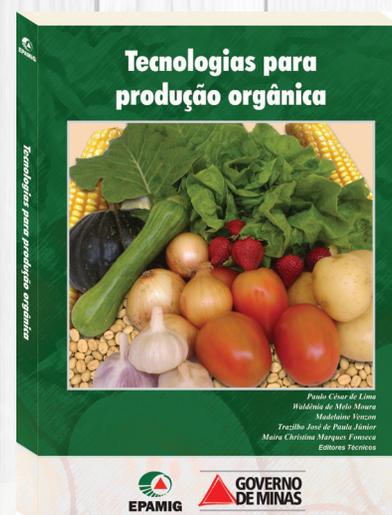
Fonte: Elaboração do autor.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. RBAC-E nº 94, de 3 de maio de 2017. **Requisitos gerais para aeronaves não tripuladas de uso civil**. Brasília, 2017a. 26p. Disponível em: http://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac/rbac-e-94-emd-00/@/@/display-file/arquivo_norma/RBACE94EMD00.pdf. Acesso em: 29 jan. 2019.
- AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. Resolução nº 419, de 2 de maio de 2017. Aprova o Regulamento Brasileiro da Aviação Civil Especial nº 94. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 3 maio 2017b. Seção 1, p.52. Disponível em: http://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/resolucoes/2017/resolucao-no-419-02-05-2017/@/@/display-file/arquivo_norma/RA2017-0419.pdf. Acesso em: 29 jan. 2019.
- ALMEIDA, J.E.M. de; BATISTA FILHO, A. **Controle biológico da cigarrinha-da-raiz da cana-de-açúcar com o fungo *Metarhizium anisopliae***. São Paulo: Instituto Biológico, 2006. 19p. IB. (Boletim Técnico, 15).
- ALVES, R.T.; CARVALHO, G.S. Primeiro registro das espécies de cigarrinhas-da-raiz da cana-de-açúcar *Mahanarva spectabilis* (Distant) e *Mahanarva liturata* (Le Peletier & Serville) atacando canaviais na região de Goianésia (GO), Brasil. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, n.81, n.1, p.83-85, mar. 2014.
- ALVES, S.B.; LOPES, R.B.; LEITE, L.G. Entomopatógenos de cigarrinhas da cana-de-açúcar e das pastagens. In: MENDONÇA, A.F. (ed.). **Cigarrinhas da cana-de-açúcar: controle biológico**. Maceió: Insecta, 2005. p.243-267.
- CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira: cana-de-açúcar - safra 2018/19, terceiro levantamento, dezembro 2018**. Brasília, 2018. v.5, n.3. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/cana/boletim-da-safra-de-cana-de-acucar>. Acesso em: 29 jan. 2019.
- FRANCISCHINI, F.B. *et al.* Morphological and molecular characterization of Brazilian populations of *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) (Lepidoptera: Crambidae) and the evolutionary relationship among species of *Diatraea* guilding. **PloS One**, v.12, n.11, p.e0186266, 2017.
- MARQUES, E.J.; VILLAS BOAS, A.M.; PEREIRA, C.E.F. **Orientações técnicas para a produção do fungo entomógeno *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) em laboratórios setoriais**. Piracicaba: PLANALSUCAR, 1981. 23p. (PLANALSUCAR. Boletim Técnico, 2).
- MATEUS JUNIOR, R. dos R. **Uso de misturas de produtos em pupas de *Cotesia flavipes* como repelentes de predadores para a liberação aérea em cana-de-açúcar**. 2017. 45f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Agronomia) – Centro Universitário Moura Lacerda, Ribeirão Preto, 2017.
- MELO, A.B.P. de M.; PARRA, J.R.P. Exigências térmicas e estimativa do número de gerações anuais da broca-da-cana-de-açúcar em quatro localidades canavieiras de São Paulo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.23, n.7, p.691-696, jul. 1988.
- PÁDUA, L.E. de M. **Biologia comparada de *Apanteles flavipes* (Cameron, 1891) (Hymenoptera: Braconidae) para determinação de suas exigências térmicas**. 1983. 53f. Dissertação (Mestrado em Entomologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1983.
- PARRA, J.R.P.; BOTELHO, P.S.M.; PINTO, A. de S. Controle biológico de pragas como um componente-chave para a produção sustentável da cana-de-açúcar. In: CORTEZ, L.A.B. (coord.). **Bioetanol de cana-de-açúcar: P&D para produtividade e sustentabilidade**. São Paulo: Blucher, 2010. part.3: Novo modelo agrícola para cana-de-açúcar, p.441-450.
- PINTO, A. de S.; RODRIGUES, L.R.; OLIVA, M.B. **Uso de armadilhas de feromônio para a broca-da-cana, *Diatraea* spp., em canaviais**. Piracicaba: Occasio, 2018. 24p.
- SALES JÚNIOR, O. **Bicologia de *Trichogramma gallei* Zucchi, 1988 no hospedeiro natural *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) e em hospedeiros alternativos**. 1992. 97f. Tese (Doutorado em Entomologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1992.
- SOLIS, M.A.; METZ, M. An illustrated guide to the identification of the known species of *Diatraea* guilding (Lepidoptera: Crambidae: Crambinae) based on genitalia. **ZooKeys**, n.565, p.73-121, 2016.
- VILELA, E.F. *et al.* **Controle biológico e feromônios de insetos no âmbito do agrogenócio**. Viçosa, MG: CNPq; EMBRAPA, 1998. 74p.

Tecnologias para produção orgânica

Este livro contém informações sobre tecnologias para a produção orgânica, refletindo a demanda crescente da sociedade por uma agricultura livre de resíduos de agrotóxicos, e que promovem a produção sustentável de alimentos com qualidade. Processos tecnológicos já disponíveis ao produtor são apresentados neste livro.



publicacao@epamig.com

(31) 3489 5002



Controle biológico de lagartas com entomopatógenos

Fernando Hercos Valicente¹, Frederick Mendes Aguiar²

Resumo - Desde 2012/2013, quando a lagarta *Helicoverpa armigera* foi oficialmente detectada no Brasil, a demanda pelo uso de biopesticidas, à base de baculovírus e *Bacillus thuringiensis* (*Bt*), aumentou. A Embrapa Milho e Sorgo possui um banco com mais de 4.600 cepas de *Bt* e mais de 100 isolados de baculovírus, coletados em diferentes regiões do Brasil, desde 1984. Muitos desses patógenos de insetos foram testados contra: *Spodoptera frugiperda*, *S. cosmioides*, *S. eridania*, *Helicoverpa zea*, *H. armigera*, *Chrysodeixis includens*, *Dichelops* sp. e *Diatraea saccharalis*. Vários isolados de baculovírus NPV foram desenvolvidos como biopesticidas (pó-molhável-WP), para controlar a lagarta-do-cartucho, a lagarta-falsa-medideira na cultura da soja e *H. armigera* no algodão. *Baculovirus spodoptera* (isolado 6NR) não causa a liquefação do tegumento, sendo este um fator importante em um sistema de produção em larga escala. Os baculovírus que foram isolados de *H. armigera* e identificados como HearNPV foram formulados como WP. Em várias cepas de *Bt* foram encontrados muitos genes *cry* e genes *vip*. Estas cepas de *Bt* tem sido testadas contra lagartas e insetos sugadores. Alguns isolados de *Bt* também foram desenvolvidos como pesticidas biológicos para controlar a lagarta-do-cartucho, a lagarta-falsa-medideira-da-soja e a lagarta *H. armigera* no algodão. Alguns biopesticidas foram registrados para ser usados em escala comercial. Palavras-chave: Biocontrole. *Bacillus thuringiensis*. Baculovírus. Biopesticida.

Biological control of lepidopterans with entomopathogens

Abstract - The use and research with baculovirus and *Bacillus thuringiensis* (*Bt*) based biopesticides have increased since 2012/13, when *Helicoverpa armigera* was officially detected in Brazil. Embrapa Maize and Sorghum Research Center has collection with more than 4.600 strains of *Bt* and more than a 100 baculovirus isolates, collected from different regions of Brazil since 1984. Many of these insect pathogens have been tested against: *Spodoptera frugiperda*, *S. cosmioides*, *S. eridania*, *Helicoverpa zea*, *H. armigera*, *Chrysodeixis includens*, *Dichelops* sp. and *Diatraea saccharalis*. Some NPV baculovirus have been developed as biopesticides (WP-wettable powder) to control the fall armyworm, the soybean cartepillar and the cotton bollworm. *Baculovirus spodoptera* (isolate 6NR) does not cause the liquefaction of the integument, an important factor in a large scale production system. Baculoviruses isolated from *H. armigera*, and identified as HearNPV, were formulated as WP. In *Bt* strains many *cry* genes and *Vip* genes were found. These *Bt* strains were tested against caterpillars and sucking bugs. Some *Bt* isolates also have been developed as biological pesticides to control fall armyworm, soybean looper and cotton bollworm. Some biopesticides were registered to be used in the field.

Keywords: Biological control. *Bacillus thuringiensis*. Baculovirus. Biopesticide.

INTRODUÇÃO

O Brasil destaca-se por ser um país com dimensões continentais, clima predominantemente tropical e com grandes extensões de áreas plantadas com culturas de importância agrícola. Fronteiras agrícolas surgem e, a mais recente, Matopiba, inclui os estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia, com grande capacidade

produtiva. Na maioria dessas áreas, são realizados três plantios anuais, fazendo uma mudança radical na paisagem agrícola brasileira, onde os insetos têm sempre alimento disponível durante todo o ano, o que facilita a sua migração. Essa ponte verde, que é feita com os três sucessivos cultivos anuais, pode ser observada, principalmente, com as culturas do milho, soja e algodão, com sobreposição de plantios

ao longo do ano. Por exemplo, no Mato Grosso há o plantio da soja precoce em setembro, soja tardia, algodão convencional, milho convencional e algodão safrinha. Existem várias pragas importantes neste contexto da atual agricultura brasileira. Porém, algumas se destacam, como é o caso da lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (Fig. 1A), que, por ser polífaga, se alimenta de milho, sorgo,

¹Eng. Agrônomo, Ph.D., Pesq. EMBRAPA Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, fernando.valicente@embrapa.br

²Eng. Agrônomo, Pós-doutorando, Bolsista/EMBRAPA Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, aguiarmendes@yahoo.com.br

soja, algodão, feijão, pastagens, etc. A lagarta-falsa-medideira, *Chrysodeixis includens* (Fig. 1B), é uma praga importante, pelo fato de ser desfolhadora de soja e de algodão, assim como a *Helicoverpa armigera* (Fig. 2), que é praga do milho, soja e algodão.

O Manejo Integrado de Pragas (MIP) pode ser definido como a seleção inteligente e o uso das ações e ferramentas para o controle de pragas, que irão assegurar consequências favoráveis, tanto da ordem econômica, como da ecológica e sociológica. Neste contexto, insere-se o conceito de praga, que é o inseto que causa dano e redução à produção, com prejuízo econômico. Um fator importante é que nem todo dano causado à planta é intolerável, podendo a planta recuperar-se e produzir normalmente. Uma das bases do MIP é o monitoramento de insetos que ocorrem na cultura, definindo o que é praga primária e secundária e o que é inimigo natural. Este fator é extremamente importante, porque a falsa-medideira, por exemplo, era uma praga secundária até pouco tempo atrás. Muito importante é o treinamento de quem vai a campo, para saber identificar esses insetos que estão presentes numa determinada cultura.

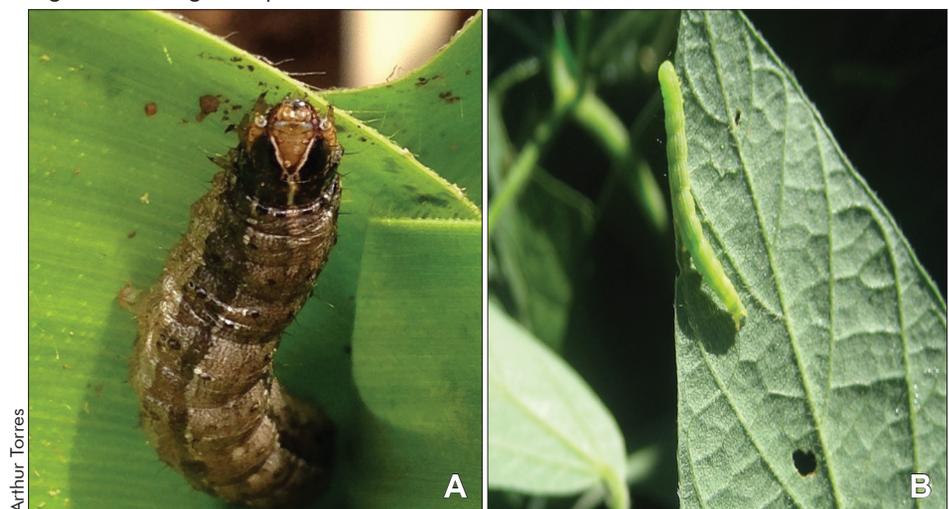
O controle de pragas agrícolas é feito essencialmente com o uso indiscriminado de inseticidas químicos, o que tem gerado uma poluição ambiental em todo o Planeta, além de causar intoxicação em aplicadores, rios e nascentes, e no produto final a ser vendido no mercado, tanto in natura como processado. O controle biológico é uma das ferramentas do MIP e pode ser realizado por meio do uso de patógenos, que causam doenças nos insetos, sendo que os agentes mais comuns são *Bacillus thuringiensis* (*Bt*), baculovírus e fungos.

PRINCIPAIS ENTOMOPATÓGENOS USADOS E SEU CONTROLE BIOLÓGICO

Bacillus thuringiensis

Bt é uma bactéria Gram-positiva, da família Bacillaceae, aeróbica, que produz

Figura 1 - Pragas importantes



Nota: A - Lagarta-do-cartucho-do-milho, *Spodoptera frugiperda*; B - Lagarta-falsa-medideira-da-soja, *Chrysodeixis includens*.

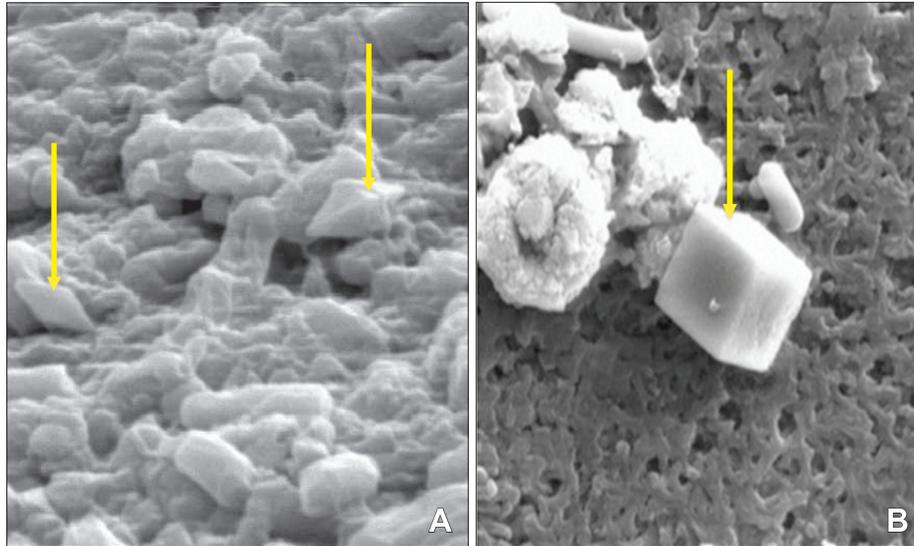
Figura 2 - *Helicoverpa armigera* em panícula de sorgo



inclusões proteicas cristalinas chamadas proteínas Cry, durante a fase estacionária, e codificada por diferentes genes *cry* (ANGUS, 1954; BECHTEL; BULLA, 1976). A bactéria *Bt* é ubíqua, e pode ser encontrada em diferentes substratos, como solo, água, superfícies de plantas, insetos mortos, resíduos de grãos, teias de aranha e grãos armazenados (FEDERICI, 1999; GLARE; O'CALLAGHAN, 2000; VALICENTE; BARRETO, 2003). Esses cristais proteicos são compostos de uma ou mais proteínas, Cry ou Cyt, chamadas

delta endotoxinas (δ), e são os fatores que determinam a patogenicidade do isolado de *Bt* (SCHNEPF *et al.*, 1998), em relação a um inseto ou a uma ordem de insetos. Esses cristais podem ter diferentes formas, tais como: bipiramidal, cuboide, romboide, etc. (Fig. 3).

Muitos isolados de *Bt* também produzem outros tipos de proteínas inseticidas, como as proteínas vegetativas inseticidas (Vip), identificadas por Estruch *et al.* (1996), que são sintetizadas durante o crescimento da fase vegetativa e não formam

Figura 3 - Cristais de *Bacillus thuringiensis*

Fotos: Márcio Martinelli

Nota: A - Forma bipiramidal (20.000x); B - Forma cuboide (30.000x).

cristais. A identificação de uma estirpe *Bt*, denominada como subespécie, é feita utilizando o antígeno flagelar H, como, por exemplo, *B. thuringiensis* sv *kurstaki*. Mas esse tipo de caracterização não considera os genes presentes nessas cepas, por exemplo, a cepa HD-1 (*Bt* sv *kurstaki*) abriga os genes: *cry1Aa*, *cry1Ab*, *cry1Ac*, *cry2A* e *cry2B* e, a linhagem HD-73 (*Bt* sv *kurstaki*) abriga apenas o gene *cry1Ac*. Desse modo, é importante saber quais os genes que estão presentes em determinado isolado, porque há um indicativo de toxicidade em relação a um inseto ou grupo de insetos. As classes de genes *cry1*, *cry2* e *cry9* são específicas em relação aos lepidópteros *cry2*, *cry4A*, *cry10*, *cry11*, *cry17*, *cry19*, *cry24*, *cry25*, *cry27*, *cry29*, *cry30*, *cry32*, *cry39* e *cry40* são ativos contra dípteros, *cry3*, *cry7* e *cry8* contra coleópteros, e *cry5*, *cry12*, *cry13* e *cry14* são ativos contra nematoides.

