



INFORME AGROPECUARIO

v. 42, n. 315, 2021

ISSN 0100-3364

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

Proteção química da lavoura



CONFIRA ESTE LANÇAMENTO:

Cafeicultura do Cerrado



Este livro, de 564 páginas, reúne o que há de mais atual em informações tecnológicas específicas para a cafeicultura do Cerrado, traz uma abordagem do histórico do cultivo nesta região, com destaque em todas as etapas do processo produtivo e informações fundamentais para a gestão eficiente de propriedades cafezeiras. Autores conceituados, de diferentes instituições e empresas de Minas Gerais e do Brasil, apresentam de forma completa, ao longo de 17 capítulos, todo arcabouço de inovações e tecnologias desenvolvidas para a cafeicultura do Cerrado.

Livraria EPAMIG

www.livrariaepamig.com.br

(31) 3489-5002

e-mail: livraria@epamig.br



AGRICULTURA,
PECUÁRIA E
ABASTECIMENTO



**MINAS
GERAIS**

GOVERNO
DIFERENTE.
ESTADO
EFICIENTE.





Apresentação

O Brasil destaca-se na produção e exportação de alimentos, estando em 3º lugar no ranking dos países produtores, sendo superado apenas pelos Estados Unidos e China.

O clima tropical do Brasil favorece a ocorrência de pragas e doenças nas plantas cultivadas que, aliadas às infestações por plantas daninhas, são facilmente disseminadas e muitas vezes capazes de ocasionar elevada redução na produtividade. Nessas circunstâncias, o controle fitossanitário com a utilização de agrotóxicos torna-se necessário para minimizar as perdas e, assim, evitar grandes prejuízos ao produtor rural.

Apesar dos benefícios dos agrotóxicos no aumento da produtividade e na manutenção da qualidade dos alimentos, estes produtos apresentam riscos à saúde do trabalhador e ao meio ambiente, exigindo a adoção de medidas que garantam a utilização destes insumos de forma segura e consciente.

Esta edição do Informe Agropecuário tem como objetivo explicar o modo de ação e o uso adequado dos fungicidas, bactericidas, inseticidas, nematocidas e herbicidas no manejo de doenças, pragas e plantas invasoras. Apresenta também tecnologias inovadoras de aplicação desses produtos e as formas corretas e conscientes da sua utilização, a fim de prevenir a contaminação do meio ambiente e proteger a saúde do trabalhador rural. Desse modo, busca-se compatibilizar o alcance de níveis elevados de produtividade aliado com o fornecimento de alimentos seguros e de alta qualidade ao consumidor.

*Mário Sérgio Carvalho Dias
Antônio Cláudio Ferreira da Costa
Alniusa Maria de Jesus*

Informe Agropecuário

Uma publicação da EPAMIG

v. 42, n. 315, 2021

Belo Horizonte, MG

Sumário

EDITORIAL	3
ENTREVISTA	4
Fungicidas no controle de doenças de plantas	
<i>Laércio Zambolim e Hudson Teixeira</i>	7
Inseticidas	
<i>Fábio Maximiano de Andrade Silva</i>	18
Proteção para doenças bacterianas	
<i>Alice Maria Quezado-Duval e Nadson de Carvalho Pontes</i>	25
Nematocidas	
<i>Andressa Cristina Zamboni Machado</i>	37
Herbicidas	
<i>Núbia Maria Correia</i>	48
Adjuvantes agrícolas	
<i>Alniusa Maria de Jesus e Mário Sérgio Carvalho Dias</i>	59
Aplicação segura de agrotóxicos	
<i>Antônio Cláudio Ferreira da Costa e Alniusa Maria de Jesus</i>	65
Tipos de pulverizadores e calibração	
<i>Daniilo Morilha Rodrigues, Flávio Nunes da Silva, Gustavo Dario, Matheus Mereb Negrisoni, Luciano Del Bem Junior e Carlos Gilberto Raetano</i>	71
Tecnologia de aplicação aérea no controle fitossanitário	
<i>Ulisses Rocha Antuniassi, Fernando Kassis Carvalho, Alisson Augusto Barbieri Mota e Rodolfo Glauber Chechetto</i>	83
Drones para pulverização	
<i>Ulisses Rocha Antuniassi, Fernando Kassis Carvalho, Alisson Augusto Barbieri Mota e Rodolfo Glauber Chechetto</i>	95
Produção Integrada Agropecuária: Manejo Integrado de pragas, uso racional de agrotóxicos e produção de alimento seguro na agricultura brasileira	
<i>Laércio Zambolim, Carlos Ramos Venancio, Murilo Carlos Muniz Veras, Matheus Miranda de Ávila, Lara Line Pereira de Souza e Rosilene Ferreira Souto</i>	106

ISSN 0100-3364

Informe Agropecuário	Belo Horizonte	v. 42	n. 315	p. 1-128	2021
----------------------	----------------	-------	--------	----------	------

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

ISSN 0100-3364

INPI: 006505007

Informe Agropecuário. Proteção química da lavoura, v.42, n.315, 2021

CONSELHO DE PUBLICAÇÕES E INFORMAÇÃO TECNOLÓGICA

Nilda de Fátima Ferreira Soares

Trazilbo José de Paula Júnior

Marcelo Ribeiro Malta

Vânia Lúcia Alves Lacerda

COMISSÃO EDITORIAL DE PUBLICAÇÕES E INFORMAÇÃO TECNOLÓGICA

Trazilbo José de Paula Júnior

Vânia Lúcia Alves Lacerda

Marcelo Ribeiro Malta

EDITORES-TÉCNICOS

Mário Sérgio Carvalho Dias, Antônio Cláudio Ferreira da Costa e Alnusa Maria de Jesus (EPAMIG Norte)

CONSULTORES-TÉCNICOS

Maria Geralda Vilela Rodrigues, João Batista Ribeiro da Silva Reis, Luciana Nogueira Londe (EPAMIG Norte), Marcelo Abreu Lanza (EPAMIG Centro-Oeste) e Fúlvio Rodriguez Simão (EPAMIG Sede)

PRODUÇÃO

DEPARTAMENTO DE INFORMAÇÃO TECNOLÓGICA

EDITORA-CHEFE

Vânia Lúcia Alves Lacerda

DIVISÃO DE PRODUÇÃO EDITORIAL

Fabriciano Chaves Amaral

REVISÃO LINGUÍSTICA E GRÁFICA

Rosely A. R. Battista Pereira

NORMALIZAÇÃO

Dorotéia Rezende de Moraes, Fátima Rocha Gomes e Maria Lúcia de Melo Silveira

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: *Mário Sérgio Carvalho Dias*

Contato - Produção da revista

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

Impressão: *Tavares & Tavares Empreendimentos Comerciais Ltda.*

Circulação: *dezembro 2021*

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.

AQUISIÇÃO DE EXEMPLARES

Livraria EPAMIG

Av. José Cândido da Silveira, 1.647 - União

CEP 31170-495 Belo Horizonte - MG

www.informeagropecuario.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 Rezende 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 - a partir de 2018
Cont.de Informe Agropecuário: 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
Secretaria de Estado de Agricultura,
Pecuária e Abastecimento**



EPAMIG

Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais

Conselho de Administração

Nairam Félix de Barros (Presidente)

Otávio Martins Maia

Gladyston Rodrigues Carvalho

Antônio Álvaro Corsetti Purcino

Silvana Maria Novais Ferreira Ribeiro

Afonso Maria Rocha

Conselho Fiscal

Alisson Maurílio Rodrigues Santos (Presidente)

Camila Pereira de Oliveira Ribeiro

Francisco Antônio de Arruda Pinto

Suplentes

Nicolas Pereira Campos Ferreira

(Vaga em processo de escolha nos termos do Decreto Estadual nº 48.191, de 14 de maio de 2021.)

(Vaga em processo de escolha nos termos do Decreto Estadual nº 48.191, de 14 de maio de 2021.)

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

Thales Santos Terra

Assessoria de Comunicação

Fernanda Nívea Marques Fabrino

Assessoria de Governança e Estratégia

Luciana Pereira Junqueira Simão

Assessoria de Informática

Andrezza Pacheco Pereira

Assessoria Jurídica

Thiago José Teixeira de Assis Coelho

Assessoria de Negócios Agropecuários

Clenderson Corradi de Mattos Gonçalves

Auditoria Interna

Adriana Valadares Caiafa

Departamento de Administração

Mauro Lúcio de Rezende

Departamento de Gestão de Pessoas

Marcelo Ribeiro Gonçalves

Departamento de Gestão e Finanças

Polliette Alcileia Leite

Departamento de Informação Tecnológica

Vânia Lúcia Alves Lacerda

Departamento de Pesquisa

Marcelo Ribeiro Malta

Instituto de Laticínios Cândido Tostes

Sebastião Tavares de Rezende

Instituto Técnico de Agropecuária e Cooperativismo

Luci Maria Lopes Lobato e Francisco Olavo Coutinho da Costa

EPAMIG Centro-Oeste

Juliana Carvalho Simões e Felipe Lopes Pena

EPAMIG Norte

Leidy Darmony de Almeida Rufino e Josimar dos Santos Araújo

EPAMIG Oeste

Fernando Oliveira Franco e Irenilda de Almeida

EPAMIG Sudeste

Francisco Carlos de Oliveira e Luciano Luis Jacob

EPAMIG Sul

César Elias Botelho e Marcelo Pimenta Freire

Proteção química com segurança

O Brasil é considerado o celeiro do mundo, sendo o maior produtor de suco de laranja, café e soja e, portanto, o terceiro maior exportador de alimentos do Planeta. Para alcançar este desempenho foi necessário lidar com o aumento dos problemas relacionados com pragas e doenças. Esta maior intensidade de danos decorre de seu clima predominantemente tropical, caracterizado por temperatura e umidade relativa do ar elevadas durante a maior parte do ano agrícola. Vale destacar também que novas tecnologias permitiram a expansão da área agricultável, com a possibilidade de até três safras ao ano, o que eleva consideravelmente a incidência de pragas e doenças.

A Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura – 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, mesmo com a aplicação de cerca de 2 milhões de toneladas de produtos químicos. A opção pelo uso de produtos químicos decorre da necessidade de utilizar uma forma eficiente e econômica para resolver os problemas fitossanitários. Todavia, nem sempre a utilização dos defensivos agrícolas de forma isolada é capaz de atingir os objetivos desejados.

Em 2019 o mercado de defensivos agrícolas no Brasil movimentou cerca de 13,7 bilhões de dólares. O Estado que mais aplicou defensivos agrícolas foi o maior produtor nacional de grãos, o Mato Grosso (24%), depois Rio Grande do Sul e Santa Catarina (12%), seguidos do Paraná (12%), São Paulo (11%), região do Matopiba - Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia (10%), Goiás/Distrito Federal (9%), Minas Gerais (8%) e Mato Grosso do Sul (8%).

Embora esses produtos pertençam à categoria dos insumos para a produtividade agrícola, o uso intensivo frequentemente causa efeitos indesejados ao ambiente e à saúde humana e animal. Essas informações demonstram que, mesmo sendo necessário promover a proteção eficiente dos cultivos agrícolas, a produção sustentável de alimentos e fibras vegetais depende da adoção de medidas fitossanitárias que considerem a estrutura e o funcionamento dos agroecossistemas em conjunto com a preservação da biodiversidade.

Diante do debate sobre o uso de produtos químicos na agricultura, é necessário que a pesquisa aponte o melhor caminho entre a alta produtividade de grandes culturas e a segurança alimentar e do meio ambiente. São altamente desejáveis os sistemas integrados de produção, focados na adequação dos processos produtivos para a obtenção de produtos vegetais com qualidade e níveis de resíduos de produtos químicos e contaminantes em conformidade com o que estabelece a legislação sanitária, mediante a aplicação de Boas Práticas Agrícolas (BPA). A obtenção de resultados satisfatórios na aplicação dos defensivos implica no conhecimento de quando e como proceder ao controle ou a sua aplicação. Portanto, cada cultura, cada problema fitossanitário, cada alvo biológico, requer um conhecimento específico de sua biologia, fisiologia, das características e modo de ação dos produtos, forma de aplicação e das interações desses fatores.

Esta edição do Informe Agropecuário traz uma discussão sobre o uso de produtos químicos de forma racional na lavoura e apresenta inovações e tecnologias para a utilização segura dessas substâncias e a adoção de práticas conjuntas para uma produção agrícola saudável.

Uso responsável de produtos químicos garante produtividade



Ana Maria Soares Valentini é mineira de Capitólio, no Sudoeste de Minas, e está à frente da Secretaria de Agricultura, Pecuária e Abastecimento de Minas Gerais (Seapa-MG) desde 2019, sendo a primeira mulher a ocupar a pasta na história do governo do Estado. Engenheira florestal e produtora rural em Bonfinópolis (MG), Ana Valentini já presidiu a Associação dos Produtores Rurais e Irrigantes do Noroeste de Minas Gerais (Irriganor). Participa, desde 1987, do Programa de Cooperação Nipo-Brasileira para o Desenvolvimento Agrícola dos Cerrados (Prodecer), que contou com o apoio do governo japonês para ampliar as áreas agricultáveis de soja no Brasil. Integrou o Projeto “Dinâmica Biológica de Fragmentos Florestais”, na Amazônia, coordenado pela World Wide Fund for Nature (Fundação WWF), que atua nas áreas de conservação, investigação e recuperação ambiental. Nesta entrevista a secretária demonstra sua visão abrangente sobre um tema bastante debatido, o qual alia tanto conservação ambiental quanto manutenção da produtividade e melhor qualidade de vida para o produtor rural.