Pelo grande número de coleções de *Bt* no mundo, as sequências gênicas de *Bt* podem ser observadas em Crickmore *et al.* (1998). As proteínas Vip 1 e Vip 2 são tóxicas para alguns membros das ordens Coleoptera e Hemiptera. As proteínas Vip 3 não possuem similaridade com as proteínas Vip 1 e Vip 2 e são tóxicas para os insetos da ordem Lepidoptera. O modo de ação de proteínas *Bt* referem-se às proteínas Cry1. As lagartas ingerem os esporos e

cristais que se encontram na superfície das plantas. No intestino médio, onde o pH é básico, os cristais são dissolvidos por ação de proteases específicas, que liberam um fragmento tóxico que se liga a receptores intestinais, formando poros nas células. Os esporos caem na hemolinfa do inseto, multiplicando-se, e o inseto morre por septicemia.

Bt cresce em meios de cultura que contêm fontes de nitrogênio, carbono e sais minerais, devidamente balanceados. O meio de cultura deve ser testado para cada isolado a ser produzido comercialmente, porque alguns podem ter necessidades diferentes de outros na relação carbono/nitrogênio (C/N) do meio de cultura. Vários subprodutos agrícolas e industriais, como a glicose de milho, extrato de soja, amendoim, melaço de cana e resíduos líquidos da suinocultura, são ricos em carbono e nitrogênio e podem ser usados como matérias-primas na produção de biopesticidas à base de *Bt*, desde que devidamente esterilizados. A fermentação do *Bt* deve ocorrer entre 28 °C e 32 °C, com meio balanceado e oxigenação constante. Se a temperatura subir acima de 37 °C, o *Bt* pode perder os plasmídeos, que contêm a maioria dos genes *cry*, e, conseqüentemente, suas proteínas tóxicas. Valicente e Mourão (2008) relatam que

além da relação de C/N, os sais minerais (todos expressos em g: 0,002 g de FeSO₄; 0,02 g de ZnSO₄; 0,02 g de MnSO₄; 0,3 g de MgSO₄) são essenciais para promover o crescimento adequado do *Bt*.

No Brasil, há vários produtos à base de *Bt* registrados para o controle de lagartas-desfolhadoras de culturas. Um produto à base de *Bt* foi registrado para a lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda*. O produto comercial Crystal® (Fig. 4) é o resultado de um acordo de parceria entre a Embrapa Milho e Sorgo e o Laboratório Farroupilha Lallemand. Além desse, há vários produtos biológicos à base de *Bt* na fase de registro especial temporário (RET) para a lagarta-do-cartucho, lagarta-falsa-medideira, *C. includens* e *H. armigera*.

Figura 4 - Crystal® biopesticida à base de *Bacillus thuringiensis*

Fernando Hercos Valicente

Nota: Produzido pelo Laboratório Farroupilha Lallemand, em acordo com a Embrapa Milho e Sorgo.

Baculovírus

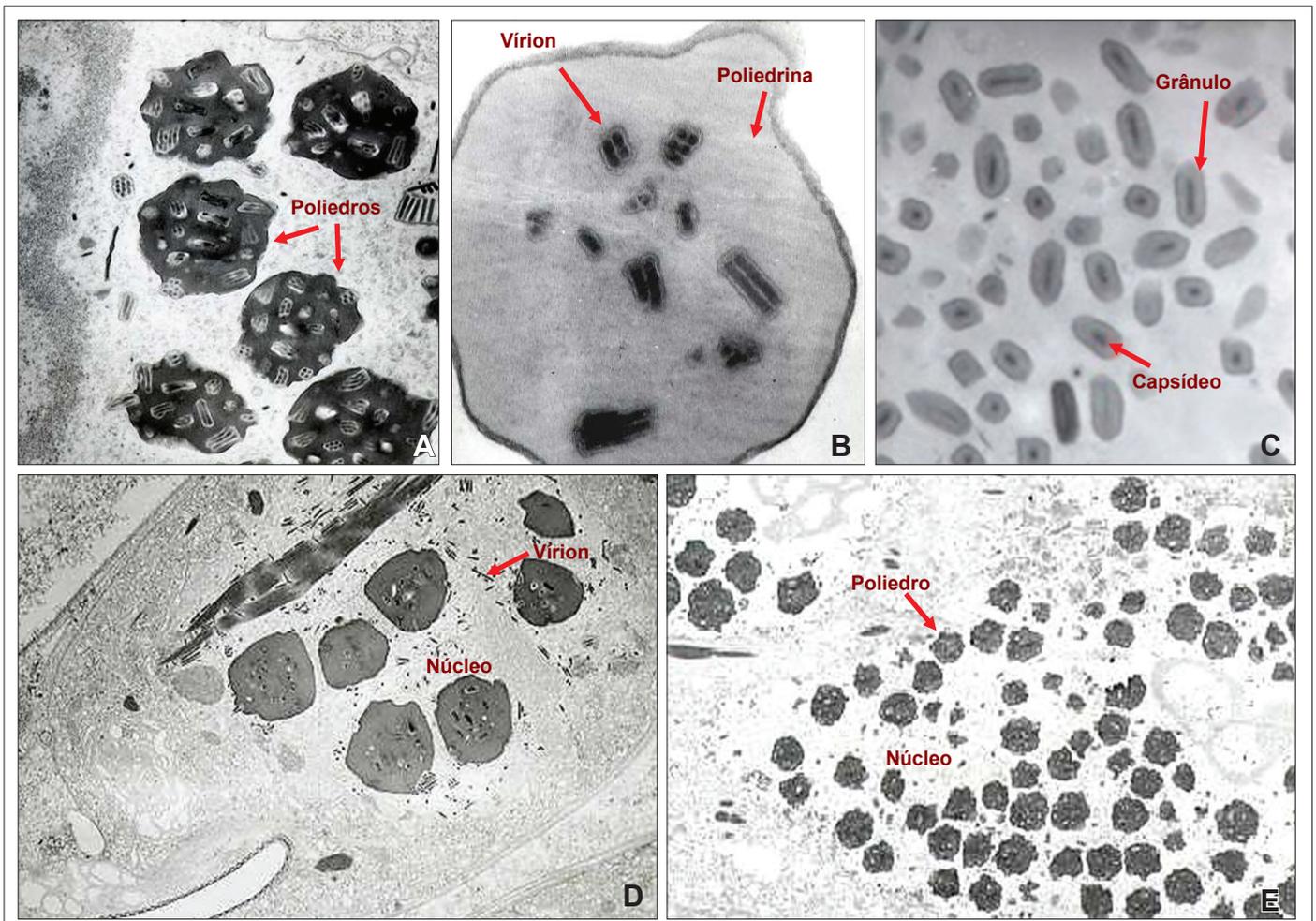
Os baculovírus são mais comuns e mais estudados dentre os grupos de vírus patogênicos a insetos. Possuem maior potencial de ser usados como agentes de controle biológico de pragas, e são conhecidos mais de 17 grupos patogênicos a insetos. Os baculovírus são morfológica e geneticamente distintos de outras famílias de vírus de invertebrados, e passa de 600 o

número de baculovírus descritos até o momento. Pertencem à família Baculoviridae e infectam Lepidoptera, Hymenoptera e Diptera. As doenças associadas à essa estrutura viral são chamadas poliedroses, e a transmissão pode ocorrer via corpos de oclusão – occlusion body (OBs), que são normalmente pulverizados na superfície das folhas como biopesticida. Muitos programas de controle biológico usam os baculovírus como o principal agente. Tais baculovírus são específicos em relação ao hospedeiro e estão restritos aos artrópodes. Não há casos relatados de patogenicidade de baculovírus em vertebrados.

A família Baculoviridae é composta de vírus com uma simples fita dupla circular de DNA, os quais infectam um grande número de artrópodes e contêm os gêneros nucleopoliedrovírus (NPV) e os granulovírus (GV). Todos os baculovírus têm uma mesma estrutura básica, um capsídeo coberto de forma arredondada. O nucleocapsídeo é um core cilíndrico de DNA e proteína. Dentro do nucleocapsídeo, a fita dupla de DNA associa-se heterogeneamente com uma proteína básica e forma um core cilíndrico. O gênero NPV é caracterizado por possuir dois subgêneros: Vírus de Simples Nucleocapsídeo – Single Nu-

clear Polyhedrosis Virus (SNPV), onde apenas um capsídeo é encontrado por envelope; e aqueles chamados Vírus de Múltiplos Nucleocapsídeos – Multiple Nuclear Polyhedrosis Virus (MNPV), no qual vários desses nucleocapsídeos são encontrados em um envelope comum (Fig. 5A e 5B). Os VGs possuem apenas um capsídeo por envelope, oclusões virais na forma de grânulo, contendo um e raramente dois ou mais vírions por grânulo (HUNTER-FUJITA *et al.*, 1998) (Fig. 5C). As Figuras 5D e 5E ilustram tecidos de *S. frugiperda* infectados experimentalmente por um nucleopoliedrovírus.

Figura 5 - Micrografia eletrônica de tecido de lagartas-do-cartucho *Spodoptera frugiperda* infectadas experimentalmente com baculovírus



Nota: A e B - Infecção por um isolado de nucleopoliedrovírus (MVPN), podendo-se observar os poliedros, os vírions e a matriz proteica de poliedrina (notar que vários nucleocapsídeos estão envoltos por uma membrana comum); C - Granulovírus (GV), onde se observa apenas um capsídeo por envelope proteico; D e E - Tecidos infectados por MVPN, podendo-se observar células que contêm em seus núcleos vírions e poliedros.

Infecção e modo de ação dos baculovírus

Os baculovírus possuem dois tipos de progênes infectiosas: uma forma oclusa do vírus responsável pela transmissão de inseto para inseto, e a forma não oclusa, responsável pela transmissão de célula para célula, em um mesmo indivíduo (GRANADOS; FEDERICI, 1986). A rota principal de infecção dos baculovírus é via ingestão dos poliedros e penetração dos vírus, por meio das células epiteliais do intestino médio dos insetos. Com a ingestão dos poliedros pelos insetos, a matriz proteica é dissolvida no intestino médio, por ser o pH fortemente alcalino (8-11). Com a dissolução da matriz proteica, ocorre a liberação dos vírions no lúmen digestivo e as partículas infectivas penetram nas células epiteliais do intestino médio. Os nucleocapsídeos são transportados ao núcleo, e liberam o seu

DNA, iniciando o processo de replicação viral. A replicação do vírus produz a forma não oclusa do vírus que passa a infectar os demais tecidos. A forma oclusa somente é produzida nos estádios finais da infecção viral, onde os vírions são envelopados e produzidos os poliedros. Nos estádios finais, ocorre a ruptura das células e a liberação dos poliedros, momento quando acontece a morte do inseto seguida da liquefação ou não dos tecidos. Os sintomas típicos da infecção vão desde mudanças comportamentais a morfológicas, que levam à morte do inseto após alguns dias. Pode ser observada redução drástica na alimentação e no crescimento, descoloração do tegumento e, ao morrer, rompimento imediato ou não do tegumento do inseto, o qual libera os poliedros no ambiente, possibilitando novos ciclos de infecção. Uma visão simplificada do ciclo de infecção é mostrada na Figura 6.

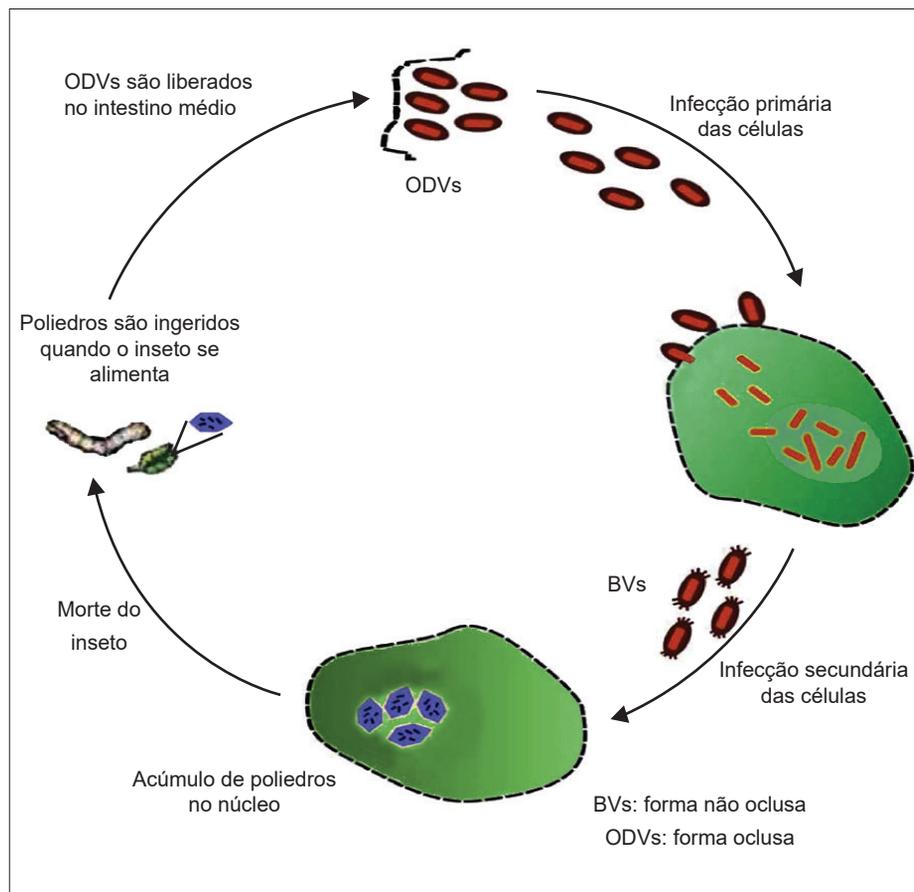
USO DO BACULOVÍRUS NO BRASIL

Spodoptera frugiperda Nucleopolyhedrovirus (SfMNPV) em milho, soja e algodão

O trabalho com o baculovírus, para controle da lagarta-do-cartucho, começou no Brasil em 1984, na Embrapa Milho e Sorgo. Um levantamento dos inimigos naturais dessa praga foi realizado em várias regiões produtoras de milho do estado de Minas Gerais. Durante esse levantamento, entre 1984 e 1989, mais de 14 mil lagartas foram coletadas, onde vários parasitoides das ordens Diptera e Hymenoptera foram encontrados, e várias lagartas mortas por baculovírus (VALICENTE, 1989).

Atualmente, a coleção de baculovírus para a lagarta-do-cartucho possui 22 isolados amostrados em várias regiões do Brasil. Esses isolados foram estudados, caracterizados e sua eficiência avaliada em relação à lagarta-do-cartucho (BARRETO *et al.*, 2005). Dentre os mais estudados e eficientes no controle dessa praga, o isolado 19 teve seu genoma totalmente sequenciado (WOLFF *et al.*, 2008). Os baculovírus que infectam a lagarta-do-cartucho causam o rompimento do tegumento das lagartas imediatamente após sua morte, por causa da ação de dois genes: catepsina (*v-cath*) e quitinase (*chiA*) (HAWTIN *et al.*, 1997). O isolado 6 da coleção de baculovírus da Embrapa Milho e Sorgo apresenta uma característica única de não causar liquefação do tegumento, imediatamente após a morte do inseto. O sequenciamento do gene da quitinase A (*v-chiA*) a partir desse isolado (SfMNPV-6) mostrou uma mutação no gene que gera um stop códon, reduzindo consideravelmente o tamanho da proteína (VALICENTE *et al.*, 2007ab, 2008; VIEIRA *et al.*, 2012). Quando o tegumento do inseto se rompe, as larvas mortas infectadas com o baculovírus precisam ser congeladas, de modo que sejam coletadas com uma pinça e novamente congeladas até o processamento e/ou formulação. Esse fator implica em maior dispêndio de mão

Figura 6 - Infecção de um inseto hospedeiro por baculovírus



Fonte: Adaptado de Szewczyk *et al.* (2006).

de obra, eletricidade, freezers e espaço físico, o que resulta em um produto final com preço mais alto. As vantagens de um isolado que não causa a ruptura do tegumento são: facilidade de coletar e não há perda de corpos de inclusão poliédrica – polyhedral inclusion bodies (PIBs). Há empresas de produção de baculovírus que possuem todo o processo automatizado e, neste caso, o rompimento do tegumento não tem tanta relevância.

Muitos bioensaios foram realizados para caracterizar o isolado 6 de baculovírus, tais como: a concentração letal 50 (CL_{50}), tempo letal 50 (TL_{50}), poliedros produzidos por lagarta, equivalente larval (LE), que é o número de larvas necessário para pulverizar 1 ha (LE/ha) e, peso equivalente, que pode ser definido como o peso das larvas necessário para pulverizar uma área de 1 ha. Assim, o objetivo principal é produzir mais poliedros por larvas e, conseqüentemente, reduzir o número de LE (VALICENTE *et al.*, 2013).

Valicente *et al.* (2013) também encontraram uma forte correlação entre o peso e o número de larvas mortas que precisavam ser pulverizadas em 1 ha, sendo necessário entre 12 e 14 g de lagartas mortas para pulverizar 1 ha. O fator mais importante é a temperatura de incubação das larvas infectadas. Atualmente, existem contratos com três grandes empresas, para que esse produto esteja no mercado. A primeira empresa brasileira a registrar o *Baculovirus spodoptera* para lagarta-do-cartucho foi a VR Biotech®, e o nome do produto comercial é Cartuchovit® (Fig. 7A). Esse isolado também foi registrado pela Simbiose®, também brasileira, denominada VirControl® (Fig. 7B).

Baculovírus para o controle da lagarta-falsa-medideira-da-soja, *Chrysodeixis sp.*

A Embrapa Milho e Sorgo possui uma coleção com mais de 50 baculovírus isolados que causam sintomas típicos (Fig. 8). Cada isolado já foi testado em laboratório

Figura 7 - Biopesticidas à base de baculovírus registrados no Brasil para lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda*



Nota: A - Cartuchovit®; B - VirControl®.