IA - *Como produtora rural, qual a sua opinião sobre a importância da utilização de produtos químicos para o controle de pragas e plantas invasoras?*

Ana Valentini - O controle de pragas e doenças em uma lavoura é um dos aspectos que o produtor tem que considerar no seu processo produtivo. Naturalmente, isso soma-se a outros fatores importantes na produção, como a correção do solo, a adubação, o uso de sementes melhoradas, mecanização e equipamentos. Desse modo, os produtos químicos em questão agregam-se às demais tecnologias disponíveis, permitindo ao produtor assegurar sua produção e aumentar sua produtividade, em prol da sustentabilidade econômica da propriedade rural. A utilização

de produtos químicos, principalmente para controle de plantas invasoras, foi o que possibilitou a ampliação das áreas de cultivo no Brasil. Caso contrário, só conseguiríamos continuar produzindo sem escala, em pequenas propriedades. Com o êxodo rural, hoje em dia a população vive majoritariamente nas grandes cidades. Sem o emprego da tecnologia, fruto de muita pesquisa científica, o campo não conseguiria produzir alimentos em quantidades necessárias para abastecer os grandes centros urbanos, principalmente se os produtores rurais não tivessem acesso aos produtos químicos para o controle de pragas e doenças. É importante lembrar que o uso de produtos químicos foi fundamental para que o País deixasse de ser importador de ali-

mentos e passasse a ser exportador, principalmente porque na agricultura de um país de clima tropical como o Brasil, a incidência de pragas e doenças é muito maior do que em países de clima temperado. Sem o uso desses produtos, não seria possível para o País dar seu grande salto no volume de produção de grãos. Também é importante destacar que houve uma evolução sensível desde os primeiros produtos químicos utilizados na agricultura. Hoje, os produtos são muito específicos, individualizados de acordo com a praga a ser combatida, e têm uma toxicidade muito menor do que os primeiros que foram colocados no mercado. Essa evolução tem tornado os alimentos cada vez mais seguros, assim como reduzido drasticamente o impacto

desses produtos no meio de cultivo. Por isso, no cenário atual, é imprescindível que os produtores continuem tendo acesso a essas tecnologias, a fim de garantir o aumento de produtividade sem a necessidade da abertura de novas fronteiras agrícolas. Por último, e não menos importante, o acesso a essas tecnologias garante o financiamento para as pesquisas visando a evolução e o aumento da segurança dos produtos em questão, tanto para quem aplica e usa em sua produção, quanto para quem consome.

IA - *Como compatibilizar a utilização de produtos químicos na agricultura e na preservação do meio ambiente?*

Ana Valentini - A utilização de produtos químicos na agricultura trouxe um ganho considerável para a preservação do meio ambiente. Em um de seus últimos discursos, Norman Borlaug, que é o nosso pai da Revolução Verde e, inclusive, ganhador do Prêmio Nobel da Paz, mostrou em 1997 que o uso de produtos químicos altamente especializados reduziu a necessidade de abertura de novas áreas para a agricultura. Estimou que, naquela década de 1990, sem a utilização de agroquímicos, os Estados Unidos teriam que duplicar a sua área cultivada para atender à demanda crescente por alimentos. Já a China teria que triplicar sua área, assim como a Índia. O mesmo fenômeno pode ser observado no Brasil. Podemos, com o uso dessas tecnologias, produzir uma grande quantidade de alimentos, usando menos de 10% da área agricultável do País e, assim, preservar aproximadamente 66% do nosso território. Isso só é possível porque obtemos alta produtividade nas áreas que já estão cultivadas, empregando tecnologias em constante evolução, inclusive os produtos químicos. O meio ambiente deve ser visto não somente sob a ótica preservacionista, que é muito importante em áreas específicas, como a Amazônia Legal, mas principalmente sob a ótica conservacionista, que consegue aliar produção

sustentável e conservação do ecossistema, da fauna e da flora. Hoje, os protagonistas da conservação dos biomas nativos, como Mata Atlântica, Caatinga e Cerrado, são os produtores rurais, uma vez que a propriedade rural produtiva e regularizada, de acordo com o Código Florestal, mantém pelo menos 20% de sua mata nativa, na forma de Reserva Legal, além de todas as Áreas de Preservação Permanente, como leitos de rios e nascentes. Isso só é possível caso

“ O meio ambiente deve ser visto não somente sob a ótica preservacionista, que é muito importante em áreas específicas, como a Amazônia Legal, mas principalmente sob a ótica conservacionista, que consegue aliar produção sustentável e conservação do ecossistema, da fauna e da flora. ”

o produtor rural se mantenha no campo, produzindo, com viabilidade econômica na propriedade; caso contrário, as áreas de um país de dimensões continentais como o nosso ficam expostas a toda sorte de problemas conhecidos, como o corte ilegal de madeira nativa para venda ou o garimpo ilegal, que são muito prejudiciais e, vale sempre ressaltar, não são realizadas pelo produtor rural, dificultando o controle e a fiscalização. Pontualmente, entendo que precisamos evoluir na conscientização do produtor para o uso correto desses produtos químicos, para garantir não só a saúde de quem aplica, mas também que não tenhamos resíduos além do permitido nos alimentos produzidos.

IA - *Na sua visão como secretária de Agricultura, Pecuária e Abastecimento de Minas Gerais todos os produtores do Estado possuem capacitação suficiente para a utilização de produtos químicos?*

Ana Valentini - Há um nível de conscientização crescente. A situação melhorou bastante nos últimos anos, com a democratização do acesso à informação, mas nem todos os produtores têm o mesmo padrão de tecnologia, o mesmo nível educacional, o mesmo nível de consciência na utilização de sistemas de produção mais sustentáveis e processos mais seguros nas suas atividades. Mas é preciso reconhecer que há avanços significativos. As regulamentações do setor têm evoluído, e, em Minas Gerais, o papel do Instituto Mineiro de Agropecuária (IMA) no avanço da segurança no uso de produtos químicos, rastreabilidade e logística reversa é notado e reconhecido por toda a sociedade. Temos como exemplo o caso das embalagens de defensivos. O Sistema Campo Limpo é referência mundial já há alguns anos, retornando mais de 90% na logística reversa das embalagens. Um sucesso!

IA - *O processo de registro de novos produtos químicos no Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) é bastante moroso. Na sua opinião, o que deve ser feito para acelerar este processo?*

Ana Valentini - O governo federal, por meio do MAPA, melhorou bastante esses processos, acelerando a análise das tecnologias e reduzindo o represamento. Entendo que a questão pode avançar ainda mais no futuro, por meio do princípio da liberdade aliado à responsabilidade. O Estado precisa entender que a autogestão, desde que atendidos limites e parâmetros claros de responsabilidade das empresas, pode ser uma boa saída. Casos de contrabando, de falsificação e adulteração de defensivos colocam em risco produtores e consumidores. Equi-

livro é fundamental, e trabalhar a responsabilidade das empresas e demais *stakeholders* do agronegócio, aliada ao uso de tecnologia de ponta, pode ser uma saída para gerar mais celeridade, menores custos e maior competitividade no mercado.

IA - *Há uma quantidade de culturas de menor expressão econômica, quando comparadas com as grandes culturas (soja, milho, algodão, café, feijão, etc.), que não possuem nenhum produto registrado para controle de pragas e doenças, muitas destas são culturas de subsistência. Que alternativas os produtores devem buscar?*

Ana Valentini - Isso é algo que deveria ser objeto de discussão entre esses atores do agronegócio e o Poder Público, em busca de uma saída compartilhada para a questão. Mas também é preciso disponibilizar alternativas de controle integrado de pragas e doenças que alcancem todas essas culturas, e que principalmente aliem o baixo custo ao menor impacto ambiental, uma vez que essas culturas tendem a ter uma receita menor e baixo poder econômico para investir em pesquisas e soluções externas.

IA - *Quais as principais frentes de atuação da Seapa-MG para a utilização de produtos químicos com segurança para o produtor, o consumidor e o meio ambiente?*

Ana Valentini - O controle de resíduos em alimentos é uma prática sistemática realizada pelo IMA. Isso tem mostrado que consumimos alimentos seguros. A fiscalização é fundamental para proteger a oferta de alimentos com boa qualidade, segurança alimentar e coibir o uso indiscriminado de defensivos agrícolas. A legislação vigente para o setor regula segmentos importantes, que englobam desde o comércio até o destino final das embalagens vazias. Em Minas Gerais, compete ao IMA fiscalizar o comércio de agroquímicos,

verificando o cadastro dos produtos à venda, as condições de armazenamento, as embalagens e se a venda foi feita mediante apresentação de receituário agrônomo. A fiscalização prossegue nas etapas de transporte, uso e devolução das embalagens vazias desses produtos. Todo produto fitossanitário e afins, destinado ao uso agrícola ou à proteção de florestas plantadas, para ser comercializado, armazenado e utilizado no Estado, deve ser cadastrado no IMA e registrado no MAPA ou no Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama). Por isso, são feitas fiscalizações periódicas nesses estabelecimentos comerciais e também nas propriedades rurais relativas ao uso correto dos pesticidas, como forma de controle e monitoramento. A Emater-MG também realiza frequentemente cursos para capacitação de produtores rurais e técnicos, apresentando caldas naturais voltadas ao controle de pragas e doenças, assim como fertilizantes e compostos orgânicos, exercendo seu primordial papel de assistência técnica e extensão rural. No ano de 2020, em decorrência da pandemia causada pelo coronavírus, os cursos presenciais foram suspensos, mas as ações de educação e de conscientização foram realizadas por meio das mídias sociais e, sempre que possível, com emprego de tecnologia remota, buscando por proximidade com os produtores rurais do Estado. A EPAMIG desenvolve o Programa Estadual de Pesquisa em Agroecologia, tendo como objetivos o desenvolvimento rural sustentável e o aumento da produtividade aliados à conservação da biodiversidade e dos recursos naturais. As ações incluem o desenvolvimento de tecnologias adequadas à legislação, aplicadas aos sistemas orgânicos em diferentes agroecossistemas, além do fortalecimento das parcerias entre EPAMIG, agricultores e instituições pesquisa, ensino e extensão rural, com vistas à

integração e ao aperfeiçoamento dos processos de geração de conhecimento e de disseminação de tecnologias, por meio de metodologias participativas. Todas essas ações da Seapa-MG e de suas vinculadas buscam o aumento da produtividade com responsabilidade. Isso é um princípio.

IA - *O sistema de Produção Integrada poderá contribuir para a utilização racional de produtos químicos? Quais as perspectivas para a expansão deste sistema em Minas Gerais?*

Ana Valentini - Certamente. Já é realidade em muitos sistemas de produção em Minas Gerais. Já usamos diversas técnicas que estão disponíveis há anos, como biodefensivos (*Bacillus thuringiensis* (Bt) e *Beauveria bassiana*), genética e Organismos Geneticamente Modificados (OGMs), biocontrole com o uso de micro e macrorganismos, iscas e monitoramento de pragas com feromônios, dentre outros. As empresas de biodefensivos crescem a uma taxa de 30% ao ano. Algumas têm alcançado crescimento sustentado de 50% ao ano, por vários anos. E, mesmo nesse cenário, se registra falta do produto, por causa da alta demanda no campo por essa categoria de defensivos. É uma nova revolução no campo. Isso tudo estará, em breve, integrado em um sistema de manejo de pragas e doenças de forma ampla. A bioinovação na área de defensivos tem-se materializado por meio de tecnologias, como RNAi, Repetições Palindrômicas Curtas Agrupadas e Regularmente Interespçadas – Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats (CRISPR), nanotecnologia, inteligência artificial e desenvolvimento dos laboratórios pelo Brasil afora. O futuro, e falo aqui do panorama em curto prazo, será mais responsável ambientalmente, com custos menores, maior eficiência no controle de pragas e doenças e maior segurança para produtores e consumidores.

■ Por Vânia Lacerda

Fungicidas no controle de doenças de plantas

Laércio Zambolim¹, Hudson Teixeira²

Resumo - Desde a segunda metade do século 20, o controle químico de doenças de plantas por meio do uso de fungicidas alcançou lugar de destaque na agricultura mundial e na brasileira. Sua adoção em larga escala pelos agricultores dá-se tanto pela comodidade em seu uso - principalmente, no que diz respeito ao manuseio, estocagem, aplicação dos produtos formulados, descarte e reciclagem das embalagens vazias - quanto pelos resultados rápidos e eficazes obtidos no controle de importantes patógenos de plantas; além disso, a aplicação de fungicidas reduz perdas e promove baixa relação custo-benefício. Entretanto, a utilização de fungicidas deve ser sempre a última opção de reduzir os danos causados por doenças. Mas, por inexistência de variedades resistentes para o controle de doenças agressivas (requeima da batata e tomate, ferrugem da soja, míldio da videira, sarna da macieira, antracnoses de fruteiras tropicais, brusone do arroz e trigo etc.), o emprego de fungicidas nesses casos torna-se, às vezes, a única medida eficiente de controle. Contudo, os fungicidas só devem ser empregados dentro das normas do Manejo Integrado de Doenças de plantas. Para manter mais longa a vida útil dos fungicidas, principalmente dos sistêmicos e mesostêmicos de princípio ativo específico, recomenda-se sempre o emprego de estratégias antirresistência, objetivando o equilíbrio na população dos fungos fitopatogênicos. Em síntese é necessário destacar que sua utilização técnica, racional e cuidadosa, somada à integração com outras medidas de manejo, permitirá sempre minimizar os riscos aos seres humanos e ao agroecossistema e potencializar seus benefícios, justificando seu emprego.