Ambas as formulações são em pó molhável.

Figura 8 - Lagartas de *Chrysodeixis sp.* mortas com sintomas típicos causados por baculovírus



Priscila Marques de Paiva

e existem projetos com empresas parceiras em que há desenvolvimento para produção em larga escala de produtos comerciais (Simbiose Company®).

Nucleopoliedrovírus para o controle de *Helicoverpa armigera*

As lagartas de *H. armigera* foram coletadas em algumas regiões do Brasil, assim que o surto dessa praga ocorreu entre 2012/2013, e levadas para o laboratório, onde vários isolados de baculovírus foram encontrados. Esses isolados foram testados em lagartas sadias, obtendo os mesmos sintomas iniciais, e alguns isolados foram identificados por meio de primers e sequenciados. A análise comparativa do sequenciamento para os genes LEF-8 e LEF-9 mostrou que os isolados encontrados no Brasil são mais próximos dos isolados da Austrália e da Índia. No entanto, a CL_{50} e o TL_{50} variaram entre os isolados. Todos os isolados encontrados no Brasil são HearNPV e não HzNPV (Gemstar) de acordo com o sequenciamento de DNA. Dentre os isolados encontrados, o HearNPV-BR2 apresentou os melhores resultados de mortalidade para *H. armigera*. Este foi o primeiro relato de isolados de baculovírus que infectaram larvas de *H. armigera* no

Brasil, e também o primeiro relato de isolados de baculovírus de *H. armigera* a ser identificados como HearNPV no Brasil. O isolado BR2 apresentou os melhores resultados e será utilizado nos programas de controle biológico de *H. armigera*, por suas características. Um acordo com a empresa Simbiose® foi assinado para a produção em grande escala desse pesticida biológico. A Figura 9 mostra uma lagarta morta pelo baculovírus.

Figura 9 - Larva morta de *Helicoverpa armigera* com sintoma típico de baculovírus



Arthur Torres

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Algumas considerações devem ser feitas para o melhor uso, durabilidade e armazenamento de biopesticidas. Os bioinseticidas devem ser armazenados em local fresco e seco, sem luz solar direta, para melhor preservação, mantendo a qualidade do produto. As formulações em pó molhável não precisam ser armazenadas no freezer, tanto para baculovírus quanto para *Bt*. O posicionamento para aplicação dos produtos biológicos à base de baculovírus e *Bt* deve ser feito de acordo com a praga e com a respectiva cultura.

Por exemplo, o posicionamento do baculovírus de *H. armigera* é diferente em milho, soja e algodão. *H. armigera* ataca em diferentes épocas, diferentes partes da planta e diferentes estádios em relação ao desenvolvimento de cada cultura. Para a lagarta-do-cartucho, devem ser observadas as primeiras folhas raspadas, mesmo que seja em V1.

Em regiões muito quentes com histórico de ataque intenso de pragas, a primeira aplicação do baculovírus e/ou *Bt* contra a lagarta-do-cartucho deve ser feita sempre entre 6 (V1) e 15 dias após a germinação. Deve-se monitorar a presença da praga, uma vez que o posicionamento do produto biológico para a primeira aplicação é muito importante. Quanto menor a lagarta, maiores as chances de controle. A sobreposição dos estádios larvais deve ser evitada. A pulverização deve ser realizada após às 16h, pela menor incidência de raios ultravioletas (UV). Em grandes áreas, onde há necessidade de pulverização contínua durante o dia, é melhor usar uma formulação de baculovírus, se disponível, com proteção contra os raios UV.

A quantidade de água a ser pulverizada no campo deve ser adequada de acordo com a tecnologia de aplicação e para cada cultura. No entanto, deve-se assegurar que houve adequada deposição do produto na folha da cultura em questão; especificamente para o milho, na região do cartucho. No caso de produtos orgânicos, como o pesticida biológico à base de *Bt* e baculovírus, a ser pulverizados e seu modo de ação devem ser respeitados. O inseto deve ingerir parte da folha pulverizada para se contaminar. Portanto, uma tecnologia de pulverização inadequada pode prejudicar o controle das pragas. Na Figura 10, é possível observar a forma de pulverização de um produto biológico em campo. Toda aplicação de biopesticida deve ser usada com um espalhante adesivo compatível com o produto biológico, pois melhora a distribuição e a adesão do produto nas folhas. Outro fator importante é a arquitetura da planta e as folhas a serem pulverizadas. No caso do milho, que cresce verticalmente, talvez uma aplicação semanal seja necessária, porque a cada 4-5 dias há folhas novas surgindo no cartucho.

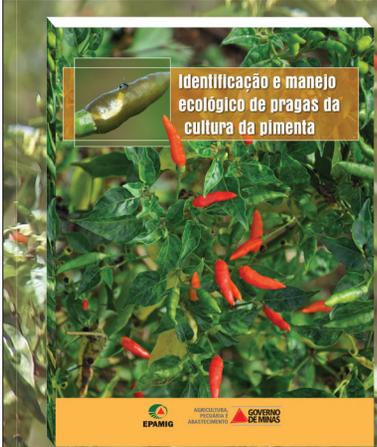
Figura 10 - Aplicação de baculovírus com equipamento e volume de água apropriados



Fernando Hercos Vallicente

REFERÊNCIAS

- ANGUS, T.A. A bacterial toxin paralysing silkworm larvae. **Nature**, v.173, p.545-546. 1954.
- BARRETO, M.R. *et al.* Effect of *Baculovirus spodoptera* isolates in *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) larvae and their characterization by RAPD. **Neotropical Entomology**, Londrina, v.34, n.1, p.67-75, Jan./Feb. 2005.
- BECHTEL, D.B.; BULLA, L.A. Electron microscope study of sporulation and parasporal crystal formation in *Bacillus thuringiensis*. **Journal of Bacteriology**, v.127, n.3, p.1472-1481, Sept. 1976.
- CRICKMORE, N. *et al.* Revision of the nomenclature for the *Bacillus thuringiensis* pesticidal crystal proteins. **Microbiology and Molecular Biology Reviews**, v.62, n.3, p.807-813, Sept. 1998.
- ESTRUCH, J.J. *et al.* Vip3A, a novel *Bacillus thuringiensis* vegetative insecticidal protein with a wide spectrum of activities against lepidopteran insects. **Proceedings of the National Academy of Science**, v.93, n.11, p.5389-5394, May 1996.
- FEDERICI, B.A. Naturally occurring baculoviruses for insect pest control. In: HALL, F.R.; MENN, J.J. (ed.). **Biopesticides: use and delivery**. [Basel]: Springer, 1999. p.301-320. (Methods in Biotechnology, 50).
- GLARE, T.R.; O'CALLAGHAN, M. ***Bacillus thuringiensis*: biology, ecology and safety**. Chichester: J. Wiley, 2000. 350p.
- GRANADOS, R.R.; FEDERICI, B.A. (ed.). **The biology of baculoviruses**. Boca Raton: CRC, 1986. v.1.
- HAWTIN, R.E. *et al.* Liquefaction of *Autographa californica* nucleopolyhedrovirus: infected insects is dependent on the integrity of virus - encoded chitinase and cathepsin genes. **Virology**, v.238, n.2, p.243-253, Nov. 1997.
- HUNTER-FUJITA, F.R. *et al.* (ed.). **Insect viruses and pest management**. New York: J. Wiley, 1998. 632p.
- SCHNEPF, E. *et al.* *Bacillus thuringiensis* and its pesticidal crystal proteins. **Microbiology and Molecular Biology Reviews**, v.62, n.3, p.775-806, Sept. 1998.
- SZEWCZYK, B. *et al.* Baculoviruses: re-emerging biopesticides. **Biotechnology Advances**, v.24, n.2, p.143-160, Mar./Apr. 2006.
- VALICENTE, F.H. Levantamento dos inimigos naturais de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) em diferentes regiões do estado de Minas Gerais. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v.18, n.1, p.119-127, 1989.
- VALICENTE, F.H.; BARRETO, M.R. *Bacillus thuringiensis* survey in Brazil: geographical distribution and insecticidal activity against *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v.32, n.4, p.639-644, Oct./Dec. 2003.
- VALICENTE, F.H.; MOURÃO, A.H.C. Use of by-products rich in carbon and nitrogen as a nutrient source to produce *Bacillus thuringiensis* (Berliner) - based biopesticide. **Neotropical Entomology**, Londrina, v.37, n.6, p.702-708, Nov./Dec. 2008.
- VALICENTE, F.H. *et al.* A new baculovirus isolate that does not cause the liquefaction of the integument in *Spodoptera frugiperda* dead larvae. **Revista Brasileira de Milho Sorgo**, Sete lagoas, v.7, n.1, p.77-82, 2008.
- VALICENTE, F.H. *et al.* Cannibalism and virus production in *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) larvae fed with two leaf substrates inoculated with *Baculovirus spodoptera*. **Neotropical Entomology**, Londrina, v.42, n.2, p.191-199, Apr. 2013.
- VALICENTE, F.H. *et al.* The use of *Baculovirus* to control fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*, in Brazil. In: ANNUAL MEETING OF THE SOCIETY FOR INVERTEBRATE PATHOLOGY, 40.; INTERNATIONAL FORUM ON ENTOMOPATHOGENIC NEMATODES AND SYMBIOTIC BACTERIA, 1., 2007, Quebec. **Proceedings...** Quebec: Society for Invertebrate Pathology, 2007a. p.12-16.
- VALICENTE, F.H. *et al.* The use of *Baculovirus* to control fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*, in Brazil. In: INTERNATIONAL PLANT PROTECTION CONGRESS, 16., 2007, Glasgow. **Proceedings...** Alton: The British Crop Protection Council, 2007b. p.15-18.
- VIEIRA, C.M. *et al.* Characterization of a *Spodoptera frugiperda* multiple nucleopolyhedrovirus isolate that does not liquefy the integument of infected larvae. **Journal of Invertebrate Pathology**, v.111, n.2, p.189-192, Oct. 2012.
- WOLFF, J.L.C. *et al.* Analysis of the genome of *Spodoptera frugiperda* nucleopolyhedrovirus (SfMNPV-19) and of the high genomic heterogeneity in group II nucleopolyhedroviruses. **Journal of General Virology**, v.89, n.5, p.1202-1211, 2008.



Identificação e manejo ecológico de pragas da cultura da pimenta

Identificação e manejo ecológico de pragas da cultura da pimenta

Este livro apresenta, de forma ilustrada, as principais pragas da cultura da pimenta, abordando desde a identificação e estudos bioecológicos até o desenvolvimento de métodos alternativos de controle, como o biológico e o uso de produtos alternativos.

www.epamig.br
Livraria EPAMIG
publicacao@epamig.com
(31) 3489 5002

EPAMIG

Uso de *Trichoderma* no controle de doenças de plantas

Trazilbo José de Paula Júnior¹, Marcelo Augusto Boechat Morandi², Zayame Vegette Pinto³, Hudson Teixeira⁴, Rogério Faria Vieira⁵, Wagner Bettioli⁶

Resumo - Espécies do fungo antagonista *Trichoderma* são as mais utilizadas na formulação dos produtos biológicos comercializados no Brasil e no mundo, para o controle de fitopatógenos. Tais produtos geralmente são aplicados no sulco de plantio ou sobre os restos de cultura deixados no solo após a colheita, ou são usados no tratamento de sementes. *Trichoderma* spp. são consideradas os antagonistas mais importantes de fitopatógenos, por apresentar amplo espectro de ação, especialmente sobre fungos habitantes do solo. Seu uso é recomendado não apenas como componente do manejo integrado de patógenos, mas também como estratégia de restabelecer o equilíbrio microbiológico nos solos e promover o desenvolvimento das plantas. No Brasil, esse antagonista é utilizado com sucesso em muitas regiões no manejo de patógenos habitantes do solo em importantes culturas, como soja, feijão e algodão.

Palavras-chave: Controle biológico. Manejo integrado. Antagonismo. Patógeno.

Trichoderma for the control plant diseases

Abstract - *Trichoderma* spp. are widely used as commercial biofungicides formulation in Brazil and all over the world for the control of plant pathogens. In general, these products are applied on the plant rows or on the straw left on the soil after finishing the harvest, or by seed treatment. *Trichoderma* spp. are the most important antagonists of plant pathogens, because they present a multiple mechanisms of action, especially on soilborne pathogens. The use of *Trichoderma* spp. has been recommended not only as a component of the integrated management of plant pathogens, but also as a strategy to reestablish the microbiological balance in the soil and improve plant development. In Brazil, this antagonist has been successfully used in many regions for managing soilborne pathogens of important crops including soybean, common beans and cotton.

Keywords: Biological control. Integrated management. Antagonist. Soilborne pathogens.

INTRODUÇÃO

Apesar do avanço nos últimos anos, os biopesticidas representam uma pequena porcentagem dos pesticidas registrados no Brasil. Em agosto de 2011, havia somente 27 produtos à base de agentes de biocontrole registrados no Brasil. Em meados de 2018 esse número chegou a 137 e subiu para 200, em março de 2019 (BRASIL, 2019). Esses dados indicam a importância

dos biopesticidas no agronegócio brasileiro. Entretanto, além dos biopesticidas registrados, há no Brasil um significativo volume de agentes de biocontrole sendo produzidos na própria propriedade, o que eleva ainda mais a importância do controle biológico para o País.

Um fator que impulsionou a ampliação do mercado brasileiro de biopesticidas foi a evolução da legislação brasileira para o

registro de produtos de baixa toxicidade e periculosidade, em que se incluem os biopesticidas. A legislação vem sofrendo considerável avanço e é referência para muitos países (BETTIOLI; MAFFIA; CASTRO, 2014).

Dentre os produtos biológicos comercializados para o controle de doenças de plantas e promotores de crescimento, os formulados à base de *Trichoderma* spp. e

¹Eng. Agrônomo, Ph.D., Pesq. EPAMIG Sede/Bolsista CNPq, Belo Horizonte, MG, trazilbo@epamig.br

²Eng. Agrônomo, Ph.D., Pesq. EMBRAPA Meio Ambiente, Jaguariúna, SP, marcelo.morandi@embrapa.br

³Eng. Agrônoma, D.Sc., Pesq. BALLAGRO Agro Tecnologia Ltda., Bom Jesus dos Perdões, SP, zayame@ballagro.com.br

⁴Eng. Agrônomo, D.Sc., Pesq. EPAMIG Sul/Bolsista FAPEMIG, Lavras, MG, hudson@epamig.br

⁵Eng. Agrônomo, D.Sc., Pesq. EMBRAPA/EPAMIG Sudeste/Bolsista CNPq, Viçosa, MG, rfvieira@epamig.br

⁶Eng. Agrônomo, D.Sc., Pesq. EMBRAPA Meio Ambiente/Bolsista CNPq, Jaguariúna, SP, wagner.bettioli@embrapa.br

de *Bacillus* spp. são, indiscutivelmente, os mais importantes e os que possuem o maior número de produtos disponíveis no mundo (BETTIOL *et al.*, 2012).

Trichoderma é o fungo mais estudado e utilizado como agente de biocontrole, principalmente de fitopatógenos habitantes do solo e, mais recentemente, como bioestimulante na promoção de crescimento de plantas e aumento de produtividade. São considerados fungos de vida livre, comumente encontrados no solo associados à rizosfera (CARRERAS-VILLASEÑOR; SÁNCHEZ-ARREGUÍN; HERRERA-ESTRELLA, 2012). Como simbioses de plantas, fungos desse gênero promovem o crescimento, desenvolvimento e produção vegetal, além de estimularem respostas de defesa das plantas por meio da modulação do balanço fito-hormonal e produção de diversos metabólitos secundários (GUZMÁN-GUZMÁN *et al.*, 2019). Além disso, são micoparasitas eficazes de patógenos de plantas. Essas características demonstram o imenso potencial do gênero *Trichoderma* para ser utilizado como promotor da sanidade vegetal.

Trichoderma spp. são caracterizadas pelo rápido crescimento e produção de conídios de tonalidade verde (Fig. 1), em conidióforos ramificados. A sobrevivência e a dispersão de *Trichoderma* envolvem diversos mecanismos. A conidiação, desenvolvimento assexual, é favorecida pela luz e injúrias mecânicas e é influenciada

Figura 1 - Crescimento in vitro de *Trichoderma harzianum*



Fotos: Hudson Teixeira

diretamente pelas condições ambientes de crescimento, tais como disponibilidade de nutrientes e pH (CARRERAS-VILLASEÑOR; SÁNCHEZ-ARREGUÍN; HERRERA-ESTRELLA, 2012). Também, há isolados que produzem microescleródios em determinadas condições.