Palavras-chave: Agroquímicos. Controle químico. Manejo integrado. Fungo. Bactéria.

Plant disease control with fungicides

Abstract - Since the second half of the twentieth century, the chemical control of plant diseases through the use of fungicides has undoubtedly reached a prominent place in world agriculture, and by extension, in Brazilian agriculture. Its large-scale adoption by farmers is due both to the convenience in its use - mainly, with regard to handling, storage, application of formulated products, disposal and recycling of empty packaging - as well as the quick and effective results obtained in the control of important plant pathogens; in addition, the application of fungicides reduces losses and lower cost and benefit ratio. Chemical control enables plants to maintain their food production potential, in an increasingly growing population, of raw materials for industrialized products that are essential to modern life, such as medicines, fuel alcohol, clothing and cosmetics, animal feed, among other things. The use of fungicides should always be the last option, to reduce the damage caused by diseases. However, due to the lack of resistant varieties for the control of aggressive diseases (potato and tomato blight, soybean rust, grape mildew, apple scab, tropical fruit anthracnoses, rice and wheat blast etc.), the use of fungicides in these cases, sometimes becomes the only efficient control measure. However, fungicides should only be used within the norms of integrated management of plant diseases. Technical criteria must always be followed to start chemical control as well as the application interval. In order to maintain the useful life of the fungicides longer, especially the systemic and mesostemic of specific active principle, it is always recommended the use of anti-resistance strategies, aiming to maintain the balance in the population of phytopathogenic fungi. In summary, it is necessary to highlight that its technical, rational and careful use, added to the integration with other management measures, will always allow the minimization of risks to human beings and the agro-ecosystem, maximizing their benefits, always justifying their use.

Keywords: Pesticides. Chemical control. Integrated management. Fungi. Bacteria.

¹ Eng. Agrônomo, Ph.D., Prof. Tit. Aposentado UFV, Viçosa, MG, laerciozambolim@gmail.com.

² Eng. Agrônomo, D.Sc., Pesq. EPAMIG Sul, Lavras, MG, hudsont@epamig.br.

Submissão: 16/10/2020 - Aprovação: 16/6/2021

INTRODUÇÃO

No Brasil, em 2019, para tratar 1,6 bilhão de hectares cultivados, o mercado de defensivos agrícolas movimentou cerca de 13,7 bilhões de dólares contra os US\$ 12,9 bilhões observados em 2018. Os fungicidas movimentaram 31%, os inseticidas 29%, seguidos pelos herbicidas com 27%, e insumos para o tratamento de sementes e outros com 12% do total efetivamente aplicado no Brasil. O Estado que mais aplicou defensivos agrícolas foi o maior produtor nacional de grãos, o Mato Grosso (24%), depois Rio Grande do Sul e Santa Catarina (12%), seguidos do Paraná (12%), São Paulo (11%), região do MATOPIBA (10%), Goiás/Distrito Federal (9%), Minas Gerais (8%) e Mato Grosso do Sul (8%) (AENDA, 2019).

Cerca de um terço da produção mundial de alimentos é perdido, em alguma fase do processo produtivo, pela ocorrência de doenças, insetos-pragas e plantas invasoras. Estas perdas em cultivos em países em desenvolvimento (40%-50%) evidenciam-se normalmente maiores do que em cultivos em países industrializados (10%-15%). No Brasil, a causa mais provável para esta maior intensidade de danos decorre de seu clima predominantemente tropical, ou seja, caracterizado por temperatura e umidade relativa (UR) do ar elevadas durante a maior parte do ano agrícola (OERKE *et al.*, 1994; WAARD; ANDRADE; MACHADO, 2001). Também há que se considerar que novas tecnologias permitiram a expansão da área agricultável – a maior extensão da América Latina – e trouxeram a possibilidade da condução de até três safras ao ano, pela inexistência de inverno rigoroso, como se observam na maioria dos grandes países produtores agrícolas da Europa e da América do Norte.

IMPORTÂNCIA DOS FUNGICIDAS NO CONTROLE DE DOENÇAS

As doenças são de ocorrência comum em plantas, tendo muitas vezes um impacto econômico significativo no rendimento e na qualidade das culturas. Daí o Manejo

Integrado de Doenças (MID) assume grande importância como componente essencial na produção agrícola (COOPER; DOBSON, 2007). De forma geral, existem inúmeras razões para o uso de fungicidas:

- a) controlar uma doença durante a fase de estabelecimento e desenvolvimento de uma cultura;
- b) evitar que culturas de interesse alimentar produzam menos porque suas folhas, necessárias para a realização da fotossíntese, estão afetadas pela doença;
- c) eliminar ou reduzir a população de fungos fitopatogênicos em sementes e partes vegetativas com fungicidas sistêmicos + protetores;
- d) manter o potencial produtivo das culturas e reduzir os danos cosméticos (prejuízo à aparência do produto final). Tais danos podem afetar a parte comestível de uma cultura ou, no caso das ornamentais, sua atratividade, o que, em ambos os casos, pode reduzir significativamente o valor de mercado do produto final;
- e) aumentar o período de armazenagem e a qualidade do produto e das plantas colhidas. Algumas das grandes perdas ocasionadas por doenças ocorrem na pós-colheita. Os fungos frequentemente inutilizam frutos, plantas hortícolas, tubérculos e sementes armazenados. Um pequeno grupo de fungos que infectam grãos produz toxinas (micotoxinas) capazes de causar doenças graves, ou mesmo a morte, em seres humanos e animais, quando o nível é muito alto. Por exemplo, os fungicidas têm sido utilizados para reduzir a contaminação de grãos de trigo afetados pela giberela ou fusariose do trigo. No entanto, a maior parte dos fungicidas desenvolvidos até agora não tem sido suficientemente efetiva no controle de micotoxinas associadas à maioria das doenças causadas por fungos (EDUARDES; GOODLEY, 2010).

CLASSIFICAÇÃO DOS FUNGICIDAS QUANTO À AÇÃO SOBRE FUNGOS FITOPATOGÊNICOS

De acordo com o modo de ação sobre os patógenos de plantas, os fungicidas são classificados em:

- a) protetores, residuais, imóveis ou de multissítios: são os que ao serem aplicados nos órgãos aéreos não são absorvidos nem translocados. Caracterizam-se por ser pouco solúveis em água. Seus resíduos permanecem na superfície da planta no local onde foram depositados. Tais resíduos na superfície foliar são degradados com o tempo por ação de hidrólise, fotólise e temperatura. Também são chamados não sistêmicos. Ex.: oxicloreto de cobre, mancozeb, chlorothalonil (ZAMBOLIM, 2008b; SANTOS, 2016);
- b) fungicidas de contato: são aqueles que uma vez aplicados matam fungos por contato, na superfície de folhas e outros órgãos das plantas. Ao contrário dos protetores, são solúveis em água e não deixam resíduos na superfície do vegetal. Exemplos típicos são os produtos à base de enxofre em pó e a calda sulfocálcica, também usada no controle de doenças em fruteiras temperadas no inverno (ZAMBOLIM, 2008b; SANTOS, 2016);
- c) penetrantes, locossistêmicos ou translaminares: são os que após a atomização penetram na epiderme e cutícula e movem-se da face superior para a inferior da folha. A maioria dos fungicidas do grupo químico das estrobilurinas, com exceção da azoxistrobina (considerado fungicida sistêmico), apresenta ação de superfície e translaminar. Ex.: piraclostrobina, trifloxistrobina (ZAMBOLIM, 2008b; SANTOS, 2016);
- d) sistêmicos ou sítio-específicos: são aqueles que após a atomização

penetram na epiderme e cutícula e movem-se da face superior para a inferior da folha (movimento translaminar) nos espaços intercelulares e no xilema. O sentido da translocação será sempre via rota da transpiração, do terço inferior para o ápice das plantas e da base para o ápice das folhas (sentido acropetal). Certas formulações de fungicidas e inseticidas quando aplicadas ao solo úmido são absorvidas pelas raízes e translocam de forma ascendente, no sentido da rota da transpiração, pelo xilema. Ex.: cyproconazole + tiamectoxan no controle da ferrugem do cafeeiro e do bicho-mineiro. A translocação via floema no simplasto, se ocorre, não é eficiente no controle de doenças de plantas. Quando se atomiza um fungicida sistêmico no terço superior de plantas de soja ou de café, não se controla a ferrugem no terço inferior dessas plantas, pela não translocação eficiente no floema. Além disso, não se controla fungos fitopatogênicos do sistema radicular pela atomização de fungicidas na parte aérea das plantas (ZAMBOLIM, 2008b; SANTOS, 2016). Waard, Andrade e Machado (2001), entretanto, citam que o fungicida Fosetyl-Al movimentam-se na planta no sentido basipetal no floema em plantas de citros;

e) mesostêmicos: pertencem ao grupo das estrobilurinas que são moléculas químicas que possuem alta afinidade com a superfície foliar da planta e são absorvidos pelas camadas de cera das folhas. São redistribuídos na superfície da planta pelo movimento superficial da fase de vapor e de redeposição. Penetram no tecido da planta e têm atividade translaminar. Não se movimentam no sistema vascular (ZAMBOLIM, 2008b; SANTOS, 2016). São absorvidos na superfície da planta e redistribuídos pela fase de vapor – translocação translaminar – mas não são trans-

locados pelo sistema vascular. Ex.: piraclostrobina, trifloxistrobina, azoxistrobina;

f) indutores de resistência: a resistência adquirida sistêmica – Systemic Acquired Resistance (SAR) refere-se às reações sistêmicas de defesa que ocorrem após uma infecção localizada em folhas por um patógeno. Muitos compostos químicos induzem a uma resposta da planta a SAR. Estes indutores de SAR basicamente mimetizam sinais químicos nas plantas que ativam os mecanismos de defesa, tais como a produção de parede celular mais espessa e proteínas antifúngicas. Organismos do solo que colonizam raízes e têm efeitos benéficos no crescimento das plantas também podem induzir mecanismos de resistência sistêmica nas folhas das plantas; isso é denominado resistência sistêmica induzida – Induced Systemic Resistance (ISR). Folhas e raízes após serem tratadas com um composto indutor levam a planta a produzir respostas morfológicas, fisiológicas e bioquímicas que retardam o processo infeccioso e o desenvolvimento da doença em seus tecidos (AGRIOS, 2005). A possível existência de uma substância capaz de ativar a SAR estimulou a busca de ativadores sintéticos de resistência para uso prático na proteção de plantas. O ácido 2,6-dicloroisonicotínico e seu éster metílico (DCINA) e mais tarde o acibenzolar-S-metil (S-metilbenzo [1,2,3] tiadiazole-7-carbotioato (ASM)) foram descobertos e o ASM foi desenvolvido comercialmente sob o nome BION®, ACTIGARD™ e BOOST®. A indução da SAR aumentou a resistência a vários patógenos, incluindo *Ascochyta fabae* e *Uromyces viciae-fabae* em feijões e *Meloidogyne incognita* e *Ralstonia solanacearum* em tomates (SILLERO *et al.*, 2012). Foi sugerido que a SAR é mais eficaz

contra patógenos biotróficos e hemibiotróficos e não contra patógenos necrotróficos, pois estimula a via do ácido salicílico (GLAZEBROOK, 2005). Inoculações repetidas podem aumentar o nível de resistência, mas pode levar vários dias para que a SAR se desenvolva em toda a planta hospedeira (KUC, 1982). O emprego dos compostos que induzem resistência sistêmica em plantas no controle de doenças, na prática, em condições de campo não tem sido satisfatório. Além disso, a utilidade dos indutores de SAR, no entanto, tem sido limitada até agora, uma vez que muitos patógenos são capazes de superar tais defesas.

PRODUTOS COMERCIAIS E FORMULAÇÕES DE FUNGICIDAS

A lista oficial organizada e atualizada pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) contendo produtos formulados, produtos técnicos, rol de pragas (incluídas as doenças) e ingredientes ativos (i.a.) dos fungicidas registrados para uso agrícola no Brasil, encontra-se disponível para consulta no AGROFIT (BRASIL, 2020).

Após o desenvolvimento de um componente ou ingrediente ativo com ação fungicida, faz-se necessária sua formulação em um produto comercial cuja aplicação seja viável. A escolha do tipo de formulação baseia-se no perfil do ingrediente ativo e tem como características físico-químicas específicas seu ponto de fusão, sua estabilidade química e sua solubilidade em água ou solvente (WAARD; ANDRADE; MACHADO, 2001).

As formulações fungicidas podem conter diversos componentes, tais como, ingredientes ativos, solventes, compostos carreadores, surfactantes, estabilizantes, aditivos, agentes umectantes, óleo mineral ou vegetal, agentes antiespumantes, agentes adesivos e corantes. Além disso, as formulações podem ser líquidas ou sólidas (ZAMBOLIM, 2008a).