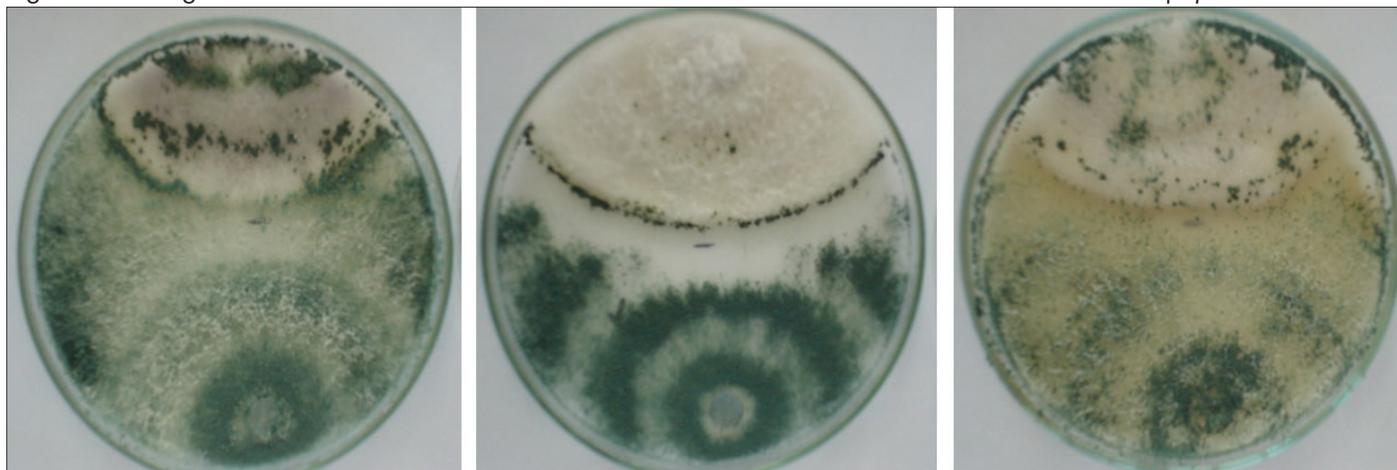
MECANISMOS DE AÇÃO

Fungos do gênero *Trichoderma*, considerados excelentes simbioses de plantas, são largamente utilizados na agricultura como agentes de biocontrole, em razão da sua capacidade micoparasítica e habilidade de promover a sanidade vegetal e a proteção contra patógenos. Os mecanismos empregados por *Trichoderma* incluem a secreção de moléculas efetoras e metabólitos

secundários que mediam a interação benéfica com as plantas e conferem tolerância a estresses bióticos e abióticos (GUZMÁN-GUZMÁN *et al.*, 2019). Recentemente, esses autores detalharam um mecanismo pouco conhecido, mas presente nas relações simbióticas entre plantas e espécies de *Trichoderma* e que explica vários dos benefícios reportados: a produção de fitormônios, como auxinas, citocininas, ácido abscísico (ABA) e giberelinas.

Os principais mecanismos de ação de *Trichoderma* no controle de fitopatógenos são: micoparasitismo, competição, antibiose e indução de respostas de defesa da planta (CARRERAS-VILLASEÑOR; SÁNCHEZ-ARREGUÍN; HERRERA-ESTRELLA, 2012). Na Figura 2, pode-se ver claramente o antagonismo in vitro de *T. harzianum* sobre *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli*. Como bioestimulante, linhagens de *Trichoderma* competentes na colonização do sistema radicular estimulam o crescimento e o aumento da produtividade de plantas. Alguns mecanismos que explicam esses efeitos mediados por *Trichoderma* são: modificação da arquitetura do sistema radicular; solubilização, disponibilização e uso eficiente de nutrientes; aumento da porcentagem e taxa de germinação de sementes; e estímulo das defesas das plantas contra danos bióticos e abióticos (GUZMÁN-GUZMÁN *et al.*, 2019).

Figura 2 - Antagonismo in vitro de três isolados de *Trichoderma harzianum* sobre *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli*



Fotos: Hudson Teixeira

Em muitas situações, a ação antagonista de *Trichoderma* resulta da combinação de diferentes modos de ação. A espécie *T. virens*, por exemplo, produz gliovirina e gliotoxina (antibióticos e antifúngicos) e ainda é capaz de parasitar outros fungos. Por outro lado, além de induzir resistência na planta, *T. harzianum* compete com outros fungos por nutrientes e espaço, interfere na produção de enzimas pectinolíticas dos patógenos e impede a penetração do patógeno no tecido hospedeiro (KAPAT; ZIMAND; ELAD, 1998).

PRODUTOS COMERCIAIS

No Brasil, o primeiro produto biológico à base de *Trichoderma*, comercializado para o controle de doenças de plantas, foi formulado em 1987, mas somente em 2008 o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) emitiu o primeiro registro de um fungicida biológico no País à base de *Trichoderma*, o Trichodermil (Itaforte Bioprodutos Ltda.), para o controle de *Fusarium* spp. no feijoeiro (PAULA JÚNIOR; MORANDI; VENZON, 2016). Inicialmente, esse biofungicida foi registrado para aplicação no sulco de plantio, com foco nos pequenos produtores, especialmente os orgânicos. Contudo, com o agravamento dos danos causados pelo mofo-branco (*Sclerotinia sclerotiorum*), especialmente na soja, e com a limitação dos fungicidas químicos como medida isolada de controle dessa doença, muitos produtores passaram a utilizar produtos à base de *Trichoderma*, não só como componente do manejo integrado, mas também para restabelecer o equilíbrio microbiológico dos solos (PAULA JÚNIOR *et al.*, 2017).

Atualmente, encontram-se registrados 19 produtos biológicos à base de *Trichoderma* spp. no mercado brasileiro (Quadro 1): 4 produtos à base de *Trichoderma asperellum*, 13 à base de *Trichoderma harzianum*, 1 à base de *Trichoderma koningiopsis* e 1 à base de *Trichoderma stromaticum* (BRASIL, 2019). Os produtos são formulados com

diferentes cepas, mesmo que pertençam a uma mesma espécie, como é o caso de *T. harzianum*. Essas cepas foram selecionadas visando características específicas, como modo de ação, eficiência no controle biológico de determinado patógeno e produção de esporos, entre outras.

A maioria dos produtos comerciais à base de *Trichoderma* é produzida por meio da fermentação sólida em grãos, na qual o fungo produz conídios aéreos que são extraídos e formulados (BETTIOL, 2011). Pesquisas têm sido desenvolvidas com fermentação líquida para a produção submersa de conídios e microescleródios. Todavia, os resultados, até o momento, não são comparáveis com a produção por fermentação sólida.

No mercado brasileiro, os 19 produtos biológicos à base de *Trichoderma* são comercializados nestas diferentes formulações: grânulo dispersível em água (5), suspensão concentrada (5), pó-molhável (6), concentrado emulsionável (2) e gel emulsionável (1) (Quadro 1). Na bula desses produtos registrados, é informada a concentração de propágulos do fungo (ingrediente ativo). Contudo, as unidades de medida utilizadas para indicar a concentração não são padronizadas. Há produtos registrados que informam a concentração de conídios e/ou esporos viáveis (6) ou então as unidades formadoras de colônia (UFC) (13) (Quadro 2).

Segundo Bettiol *et al.* (2012), entre as mais de 40 espécies de antagonistas utilizadas para a formulação de biofungicidas no mercado mundial, o gênero *Trichoderma* aparece em quase metade dos produtos, dentre estes, destaca-se a espécie *T. harzianum*, presente em cerca de 40% dos bioprodutos.

RECOMENDAÇÕES DE USO

Os produtos à base de *Trichoderma* comercializados no Brasil são, em sua maioria, registrados para o controle de *S. sclerotiorum*, *Rhizoctonia solani* e *F. solani* f. sp. *phaseoli* (Quadro 1). Ressalta-se que os produtos biológicos são registrados no

País, considerando o patógeno-alvo e não a cultura. Assim, um produto biológico registrado para o controle de *S. sclerotiorum* em soja pode ser utilizado em feijão ou em outra cultura hospedeira do patógeno. Outros patógenos-alvo para os quais há produtos à base de *Trichoderma* registrados no Brasil são: *F. solani* f. sp. *glycines*, *Thielaviopsis paradoxa*, *Macrophomina phaseolina*, *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*, *Monilophthora perniciosa*, *Pratylenchus zaeae*, *Pratylenchus brachyurus*, *Heterodera glycines* e *Meloidogyne incognita* (Quadro 1).

Além dos patógenos-alvo mencionados, há inúmeros registros na literatura, de uso eficiente de espécies de *Trichoderma* no controle de doenças causadas por complexos de patógenos do solo e da semente, envolvendo outras espécies de patógenos, como *Pythium* sp. e *Fusarium* spp. (BETTIOL *et al.*, 2012).

No Brasil, produtos comerciais à base de *Trichoderma* têm sido amplamente utilizados nas culturas da soja, feijão, algodão e em hortaliças em geral (CARVALHO *et al.*, 2015ab; PAULA JÚNIOR *et al.*, 2017; MORENO-VELANDIA *et al.*, 2018).

Sclerotinia sclerotiorum

Este fungo pode atacar mais de 400 espécies de plantas, incluindo importantes culturas, como feijão, soja, algodão, tomate, alface, repolho etc. (BOLAND; HALL, 1994). Causa a doença conhecida como mofo-branco, podridão-branca ou podridão-de-esclerotínia. Estudos têm comprovado a eficiência do controle biológico de *S. sclerotiorum* com *Trichoderma* (LOPES *et al.*, 2012; GERALDINE *et al.*, 2013; CARVALHO *et al.*, 2015b).

Rhizoctonia solani

O fungo *R. solani* possui ampla gama de hospedeiros, nos quais, geralmente, causa sintomas de podridão nas raízes e tombamento. A ação antagonista de espécies de *Trichoderma* foi demonstrada sobre *R. solani* por diversos autores (MELO, 1996; HARMAN, 2000).

Quadro 1 - Relação de produtos biológicos formulados à base de *Trichoderma* spp. e registrados no mercado brasileiro⁽¹⁾

Microrganismo antagonista	Produto (Empresa)	Concentração declarada	Formulação	Fitopatógeno-alvo (cultura)	
<i>Trichoderma asperellum</i>	Quality (Farroupilha)	1,5 x 10 ¹⁰ UFC/g	Granulado dispersível	<i>Fusarium solani</i> f. sp. <i>phaseoli</i> (feijão), <i>Rhizoctonia solani</i> (algodão, feijão) e <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> (soja)	
	Organic WP (Farroupilha)	1,0 x 10 ¹⁰ UFC/g	Pó-molhável	<i>Fusarium solani</i> f. sp. <i>phaseoli</i> (feijão) e <i>Rhizoctonia solani</i> (algodão, feijão)	
	Trichodermax EC (Novozymes)	1,5 x 10 ⁹ conídios viáveis/mL	Concentrado emulsionável	<i>Fusarium solani</i> f. sp. <i>glycines</i> (soja), <i>Rhizoctonia solani</i> (soja) e <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> (feijão, soja)	
	Tricho-Turbo (Biovalens)	1,0 x 10 ¹⁰ conídios viáveis/mL	Concentrado emulsionável	<i>Rhizoctonia solani</i> (todas as culturas)	
<i>Trichoderma harzianum</i>	Ecotrich WP (Ballagro)	1,0 x 10 ¹⁰ UFC/g	Pó-molhável	<i>Rhizoctonia solani</i> (todas as culturas) e <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> (alface, soja)	
	Predatox (Ballagro)	2,0 x 10 ⁸ UFC/mL	Suspensão concentrada	<i>Rhizoctonia solani</i> (feijão) e <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> (alface, soja)	
	Majestic (Ballagro)	1,0 x 10 ¹⁰ UFC/g	Pó-molhável	<i>Rhizoctonia solani</i> e <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> (todas as culturas)	
	Trichodermil SC (Koppert)	2,0 x 10 ⁹ conídios viáveis/mL	Suspensão concentrada	<i>Fusarium solani</i> f. sp. <i>phaseoli</i> , <i>Pratylenchus zeae</i> , <i>Rhizoctonia solani</i> , <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> e <i>Thielaviopsis paradoxa</i> (todas as culturas)	
	Trichodermil DS (Koppert)	1,0 x 10 ⁸ UFC/g	Granulado dispersível	<i>Macrophomina phaseolina</i> e <i>Pratylenchus brachyurus</i> (todas as culturas)	
	Octane (Koppert)	2,0 x 10 ⁹ conídios viáveis/mL	Suspensão concentrada	<i>Rhizoctonia solani</i> e <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> (todas as culturas)	
	Daytona (Koppert)	2,0 x 10 ⁹ conídios viáveis/mL	Suspensão concentrada	<i>Fusarium solani</i> f. sp. <i>phaseoli</i> , <i>Pratylenchus zeae</i> , <i>Rhizoctonia solani</i> , <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> e <i>Thielaviopsis paradoxa</i> (todas as culturas)	
	Triaction (Koppert)	1,0 x 10 ⁸ UFC/g	Grânulo dispersível	<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>lycopersici</i> e <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> (todas as culturas)	
	Trianum WG (Koppert)	1,0 x 10 ⁸ UFC/g	Grânulo dispersível	<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>lycopersici</i> e <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> (todas as culturas)	
	Stimucontrol (Simbiose)	1,0 x 10 ⁹ UFC/L	Suspensão concentrada	<i>Rhizoctonia solani</i> e <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> (todas as culturas)	
	Trychonyd FR 25 (TZ Biotech)	1,1 x 10 ⁸ UFC/cm ²	Gel emulsionável	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i> (todas as culturas)	
	BF30.001 (Ballagro)	1 x 10 ¹⁰ UFC/g	Pó-molhável	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i> e <i>Rhizoctonia solani</i> (todas as culturas)	
	<i>Trichoderma harzianum</i> + <i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	Shocker (Agrivalle)	1,0 x 10 ⁷ UFC/g + 1,0 x 10 ⁷ UFC/g	Pó-molhável	<i>Rhizoctonia solani</i> e <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> (todas as culturas)
		<i>Trichoderma koningiopsis</i>	Diamond (Farroupilha)	3,0 x 10 ⁹ UFC/g	Grânulo dispersível
<i>Trichoderma stromaticum</i>	Tricovab (Ceplac)	2,3 x 10 ⁸ esporos/g	Pó-molhável	<i>Monilophthora perniciososa</i> (cacau)	

Fonte: Brasil (2019).

Nota: UFC - Unidades formadoras de colônias.

(1)Bioprodutos registrados, embora diversos outros continuem sendo comercializados sem o devido registro. No mercado brasileiro existe um bioproduto à base de *Trichoderma harzianum*, *T. asperellum* e *T. koningiopsis* registrado como inoculante (ICB Nutrisolo, da empresa ICB Bioagritec Ltda.).

Quadro 2 - Classificação taxonômica das cepas de *Trichoderma* como ingredientes ativos (i.a.) dos produtos biológicos registrados no mercado brasileiro

Espécie	Cepa
<i>Trichoderma harzianum</i>	ESALQ1306, IBLF 006, CCT6550, CCT7589, T22
<i>Trichoderma asperellum</i>	URM5911
<i>Trichoderma koningiopsis</i>	IBCB56/12
<i>Trichoderma stromaticum</i>	CEPLAC3550

Fonte: Elaboração dos autores.

Nota: Reino = Fungi; Divisão = Ascomycota; Subdivisão = Pezizomycotina; Classe = Sordariomycetes; Ordem = Hypocreales; Família = Hypocreaceae; Gênero = *Trichoderma*.

Fusarium spp.

Diversas espécies e *formae specialis* do gênero *Fusarium* podem ser controladas com a aplicação de *Trichoderma*. O fungo *F. solani* f. sp. *phaseoli* causa no feijoeiro a doença conhecida como podridão-radicular-seca. É um dos principais patógenos-alvo dos produtos à base de *Trichoderma* registrados no Brasil (Quadro 1). Estudos têm demonstrado a eficiência do uso de *Trichoderma* no controle de *F. solani* f. sp. *phaseoli* (TEIXEIRA *et al.*, 2012; CARVALHO *et al.*, 2014, 2015a), de outras *formae specialis* de *F. solani* e outras espécies de *Fusarium* (MELO, 1996; HARMAN, 2000; INAM-UL-HAQ *et al.*, 2009).

Macrophomina phaseolina

Dentre os patógenos polípagos que causam sintomas de tombamento e de podridão de raízes e caules em diversas espécies de plantas, destaca-se o fungo *M. phaseolina*. O controle biológico desse patógeno com espécies de *Trichoderma* foi comprovado (ELAD; ZVIELI; CHET, 1986; LARRALDE-CORONA *et al.*, 2008).

Thielaviopsis paradoxa

O fungo *T. paradoxa* causa sintomas de podridão em importantes culturas, como abacaxi, coqueiro, banana e cana-de-açúcar. Estudos reportam a eficiência do controle biológico desse patógeno com uso de *Trichoderma* (WIJESINGHEA *et al.*, 2011).

Moniliophthora perniciosa

Uma das estratégias preconizadas para o controle do fungo causador da vassoura-de-bruxa do cacauzeiro é o uso do antagonista *Trichoderma stromaticum* (SIMÕES *et al.*, 2012).

Nematoides

Os nematoides *P. zaeae*, *P. brachyurus*, *H. glycines* e *M. incognita* estão entre os patógenos-alvo dos produtos à base de *Trichoderma* registrados no Brasil (Quadro 1). Em alguns casos, o efeito de *Trichoderma* é potencializado pelo uso conjunto com outros antagonistas (SANTIN, 2008).

RECOMENDAÇÕES GERAIS PARA APLICAÇÃO

Paula Júnior *et al.* (2017) recomendam que o controle biológico deve ser feito principalmente para proteger os tecidos das plantas da infecção de patógenos. Isso se aplica especialmente aos patógenos habitantes do solo, os quais, geralmente, infectam a planta em início de desenvolvimento, fase ideal para proteger a planta. Nesses casos, produtos à base de *Trichoderma* devem ser usados no tratamento de sementes ou distribuídos no sulco de plantio, para garantir a colonização das raízes.

O tratamento de sementes com produtos biológicos tem o objetivo de proteger o sistema radicular das plantas do ataque de patógenos e também de induzir resistência. Paula Júnior *et al.* (2017) mencionam que raízes e folhas de feijão originadas

de sementes tratadas com *T. asperellum* apresentam, em comparação a plantas originadas de sementes não tratadas, maior produção de quitinase e glucanase, enzimas associadas a mecanismos de defesa das plantas. É preciso ressaltar que a eficiência dos antagonistas pode ser influenciada pela presença de defensivos químicos.

A aplicação no sulco de plantio requer doses mais elevadas dos produtos biológicos, em relação ao tratamento de sementes, para permitir boa adaptação e colonização das raízes, o que geralmente onera o tratamento. O tempo necessário para que essa colonização ocorra também é mais longo (PAULA JÚNIOR *et al.*, 2017). Existem no mercado equipamentos que permitem boa distribuição dos produtos biológicos no sulco de plantio. Na Figura 3, nota-se, facilmente, o benefício de *Trichoderma*, em especial quando aplicado no sulco de plantio em lavoura de soja com histórico de *Fusarium* spp. e *R. solani*.

A aplicação foliar de produtos à base de *Trichoderma* é feita não apenas nos casos de doenças causadas por patógenos da parte aérea, mas também pode ser indicada quando ocorrem doenças causadas por patógenos habitantes do solo. Neste caso, uma estratégia utilizada em lavouras irrigadas é pulverizar os produtos biológicos e, em seguida, realizar uma irrigação para aumentar a eficiência da colonização radicular. Outra estratégia é fazer a aplicação foliar para induzir a resistência na planta. No feijão, a aplicação foliar de *Trichoderma* pode ser feita nos estádios V1 (emergência) e V3 (primeira folha trifoliolada) em lavouras infestadas com *F. solani* f. sp. *phaseoli*, quando o objetivo é induzir resistência e aumentar o vigor das plantas (PAULA JÚNIOR *et al.*, 2017).

Trichoderma spp. também podem parasitar as estruturas de resistência dos patógenos e, assim, reduzir a quantidade de inóculo no solo e na palhada. Como os restos de cultura são fonte de inóculo para a safra seguinte, a aplicação de produtos biológicos diretamente na palhada contribui para reduzir a quantidade de inóculo,

Figura 3 - Benefício da aplicação de *Trichoderma* em lavoura de soja com histórico de *Fusarium* spp. e *Rhizoctonia solani*



Alan Pomella

Nota: À esquerda, tratamento de sementes com fungicida e sem adição de *Trichoderma* no sulco; no centro (cinco fileiras), sementes sem tratamento e sem adição de *Trichoderma* no sulco; à direita, *Trichoderma* aplicado no sulco de plantio.

como observaram Görgen *et al.* (2009), com *S. sclerotiorum* em soja e Inam-Ul-Haq *et al.* (2009) com *F. oxysporum* em grão-de-bico. Paula Júnior *et al.* (2017) descrevem alguns cuidados com a aplicação de produtos biológicos na palha:

- a) aplicar os produtos de preferência após as 16 horas, quando as temperaturas são mais amenas e há menor incidência de radiação solar, para evitar a redução da germinação dos esporos;
- b) utilizar adjuvantes para melhorar a adesão e a distribuição dos esporos, pois, assim, a colonização dos escleródios de *S. sclerotiorum* por *Trichoderma* spp. aumenta;
- c) aplicar os produtos logo após a colheita e, preferencialmente, em épocas chuvosas. Nessa fase, as estruturas de resistência dos patógenos estão mais expostas à ação dos antagonistas, o que contribuirá para reduzir o inóculo dos patógenos.

Temperaturas baixas nas safras de inverno podem limitar a eficiência de produtos à base de *Trichoderma* (PAULA JÚNIOR *et al.*, 2012). Temperatura próxima de 25 °C favorece o antagonista em detrimento de *S. sclerotiorum*.

Efeitos indiretos sobre a população de patógenos no solo, como de fungistase (inibição temporária da germinação ou de crescimento fúngico), também ocorrem com o aumento das populações de *Trichoderma* spp.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O consumo crescente de formulados à base de *Trichoderma* no Brasil tem contribuído para o aumento da oferta e a melhoria da qualidade dos produtos disponíveis, bem como para a padronização das normas de registro. Também têm sido estimulados investimentos em pesquisa e desenvolvimento, a criação de novas empresas e a formação de profissionais da área do controle biológico.

Um dos principais desafios da pesquisa com esse antagonista está no desenvolvimento de técnicas que permitam selecionar mais rapidamente isolados competentes no biocontrole, de forma que produtos cada vez mais eficientes sejam disponibilizados.

AGRADECIMENTO

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

REFERÊNCIAS

- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **AGROFIT**: Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários. Brasília, 2019. Disponível em: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: mar. 2019.
- BETTIOL, W. Biopesticide use and research in Brazil. **Outlooks on Pest Management**, v.22, n.6, p.280-283, Dec. 2011.
- BETTIOL, W.; MAFFIA, L.A.; CASTRO, M.L.M.P. de. Control biológico de enfermedades de plantas en Brasil. In: BETTIOL, W. et al. (ed.). **Control biológico de enfermedades de plantas en América Latina y el Caribe**. Montevideo: Facultad de Agronomía, 2014. cap.3, p.91-137.
- BETTIOL, W. *et al.* **Produtos comerciais à base de agentes de biocontrole de doenças de plantas**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2012. 155p. (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, 88).
- BOLAND, G.J.; HALL, R. Index of plant hosts of *Sclerotinia sclerotiorum*. **Canadian Journal of Plant Pathology**, v.16, n.2, p.93-108, 1994.
- CARRERAS-VILLASEÑOR, N.; SÁNCHEZ-ARREGUÍN, J.A.; HERRERA-ESTRELLA, A.H. *Trichoderma*: sensing the environment for survival and dispersal. **Microbiology Society**, v.158, n.1, p.3-16, Jan. 2012.
- CARVALHO, D.D.C. *et al.* Biological control of *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli* by *Trichoderma harzianum* and its use for common bean seed treatment. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v.39, n.5, p.384-391, Sept./Oct. 2014.

CARVALHO, D.D.C. *et al.* Biological control of *Fusarium* wilt on common beans by in-furrow application of *Trichoderma harzianum*. **Tropical Plant Pathology**, v.40, n.6, p.375-381, Nov. 2015a.

CARVALHO, D.D.C. *et al.* Biological control of white mold by *Trichoderma harzianum* in common bean under field conditions. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.50, n.12, p.1220-1224, dez. 2015b.

ELAD, Y.; ZVIELI, Y.; CHET, I. Biological control of *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid by *Trichoderma harzianum*. **Crop Protection**, v.5, n.4, p.288-292, Aug. 1986.

GERALDINE, A.M. *et al.* Cell wall-degrading enzymes and parasitism of sclerotia are key factors on field biocontrol of white mold by *Trichoderma* spp. **Biological Control**, v.67, n.3, p.308-316, Dec. 2013.

GÖRGEN, C.A. *et al.* Controle do mofo-branco com palhada e *Trichoderma harzianum* 1306 em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.44, n.12, p.1583-1590, dez. 2009.

GUZMÁN-GUZMÁN, P. *et al.* *Trichoderma* species: versatile plant symbionts. **Phytopathology**, v.109, n.1, p.6-16, Jan. 2019.

HARMAN, G.E. Myths and dogmas of biocontrol changes in perceptions derived from research on *Trichoderma harzianum* T-22. **Plant Disease**, v.84, n.4, p.377-393, Apr. 2000.

INAM-UL-HAQ, M. *et al.* Role of temperature, moisture and *Trichoderma* species on the survival of *Fusarium oxysporum ciceri* in the rainfed areas of Pakistan. **Pakistan Journal of Botany**, v.41, n.4, p.1965-1974, 2009.

KAPAT, A.; ZIMAND, G.; ELAD, Y. Effect of two isolates of *Trichoderma harzianum* the activity of hydrolytic enzymes produced by *Botrytis cinerea*. **Physiology and Molecular Plant Pathology**, v.52, n.2, p.127-137, Feb. 1998.

LARRALDE-CORONA, C.P. *et al.* Biocontrol potential and polyphasic characterization of novel native *Trichoderma* strains against *Macrophomina phaseolina* isolated from sorghum and common bean. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v.80, n.1, p.167-177, Aug. 2008.

LOPES, F.A.C. *et al.* Biochemical and metabolic profiles of *Trichoderma* strains isolated from common bean crops in the Brazilian Cerrado, and potential antagonism against *Sclerotinia sclerotiorum*. **Fungal Biology**, v.116, n.7, p.815-824, July 2012.

MELO, I.S. de. *Trichoderma* e *Gliocadium* como bioprotetores de plantas. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, Passo Fundo, v.4, p.261-295, 1996.

MORENO-VELANDIA, C.A. *et al.* Control biológico de fitopatógenos del suelo. In: COTES, A.M. (ed.). **Control biológico de fitopatógenos, insectos y ácaros**. Mosquera: AGROSAVIA, 2018. v.1: Agentes de control biológico, cap.2, p.144-221.

PAULA JÚNIOR, T.J. de. Limitations in controlling white mold on common beans with *Trichoderma* spp. at the fall-winter season. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v.38, n.4, p.337-340, Oct./Dec. 2012.

PAULA JÚNIOR, T.J. de; MORANDI, M.A.B.; VENZON, M. Manejo integrado de doenças e pragas utilizando o controle biológico. In: HALFELD-VIEIRA, B. de A. *et al.* (ed.). **Defensivos agrícolas naturais: uso e perspectivas**. Brasília: EMBRAPA, 2016. cap.10, p.214-237.

PAULA JÚNIOR, T.J. de *et al.* Controle biológico de doenças do feijoeiro. **Informe Agropecuário**. Inovações tecnológicas para a produção do feijão, Belo Horizonte, v.38, n.298, p.52-60, 2017.

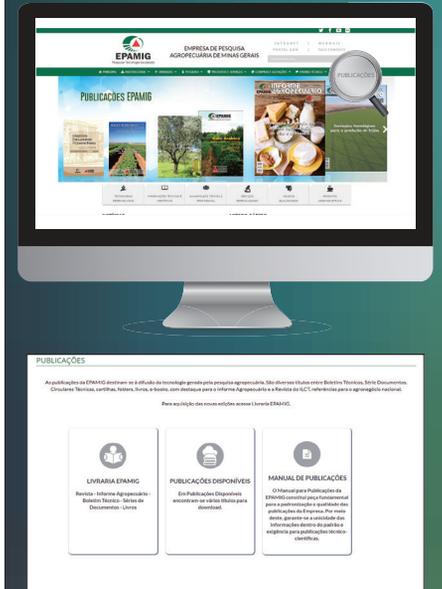
SANTIN, R. de C.M. **Potencial do uso dos fungos *Trichoderma* spp. e *Paecilomyces lilacinus* no biocontrole de *Meloidogyne incognita* em *Phaseolus vulgaris***. 2008. 82f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

SIMÕES, M.L.G. *et al.* Evaluation of *Trichoderma* spp. for the biocontrol of *Monilophthora perniciosa* subgroup 1441. **Journal of Biology and Life Science**, Las Vegas, v.3, n.1, p.18-36, Aug. 2012.

TEIXEIRA, H. *et al.* *Trichoderma* spp. decrease *Fusarium* root rot in common bean. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v.38, n.4, p. 334-336, Oct./Dec. 2012.

WIJESINGHEA, C.J. *et al.* Development of a formulation of *Trichoderma asperellum* to control black rot disease on pineapple caused by (*Thielaviopsis paradoxa*). **Crop Protection**, v.30, n.3, p.300-306, Mar. 2011.

Publicações para download



Informe Agropecuário
Folderes
Boletim Técnico
Cartilhas
Circulares técnicas
Série Documentos

Confira no site
www.epamig.br



Produção de milho e soja no Cerrado com uso de insumos biológicos

Celso Katsuhiko Tomita¹, José Mário Lobo Ferreira², Débora Maria Zoccoli Tomita³

Resumo - O surgimento e o desenvolvimento de pragas e doenças resultam da interação entre plantas suscetíveis, insetos, patógenos e vetores e um ambiente favorável. A adoção de princípios ecológicos, que visam à saúde do solo e das lavouras, a partir de uma visão dinâmica e sistêmica, incluindo as interações biológicas, diversificação de cultivos, uso de adubos verdes e plantas de cobertura, incorporação de microrganismos benéficos e o manejo do solo, terá como foco o cultivo comercial de milho e soja no bioma Cerrado. O manejo baseia-se no uso de insumos biológicos e na redução ou eliminação do uso de agrotóxicos.

Palavras-chave: Biota do solo. Saúde da planta. Manejo integrado. Sustentabilidade. Praga. Doença.

Corn-soybean production in the Cerrado biome using biological management practices

Abstract - The emergence and development of pests and diseases are the result of interactions of susceptible plants, insects, pathogens and vectors, and a favorable environment. The adoption of ecological principles, aiming the soil and crop health, from a dynamic and systemic view, taken into account biological interactions, crop diversification, green manures and cover crops, incorporation of beneficial microorganisms and soil management will be presented, focusing on the commercial cultivation of corn and soybeans in the Cerrado biome. The management is based on the use of biological inputs, reducing or avoiding the use of pesticides.

Keywords: Soil biota. Plant health. Integrated management. Sustainability. Pest. Disease.

INTRODUÇÃO

Os sistemas de produção agrícola, com base nas tecnologias preconizadas pela Revolução Verde, impulsionaram a produção mundial de alimentos, mas geraram, por sua vez, uma série de impactos ao ambiente, à saúde dos produtores e à qualidade dos alimentos, com destaque para a perda da biodiversidade e para a contaminação da água e do solo.

A princípio, a população de pragas e a incidência de doenças sobre as culturas podem ser vistas como resultantes da interação entre a planta, o meio e a praga ou o agente causal da doença, realçando o papel

desempenhado pelo ambiente, tanto na resistência das plantas como na agressividade do patógeno (AMORIM; REZENDE; BERGAMIN FILHO, 2018). O manejo dos agroecossistemas vem quebrando o equilíbrio de sistemas biodiversos, dinâmicos, heterogêneos e extremamente complexos, como a biodiversidade do solo (GARDI; JEFFERY, 2009), desalinhando a estabilidade destes sistemas e promovendo determinadas populações, que irão prevalecer e se estabelecer sobre um hospedeiro, sobretudo em ambientes muito antropizados.

A vida no solo é o reflexo do ambiente e do manejo dos agroecossistemas. Dessa forma, são preservados os organismos,

maiores ou menores, sejam infecciosos, facultativos ou benéficos, pois constituem-se de milhares de vidas que se interagem numa rede alimentar resiliente e em equilíbrio dinâmico. As inter-relações negativas dessas comunidades, o parasitismo, sob o ponto de vista ecológico, são acontecimentos recorrentes e singulares à dinâmica das populações, e que redundam na instabilidade e desequilíbrio dos sistemas e das comunidades, causando problemas, como doenças, resultantes de populações dominantes em desequilíbrio (KEESING *et al.*, 2010).

Segundo Amorim, Rezende e Bergamin Filho (2018) e Agrios (2005), a natureza da

¹Eng. Agrônomo, D.Sc. Fitopatologia UnB, Consultor, Brasília, DF, tomita.celso@gmail.com

²Eng. Agrônomo, M.Sc. Agroecossistemas, Pesq. EPAMIG Sede, Belo Horizonte, MG, jmlobo@epamig.br

³Eng. Agrônoma, D.Sc. Fitopatologia, Coord. Técn. Adm. Tomita AgroÖikos, Goiânia, GO, deborazoccoli@yahoo.com.br

doença nos ambientes agrícolas é decorrente de distúrbios fisiológicos e alterações morfológicas e metabólicas dos órgãos ou tecidos das plantas (hospedeiro), causando danos contínuos por organismos (agentes infecciosos) de origem parasitária, que se alojam, alimentam-se e multiplicam-se, e que possuem a capacidade de ser transmitidos de uma planta doente para uma planta sadia; e de natureza não parasitária, incluindo danos causados por agentes abióticos que não podem ser transmitidos.

Muitas vezes, o produtor rural, com o intuito de promover o controle ou a proteção preventiva de pragas e doenças, visando também altos índices de produtividade, numa visão estratégica de curto prazo, tem utilizado agrotóxicos, adjuvantes, fertilizantes e uma série de outros produtos e intervenções, que podem gerar desordens nutricionais, distúrbios metabólicos e fisiológicos nos tecidos das plantas, desregulando o metabolismo de proteossíntese, assim como do acúmulo de açúcares nos tecidos. Plantas estressadas e vulneráveis facilitam a entrada de agentes infecciosos, abrindo portas para a incidência de doenças. O acúmulo de aminoácidos livres, de proteínas e de açúcares, nos mais diferentes órgãos e tecidos das plantas, torna-as suscetíveis às pragas, que são atraídas por semioquímicos e compostos exalados por estas plantas (EL-SHAFIE; FALEIRO, 2017).

Nos sistemas de produção agrícola, os descompassos provocados pelo uso excessivo de agrotóxicos, que visam ao controle de doenças e/ou de pragas específicas, têm gerado, por desconhecimento ou por negligência, um prejuízo difícil de ser mensurado, da redução da diversidade biológica, este importante patrimônio natural (LEWIS, 2007; FRANCO, 2013). A saúde dos sistemas de produção está relacionada com a qualidade dinâmica da biota do solo, do manejo dos sistemas de cultivo, considerando a biologia da rizosfera e da filósfera da planta. A habilidade de influenciar a complexa biodiversidade do solo, identificar os recursos nutricionais e organominerais necessários ao pleno de-

envolvimento das plantas e as frequentes estratégias de incorporação da matéria orgânica (MO) ao solo, para criar grupos de organismos desejáveis e ativos para o sistema produtivo, tornam o ambiente com maior capacidade de resiliência e biorremediação, consolidando a relação produtiva entre solo e planta.

A partir deste enfoque serão apresentados alguns fundamentos para o manejo dos agroecossistemas, visando à conservação do solo/água e ativação da biologia do solo e saúde dos cultivos, e práticas aplicáveis, visando à diminuição ou eliminação do uso de agrotóxicos na produção de milho e soja em larga escala no bioma Cerrado.

MANEJO DOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO

Os agroecossistemas englobam diversos componentes, como os fatores climáticos, recursos hídricos, micro, meso e macrofauna, flora, relevo, material de origem, aspectos socioeconômicos e o solo. É sobre o suporte dos solos que estes sistemas de produção se desenvolvem, abrigando uma grande biodiversidade, além de constituir um importante reservatório de água (BRUSSAARD; DE RUITER; BROWN, 2007; GARDI; JEFFERY, 2009). Em regiões tropicais, caracterizadas por altas temperaturas e chuvas intensas, a manutenção ou incremento de sistemas com adequada capacidade produtiva e resiliência demanda solos permeáveis, com cobertura vegetal permanente.