Formulações líquidas

São classificadas em:

- a) concentrado solúvel (CS): formulação composta por ingrediente ativo (20%-70%), umectante/ativador biológico, anticongelante, água ou solvente polar miscível em água. O umectante está ligado à presença do ativador biológico para melhorar a retenção e penetração do ingrediente ativo na camada cuticular das plantas. Apresenta desvantagens quanto à instabilidade tanto dos ingredientes ativos como em baixa temperatura;
- b) suspensão concentrada (SC) ou *Flowable* (F): formulação constituída por ingrediente ativo (5%-45%), umectante, dispersante, agente de suspensão, antigel, antiespumante, água ou líquido orgânico (solvente). Não tem solventes orgânicos, pode apresentar menores problemas com toxicidade e inflamabilidade, mas requer que os ingredientes ativos apresentem boa estabilidade química na água;
- c) concentrado emulsionável (CE): composto por ingrediente ativo (20%-60%), solvente não miscível em água, emulsificante e antiespumante. O componente ativo, misturado em água e aplicado, apresenta-se como pequenas gotículas de emulsão e permanece como resíduo na lavoura por evaporação. Suas desvantagens são a quantidade elevada de solventes requeridos e alta toxicidade e fitotoxicidade.

Formulações sólidas

São classificadas em:

- a) pó molhável (PM): formulação composta por ingrediente ativo (10%-80%), umectante, dispersante, antiespumante, inertes/carga. Formulações em pó molhável são preparadas misturando-se os ingredientes ativos com o umectante, dis-

persante e inertes. As vantagens são: tolerância a baixas temperaturas, não utiliza solventes e apresenta baixa fitotoxicidade. As desvantagens são: dificuldade para misturar em tanque, baixa compatibilidade com outras formulações, produz poeira durante produção e aplicação (perigoso para inalação e contato com os olhos). Um bom exemplo de formulação PM é a que é rapidamente dispersa em partículas muito pequenas, uniformes e que não se precipita com facilidade;

- b) grânulos dispersíveis em água (GrDA): formulação composta por ingrediente ativo (50%-90%), umectante, dispersante, antiespumante, inertes/carga. Como vantagens, citam-se: fluidez, não produz poeira, baixa fitotoxicidade, embalagem reduzida, maior segurança no transporte, menor perigo dermatológico pelo menor contato, longa estabilidade em altas e baixas temperaturas. Suas desvantagens incluem: geralmente tem baixa densidade, qualidade do produto é sensível às variações do processo e da matéria-prima. Os grânulos podem ser dispersos diretamente sobre o alvo e tornam-se ativos somente após liberarem o componente ativo por desintegração dos grânulos e difusão no solo;
- c) pó seco (PS): formulação composta por ingrediente ativo (elevada porcentagem) e um carreador. O formulado final resulta em uma mistura finamente moída destes componentes. A quantidade de ingrediente ativo é geralmente baixa. Um exemplo é o pó de enxofre usado no controle de míldios pulverulentos e ácaros.

MECANISMO BIOQUÍMICO E GRUPOS QUÍMICOS DE FUNGICIDAS

O Quadro 1 resume por quais meios ou estratégias bioquímicas os fungicidas podem interferir em determinados proces-

so vitais de fitopatógenos, além de alguns exemplos de grupamentos químicos e de ingredientes ativos.

ABSORÇÃO E TRANSLOCAÇÃO DOS FUNGICIDAS PELA PLANTA

A absorção de fungicidas em folhas, sementes e frutos de plantas herbáceas apresenta as mesmas dificuldades por possuírem cutículas semelhantes. Já as raízes não apresentam barreiras como aquelas existentes em outras partes da planta. A velocidade de absorção de fungicidas depende tanto das características inerentes aos ingredientes ativos aplicados quanto da constituição da epiderme vegetal que recebe os produtos. A principal barreira à penetração de fungicidas através da cutícula são os lipídios intracuticulares. Desse modo, entre culturas e mesmo entre cultivares as taxas de penetração variam de acordo com a proporção de lipídios intracuticulares (REIS; FORCELLINI; REIS, 2001). A absorção do ingrediente ativo do fungicida varia mesmo dentro do mesmo grupo químico (ZAMBOLIM, 2008b). Outro fator que interfere na absorção de fungicidas é o espectro de gotas utilizado na pulverização. Gotas de menor diâmetro mediano volumétrico (DMV) favorecem a maior velocidade de absorção dos fungicidas, pois proporcionam maior número de gotas por centímetro quadrado de área foliar e, conseqüentemente, cobrem maior área específica (LENZ *et al.*, 2012). Quanto maior e mais rápida for a absorção dos fungicidas, menores serão as perdas decorrentes das intempéries, e por consequência, maior será a eficácia dos produtos.

Na translocação fungicidas podem ou não aderir às paredes do xilema. Dependendo de suas propriedades físico-químicas, o fungicida poderá até translocar pelo floema; entretanto, isso não quer dizer que o produto será eficiente no controle de doenças (ZAMBOLIM; VENÂNCIO; OLIVEIRA, 2007; ZAMBOLIM, 2008b).

Os fungicidas sistêmicos são aqueles que penetram nas folhas e raízes sendo posteriormente translocados pelo sistema vascular da planta no sentido da rota da

Quadro 1 - Descrição dos mecanismos bioquímicos dos fungicidas

(continua)

Tipo de interferência envolvida	Mecanismos, organelas ou funções celulares afetadas	Grupamento químico	Ingredientes ativos (i.a.)
Interferência generalizada nas funções celulares	Mitocôndrias – cadeia de transporte de elétrons, interceptação de elétrons, não formação de ATP, acúmulo de H ₂ S e SO ₂	Enxofre	Enxofre inorgânico
	Inativação de enzimas e proteínas (grupos SH, Amino, COOH, OH)	Cobre	Oxicloreto, óxidos, hidróxidos, sulfatos, carbonatos
	Formação de isotiocianato ligado a proteínas, ditiocarbamato-S-proteína afetando processos metabólicos, formação de quelatos com íons de Cu ²⁺ e Zn ²⁺	Ditiocarbamato	Mancozeb, propinebe, metiram, thiram
	Inibição de tióis (-SH) de enzimas	Ftalimida	Captan, folpet
	Complexação de grupos -SH, aminoproteínas-enzimas, destruição da semipermeabilidade da membrana afetando processos metabólicos celulares	Nitrila	Chlorotalonil
	Composto catiônico liga-se a grupos aniônicos da membrana (sulfidrílicos, carbolílicos, imidazólicos) situados na superfície, interferindo na permeabilidade da membrana	Guanidina	Dodine
	Interferência na respiração celular e inativação dos grupos -SH de enzimas e proteínas	Quinona	Dithianon
Interrupção nas funções da membrana celular – inibição da biossíntese de esteróis	Inibidores da demetilação do C14	Imidazole Triazol	Imazalil, triflumizole Triadimenol, cyproconazole, tebuconazole, tetraconazole, metconazole, epoxiconazole, bromuconazole, myclobutanil, triticonazole, propiconazole, flutriafol, difenoconazole, fluquinconazole
	Inibidores de $\Delta^{8,7}$ isomerase e Δ^{14} redutase	Morfolina	Fenopropimorfe
	Efeitos na síntese de lipídios e membrana celular	NADH citocromo e redutase na peroxidação de lipídios	Dicarboximida
Peroxidação de lipídios		Cloroaromático	Quintozeno, dicloran
Ácidos graxos e permeabilidade da membrana celular		Carbamato	Propamocarb
Efeitos na síntese de ácidos nucleicos	RNA polimerase I	Acilalaninato, Fenilamidas	Metalaxyl, Benalaxyl
	Biossíntese de ácidos nucleicos, aminoácidos e lipídios	Acetamida	Cymoxanil
Efeitos na síntese de glucanas e parede celular	Biossíntese de glucanas e parede celular	Ácido cinâmico	Dimetomorfe
Inibição da mitose – divisão celular	Inibição da biossíntese de tubulinas (montagem da α -tubulina na mitose)	Benzimidazol	Carbendazim, tiabendazol
		Tiofanato	Tiofanato metílico
	Inibição da formação da α -tubulina durante a fusão e segregação dos cromossomos na divisão celular	Benzamida	Zoxamida

Quadro 1 - Descrição dos mecanismos bioquímicos dos fungicidas (conclusão)

Tipo de interferência envolvida	Mecanismos, organelas ou funções celulares afetadas	Grupamento químico	Ingredientes ativos (i.a.)
Inibição da síntese de proteínas e aminoácidos	Biossíntese de metionina	Anilino pirimidina	Ciprodinil, pirimetanil
	Síntese de proteínas	Antibióticos	Kasugamicina
Inibição da respiração – mitocôndria	Inibição do Complexo II (succinato-dehidrogenase)	Anilida	Boscalida
		Carboxanilida	Carboxin, oxycarboxin, tifluzamida
		Estrobilurinas	Piraclostrobin, azoxystrobin, trifloxystrobin, Kkesoxymetil, picoxystrobin
	Inibição do Complexo III (citocromo bc1 - ubiquinol oxidase no sítio Qo)	Oxazolidinodiona	Famaxodona
		Imidazolinona	Fenamidona
Inibição do Complexo III (citocromo bc1 - ubiquinona redutase no sítio Qi)	Cianoimidazole	Ciazofamida	
Interrupção da fosforilação oxidativa	Fenilpiridinilamina	Fluazinam	
Efeitos nos sinais na transdução	Efeitos sobre a biossíntese de MAP-proteína-kinase	Fenilpirrol	Fludioxonil
Mecanismo de ação indefinido	Sítio(s) afetado(s) indefinido(s)	Fosfonato	Fosetyl Al
Inibição da biossíntese de melanina	Efeitos sobre o funcionamento normal de apressórios em fungos sensíveis	IBM	Pyroquilon, triciclazole
Ativador químico de resistência	Ativador de SAR em plantas	Benzotiadiazol	Acybenzolar-S-methyl

Fonte: Adaptado de Zambolim (2008c) e Brasil (2020).

Nota: ATP - Adenosina trifosfato; NADH - Nicotinamida adenina dinucleotídeo reduzida; RNA - Ribonucleic acid; MAP - Fosfato monoaômico; SAR - Systemic acquired resistance (resistência sistêmica adquirida).

transpiração no xilema. Além da capacidade de translocação do local de aplicação para outras partes da planta, a sistemicidade implica na ausência de fitotoxicidade e na atuação fungitóxica dentro dos tecidos da planta (ZAMBOLIM; VENÂNCIO; OLIVEIRA, 2007; ZAMBOLIM, 2008a).

O movimento de agroquímicos em plantas envolve três estádios:

- entrada nos espaços livres dos tecidos;
- movimento ascendente no apoplasto. No apoplasto ocorre o transporte a curta distância nos espaços intercelulares e a longa distância dentro do lúmen dos vasos e traqueídeos do xilema, de forma passiva (ZAMBOLIM, 2008ab). A maioria dos

fungicidas sistêmicos transloca-se apoplasticamente e segue a rota de transpiração das plantas. Quando aplicado ao solo, determinados fungicidas e inseticidas são absorvidos por pelos radiculares. Em condições de alta umidade, translocam via rota da transpiração, via xilema, até as folhas novas pela corrente respiratória (ex., grupo dos triazóis). A penetração do fungicida no xilema está associada à lipofilicidade e/ou solubilidade do produto em relação às membranas vegetais (ZAMBOLIM, 2008b);

- quanto ao movimento no simplasto, quimicamente o ingrediente ativo do fungicida pode ser detectado no

floema. O transporte no simplasto é realizado a curta distância de célula para célula, pelos plasmodesmas, e a longa distância pelas células especializadas do floema (CROWDY, 1973). Mas seu efeito prático no controle de doenças de plantas é quase desprezível.

Os fungicidas que alcançam o xilema pela aplicação via foliar a princípio também são capazes de permear os tubos crivados do floema. Porém, os fungicidas que penetram no floema também podem escoar de volta ao xilema e mover-se com o fluxo da transpiração. A concentração do fungicida no floema depende, parcialmente, da sua habilidade em permear as membranas do simplasto até os tubos crivados

na região foliar, enquanto seu efluxo para o apoplasto é limitado (KLEIER, 1988). O movimento via floema, ou basipetal, dificilmente ocorre. Compostos ácidos fracos, geralmente herbicidas, são praticamente os únicos agroquímicos translocados a longas distâncias via floema (TORRES, 2009). A maioria dos fungicidas não se move de forma descendente após a aplicação foliar (exceção para o fungicida fosfonato, Fosetyl-Al, como já citado), embora seja um atributo desejável para controlar doenças que incidem na parte inferior das plantas. Portanto, não há como aplicar o fungicida na parte aérea das plantas, para controlar uma doença nas raízes ou mesmo no terço inferior da planta.

A afinidade com a água é normalmente expressa pela solubilidade em água, ao passo que a afinidade por substâncias lipofílicas é normalmente estimada com base no comportamento de sua distribuição num sistema bifásico líquido-líquido, denominado coeficiente de partição octanol-água (Kow) (OLIVEIRA JUNIOR; BACARIN, 2011). O Kow é importante porque influencia no transporte de uma molécula orgânica após sua aplicação, representando o balanço entre suas propriedades hidrofílicas e lipofílicas (SILVA; MELO; FAY, 2004). Se $Kow > 1$ (um), o composto tem mais afinidade pelo octanol que pela água, o que o caracteriza como sendo pouco polar ou lipofílico. Se $Kow < 1$, o composto é polar, tendo maior afinidade pela água, ou seja, possui baixa lipofilicidade (TORRES, 2009). Normalmente, o valor do coeficiente de partição varia entre 100 e 100 milhões e, para evitar valores muito altos, Kow é normalmente expresso como Log Kow, apresentando valores entre 2 e 7 para a maioria dos compostos de interesse e não possui unidade (SILVA; MELO; FAY, 2004). Quando o produto é aplicado na face superior das folhas, o ingrediente ativo pode ser translocado para a face inferior (local de penetração de alguns fungos) em um movimento translaminar. Já a face inferior das folhas quase sempre não é atingida em aplicações normais de fungicidas. Alguns fungicidas do grupo

dos inibidores de quinona (QoIs) se ligam fortemente à cutícula, onde a maior parte do ingrediente ativo pode ser encontrada.

Estudos de absorção e translocação com três fungicidas, realizados mais recentemente em soja e videira, demonstraram que: a absorção do epoxiconazol foi substancialmente maior nos folíolos de soja em comparação com as folhas da videira. A absorção do epoxiconazol pelos folíolos da soja foi alta desde o início, 41% às 3 horas após a aplicação (haa), e manteve-se relativamente constante; na videira a absorção inicial foi baixa, 10% às 3 haa, porém foi aumentando com o transcorrer das horas, 40% às 72 haa. Na média geral das horas, comparando-se as duas culturas, o epoxiconazol foi absorvido 102% a mais pelos folíolos da soja. A absorção da piraclostrobina, em números absolutos, também foi maior na soja. À semelhança do epoxiconazol, a absorção da piraclostrobina pelos folíolos da soja manteve-se relativamente constante, e na videira houve um aumento progressivo com o passar das horas. Na média geral das horas, a piraclostrobina foi absorvida 22% a mais pelos folíolos da soja em comparação com as folhas da videira. O fluxapiróxade foi substancialmente mais absorvido pelos folíolos da soja do que pelas folhas da videira. Ao contrário do epoxiconazol e da piraclostrobina, o fluxapiróxade teve sua absorção aumentada progressivamente no transcorrer das horas, para ambas as culturas. Também na soja e na videira, notou-se aumento significativo da absorção do fluxapiróxade a partir de 24 haa. O aumento médio da absorção do fluxapiróxade pelos folíolos da soja em relação à folha da videira foi de 197%. As maiores absorções, na média de todas as avaliações, em ordem decrescente foram: em soja, piraclostrobina (~47%) > soja, epoxiconazol (~42%) > videira, piraclostrobina (~38%) > soja, fluxapiróxade (~33%) > videira, epoxiconazol (~21%) > videira, fluxapiróxade (~11%) (SANTOS, 2016).

O fungicida fluxapiróxade permaneceu, na maioria das vezes, 66% para a soja e

81% para a videira, na parte externa das folhas, demonstrando que este produto tem também um alto potencial como fungicida protetor, e que, por consequência, seria bastante eficiente em aplicações preventivas. Para ambas as culturas a absorção do fluxapiróxade é crescente com o transcorrer do tempo e, portanto, isto também confere a este um efeito curativo. Daí para determinados fungicidas sistêmicos, os depósitos na superfície da folha desempenham um papel importante, porque garantem uma penetração contínua do produto dentro da folha.

A translocação do epoxiconazol foi semelhante para ambas as culturas (soja e videira), 3 e 9 haa, diferindo-se a partir de 24 haa, com maior translocação sendo observada nas plantas de soja. Em média, a piraclostrobina foi translocada 209% a mais nas mudas da videira. A translocação do fluxapiróxade foi maior nas mudas da videira 3 haa, não diferindo a partir de então das plantas de soja. A translocação a longa distância foi baixa, menos de 1%, para todos os fungicidas, nas culturas testadas. Na cultura da soja existe uma tendência de aumento da translocação com o decorrer das horas, para os fungicidas epoxiconazol e fluxapiróxade, diferente da videira, que não apresentou este mesmo tipo de comportamento. A piraclostrobina teve uma translocação muito limitada e mais ou menos constante durante o tempo de avaliação.

Em resumo, os fungicidas epoxiconazol e fluxapiróxade translocaram-se predominantemente no sentido acropetal. Por sua vez, a piraclostrobina não apresentou translocação a longas distâncias. Dentre os fungicidas avaliados, a sistemicidade foi alta para o epoxiconazol, intermediária para o fluxapiróxade e baixa para a piraclostrobina.

A adição do adjuvante óleo mineral ao fluxapiróxade promoveu maior e mais rápida absorção e translocação do fungicida nas plantas de soja. A absorção teve aumento médio de 31% durante todo o período avaliado, e 63% nas primeiras

24 horas, enquanto que, a translocação teve aumento médio de 139%, quando comparado ao fluxapiroxade aplicado isoladamente (SANTOS, 2016).

POLARIDADE DOS FUNGICIDAS

Polaridade é a capacidade que as ligações possuem de atrair cargas elétricas. A distinção entre agroquímicos polares e apolares encontra-se no Quadro 2. Qual é a importância de conhecer se um fungicida é polar ou apolar? A epiderme e a cutícula das folhas variam entre apolar (mais cerosa, como crucíferas) e polar. Quando se pretende atomizar um fungicida para controle de doenças em plantas com superfície cerosa torna-se necessária a adição de adjuvante óleo mineral ou vegetal, para que o produto possa penetrar na epiderme e nas cutículas das folhas (STEVENS; BAKER; ANDERSON, 1988).

A polaridade é muito importante para conhecer a capacidade de penetração das moléculas dos fungicidas pela cutícula das folhas e também interfere nos processos sortivos do solo – adsorção, desorção, soma de bases (SB) trocáveis, capacidade de troca de cátions (CTC) efetiva, CTC total, porcentagem de saturação por bases (V) (ZHANG, 2018). Compostos muito lipofílicos, ou seja, com $Kow > 10.000$ têm alta adsorção aos colóides do solo e

menor disponibilidade para lixiviação e absorção pelas plantas. Já os fungicidas polares ou hidrofílicos, ou seja, com $Kow < 10$, possuem maior afinidade à fração mineral do solo.

Álcool é polar – mistura homogênea com a água e gasolina é apolar não se mistura com a água. A hidroxila OH confere ao etanol (CH_3CH_2OH) o caráter polar, mesmo que sua estrutura contenha uma parte apolar.

PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DOS FUNGICIDAS

Conforme Donovan (2007) e Zhang (2018), as principais propriedades físico-químicas de um fungicida que influenciam no seu comportamento são: solubilidade em água (S); pressão de vapor (PV); Kow e capacidade (constante) de dissociação eletrolítica (pK_a).

Solubilidade em água

Esta característica indica a capacidade do composto de ser diluído na água.

Pressão de vapor

É expressa em Pascal (Pa) milímetros de mercúrio (mm Hg) ($1 \text{ mm Hg} = 133,3 \text{ Pa}$). Esta variável indica a capacidade de o composto passar de sua forma líquida para a gasosa.

Kow

Esta propriedade indica a afinidade que a molécula do fungicida tem em relação à fase polar (representada pela água) e apolar (representada pelo octanol). Quanto mais polar é o fungicida, diz-se que maior será sua hidrofílicidade. Ao contrário, fungicidas com características apolares são considerados lipofílicos. Entretanto, a maioria dos fungicidas possui em sua molécula uma região polar e outra apolar. Kow é um indicador da lipofílicidade (afinidade por lipídios, um indicador da afinidade pela membrana celular ou pela matéria orgânica (MO)) dos compostos. Os valores de Kow são adimensionais, expressos normalmente na forma logarítmica (Log Kow).

A translocação dos fungicidas no floema depende, entre outros fatores, de sua lipofílicidade (indicada pelo Kow). Fungicidas com Kow alto ($Kow > 10.000$) ficam adsorvidos às estruturas lipofílicas da planta (membranas) e são imóveis. Fungicidas somente são móveis no floema quando apresentam características adequadas de pK_a e de Kow, os quais permitem que estes sejam retidos no floema durante um tempo suficientemente longo para serem translocados a longas distâncias (DONOVAN, 2007; ZHANG, 2018). Entretanto, basear-se nos valores de Kow dos fungicidas para prever movimento

Quadro 2 - Distinção entre agroquímicos polares e apolares

Agroquímico polar	Agroquímico apolar
Atração intensa entre moléculas, o que dificulta seu movimento	Atração mais fraca entre moléculas, o que facilita o seu movimento
Há diferença de eletronegatividade (um átomo puxa mais os elétrons); acontece entre átomos diferentes	Não há diferença de eletronegatividade; acontece entre átomos iguais
Há um momento dipolar (soma de vetores de forças eletronegativas) diferente de zero	Há um momento dipolar igual a zero
Compostos orgânicos, não sendo hidrocarboneto – ex.: água	Ex.: hidrocarboneto (C - H)
Moléculas assimétricas ($CH_3 - CH_3 - CH_3$)	Moléculas simétricas ($CH_3 - CH_3$)
Lipídios – parte hidrófila (polar) – ex.: ácido carboxílico	Lipídios - parte hidrófoba (apolar)
Grupos hidrofílicos apresentam ligações muito polares (-O-H), semelhantes às da água	Grupos lipofílicos apresentam longas cadeias apolares ($-C_nH_{2n+1}$)
Dissolve substância polar; não dissolve ou dissolve pouca quantidade de substância apolar	Dissolve substância apolar; não dissolve ou dissolve pouca quantidade de substância polar

Fonte: Kirkwood (1999) e Forster e Kimberley (2015).

no floema das plantas pode não se correlacionar com a severidade da doença. A observância dos valores de pK_a e de Kow não isenta que sejam realizados testes em casa de vegetação e em campo, a fim de certificar se o fungicida é ou não eficiente no controle de determinada(s) doença(s).

Mais um aspecto a ser considerado é que há fungicidas altamente sensíveis à luz ultravioleta (UV) ou fotólise, fungicidas que não são afetados e com praticamente zero por cento de perda pelo UV; há também aqueles altamente solúveis em água ou com solubilidade muito baixa (Tabela 1).

Quanto à lipofilicidade Log Kow, apresentam correlação negativa com a solubilidade em água (ppm¹). Entretanto, há casos em que fungicidas têm (Log Kow) semelhantes e solubilidades diferentes e vice-versa. De modo geral, os fungicidas multissítios apresentam muito boa estabilidade (iprodione e boscalida) (ZHANG, 2018).

Capacidade (constante) de dissociação eletrolítica

O pK_a indica a constante de ionização ácida de um composto e corresponde ao pH do meio onde 50% das moléculas estão na forma ionizada e 50% estão sob a forma neutra. Quando o pH do meio está uma unidade acima do valor pK_a , 80% das moléculas estão ionizadas (R-COO⁻). Quando o pH do meio está duas unidades acima do pK_a , 99% das moléculas estão ionizadas. Ex.: em solo com pH 5,5, cerca de 50% das moléculas estarão na forma neutra (RCOOH); se o solo tem pH 7,5, 99% das moléculas estarão ionizadas (RCOO⁻) (RÍOS MARTÍNEZ; DARDONVILLE, 2013).

RESISTÊNCIA DE FUNGOS AOS FUNGICIDAS

A resistência aos fungicidas é uma característica estável e herdável que resulta numa redução na sensibilidade de um fungo a um fungicida. Esta habilidade é obtida por

Tabela 1 - Propriedades físico-químicas de fungicidas

Fungicida	Solubilidade (ppm)	Sensibilidade UV (%)	Log Kow
Fungicidas sistêmicos triazóis			
Propiconazole	428	8	3,72
Cyproconazole	124	0	3,10
Epoxiconazole	6,60	1	3,33
Fluquinconazole	1,90	0	3,24
Tebuconazole	39	1	3,70
Prothioconazole	68,90	13	3,82
Fungicidas sistêmicos carboxamidas			
Fluxapiraxad	3,90	1	3,08
Bixafen	1,90	1	3,30
Benzovindiflupyr	1,10	1	4,30
Outros fungicidas sistêmicos			
Carboxin	194	100	2,30
Tiofanato metílico	28,3	87	1,44
Carbendazin	5,9	3	1,51
Estrobilurinas			
Azoxystrobin	7	8	2,50
Fluoxastrobin	2,10	0	2,86
Picoxystrobin	2,10	0	3,60
Piraclostrobin	< 1	97	3,99
Trifloxystrobin	1,80	31	4,50
Protetores multissítios			
Procloraz	198	2	3,53
Iprodione	250	0	3
Boscalid	4,20	1	2,96
Vinclozolin	-	0	3
Indutor de resistência a doenças			
Acybenzolar S-methyl	15,60	100	3,10

Fonte: Adaptado de Zhang (2018).