A nutrição mineral adequada e a incorporação de microrganismos benéficos no sistema, por meio da inoculação, visando ampliar a atividade biológica do solo, podem auxiliar no aumento do vigor das plantas, na taxa de fotossíntese, que, por sua vez, aumenta o fluxo de exsudatos e, conseqüentemente, junto com a atividade microbiológica, na agregação do solo. Segundo Ritz, Harriiz e Murray (2010) e Berendesen, Pieterse e Bakker (2012), a produção vegetal está intimamente relacionada com a biota do solo e a biodiversidade edáfica, submetidos a sistemas

de produção que envolvem processos complexos e variados: reciclagem do carbono; ciclagem de nutrientes; manutenção e conservação da integridade estrutural e físico-química do solo; regulação biótica e metabólica por meio de multi-interações ecológicas da vida do solo, mutualismo e/ou antagonismo.

Os fatores de suporte dos sistemas de produção consistem na ciclagem de carbono e de nutrientes, no rearranjo da biologia do solo por meio da reconstrução da MO e da recriação de uma rede saudável de interações entre organismos e o meio em que vivem. As pragas e doenças podem ser suprimidas por meio do reestabelecimento ecológico da vida no solo, da regeneração dos mecanismos de competição e supressão, da retenção e disponibilização de nutrientes às plantas, da biorremediação de toxinas e da bioestruturação do solo, aumentando, conseqüentemente, a capacidade de retenção de água e promovendo a dinâmica biológica e ciclagem de nutrientes para as plantas.

Para os agroecossistemas de grande escala, a entrada de carbono ao solo via compostagem torna-se um grande desafio. A ativação da biologia do solo, sobretudo na região da rizosfera, pode auxiliar esta estratégia, para tanto, maximizar o mecanismo da fotossíntese é determinante, como também a diversificação dos cultivos e plantas de cobertura. Para que a incorporação de microrganismos benéficos, a partir de produtos biológicos ou da produção de biofertilizantes pelos próprios produtores, seja eficaz, é necessário prover boas condições para que estes microrganismos se estabeleçam no ambiente do solo.

O material orgânico presente no solo é, portanto, o alimento para a atividade biológica. A reciclagem do carbono, pela contínua transformação decorrente dos mais variados mecanismos biofísicos e químicos, forma diversos tipos de compostos orgânicos que compõem a MO do solo (MARSCHNER; RENGEL, 2007). Este mecanismo auxilia no manejo dos agroecossistemas, promovendo a estabili-

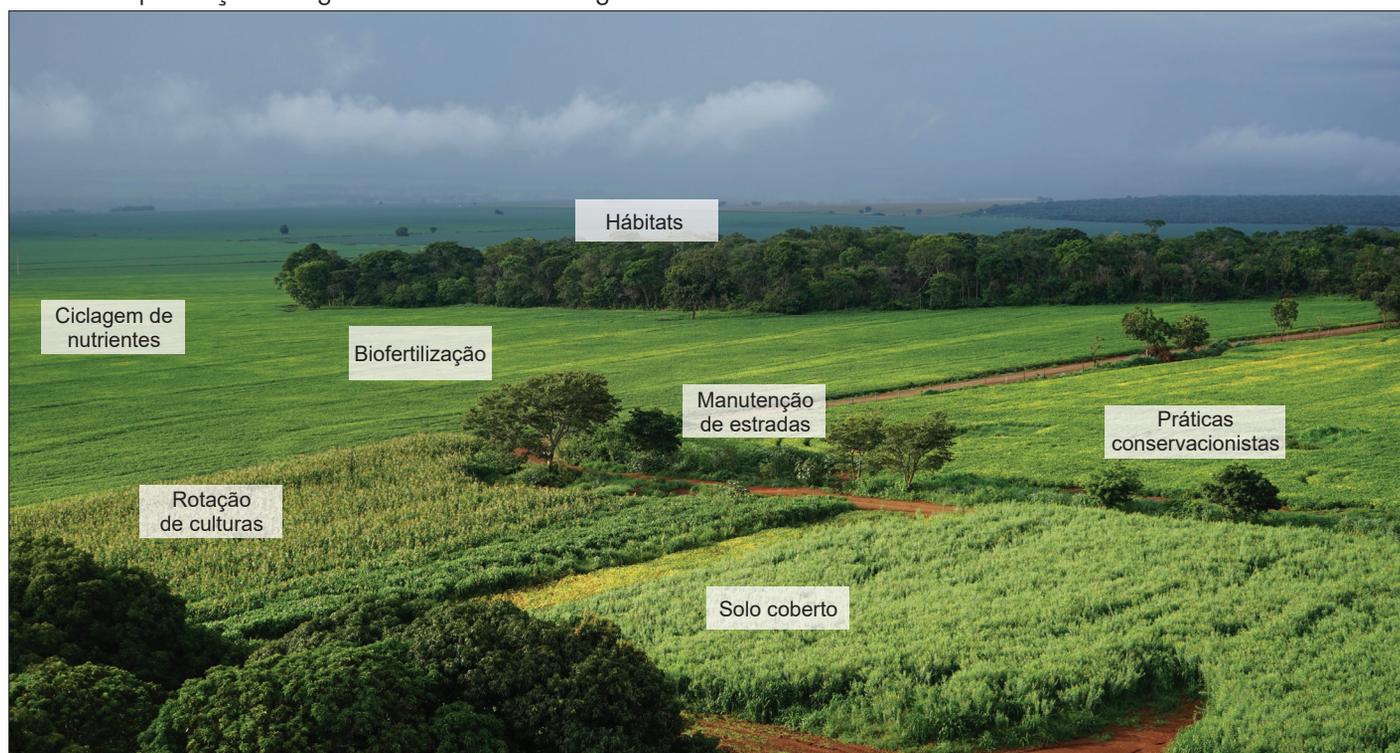
dade e a biorremediação, e regula a saúde das plantas cultivadas. Desse modo, a agricultura com base nos preceitos ecológicos, com manejos e usos de plantas de cobertura, plantios sobre a palhada, rotação de culturas, plantio direto sem revolvimento do solo, uso de adubos verdes (incluindo gramíneas), conservação do solo e água, correção de solos, biofertilização e adubação organomineral, bem como o uso de barreiras vegetais, faixas de proteção, zonas tamponantes e florísticas, maciços de diversidades florestais e de nativas, entre outras estratégias (Fig. 1), permitem a criação e o estabelecimento da biodiversidade. Estas estratégias associadas à incorporação de compostos orgânicos bioativadores e organismos colonizadores dos agroecossistemas possibilitam aumentar os teores da MO do solo (TOMITA, 2010), prover elementos para os microrganismos (bactérias, fungos, actinomicetos, protozoários, vírus, nematoides, insetos, etc.) e para as culturas agrícolas, e ativar diversos processos de ciclagem de carbono e nutrientes (TOMITA, 2004; BARRIOS, 2007).

O aumento da MO promove, por consequência, o aumento da biomassa microbiana e seus constituintes (pluviolixiviados, restos de culturas e resíduos orgânicos, raízes e exsudatos, organismos do solo, substâncias húmicas e não húmicas), interfere positivamente em vários atributos do solo, como a porosidade, permitindo que o ar e a água movam livremente, e em habitats onde uma grande quantidade de organismos auxilia na proteção, disponibilização e absorção de nutrientes (BERNACCHI; HOLLINGER; MEYERS, 2005; SIMMONS; COLEMAN, 2008; USSIRI; LAL, 2009). Na rizosfera, as rizobactérias produzem um gel bacteriano que possibilita aglutinar pequenas partículas, criando aglomerados. Os fungos possibilitam juntar estes vários pequenos agregados em uma estrutura maior, com uma complexidade que permite a formação de húmus e de macro e microporos.

A ciclagem de nutrientes também é importante para o desencadeamento das rotas metabólicas da biota do solo. A biodiversidade microbiana da rizosfera

influencia diversos processos relacionados com a nutrição da planta (GARDI; JEFFERY, 2009): nas trocas de O_2 e CO_2 ; nos gradientes de umidade; na mineralização, amonificação, nitrificação, simbiose (rizóbios em leguminosas, *Azospirillum* em gramíneas, *Burkholderia* sp., e *Agrobacterium* sp.), segundo Shu *et al.* (2012); na solubilização de fósforo (fungos micorrízicos arbusculares), conforme Soka (2018); de ferro e outros elementos por meio dos oxirredutores (OLIVEIRA, 2014), complexadores e quelatores (ERIKSEN, 2009), além dos processos de biorremediação de toxinas e sais solúveis. Estes processos melhoram o enraizamento das plantas, aumentam a eficiência na absorção de nutrientes, beneficiam a estruturação física do solo, aumentam a retenção de água e realizam a degradação de xenobióticos e de agroquímicos residuais no solo (SHAMSUDDEEN; INUWA, 2013; RIOS, *et al.*, 2016), assim como, de herbicidas que se acumulam nos restos culturais e no solo (SEBIOMO; OGUNDERO; BANKOLE, 2011).

Figura 1 - Manejos conservacionistas nos agroecossistemas de produção, com objetivos de preservar os habitats para promoção de agentes de controle biológicos e da biodiversidade



José Mário Lobo Ferreira

A biodiversidade do solo regula os complexos ciclos metabólicos da edafobiota, e grande parte é representada pela microbiota rizosférica, que convive mutuamente com as raízes das plantas, formando uma zona de intensa atividade biológica entre o volume radicular e o solo. Esta interface de alta concentração e reserva de diversidade e densidade biológica propicia um ambiente favorável a bactérias, fungos e nematoides que se alimentam dos exudatos e secreções produzidos pelas raízes, e que retorna como nutrientes, metabólitos e resíduos orgânicos, permitindo o pleno desenvolvimento das plantas (RAAIJMAKERS, *et al.*, 2009; BERENDSEN; PIETERSE; BAKKER, 2012.)

As bactérias produzem géis e mucilagens, metabólitos secundários, como auxina, antibióticos, ácidos, enzimas extracelulares, etc. Algumas dessas bactérias são eficientes agentes de controle de fungos patogênicos que atacam o sistema radicular, destacando-se principalmente as do gênero *Bacillus*, *Pseudomonas* e Actinomicetos. Outras são promotoras de desenvolvimento das plantas (RAAIJMAKERS, *et al.*, 2009), protetoras, incluindo também bactérias com mecanismos especializados para degradar compostos naturais complexos, e decompositoras de MO do solo, como lignina, celulose, quitina e materiais húmicos (TOMITA, 2009). Na rizosfera podem aumentar o crescimento das plantas por inibir a atividade dos fitopatógenos, a partir da produção de antibióticos, e promover o crescimento de plantas com a produção de substâncias hormonais (NELSON; KUTER; HOITINK, 1983; COSTA MENGE; CASALE, 2000; HARDOIM; VAN OVERBEEK; VAN ELSAS, 2008; RYAN *et al.*, 2009; SPAEPEN, VANDERLEYDEN; OKON, 2009).

MANEJO INTEGRADO DE DOENÇAS E PRAGAS

Segundo Amorim, Rezende e Bergamin Filho (2018) e Agrios (2005), entende-se a doença como uma interferência em processos fisiológicos da planta levando ao de-

sempenho anormal de suas funções vitais. É caracterizada também pelo seu caráter de processo contínuo, não momentâneo, embora seja uma característica relativa, em função do tempo de duração, mas permite separar a doença de outros fatores de danos comumente referidos como injúria.

A doença de plantas é considerada um fenômeno biológico, portanto, possui uma conotação ampla, englobando não só as alterações fisiológicas acarretadas pelos agentes infecciosos, como também por condições desfavoráveis do ambiente (deficiências ou desequilíbrios nutricionais, distúrbios fisiológicos causados pela deficiência hídrica ou excesso de umidade, altas e baixas temperaturas, etc.), como também por anomalias fisiológicas provocadas por insetos e ácaros toxicogênicos.

As plantas possuem uma série de mecanismos estruturais que podem ser vistos como defesas físicas, que evitam ou restringem o desenvolvimento da doença. Segundo Amorim, Rezende e Bergamin Filho (2018), além da cutícula, os estômatos em função do número, morfologia, localização e período de abertura podem contribuir para a resistência das plantas contra fitopatógenos; pelos ou tricomas (prolongamentos unicelulares ou multicelulares que estendem a partir da epiderme) podem interferir na continuidade do filme d'água sobre a superfície da planta ou repelir insetos; paredes celulares espessas podem contribuir também com a restrição da colonização das plantas por fitopatógenos, assim como as estruturas de defesa acionadas após a infecção, como a formação de barreiras celulares localizadas, o aparecimento de halos em torno dos sítios de penetração, processos de lignificação, camadas de abscisão em torno de sítios de infecção fúngica, bacteriana ou viral, camadas de cortiça, tiloses (obstrução parcial de vasos do xilema), produção de compostos fenólicos, saponinas, glicosídeos cianogênicos, glicosídeos sulfurados, fitoalexinas (compostos antimicrobianos), dentre outros mecanismos e substâncias de defesa naturais das plantas.

Outro ponto importante a ser observado refere-se à tolerância, definida como a capacidade inerente ou adquirida de uma planta em suportar a doença sem consequências significativas em sua produção, e a resistência, caracterizada pela habilidade da planta de prevenir o estabelecimento e restringir a colonização do patógeno, como, por exemplo, quando ocorre a condensação da água formando o orvalho e lâmina de água na folha (Fig. 2), tornando-se um ambiente favorável, por exemplo, à incidência da *Phakopsora pachyrhizi* (ferrugem asiática) em plantas de soja.

O excesso, como também a deficiência hídrica no solo, determina algumas mudanças estruturais nas folhas, como a redução da espessura da cutícula, provocando, também, alterações na disponibilidade de água e nutrientes para a planta, o que pode levar à redução significativa na produção de proteínas em plantas estressadas, inclusive aquelas relacionadas com a defesa, como quitinases e glucanases. Temperaturas excessivamente altas ou baixas durante o período que antecede a infecção podem alterar a suscetibilidade de plantas a doenças. Plantas de soja tornam-se mais suscetíveis a vários agentes patogênicos sob altas temperaturas (AMORIM; REZENDE; BERGAMIN FILHO, 2018).

O estado nutricional pode constituir um fator de predisposição das plantas ao ataque de pragas e patógenos. A nutrição mineral sem um manejo adequado pode provocar a diluição da concentração de um elemento em detrimento de outros no tecido vegetal, com destaque para o aumento do suprimento de nitrogênio. Solos ácidos, com pH baixo, podem acarretar em baixo vigor da planta, decorrente do menor crescimento do sistema radicular e da menor absorção de água e nutrientes. Agrotóxicos também podem causar alterações na fisiologia das plantas, promovendo o aumento da suscetibilidade a pragas e doenças, assim como, diferentes tipos de fungicidas, inseticidas e componentes, como fertilizantes foliares e óleos adjuvantes, que podem

Figura 2 - Condensação da água com a formação de orvalho



José Mário Lobo Ferreira

Nota: A condensação de água é um ambiente favorável à incidência de doenças, contudo, na visão agroecológica é acesso ideal para o reestabelecimento de biofilme e da diversidade bacteriana para proteção de plantas.

causar efeitos fitotóxicos nas culturas (NITHYAMEENAKSHI; JEYARAMRAJA; MANIAN, 2006; VUKOVIĆ; INDJIĆ; GVOZDENAC, 2014). O uso de herbicidas associados a surfactantes causa efeitos fitotóxicos (YILMAZ; DANE, 2013), assim como o uso do 2,4-D pode aumentar a suscetibilidade ao ataque de doenças nas monocotiledôneas (PÁSZTOR; SZABÓ; NÁDASY, 2017), e prejudicar o desenvolvimento de plantas dicotiledôneas, como a soja (PERES-OLIVEIRA *et al.*, 2016).

O manejo integrado de pragas e doenças aliado a modelos de previsão, utilizados para delimitar zonas de favorabilidade à sobrevivência de inóculos ao longo do ano, permite um uso mais racional e consciente das técnicas para a prevenção, controle e remediação. Vale destacar a importância do monitoramento e inspeção dos talhões de produção de forma sistemática (duas ou mais vezes por semana), modulados por critérios qualitativos de levantamento de dados, que visam identificar as primeiras evidências de doenças e pragas e inspe-

cionar a severidade e os níveis de danos causados. Importante observar também o comportamento da dinâmica populacional das doenças e pragas confrontado com o desenvolvimento das plantas, e averiguar os problemas fisiológicos e até mesmo possíveis erros operacionais na condução das lavouras. Com estes aportes de dados, os critérios tornam-se mais técnicos, agrônômicos, para as devidas tomadas de decisão na execução operacional.

Controle químico

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) classifica os agrotóxicos como produtos e agentes de processos físicos, químicos e biológicos destinados ao uso nos setores de produção, armazenamento e beneficiamento de produtos agrícolas, pastagens, florestas nativas ou implantadas e outros ecossistemas, e, também, em ambientes urbanos, hídricos e industriais, que visam alterar a composição da flora ou da fauna (fungicidas, bactericidas, nematocidas, inseticidas, acaricidas

e herbicidas), a fim de preservá-las da ação danosa de seres vivos considerados nocivos (BRASIL, 1989).

Uma prática recorrente na condução convencional das culturas de soja e de milho é o uso de agrotóxicos de ação protetora, que visa inibir a germinação dos esporos ou a replicação de bactérias e posterior infecção dos tecidos do hospedeiro. Segundo Amorin, Rezende e Bergamin Filho (2018), para a maximização da ação protetora, quando o agrotóxico é aplicado na parte aérea das plantas, o produto deve ser capaz de reagir em meio aquoso, não sofrer hidrólise sobre o hospedeiro, não ser facilmente removido pela chuva, e ser capaz de se espalhar por toda a superfície tratada, sem que seja formada uma camada muito fina que comprometa sua eficiência de deposição, distribuição, aderência, cobertura e tenacidade. Por esta razão, as recomendações técnicas orientam o uso dos fungicidas com espalhantes adesivos e óleos. Esta prática compromete os mecanismos naturais de defesa da planta, como a cerosidade, obrigando o produtor a fazer uma sequência de pulverizações com fungicidas de forma preventiva, uma vez que a planta, após o período considerado de proteção, ficará mais exposta aos agentes patogênicos, além dos potenciais distúrbios fisiológicos provocados pelo fungicida.