Nota: ppm - Parte por milhão; UV - Ultra violeta; Kow - Coeficiente de partição octanol-água.

meio de processos evolutivos. Fungicidas com modo de ação sítio-específico têm alto risco para o desenvolvimento de resistência em relação aos fungicidas de múltiplo-sítio. Quando a resistência ao fungicida resulta de um gene de efeito maior, as subpopulações do patógeno são sensíveis ou altamente resistentes ao agroquímico. A resistência neste caso resulta na total perda de controle da doença que não pode ser recuperada, mesmo utilizando altas doses ou maior fre-

quência de aplicação do fungicida. Este tipo de resistência é normalmente referida como “resistência qualitativa” (ZAMBOLIM; VENÂNCIO; OLIVEIRA, 2007).

Quando a resistência é resultado da alteração de muitos genes, os isolados do patógeno exibem um gradiente de sensibilidade ao fungicida dependendo do número de alterações nos genes. A variação da sensibilidade apresenta um *continuum* dentro da população do fungo. A resistência neste

¹ ppm: parte por milhão.

caso é vista como uma perda do controle da doença que pode ser recuperada pelo uso de aplicações mais frequentes de fungicidas protetores. A seleção a longo prazo para a resistência do patógeno pela repetição de aplicações pode, eventualmente, resultar na incapacidade de controlar adequadamente a doença, mesmo quando menores intervalos entre aplicações são utilizados. Este tipo de resistência é comumente conhecido como “resistência quantitativa”. Comentários abrangendo diversos patossistemas sobre o risco de resistência dos fungicidas podem ser encontrados no site do Fungicide Resistance Action Committee (FRAC)².

Isolados fúngicos que são resistentes a um fungicida sítio-específico são algumas vezes resistentes também a outros fungicidas com mecanismo bioquímico de ação semelhante, mesmo quando os isolados não tenham sido expostos a estes outros fungicidas. Este tipo de resistência é conhecido como “resistência cruzada”. Fungicidas do mesmo mecanismo de ação tendem a exibir resistência cruzada. Ocasionalmente resistência cruzada negativa ocorre entre fungicidas com mecanismo de ação diferentes, porque as mudanças genéticas que conferem resistência a um fungicida podem fazer com que o isolado resistente se torne mais sensível a outro fungicida (ZAMBOLIM; VENÂNCIO; OLIVEIRA, 2007).

Os fungicidas que atuam em sítio-específico (sistêmicos e mesostêmicos) só devem ser empregados em duas a no máximo quatro aplicações durante o ciclo da cultura, desde que os mecanismos de ação sejam diferentes. Em se tratando do controle químico da ferrugem da soja os sítio-específicos (sistêmicos e mesostêmicos) só devem ser recomendados em misturas com protetores. O manejo da resistência aos fungicidas é muito importante para estender o período que um fungicida sítio-específico é efetivo. A meta primária do manejo de resistência é retardar o desenvolvimento, ao invés de lidar com os isolados resistentes após estes terem sido selecionados. Portan-

to, os programas de manejo de resistência precisam ser implementados quando um fungicida de alto risco (sítio-específico) torna-se disponível para uso comercial. O objetivo do manejo de resistência aos fungicidas é minimizar o uso de um fungicida de alto risco, sem comprometer o controle da doença. Isto é acompanhado pelo uso do fungicida de alto risco com outros fungicidas denominados multissítios e outras medidas de controle, como o uso de cultivares resistentes e medidas culturais.

Fungicidas de alto risco devem ser utilizados na dose recomendada e em intervalos de aplicação de acordo com a bula. Além disso, devem ser utilizados em alternância com outros fungicidas com diferentes mecanismos bioquímicos de ação, alternados com fungicidas protetores (multissítios) e/ou misturados (formulados) com produtos sítio-específicos com multissítios.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O controle químico de doenças de plantas pelo emprego de fungicidas está inserido no MID. Seu uso na agricultura somente deve ser recomendado de acordo com critérios técnicos levando em consideração o clima, a incidência e/ou a severidade, o estágio fenológico, e deve ser uma das últimas opções a ser adotada. Em se tratando de doenças agressivas, os fungicidas têm papel fundamental para manter o potencial produtivo das culturas, na ausência de outras medidas de controle eficientes. A aplicação na agricultura deve recair em produtos com menor toxicidade possível, que causem menor agressão ao meio ambiente, que sejam inócuos a insetos e microrganismos benéficos, que sejam biodegradáveis e eficientes. Além disso, a escolha por qual produto utilizar deve levar em consideração sua polaridade e suas propriedades físico-químicas (S, PV, Kow e pK_a). Ao empregar fungicidas sistêmicos com modo de ação específico, torna-se necessário utilizar estratégias antirresistên-

cia. É fato que há quase 20 anos não surge um novo grupo químico de fungicidas no mercado. Daí torna-se imprescindível o emprego de práticas culturais, resistência genética quando disponível e sempre levar em consideração temperatura, chuva, UR do ar, incidência e severidade da doença em sistemas de previsão.

AGRADECIMENTO

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

REFERÊNCIAS

- AENDA. **Mercado brasileiro de defensivos agrícolas no ano de 2019**. São Paulo: AENDA, [2019]. Disponível em: https://www.aenda.org.br/noticia_imprensa/mercado-brasileiro-de-defensivos-agricolas-no-ano-de-2019/. Acesso em: 7 jul. 2020.
- AGRIOS, G.N. Plant disease epidemiology. In: AGRIOS, G.N. **Plant pathology**. 5th ed. Amsterdam: Elsevier, 2005. cap.8, p.266-291.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **AGROFIT: Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários**. Brasília, DF: MAPA, 2020. Disponível em: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: jul. 2021.
- COOPER, J.; DOBSON, H. The benefits of pesticides to mankind and the environment. **Crop Protection**, v.26, n.9, p.1337-1348, 2007.
- CROWDY, S.H. Patterns and processes of movement of chemicals in higher plants. In: BRITISH INSECTICIDE AND FUNGICIDE CONFERENCE, 7., 1973, Brighton. **Proceedings** [...]. Brighton: British Crop Protection Council, 1973. p.831-839.
- DONOVAN, S.F. Physical property requirements of agrochemicals. In: LYGA, J.W.; THEODORIDIS, G. (ed.). **Synthesis and chemistry of agrochemicals VII**. Washington, DC: American Chemical Society, 2007. cap.2, p.7-22. (ACS Symposium Series, nº 948).
- EDUARDES, S.G.; GOODLEY, N.P. Reduction of *Fusarium* head blight and deoxynivalenol

² http://www.frac.info/frac/em_Publications.

in wheat with early fungicide application of prothioconazole. **Food Additives & Contaminants: part A**, v.27, n.5, p.629-635, 2010.

FORSTER, W.A.; KIMBERLEY, M.O. The contribution of spray formulation component variables to foliar uptake of agrochemicals. **Pest Management Science**, v.71, n.9, p.1324-334, Sept. 2015.

GLAZEBROOK, J. Contrasting mechanisms of defense against biotrophic and necrotrophic pathogens. **Annual Review of Phytopathology**, v.43, p.205-227, 2005.

KLEIER, D.A. Phloem mobility of xenobiotics: I - mathematical model unifying the weak acid and intermediate permeability theories. **Plant Physiology**, v.86, n.3, p.803-810, Mar. 1988.

KIRKWOOD, R.C. Recent developments in our understanding of the plant cuticle as a barrier to the foliar uptake of pesticides. **Pest Management Science**, v.55, n.1, p.69-77, 1999.

KUĆ, J. Induced immunity to plant disease. **BioScience**, v.32, n.11, p.854-860, Dec. 1982.

LENZ, G. *et al.* Espectros de gotas e idade de trifólios e sua interação com a área abaixo da curva de progresso da ferrugem da soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.42, n.9, p.1528-1534, set. 2012.

OERKE, E.C. *et al.* **Crop production and crop protection: estimated losses in major food and cash crops.** Amsterdam: Elsevier, 1994. 805p.

OLIVEIRA JUNIOR, R.S. de; BACARIN, M.A. Absorção e translocação de herbicidas. In: OLIVEIRA JUNIOR, R.S. de; CONSTANTIN, J.; INOUE, M.H. (ed.). **Biologia e manejo de plantas daninhas.** Curitiba: Omnipax Editora, 2011. cap.9, p.215-241.

REIS, E.M.; FORCELLINI, C.A.; REIS, A.C. **Manual de fungicidas: guia para o controle químico de doenças de plantas.** 4.ed. ampl. e rev. Florianópolis: Insular, 2001. 176p.

RÍOS MARTÍNEZ, C.H.; DARDONVILLE, C. Rapid determination of ionization constants (pK_a) by UV spectroscopy using 96-well microtiter plates. **ACS Medicinal Chemistry Letters**, v.4, n.1, p.142-145, Jan. 2013.

SANTOS, P.S.J. dos. **Estudo da sistemicidade e tenacidade de epoxiconazol, piraclostrobina e fluxapiraxade em plantas de soja e videira.** 2016. 151f. Tese (Doutorado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura

“Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2016.

SILLERO, J.C. *et al.* Induction of systemic acquired resistance against rust, ascochyta blight and broomrape in faba bean by exogenous application of salicylic acid and benzothiadiazole. **Crop Protection**, v.34, p.65-69, 2012.

SILVA, C.M.M. de S.; MELO, I.S. de; FAY, E.F. Biotransformação de agrotóxicos e biorremediação. In: SILVA, C.M.M. de S.; FAY, E.F. (ed.). **Agrotóxicos e ambiente.** Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p.145-192.

STEVENS, P.J.G.; BAKER, B.A.; ANDERSON, N.H. Factors affecting the foliar absorption and redistribution of pesticides: 2 - physicochemical properties of the active ingredient and the role of surfactant. **Pesticides Science**, v.24, p.31-53, 1988.

TORRES, F.Z.V. **Translocação do inseticida tiametoxan no floema de mamoneira e cafeeiro.** 2009. 108f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

WAARD, M.A.; ANDRADE, A.C.; MACHADO, J.C. Update on fungicides in modern agriculture. In: **ADVANCED TOPICS IN MANAGEMENT OF AGRICULTURAL FUNGICIDES**, 2001, Lavras. [Apostila...]. Lavras: UFLA: Wageningen UR, 2001. 43p.

ZAMBOLIM, L. Inserção do controle químico no manejo integrado de doenças de plantas. In: ZAMBOLIM, L. *et al.* (ed.). **O que engenheiros agrônomos devem saber para orientar o uso de produtos fitossanitários.** Viçosa, MG: UFV, 2008a. p.259-358.

ZAMBOLIM, L. Penetração e translocação de fungicidas sistêmicos nos tecidos das plantas. In: ZAMBOLIM, L. *et al.* (ed.). **Produtos fitossanitários (fungicidas, inseticidas, acaricidas, herbicidas).** Viçosa, MG: UFV, 2008b. p.187-212.

ZAMBOLIM, L. Tipos de fungicidas empregados no controle de doenças de plantas. In: ZAMBOLIM, L. *et al.* (ed.). **Produtos fitossanitários (fungicidas, inseticidas, acaricidas, herbicidas).** Viçosa, MG: UFV, 2008c. p.263-348.

ZAMBOLIM, L.; VENÂNCIO, W.S.; OLIVEIRA, S.H.F. **Manejo da resistência de fungos a fungicidas.** Viçosa, MG: UFV, 2007. 168p.

ZHANG, W. Global pesticide use: profile, trend, cost/benefit and more. **Proceedings Academy of Ecology and Environmental Sciences**, v.8, n.1, p.1-27, 2018.

Boletim sobre cedro-rosado

O cedro-rosado é uma espécie florestal tropical de rápido crescimento, produz madeira com boas propriedades físicas e mecânicas para a produção de móveis e outros usos, podendo ser empregado na produção de pasto apícola, forragem animal e no estabelecimento de sistemas agrossilvipastoris.



Livraria EPAMIG

www.livrariaepamig.com.br



Inseticidas

Fábio Maximiano de Andrade Silva¹

Resumo - Nos últimos anos a agricultura brasileira tem-se tornando cada dia mais profissional, buscando altas produtividades e aperfeiçoando o uso do solo para ser mais competitiva no mercado internacional. Sempre que se busca o aumento do uso do solo com mais de uma safra por ano, bem como o uso de tecnologias agrícolas, aumentam-se os riscos de usos de ferramentas sem o entendimento das consequências envolvidas. A produção agrícola brasileira é diversificada, bem como as pragas e suas interações com o ambiente e as culturas. Assim, o entendimento das Boas Práticas Agrícolas, das interações praga-hospedeiro-ambiente, das estratégias de manejo de pragas e interação insetos e inseticidas são muito importantes para as bases do manejo de pragas para os próximos anos. Dessa forma torna-se necessário o uso consciente das principais ferramentas de produção, de modo que a agricultura brasileira continue a produzir bons frutos.

Palavras-chave: Agrotóxico. Controle químico. Manejo Integrado de Praga.

Inseticidas

Abstract - In recent years, Brazilian agriculture has become more and more professional, seeking high productivity and improving land use in order to be more competitive in the international market. Whenever an increase in land use is sought with more than one crop per year, as well as the use of agricultural technologies, rise the risks of using tools without understanding the consequences involved. Brazilian agricultural production is diversified, as well as pests and their interactions with the environment and cultures. Thus, the understanding of good agricultural practices, pest-host-environment interactions, pest management strategies and insect and insecticide interactions are very important for the basis of pest management for the coming years. So, the conscious use of the main production tools will be achieved, in order that Brazilian agriculture continue to produce good fruits.

Keywords: Pesticide. Chemical control. Integrated Pest Management.

INTRODUÇÃO

A agricultura moderna tem adotado intensivamente novas tecnologias para o combate aos insetos-pragas, notadamente inseticidas seletivos, organismos geneticamente modificados, feromônios e organismos para controle biológico, entre outros. Essas tecnologias tiveram início com o descobrimento dos compostos botânicos inseticidas, tais como o piretro. Porém, a aplicação dessas tecnologias à agricultura ocorreu no século 19 com o uso de enxofre dentre outros, e também de compostos botânicos como a nicotina e rotenona (Quadro 1).

No século 20, principalmente após a Segunda Guerra Mundial, houve um significativo avanço da síntese e descoberta de novas moléculas, bem como o início da padronização dos estudos científicos nesta área. Neste período foram descobertos os inseticidas organoclorados, fosforados e carbamatos, como principais representantes.

A partir dos anos 1970 outros grupos de inseticidas foram descobertos, a exemplo dos piretroides e os reguladores de crescimento (também conhecidos como fisiológicos).

Adicionalmente, também foram selecionadas novas cepas de produtos de ori-

gem biológica como agentes patogênicos de insetos.

No final dos anos 1980 e início dos anos 1990, o aumento da conscientização sobre os potenciais efeitos nocivos à saúde humana e ao meio ambiente, causados por muitos grupos químicos, tais como os organoclorados e organoestanhados, levou ao banimento de muitas dessas moléculas. A partir daí, iniciou-se a busca por outros grupos químicos reconhecidamente mais seguros à saúde humana e ao meio ambiente, levando ao surgimento dos grupos dos inseticidas neonicotinoides, espinosinas e oxadiazinas. Adicionalmente, ocorreu também o desenvolvimento de produtos com

¹ Eng. Agrônomo, D.Sc. Pesq. FMC Química do Brasil Ltda., Paulínia, SP, fabio.silva2@fmc.com.

novos modos de ação, mais seletivos aos insetos benéficos, tais como os inseticidas de origem biológica, a exemplo das espinosinas, bem como os derivados da fermentação do fungo *Streptomyces avermitilis*, a abamectina.

No início dos anos 2000 houve a introdução, no mercado brasileiro, das plantas geneticamente modificadas para o controle de insetos, uma ferramenta de grande valia para o manejo de pragas dos principais cultivos de larga escala.

O conhecimento adquirido nos últimos anos dos impactos dos inseticidas sobre os organismos benéficos tem levado à mudança das estratégias de uso dessas substâncias nas principais culturas do País.

O uso de inseticidas, muito questionado, já rendeu dois prêmios Nobel, sendo um para o pesquisador da empresa J. R. Geigy AG, Paul Mueller, em 1948, no controle de piolhos e prevenção de tifo e malária, com o uso do dicloro-difenil-tricloroetano (DDT), e para os pesquisadores William Campbell e Satoshi Omura que dividem metade da láurea com a pesquisadora Youyou Tu pelas terapias contra malária com o uso de avermectinas.

Dessa forma, o uso de inseticidas tem sido amplamente difundido em função dos seus benefícios e, da mesma maneira, muito questionado quanto à utilização.

O uso de inseticidas no Brasil tem uma relação muito estreita com as principais culturas da agricultura brasileira (Tabela 1) que se concentram nas culturas da soja, milho, algodão, cana-de-açúcar, café, citros, feijão, trigo, entre outras.

DEFINIÇÕES SOBRE INSETICIDAS

Os inseticidas, de acordo com a legislação brasileira, são considerados como agrotóxicos, que são substâncias que agem direta ou indiretamente sobre um organismo vivo (insetos), interrompendo algum processo metabólico, levando os indivíduos à morte.

O tema agrotóxico (enquadram-se neste termo os inseticidas, fungicidas, herbicidas, entre outros) na agricultura tem sido bastante discutido nas diferentes

Quadro 1 - Histórico do desenvolvimento e uso de inseticidas

Produto/Tecnologia	Ano/Local de uso
Extrato de fumo	1690 - Europa
Produtos à base de petróleo	1868 - Estados Unidos
Síntese do DDT	1874 - Suíça
Calda bordalesa	1883 - França
Brometo de metila	1932 - França
DDT - uso agrícola	1939 - Mundo
Parathion	1944 - Alemanha
Malathion	1956 - Estados Unidos
Carbaryl	1958 - Estados Unidos
Desenvolvimento de piretroides	1970 - Inglaterra
Desenvolvimento da engenharia genética	1973 - Estados Unidos
Criação da primeira planta geneticamente modificada	1994 - Estados Unidos
Regulador de crescimento	1967 - Estados Unidos
Descobrimto da avermectina	1980 - Estados Unidos
Desenvolvimento da espinosina	1992 - Estados Unidos
Desenvolvimento da diamida	1999 - Japão

Fonte: Adaptado de Matsumura (1985) e Ishaaya (2001).

Nota: DDT - Dicloro-difenil-tricloroetano.

Tabela 1 - Principais culturas, em área, no Brasil nos anos 2018 e 2019

Produtos agrícolas	Área (ha)		
	2018	2019	Variação (%)
Algodão herbáceo em caroço	1.148.472	1.629.396	41,9
Amendoim (em casca) - 1ª safra	154.770	172.571	11,5
Arroz (em casca)	1.868.915	1.695.789	-9,3
Aveia (em grãos)	437.862	451.058	3,0
Banana	460.730	456.922	-0,8
Batata inglesa	126.999	125.544	-1,1
Cacau (em amêndoa)	587.023	590.005	0,5
Café (em grão)	1.882.944	1.817.038	-3,5
Cana-de-açúcar	9.230.770	8.986.925	-2,6
Castanha-de-caju	439.961	425.797	-3,2
Cevada (em grão)	100.446	110.784	10,3
Feijão (em grão)	2.981.234	2.788.482	-6,5
Fumo (em folhas)	377.047	359.826	-4,6
Laranja	605.752	608.243	0,4
Mamona (bagas)	27.664	47.051	70,1
Mandioca	1.367.677	1.253.842	-8,3
Milho (em grão)	16.359.020	17.502.182	7,0
Soja (em grão)	34.880.868	35.805.184	2,6
Sorgo (em grão)	813.856	849.351	4,4
Tomate	59.726	58.088	-2,7
Trigo (em grão)	2.058.045	2.059.665	0,1
Triticale (em grão)	16.296	11.883	-27,1
Uva	73.742	74.202	0,6
Total	76.059.819	77.879.828	2,4

Fonte: Levantamento Sistemático da Produção Agrícola (2020).

formas de comunicação nos últimos anos, principalmente os usos para combate de pragas de difícil controle, bem como dos efeitos adversos aos insetos benéficos ou por uso incorreto no campo.

Com o advento da agricultura e da urbanização das cidades, a necessidade de substâncias químicas para diminuir surtos populacionais das pragas ficou mais evidente.

Nos dias atuais o uso de inseticidas (químicos ou biológicos) é importante para manutenção e/ou aumento da produção agrícola mundial.

Inseticidas e manejo de pragas

A opção pelo uso dos agrotóxicos resulta da busca de forma eficiente e econômica para resolver os problemas fitossanitários que já estejam ocorrendo ou que se está prevenindo enfrentar. Entretanto, nem sempre a utilização dos defensivos agrícolas atinge o objetivo desejado. Isso advém da ocorrência de erros na sua utilização, resultantes do desconhecimento de alguns aspectos importantes envolvidos no emprego adequado desses produtos, não podendo ser atribuído unicamente ao produto em si.

A obtenção de resultados satisfatórios na aplicação dos defensivos implica no conhecimento de quando e como proceder o controle ou a sua aplicação. Assim, identificar o momento de maior suscetibilidade dos insetos aos produtos químicos pode representar um aumento de eficiência e economia do controle, uma vez que nessa situação pode ser utilizado um produto mais barato, obtendo-se eficiência satisfatória.

Outro aspecto importante para a utilização bem-sucedida dos agrotóxicos é a forma de aplicação. Para obter boa eficiência no controle, é necessário que a liberação dessas substâncias seja direcionada para atingir o alvo biológico a ser controlado. Quanto melhor o contato de um produto com o alvo biológico na sua fase mais suscetível, mais rapidamente será atingido o sítio de ação nesse organismo e, conseqüentemente, melhor será o controle obtido (KING; SAUNDERS, 1984).

Portanto, cada cultura, cada problema fitossanitário, cada alvo biológico, requer um conhecimento específico de sua biologia, fisiologia, das características e modo de ação dos produtos, forma de aplicação e das interações desses fatores.

Se for considerar o uso de inseticidas e a racionalização e maximização do controle de insetos-pragas, há necessidade de conhecer aspectos ecológicos do inseto e da cultura, de economia, de entomologia e do produto a ser empregado.

Aspectos ecológicos

Devem-se realizar amostragens periódicas, para verificar se a população da praga apresenta tendência de se manter estável, crescente ou decrescente, a fim de determinar o momento adequado para a adoção de medidas de controle, caso essas se façam necessárias. Desse modo, pretende-se evitar que a população de um determinado inseto fitófago alcance um nível populacional que resulte em perdas economicamente significativas à produção de uma planta cultivada.

Aspectos econômicos

Deve ser realizada uma análise da relação custo-benefício do controle em função do valor da produção a ser obtida, visando determinar a viabilidade econômica da adoção das medidas de controle previstas para aquela situação, bem como em relação à escolha do produto a ser empregado.

Aspectos entomológicos

A correta identificação da espécie do inseto-praga é essencial para a escolha das táticas de controle a ser adotadas para o seu manejo (BORROR; WHITE, 1970). Adicionalmente, o conhecimento da duração do ciclo biológico do inseto-praga, o número de gerações por safra e os danos ocasionados são fundamentais para a previsão da época de ocorrência dos danos nas culturas e das estratégias de manejo que serão adotadas para o seu controle.

Para alcançar as melhores práticas de manejo de pragas estabelecidas para cada

cultura, é importante entender o comportamento que esses organismos exibem nas diferentes fases fenológicas da planta. Como exemplo temos *Spodoptera frugiperda*, que no início da cultura do milho pode atacar a base das plantas, enquanto que, em fases posteriores, pode atacar o cartucho e até mesmo as espigas. Assim, o conhecimento dos locais onde a praga passa as diferentes fases da vida, bem como onde causa os danos, é muito importante para as definições das estratégias de manejo de pragas.

Em lavouras tratadas, os insetos são comumente expostos a doses subletais de inseticidas, o que pode afetar o seu comportamento e funções vitais. Alguns desses efeitos são bastante óbvios, tais como a interrupção da alimentação, a incapacidade de mudar de pele, ou de passar para a fase de pupa, ou ainda a diminuição da sua capacidade de locomoção. Entretanto, outras conseqüências são mais sutis, como a redução ou incapacidade de emergência dos adultos, capacidade de acasalamento, reprodução, hibernação e produção de ovos. Todas estas alterações comportamentais podem impactar significativamente a dinâmica populacional, reduzindo drasticamente o tamanho da população nas gerações subsequentes.

Aspectos do inseticida empregado

A atividade biológica do agrotóxico depende basicamente da sua absorção pelo organismo-alvo, do seu movimento até o sítio de ação, da sua ação biológica sobre esse sítio de ação e da relevância desse sítio no controle de alguma função fisiológica vital.

O contato do defensivo com o organismo-alvo na sua fase mais suscetível é o ponto vital do controle químico de pragas e depende basicamente da deposição, da distribuição interna (por via sistêmica), externa e da aderência à superfície da planta a ser protegida.

Durante uma pulverização no campo, os adultos ou outros estádios do inseto-praga podem ser expostos diretamente ao inseticida mediante o impacto da calda no

tegumento ou por intermédio do contato dos tarsos com as partes da planta que foram tratadas. O inseticida aplicado sobre a folha pode penetrar e se movimentar através e no interior da lâmina foliar, porém não se move de uma folha para outra, na ausência de fatores como movimento de vapor ou redistribuição pelo orvalho ou pela chuva.

O movimento translaminar é definido como a penetração do ingrediente ativo através da cutícula foliar, mais profundamente no mesófilo da folha, ou atravessando-a completamente até a camada cuticular oposta.

Adicionalmente, o inseticida pode-se mover sistemicamente, sendo translocado na planta por intermédio do xilema ou do floema.

Assim, os ingredientes ativos podem ser ingeridos durante o processo de alimentação dos insetos, em plantas previamente tratadas, seja por intermédio da mastigação de partes dessas plantas, a exemplo de algumas larvas de lepidópteros, seja por sucção da seiva, como ocorre em percevejos, afídeos e cochonilhas, entre outros.

A distribuição da calda inseticida no local da planta onde exatamente estão os insetos-alvo e a determinação do momento no qual a maior parte da população da praga encontra-se na fase biológica de maior suscetibilidade ao ingrediente ativo estão entre os aspectos que podem comprometer a eficácia de um defensivo agrícola.

Contudo, o controle químico não deve ser utilizado isoladamente, mas sim de forma integrada com outros métodos de manejo de pragas, tais como a liberação de agentes de controle biológico, bem como a sua preservação, tanto por meio do uso de defensivos agrícolas seletivos como pela implantação de áreas de refúgio para esses organismos nas imediações das áreas de cultivo.