Considerando esses fatores que levam à vulnerabilidade do ponto de vista fisiológico e econômico, o produtor, no seu processo de planejamento e de tomada de decisão, deve sempre avaliar a possibilidade de evitar o uso de agrotóxicos. A partir do monitoramento de pragas e de doenças na lavoura e do acompanhamento dos sistemas de monitoramento e alerta na região, se não forem observados sintomas de doença, os quais acarretariam prejuízo econômico ou risco de uma alta infestação, não seria necessário expor as plantas ao uso de princípios ativos que podem gerar desequilíbrios fisiológicos e alterar os seus mecanismos naturais de defesa (OSBORNE, 2012; WHITEHORN *et al.*, 2012).

Além disso, a presença de resíduos de fungicidas é um dos principais obstáculos aos comércios nacional e internacional de produtos alimentares. A redução de resíduos em alimentos, a partir da adoção do controle biológico no manejo de pragas e doenças, melhora a qualidade tanto dos alimentos como dos agroecossistemas.

Controle biológico

O controle biológico de doenças é o resultado da interação entre hospedeiro, patógeno e outros organismos não patogênicos, presentes nos sítios de infecção, capazes de reduzir a doença sob influência do ambiente e do manejo do produtor. Também inclui táticas de manejo para criar um ambiente favorável aos antagonistas, promover a resistência da planta, inundar os órgãos e tecidos da planta hospedeira com a diversidade biológica, ocupando os sítios rizosféricos e filosféricos com populações de microrganismos diversos não fitopatogênicos, mas ecologicamente funcionais e bioativos (TOMITA, 2011). Muitos microrganismos podem contribuir na produção de hormônios, na solubilização e disponibilização de nutrientes, e na absorção de água pela planta.

O controle biológico deve estar atrelado a:

- boas práticas de manejo dos sistemas de produção;
- diagnose da aptidão dos solos e do ambiente;
- correta caracterização dos problemas identificados nas áreas de produção;
- planejamento da rotação de culturas;
- presença de reservas florísticas diversas, renques de quebra-ventos, zonas de preservação e refúgio da biodiversidade;
- qualidade de sementes;
- incorporação de MO no solo;
- densidade de plantio;
- qualidade da nutrição mineral.

Bioativadores do solo e bioprotetores

Processos de incorporação da biodiversidade no solo foram desenvolvidos e aplicados numa lavoura comercial de soja e milho de grande escala, com o uso de compostos bioativados (TMT) (TOMITA, 2010). O objetivo foi promover a resiliência dos sistemas de produção, a partir do aumento da biodiversidade, das ativida-

des metabólicas, enzimáticas e proteicas dos microrganismos, e da reorganização das relações mutualísticas, antagonistas, facultativas e de sinergia entre estes no solo (Fig. 3).

No planejamento e condução das lavouras foram aplicados bioativadores por meio do uso de TMT líquido, associado à inoculação de *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* no plantio (Fig. 4) e durante o

Figura 3 - Produção de compostos bioativados (TMT) líquidos



José Mário Lobo Ferreira

Figura 4 - Aplicação do TMT, dos complexos microbiológicos diversos associados em sinergia com *Bradyrhizobium*, *Azospirillum*, e de agentes de controle biológico no plantio de soja e milho



José Mário Lobo Ferreira

ciclo da produção da soja e milho, visando reestabelecer também a biodiversidade nos tecidos e órgãos (mecanismos de biofilme) das plantas, complexar os aminoácidos, proteínas e, por sua vez, inibir a emissão de semioquímicos e reduzir acúmulos de açúcares nas plantas.

Os compostos orgânicos bioativos e os organismos colonizadores do sistema

produtivo cadenciam a qualidade de colonização microbiológica nas plantas, o estabelecimento da microbiobiodiversidade na edafobiota e defesa da planta, suprimindo os cariomônios e substâncias voláteis, ocasionando menor atratividade de insetos e incidência de doenças (TOMITA, 2010) (Fig. 5A, 5B e 5C). Esse manejo tem permitido a diminuição/eliminação

do uso de fungicidas durante os ciclos das culturas da soja e do milho. Os manejos de bioativação, associados às estratégias no manejo de plantas de cobertura, como no caso do uso da braquiária nos sistemas de produção, têm gerado diferenças no vigor das plantas e na suscetibilidade às doenças foliares da soja (Figs. 6 e 7).

Figura 5 - Bioativação do solo para conservação da saúde dos agroecossistemas e redução do uso de agrotóxicos na produção de soja e milho



Nota: A - Distribuição dos actinomicetos sobre o solo após a aplicação do TMT, nas áreas de cultivo de soja, para promover a supressão das populações de *Fusarium*, *Macrophomina*, *Rizoctonia* e nematoides; B - As colônias de actinobactérias crescendo nos solos sob cultivo de milho; C - Desenvolvimento vigoroso e espontâneo das actinobactérias sobre o solo em períodos de veranico superiores a 20 dias.

Figura 6 - Soja cultivada em solo com baixa qualidade de palhada e cobertura morta



Nota: Apresenta maior incidência de doenças nas folhas.

Figura 7 - Soja cultivada em um solo com boa qualidade de cobertura morta



Nota: As folhas baixeras entram em senescência natural e invertem o fluxo fonte-dreno.

MANEJO E CONTROLE DAS PRINCIPAIS PRAGAS E ENFERMIDADES NAS CULTURAS DA SOJA E DO MILHO

Ferrugem e outras doenças da soja

A ferrugem da soja (*Phakopsora pachyrhizi*) apareceu em 2001 no Brasil, em campos de cultivo no Paraná. Até 2001, antes da chegada da doença no País, o Brasil era o oitavo consumidor de fungicidas no mundo, em 2017 passou para o segundo lugar, principalmente em decorrência do controle da ferrugem da soja (AMORIM; REZENDE; BERGAMIN FILHO, 2018). Em 2005, a média de aplicações de fungicida na lavoura da soja era de uma a duas (já com dois ingredientes ativos), a partir de 2008 começou uma grande pressão por parte das empresas que vendem esses produtos, utilizando equipamentos para coletar e identificar esporos, com o objetivo de não só alertar sobre a doença, mas também de gerar um sentimento de que extensas áreas estavam contaminadas. Com isso, as aplicações tornaram-se mais precoces, com um número maior de misturas de produtos nas formulações dos fungicidas. Atualmente, muitos campos de produção de soja têm uma média de cinco aplicações de fun-

gicidas visando ao controle da ferrugem, podendo chegar a um custo aproximado de R\$ 542,00/ha (custo do produto associado com o operacional).

Do ponto de vista da ecologia, a ferrugem, assim como outras doenças, pode estar historicamente presente em qualquer área. A partir da antropização das áreas e do manejo agrícola, as populações começam a se especializar, tanto na qualidade do hospedeiro como na do organismo, favorecendo o crescimento de grupos que vivem de forma parasítica no hospedeiro, resultante dos distúrbios ecológicos na biodiversidade em relação à fonte de alimento (soja), onde os organismos mais adaptados (ferrugem) a um determinado ambiente prevalecem e dominam, causando danos à cultura, para reestabelecer o equilíbrio do ecossistema.

Tanto a incorporação quanto a aplicação de bioativadores têm o intuito de recuperar a biodiversidade da filo e rizosfera, inundando os sítios de infecção ou de parasitismo, causando um distúrbio populacional positivo em repressão e supressão dos agentes causadores de doenças. Nesse contexto, o manejo integrado da produção inclui a introdução de plantas de cobertura, visando facilitar o estabelecimento da biodiversidade, recuperando e

criando ambientes para hospedagem dos agentes de controle biológico. São também estabelecidas as prescrições de todo o processo operacional de manejo ecológico de doenças e realizadas inspeções de campo e monitoramento de rotina, conforme a fenologia das culturas, assim como do uso dos agentes de controle biológico, durante o desenvolvimento das culturas.

A construção do filo-rizobioma consiste no estabelecimento da microfauna sobre a planta, por meio da formação do biofilme protetor, que sobrevive e se estabelece na lâmina de água foliar ou nas mucilagens e resíduos orgânicos e minerais do filoplano, nas camadas cerosas dos caules e hastes das plantas, ou nos géis bacterianos da rizosfera das plantas, para assim haver o estabelecimento da diversidade biológica e a bioativação do sistema produtivo e da planta, tanto interna como externamente. Em associação a esse modelo, os agentes de controle biológico, como *Bacillus subtilis*, *B. licheniformis*, *B. amylolichefasciens*, *B. methilotrophycus*, *B. pumilus*, *Trichoderma aspellerum*, *T. harzianum*, *Clonostachis rosea*, podem ser estabelecidos, visando à colonização do ambiente e das plantas, reduzindo os espaços para os organismos patogênicos, elevando, assim, os níveis de competição

e de antagonismo, incluindo a liberação de substâncias antifúngicas e antibióticos, e o desencadeamento de processos de indução de resistências sistêmicas, protegendo as plantas das incidências de *P. pachyrhizi* e de outras doenças da cultura de soja.

Lagartas na soja e no milho

Seguindo os mesmos fundamentos de bioativação do agroecossistema, o sistema de controle de lagartas desfolhadoras da soja e do milho inclui:

- diagnose das espécies e de seus inimigos naturais;
- levantamento dos níveis populacionais a campo;
- avaliação do número de mariposas capturadas nas armadilhas específicas;
- levantamento da quantidade e qualidade de ovos das mariposas (parasitados ou não) nas áreas de cultivo;
- avaliação da densidade populacional dos inimigos naturais (tesourinhas, crisopídeos, percevejos predadores, vespas e arcnídeos);
- levantamento de ovos parasitados (*Trichogramma pretiosum*, *Telenomus remus*, *Trissolcus basal*);
- levantamento de lagartas infectadas por *Baculovirus*, *Bacillus thuringiensis* (*Bt*), *Nomuraea rileyi* e *Beauveria bassiana*;
- avaliação da eficiência do controle biológico;
- inspeção da qualidade dos métodos de aplicação de produtos para o controle biológico.

Sempre se busca a efetividade do estabelecimento dos agentes de controle biológico, permitindo a ação dos inimigos naturais, como a tesourinha (Fig. 8), criando habitat ideal e fornecendo o alimento para que estes se estabeleçam, evitando-

Figura 8 - Presença dominante de tesourinhas em culturas de milho, realizando o controle biológico de pragas da cultura



José Mário Lobo Ferreira

se a destruição da cadeia alimentar com aplicações de agrotóxicos. Além do uso de bactérias para o controle de lagartas, como o *Bt*, a utilização de vírus, como *Baculovirus anticarsia* e *B. spodoptera*, tem crescido no País¹.

Mosca-branca, cigarrinha-do-milho, cigarrinha-das-pastagens, ácaros e percevejos

Tanto a mosca-branca, *Bemisia tabaci*, como a cigarrinha-do-milho, *Dalbulus maidis*, são espécies de insetos importantes por ser sugadores, capazes de se multiplicarem de forma rápida e de transmitir, respectivamente, o geminivírus e os mollicutes, cada qual responsável pelas doenças conhecidas como mosaico-dourado-do-feijoeiro, o enfezamento-pálido e enfezamento-vermelho e o vírus-do-rayado-fino em culturas de milho. Todavia, o controle desses insetos inicia-se no manejo da cultura, evitando-se o estresse metabólico e, conseqüentemente, o acúmulo de aminoácidos livres e açúcares não oxidados nos tecidos. Isto é possível com a utilização de plantas de cobertura, adubação verde, alta densidade de biomassa radicular, associada

com o uso de compostos orgânicos bioativados, e adubação mineral ou rochagem sobre a palhada, evitando-se adubos com alta solubilidade.

A aplicação por inundação dos entomopatógenos *Beauveria bassiana* e *Cromobacterium subtsugae* auxilia no controle de insetos sugadores, como a cigarrinha-das-pastagens. O *Metarhizium anisopliae* também pode ser utilizado para o controle de percevejos. O parasitoide *Trissolcus basal* parasita ovos de percevejo da cultura de soja e pode ser usado para o controle dessas pragas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso da tecnologia e precisão nos agroecossistemas, aliado a abordagens fundamentadas na produção com base na agroecologia, incluindo a conservação do solo e da água, rotação e diversificação de culturas, plantas de cobertura e uma adubação mais equilibrada e com menor impacto ambiental, pode promover aumentos de produtividade de forma mais sustentável ao longo do tempo. Este manejo, aliado à redução de desperdício de alimentos e recursos desde o plantio até a mesa do consumidor, associado a um sistema de rastreabilidade e premiação para a adoção de boas práticas, pode viabilizar uma nova base de produção que concilie rentabilidade e bom desempenho ambiental. O manejo sustentável de pragas e doenças inclui a adoção de práticas visando reter nutrientes e a água no solo, e princípios para tornar o sistema mais produtivo e as plantas cultivadas mais resilientes. Sem a presença de microrganismos ativos, o produtor rural perde a sua capacidade de independência e de protagonismo no planejamento e no processo de tomadas de decisão, recorrendo a um pacote de aplicações pré-fixadas, visando “proteger” as plantas cultivadas, aumentando custos, mas não necessariamente a sua lucratividade.

¹Ver nesta publicação, artigo: Controle biológico de lagartas com entomopatógenos, de Valicente e Aguiar, p.66-73.

REFERÊNCIAS

- AGRIOS, G.N. **Plant pathology**. 5th ed. San Diego: Academic Press, 2005. 952p.
- AMORIM, L.; REZENDE, J.A.M.; BERGAMIN FILHO, A. **Manual de fitopatologia**. 5.ed. Piracicaba: Agronômica Ceres, 2018. 573p. v.1: Princípios e conceitos.
- BARRIOS, E. Soil biota, ecosystem services and land productivity. **Ecological Economics**, v.64, n.2, p.269-285, Dec. 2007.
- BERENDSEN, R.L.; PIETERSE, C.M.J.; BAKER, P.A.H.M. The rhizosphere microbiome and plant health. **Trends in Plant Science**, v.17, n.8, p.478-486, Aug. 2012.
- BERNACCHI, C.J.; HOLLINGER, S.E.; MEYERS, T. The conversion of the corn/soybean ecosystem to no-till agriculture may result in a carbon sink. **Global Change Biological**, v.11, n.11, p.1867-1872, Nov. 2005.
- BRASIL. Lei nº 7.802, de 11 de outubro de 1989. Dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 12 jul. 1989.
- BRUSSAARD, L.A.; DE RUITER, B.P.C.; BROWN, G.G. Soil biodiversity for agricultural sustainability. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v.121, n.3, p.233-244, July. 2007.
- COSTA, J.L. da S.; MENGE, J.A.; CASALE, W.L. Biological control of *Phytophthora* root rot of avocado with microorganisms grown in organic mulches. **Brazilian Journal of Microbiology**, São Paulo, v.31 n.4, p.239-266, Oct./Dec. 2000.
- EL-SHAFIE, H.A.F.; FALEIRO, J.R. Semiochemicals and their potential use in pest management. In: SHIELDS, V.D.C. (ed.). **Biological control of pest and vector insects**. London: Digital Science, 2017. cap.1, p.2-22, Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5772/66463>. Acesso em: 21 nov. 2018.
- ERIKSEN, J. Soil sulfur cycling in temperate agricultural systems. **Advance in Agronomy**, v.102, p.55-89, 2009.
- FRANCO, J.L. de A. **Conceito de biodiversidade e a história da biologia da conservação**: da preservação da *wilderness* à conservação da biodiversidade. **História**, Franca, v.32, n.2, p.21-48, jul./dez. 2013.
- GARDI, C.; JEFFERY, S. **Soil biodiversity**. Luxembourg: JRC: IES, 2009. 24p. Disponível em: https://esdac.jrc.ec.europa.eu/ESDB_Archive/eusoils_docs/other/EUR23759.pdf. Acesso em: 21 nov. 2018.
- HARDOIM, P.R.; VAN OVERBEEK, L.S.; VAN ELSAS, J.D. Properties of bacterial endophytes and their proposed role in plant growth. **Trends in Microbiology**, v.16, n.10, p.463-471, Oct. 2008.
- KEESING, F. *et al.* Impacts of biodiversity on the emergence and transmission of infectious diseases. **Nature**, v.468, n.7324, p.647-652, Dec. 2010.
- LEWIS, M. Wilderness and conservation science. In: LEWIS, M. (ed.). **American wilderness: a new history**. New York: Oxford University, 2007. p.205-261.
- MARSCHNER, P.; RENGEL, Z. (ed.). **Nutrient cycling in terrestrial ecosystems**. Berlin: Springer-Verlag, 2007. 397p.
- NELSON, E.B.; KUTER, G.A.; HOITINK, H.A.J. Effects of fungal antagonists and compost age on suppression of *Rhizoctonia* damping-off in container media amended with composted hardwood bark. **Phytopathology**, v.73, n.10, p.1457-1462, Oct. 1983.
- NITHYAMEENAKSHI, S.; JEYARAMAJA, P.R.; MANIAN, S. Investigations on phytotoxicity of two new fungicides, azoxystrobin and difenoconazole. **American Journal of Plant Physiology**, v.1, n.1, p.89-98, 2006.
- OLIVEIRA, L.E.L. de. **Identificação e isolamento de bactérias envolvidas na formação de drenagem ácida mineira na região de Jacobina (Bahia) e o seu uso na biolixiviação de cobre**. 2014. 70f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) – Instituto de Ciências da Saúde, Universidade Federal de Bahia, Salvador.
- OSBORNE, J.L. Ecology: bumblebees and pesticides. **Nature**, v.491, n.7422, p.43-45, Nov. 2012.
- PÁSZTOR, G.; SZABÓ, R.; NÁDASY, E. Investigation of the phytotoxic effect of herbicide 2,4-D with hormonal function on winter wheat. **Columella**, v.4, n.1, p.163-168, 2017. Supplement.
- PERES-OLIVEIRA, M.A. *et al.* Residual effects of herbicides 2,4-D and glyphosate on soybeans in a Brazilian Cerrado Ultisol. **African Journal of Agricultural Research**, v.11, n.40, p.4031-4038, Oct. 2016.
- RAAIJMAKERS, J.M. *et al.* The rhizosphere: a playground and battlefield for soilborne pathogens and beneficial microorganisms. **Plant and Soil**, v.321, n.1/2, p.341-361, Aug. 2009.
- RIOS, E.S. *et al.* Impact of xenobiotics on microbial activity in soil cultivated with forage cactus *Opuntia ficus-indica*. **African Journal of Agricultural Research**, v.11, n.24, p.2166-2173, June 2016.
- RITZ, K.; HARRIZ, J.; MURRAY, P. **The role of soil biota in soil fertility and quality, and approaches to influencing soil communities to enhance delivery of these functions**. Bedford: Cranfield University, UK, 2010. 33p. Research project final report. Contractor: SKM Enviro.
- RYAN, P.R. *et al.* Rhizosphere engineering and management for sustainable agriculture. **Plant and Soil**, v.321, n.1/2, p.363-383, Aug. 2009.
- SEBIOMO, A.; OGUNDERO, V.W.; BANKOLE, S.A. Effect of four herbicides on microbial population, soil organic matter and dehydrogenase activity. **African Journal of Biotechnology**, v.10, n.5, p.770-778, Jan. 2011.
- SHAMSUDDEEN, U.; INUWA, A.B. Utilization of cypermethrin by bacteria isolated from irrigated soils. **Bayero Journal of Pure and Applied Sciences**, v.6, n.2, p.19-22, Dec. 2013.
- SHU, W.E. *et al.* Abundance and diversity of nitrogen-fixing bacteria in rhizosphere and bulk paddy soil under different duration of organic management. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v.28, n.2, p.493-503, Feb. 2012.
- SIMMONS, B.L.; COLEMAN, D.C. Microbial community response to transition from conventional to conservation tillage in cotton fields. **Applied Soil Ecology**, v.40, n.3, p.518-528, 2008.
- SOKA, G.E. Filling the gaps: arbuscular mycorrhizal fungi biodiversity in the tropical ecosystems. **Modern Concepts &**

Developments in Agronomy, v.1, n.3, p.1-3, Feb. 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/323512115_Filling_the_Gaps_Arbuscular_Mycorrhizal_Fungi_Biodiversity_in_the_Tropical_Ecosystems. Acesso em: 2 jan. 2018.

SPAEPEN, S.; VANDERLEYDEN, J.; OKON, Y. Plant growth-promoting actions of rhizobacteria. **Plant Innate Immunity**, v.51, p.283-320, Jan. 2009.

TOMITA, C.K. Composto orgânico. **Caderno de Inovações Tecnológicas**. Espaço de valorização da agricultura familiar, Brasília, p.69-75, 2010.

TOMITA, C.K. Cultivo de morango em sistema de agricultura natural. In: SIMPÓSIO NACIONAL DO MORANGO, 2.; ENCONTRO DE PEQUENAS FRUTAS E FRUTAS NATIVAS DO MERCOSUL, 1., 2004, Pelotas. **Palestras [...]**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2004. p.170-183. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 124).

TOMITA, C.K. Feijão: o manejo sustentável de pragas e doenças. **A Granja**, Porto Alegre, n.749, p.57-59, maio 2011.

TOMITA, C.K. Nature farming application in grains production of west-center region Brazil. In: WORLD NATURE FARMING WORKSHOP, 3., 2009, Shizuoka. [**Annals ...**]. Shizuoka: Ohito Nature Farming Center, 2009.

USSIRI, D.A.N.; LAL, R. Long-term tillage effects on soil carbon storage and carbon dioxide emissions in continuous corn cropping system from an alfisol in Ohio. **Soil Tillage Research**, v.104, n.1, p.39-47, June 2009.

VUKOVIĆ, S.; INDIJIC, D.; GVOZDENAC, S. Phytotoxic effects of fungicides, insecticides and nonpesticidal components on pepper depending on water quality. **Pesticides and Phytomedicine**, v.29, n.2, p.145-153, 2014.

WHITEHORN, P.R. *et al.* Neonicotinoid pesticide reduces bumble bee colony growth and queen production. **Science**, v.336, n.6079, p.351-352, Apr. 2012.

YILMAZ, G.; DANE, F. Phytotoxic effects of herbicide attribut and surfactant biopower on the root, stem, and leaf anatomy of *Triticum aestivum* 'Pehlivan'. **Turkish Journal of Botany**, v.37, n.5, p.886-893, 2013.

Veja no próximo

INFORME AGROPECUARIO

Nematoídes fitoparasitas

Nematoídes fitoparasitas e impactos na agricultura brasileira

Manejo de fitonematoídes nas culturas da soja, cana-de-açúcar, banana, café, olerícolas e feijão

***Meloidogyne enterolobii* e sua evolução nos cultivos brasileiros**

Controle biológico de nematoídes parasitas de plantas

**Leia e Assine o
INFORME AGROPECUARIO**

(31) 3489-5002

publicacao@epamig.br

www.informeagropecuario.com.br

INSTRUÇÕES AOS AUTORES

INTRODUÇÃO

O Informe Agropecuário é uma publicação seriada, periódica, trimestral, de caráter técnico-científico e tem como objetivo principal difundir tecnologias geradas ou adaptadas pela EPAMIG, seus parceiros e outras instituições para o desenvolvimento do agronegócio de Minas Gerais. Trata-se de um importante veículo de orientação e informação para todos os segmentos do agronegócio, bem como de todas as instituições de pesquisa agropecuária, universidades, escolas federais e/ou estaduais de ensino agropecuário, produtores rurais, técnicos, extensionistas, empresários e demais interessados. Tem como finalidade a difusão de tecnologia, devendo, portanto, ser organizada para atender às necessidades de informação de seu público, respeitando sua linha editorial e a prioridade de divulgação de temas resultantes de projetos e programas de pesquisa realizados pela EPAMIG e seus parceiros.

A produção do Informe Agropecuário segue uma pauta e um cronograma previamente estabelecidos pelo Conselho de Publicações da EPAMIG e pela Comissão Editorial de Publicações, conforme demanda do setor agropecuário e em atendimento às diretrizes do Governo. Cada edição versa sobre um tema específico de importância econômica para Minas Gerais.

Do ponto de vista de execução, cada edição do Informe Agropecuário terá de um a três Editores técnicos, responsáveis pelo conteúdo da publicação, pela seleção dos autores dos artigos e pela preparação da pauta.

APRESENTAÇÃO DOS ARTIGOS ORIGINAIS

Os artigos devem ser enviados em CD-ROM ou por e-mail, no programa Microsoft Word, fonte Arial, corpo 12, espaço 1,5 linha, parágrafo automático, justificado, em páginas formato A4 (21,0 x 29,7cm).

Os quadros devem ser feitos também em Word, utilizando apenas o recurso de tabulação. Não se deve utilizar a tecla Enter para formatar o quadro, bem como valer-se de “toques” para alinhar elementos gráficos de um quadro.

Os gráficos devem ser feitos em Excel e ter, no máximo, 15,5 cm de largura (em página A4). Para tanto, pode-se usar, no mínimo, corpo 6 para composição dos dados, títulos e legendas.

As fotografias a serem aplicadas nas publicações devem ser recentes, de boa qualidade e conter autoria. Podem ser enviados, preferencialmente, os arquivos originais da câmera digital (para fotografar utilizar a resolução máxima). As fotos antigas devem ser enviadas em papel fotográfico (9 x 12 cm ou maior), cromo (slide) ou digitalizadas. As fotografias digitalizadas devem ter resolução mínima de 300 DPIs no formato mínimo de 15 x 10 cm na extensão JPG.

Não serão aceitas fotografias já escaneadas, incluídas no texto, em Word. Enviar os arquivos digitalizados, separadamente, na extensão já mencionada (JPG, com resolução de 300 DPIs).

Os desenhos feitos no computador devem ser enviados na sua extensão original, acompanhados de uma cópia em PDF, e os desenhos feitos em nanquim ou papel vegetal devem ser digitalizados em JPG.

PRAZOS E ENTREGA DOS ARTIGOS

Os colaboradores técnicos da revista Informe Agropecuário devem observar os prazos estipulados formalmente para a entrega dos trabalhos, bem como priorizar o atendimento às dúvidas surgidas ao longo da produção da revista, levantadas pelo Editor técnico, pela Revisão e pela Normalização. A não observação a essas normas trará as seguintes implicações:

- os colaboradores convidados pela Empresa terão seus trabalhos excluídos da edição;
- os colaboradores da Empresa poderão ter seus trabalhos excluídos ou substituídos, a critério do respectivo Editor técnico.

O Editor técnico deverá entregar ao Departamento de Informação Tecnológica (DPIT), da EPAMIG, os originais dos artigos em CD-ROM ou por e-mail, já revisados tecnicamente (com o apoio dos consultores técnico-científicos), 120 dias antes da data prevista para circular a revista. Não serão aceitos artigos entregues fora desse prazo ou após o início da revisão linguística e normalização da revista.

O prazo para divulgação de errata expira seis meses após a data de publicação da edição.

ESTRUTURAÇÃO DOS ARTIGOS

Os artigos devem obedecer à seguinte sequência:

- título (português e inglês):** deve ser claro, conciso e indicar a ideia central, podendo ser acrescido de subtítulo. Devem-se evitar abreviaturas, parênteses, fórmulas e nomes científicos que dificultem a sua compreensão;
- nome do(s) autor(es):** deve constar por extenso, com numeração sobrescrita para indicar, no rodapé, sua formação e títulos acadêmicos, profissão, instituição a que pertence e e-mail.
Exemplo: Eng. Agrônomo, D.Sc., Pesq. EPAMIG Sul/Bolsista FAPEMIG, Lavras, MG, epamisul@epamig.br;
- resumo/abstract:** deve ser constituído de texto conciso (de 100 a 250 palavras), com dados relevantes sobre a metodologia, resultados principais e conclusões;
- palavras-chave/keywords:** devem constar logo após o resumo. Não devem ser utilizadas palavras já contidas no título;
- texto:** deve ser dividido basicamente em: Introdução, Desenvolvimento e Considerações finais. A Introdução deve ser breve e focar o objetivo do artigo;
- agradecimento:** elemento opcional;
- referências:** devem ser padronizadas de acordo com o “Manual para Publicações da EPAMIG”, que apresenta adaptação das normas da ABNT.

Com relação às citações de autores e ilustrações dentro do texto, também deve ser consultado o Manual para Publicações da EPAMIG.

NOTA: Estas instruções, na íntegra, encontram-se no “Manual para Publicações da EPAMIG”. Para consultá-lo, acessar: www.epamig.br, em Publicações/Publicações Disponíveis ou Biblioteca/Normalização.

INFORME AGROPECUARIO

Tecnologias para o Agronegócio



Assinatura e vendas avulsas
publicacao@epamig.br

(31) 3489-5002

www.informeagropecuario.com.br



AGRICULTURA,
PECUÁRIA E
ABASTECIMENTO



MINAS
GERAIS

GOVERNO
DIFERENTE.
ESTADO
EFICIENTE.

EPAMIG Empório

Vitrine de Tecnologias



O espaço **EPAMIG Empório** tem a proposta de aproximar colaboradores, visitantes e a sociedade das tecnologias produzidas pela Empresa. No **EPAMIG Empório** estas tecnologias estão disponibilizadas na forma de produtos para aquisição, demonstração e difusão de informações.



EPAMIG Empório - Vitrine de Tecnologias

Avenida José Cândido da Silveira, 1647
União - CEP 31170-495 - Belo Horizonte - MG
Tel.: (31) 3489-5000 - www.epamig.br

EPAMIG Empório - Cândido Tostes

Rua Tenente Luiz de Freitas, 116
B. Santa Terezinha - CEP 36045-560 - Juiz de Fora - MG
Tel.: (32) 3225-5852 - epamigilct@epamig.br



AGRICULTURA,
PECUÁRIA E
ABASTECIMENTO



**MINAS
GERAIS**

GOVERNO
DIFERENTE.
ESTADO
EFICIENTE.

Conheça os produtos com **TECNOLOGIA EPAMIG**

Queijos

Os produtos têm a qualidade e tradição do Instituto de Laticínios Cândido Tostes, referência na América Latina.



Cafés de Qualidade

Café 100% Arábica, constituído como um blend de variedades nas versões Séries Ouro e Bronze.

Vinhos e Espumantes

As pesquisas da EPAMIG propiciaram um grande avanço no cultivo de uvas e na fabricação de sucos, vinhos finos e espumantes de qualidade com terroir mineiro.



Azeite Extravirgem

O azeite EPAMIG, primeiro tipo extravirgem produzido no Brasil, tem-se destacado em eventos nacionais e internacionais de gastronomia e atraído a atenção de chefs e apreciadores.



Publicações

A EPAMIG divulga ao público as tecnologias geradas pelas pesquisas por meio de publicações técnicas, com destaque para o **Informe Agropecuário**, uma das principais revistas do gênero no país.



Queijo Minas Artesanal

Manual Técnico de orientação ao produtor

O Manual Queijo Minas Artesanal – principais problemas de fabricação tem como objetivo destacar a importância do acompanhamento do estado sanitário do rebanho e da qualidade dos produtos, sem interferir demasiadamente nos processos, visando a preservação dos valores e tradições. Neste Manual são identificados os principais déficits apresentados pelos queijos artesanais, suas causas e recomendações de boas práticas para a obtenção de um produto de qualidade.

Confira no site
www.epamig.br
Publicações/Publicações disponíveis




INFORME AGROPECUARIO

Tecnologias para o Agronegócio



Assinatura e vendas avulsas
publicacao@epamig.br
(31) 3489-5002
www.informeagropecuario.com.br



EPAMIG Empório

Vitrine de Tecnologias

O espaço EPAMIG Empório tem a proposta de aproximar colaboradores, visitantes e a sociedade das tecnologias produzidas pela Empresa. No EPAMIG Empório estas tecnologias estão disponibilizadas na forma de produtos para aquisição, demonstração e difusão de informações.

EPAMIG Empório - Vitrine de Tecnologias
Av. José Cândido da Silveira, 1647
União - CEP 31170-055 - Belo Horizonte - MG
Tel: (51) 3489-5000 - www.epamig.br

EPAMIG Empório - CÂNDIDO TOSTES
Rua Tenente Lúcio de Freitas, 116
B. Santa Teresinha - CEP 30465-500 - Jaiá de Faria - MG
Tel: (52) 3225-5852 - epamig@epamig.br



Conheça os produtos com TECNOLOGIA EPAMIG

Queijos
Os produtos têm a qualidade e tradição do Instituto de Laticínios Cândido Tostes, referências na América Latina.

Cafés de Qualidade
Café 100% Arábica, controlado como um Mand de variedades nas variedades Sertes Clara e Bronze.

Vinhos e Espumantes
As pesquisas da EPAMIG proporcionam um grande avanço na cultura de uvas e na fabricação de vinhos, vinhos finos e espumantes de qualidade com terrar mínimo.

Azeite Extravirgem
O azeite EPAMIG, primeiro tipo extravirgem produzido no Brasil, tem-se destacado em eventos nacionais e internacionais de gastronomia e atendido a atenção de chefs e apreciadores.

Publicações
A EPAMIG divulga ao público as tecnologias geradas pelas pesquisas por meio de publicações técnicas, com destaque para o Informe Agropecuario, uma das principais revistas do gênero no país.



CARTILHAS EPAMIG

As cartilhas da EPAMIG trazem informações práticas para orientar produtores rurais, técnicos, estudantes e consumidores. Com uma linguagem simples e direta identificam pragas e doenças do café, manejo, controle e recomendações, bem como flores comestíveis e suas formas de consumo e cultivares de oliveira para produção de azeitona e azeite.



Disponíveis para download
www.epamig.br
em Publicações disponíveis



Veja no próximo INFORME AGROPECUARIO

Nematoides fitoparasitas

Nematoides fitoparasitas e impactos na agricultura brasileira

Manejo de fitonematoides nas culturas da soja, cana-de-açúcar, banana, café, olerícolas e feijão

Meloidogyne enterolobii e sua evolução nos cultivos brasileiros

Controle biológico de nematoides parasitas de plantas

Leia e Assine o
INFORME AGROPECUARIO
(31) 3489-5002
publicacao@epamig.br
www.informeagropecuario.com.br



Publicações para download



Informe Agropecuario
Folheto Técnico
Boletim Técnico
Cartilhas
Circulares técnicas
Série Documentos

Confira no site
www.epamig.br



Tecnologias para produção orgânica

Este livro contém informações sobre tecnologias para a produção orgânica, refletindo a demanda crescente da sociedade por uma agricultura livre de resíduos de agrotóxicos, e que promovem a produção sustentável de alimentos com qualidade. Processos tecnológicos já disponíveis ao produtor são apresentados neste livro.



publicacao@epamig.com
(31) 3489 5002



MUDAS DE OLIVEIRA

Garantia de procedência, mudas padronizadas, qualidade comprovada e variedade identificada

Pedidos e informações:
Campo Experimental de Maria da Fé
CEP: 37517-000 - Maria da Fé - MG
e-mail: cemf@epamig.br
Tel: (35) 3662-1227




Oliveira no Brasil: tecnologias de produção

O livro Oliveira no Brasil: tecnologias de produção aborda temas que vão desde a distribuição da oliveira na América Latina, história de sua introdução em Minas Gerais, considerações sobre mercado consumidor, botânica, anatomia, aplicações de técnicas modernas de biotecnologia e marcadores moleculares, variedades mais plantadas nos países produtores, registro e proteção de cultivares, pragas, doenças, poda, adubação, até o preparo de azeitonas para mesa, extração de azeite de oliva, índices de qualidade e legislação pertinente, e ainda vantagens do azeite de oliva para a saúde humana.

www.informeagropecuario.com.br
publicacao@epamig.br
(31) 3489-5002




Identificação e manejo ecológico de pragas da cultura da pimenta

Este livro apresenta, de forma ilustrada, as principais pragas da cultura da pimenta, abordando desde a identificação e estudos bioecológicos até o desenvolvimento de métodos alternativos de controle, como o biológico e o uso de produtos alternativos.

www.epamig.br
Livraria EPAMIG
publicacao@epamig.com
(31) 3489 5002