CONSEQUÊNCIAS DO USO INADEQUADO DE INSETICIDAS

A modernização da agricultura trouxe grandes benefícios para a produção de alimentos em larga escala, a exemplo do uso

de variedades com resistência ao ataque dos insetos; dos ingredientes ativos que requerem doses menores, que são menos tóxicos ao ser humano e apresentam novos modos de ação.

Contudo, em virtude da intensificação da atividade agrícola, diferentes problemas surgem com o decorrer do tempo, principalmente em relação à utilização inadequada dos insumos nesse processo. Desse modo, aumenta-se o risco de redução da vida útil das tecnologias de produção envolvidas.

A ressurgência de pragas no ciclo do desenvolvimento da cultura decorre do estímulo direto, quando o inseticida aumenta a capacidade reprodutora dos insetos-pragas ou pelo estímulo indireto, quando reduz significativamente as populações dos artrópodes benéficos, que antes mantinham as populações de pragas (ex. pulgões ou ácaros) dentro de limites aceitáveis, em virtude da seletividade do ingrediente ativo.

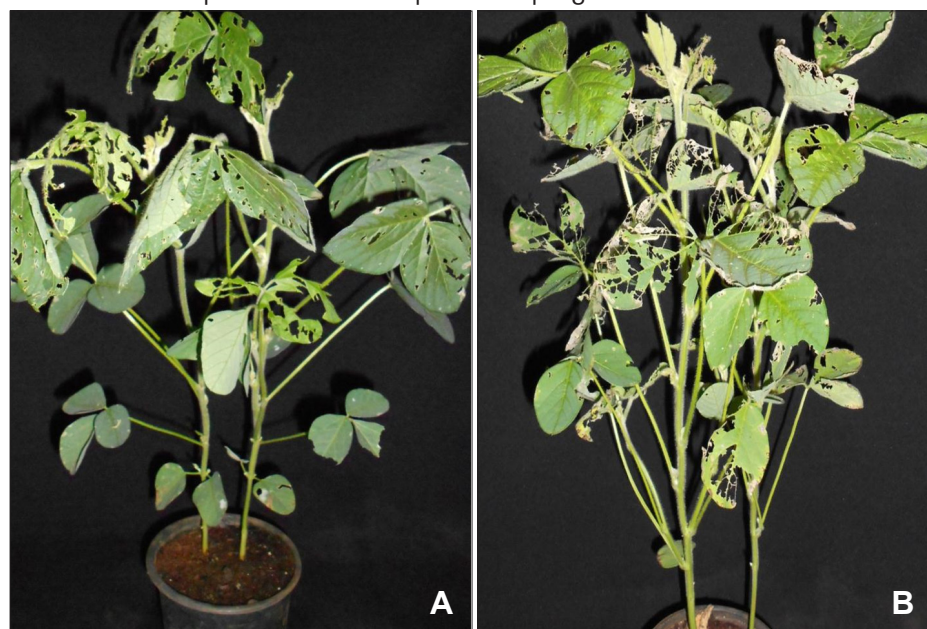
A explicação da seletividade com relação aos artrópodes benéficos deve-se principalmente a uma combinação de “se-

letividade biológica” (união reversível ao sítio-alvo) com a “seletividade ecológica” (baixa exposição dos artrópodes benéficos às doses letais decorrentes de características do comportamento desses organismos).

A toxicidade de cada inseticida é função da magnitude da dose e do tempo de exposição. Os predadores, parasitoides e polinizadores, geralmente no estágio adulto, ficam expostos principalmente por contato com os resíduos secos. Estes artrópodes benéficos não são impactados em virtude de não ingerirem o material tratado e porque o contato tarsal restringe a penetração do produto no inseto. Mesmo que sejam expostos ao resíduo úmido e haja ingestão acidental, o mais provável é que ocorra uma exposição subletal única. No entanto, os indivíduos afetados, na maioria, são capazes de se recuperar pela natureza reversível da união da molécula ao seu sítio de ação.

A distribuição da calda inseticida ao longo do dossel da planta que se pretende proteger deve ser feita de acordo com o hábito de alimentação preferencial da praga-alvo do controle (Fig. 1).

Figura 1 - Demonstração do hábito alimentar preferencial no dossel da planta de soja de diferentes espécies de pragas foliares



Nota: A - Hábito alimentar preferencial de *Anticarsia gemmatalis* (lagarta-da-soja) na parte superior do dossel da planta; B - Hábito alimentar preferencial de *Chysodeixes includens* (lagarta-falsa-medideira) na parte mediana e inferior do dossel da planta.

A desuniformidade da distribuição da calda inseticida ao longo do dossel das plantas acarreta subdoses em determinadas partes (Fig. 2). Portanto, caso a calda inseticida não atinja diretamente a praga-alvo, em virtude de não ter sido depositado nos seus locais de caminhamento ou de utilização frequente ou não coincidir com o momento de maior suscetibilidade da sua biologia, pode ocorrer uma redução relevante na eficiência do controle populacional desse organismo.

Conseqüentemente, pode ser necessário um número maior de aplicações ou mesmo a elevação da dose empregada, acarretando o aumento dos custos de produção, o comprometimento da viabilidade do controle e também o descrédito do produto utilizado por parte dos consumidores.

INSETICIDAS E RESISTÊNCIA DE INSETOS A INSETICIDAS

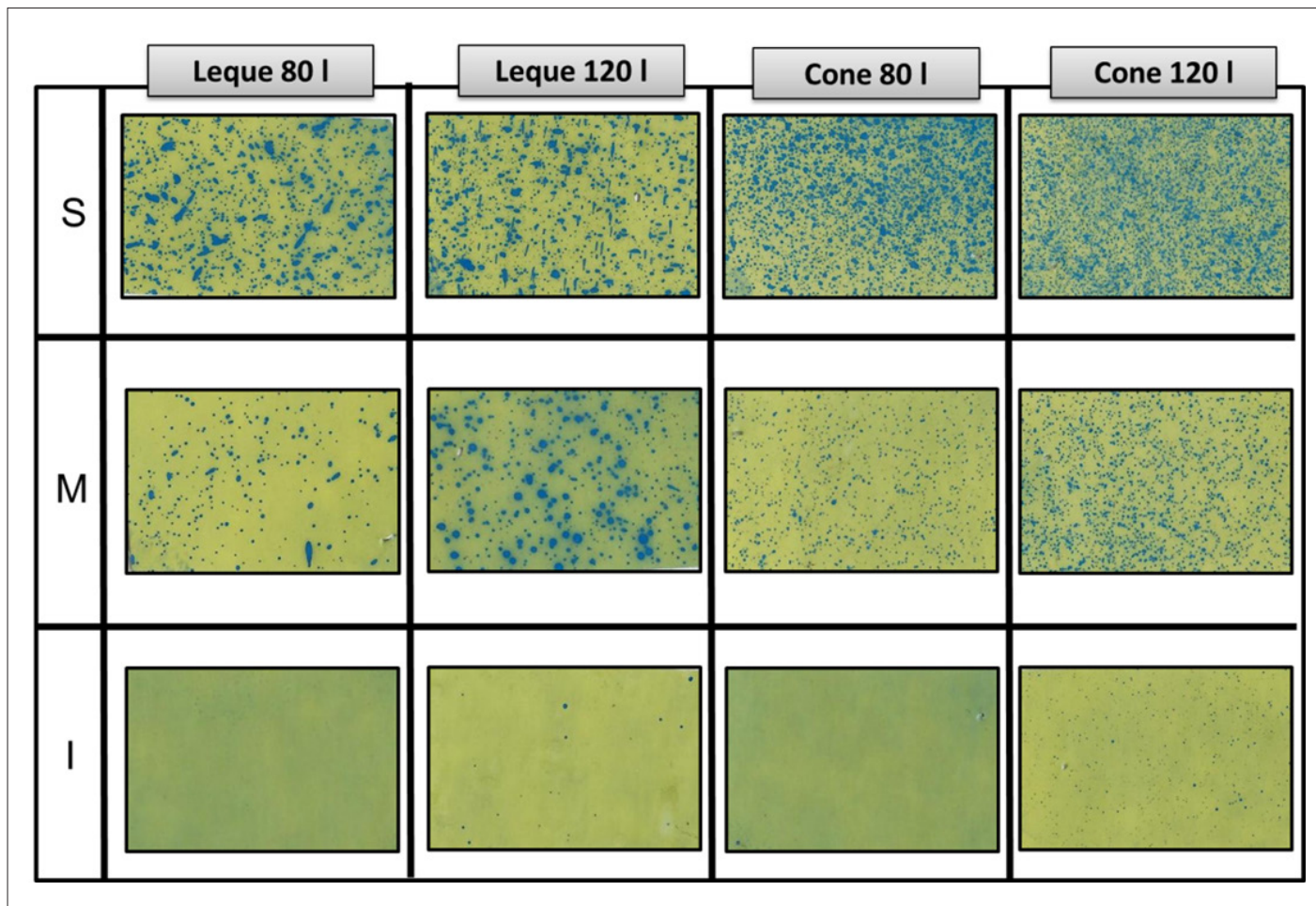
A seleção de organismos resistentes aos ingredientes ativos dos inseticidas pode inviabilizar o uso desses produtos. Isso decorre da adoção de práticas impróprias na sua utilização. As causas mais frequentes da ocorrência da resistência aos inseticidas estão relacionadas com o emprego de produtos em doses acima ou abaixo das recomendadas pelos fabricantes, a mistura indevida de ingredientes ativos no tanque do pulverizador, o uso repetido de ingredientes ativos com o mesmo modo de ação e a ausência de adoção de critérios técnicos nas operações de tratamento fitossanitário.

Atualmente são conhecidas várias espécies de pragas que apresentam resis-

tência a diferentes grupos químicos e diferentes modos de ação, como por exemplo: *Spodoptera frugiperda* (lagarta-do-cartucho-do-milho ou lagarta-militar), *Tuta absoluta* (traça-do-tomateiro), *Plutella xylostella* (traça-das-crucíferas), entre outras.

A resistência de uma população de insetos a um inseticida é definida como uma mudança “herdável” (genética) na sensibilidade da população da praga, que resulta em redução ou total perda de eficácia do produto no campo (usado de acordo com as recomendações do rótulo) contra a população da praga em questão. Essa resistência surge como reflexo do uso intenso e abusivo de um inseticida contra determinada população de praga, e tem

Figura 2 - Demonstração da deposição de calda em plantas de soja após o fechamento das linhas de plantio no dossel das plantas e com diferentes tipos de ponta de pulverização e volume de calda



Nota: S - Terço superior da planta; M - Terço médio da planta; I - Terço inferior da planta.

como resultado a seleção de indivíduos resistentes (“mutantes”) e a conseqüente evolução de populações que são resistentes ao inseticida em questão (IRAC, 2020).

A ocorrência da resistência de pragas a inseticidas tem-se tornado um dos grandes entraves nos programas de Manejo Integrado de pragas (MIP). Até o final da década de 1990, mais de 540 espécies de insetos e ácaros resistentes a pelo menos uma classe de compostos químicos havia sido documentada. Há registros de pragas resistentes a praticamente todos os grupos de inseticidas, incluindo DDT, ciclodienos, organofosforados, carbamatos e piretroides, inclusive para os inseticidas mais recentes, como os neonicotinoides, os inibidores da síntese de quitina e as diamidas, além dos inseticidas de origem microbiana, como *Bacillus thuringiensis* e *Baculovirus anticarsia*.

Dentre as conseqüências drásticas da evolução da resistência, estão aplicações mais frequentes de inseticidas, aumento na dose do produto, uso de misturas indevidas de produtos, bem como a substituição por outros inseticidas, geralmente de maior toxicidade. Assim, para minimizar os riscos de futuros problemas à agricultura, à saúde humana e ao meio ambiente, foram desenvolvidas estratégias de Manejo da Resistência aos Defensivos Agrícolas, a fim de reduzir a perda da eficácia dessas moléculas e, assim, colaborar para que a sua vida útil seja a mais longa possível.

O Manejo da Resistência aos Defensivos Agrícolas consiste em manter as populações submetidas à pressão de seleção por inseticidas sempre suscetíveis a estes. Uma das táticas mais importantes de Manejo de Resistência de pragas a inseticidas é a rotação do “modo de ação” desses produtos. O modo de ação refere-se ao processo bioquímico pelo qual uma molécula inseticida interage com o seu alvo, causando alterações em processos fisiológicos normais da praga-alvo que se expressam na forma de toxicidade e

inabilidade de sobrevivência. A utilização de inseticidas que possuem diferentes modos de ação deve ocorrer tanto na mesma geração como entre as gerações das pragas.

Atualmente existem inseticidas que interagem com alvos específicos no sistema nervoso (neurotóxicos), no processo bioquímico de síntese de quitina e no sistema endócrino (reguladores de crescimento), inseticidas que interferem no metabolismo energético e respiratório, além de outros como os fagoderrentes, os desintegradores do mesêntero e os que atuam com moduladores de receptores de rianodina. Em termos de produção e vendas, a maioria dos inseticidas enquadra-se na categoria dos neurotóxicos.

O monitoramento para a verificação de alterações na suscetibilidade de populações de pragas é um dos componentes-chave de programas de manejo de resistência a inseticidas (preventivos ou curativos), os quais dependem da possibilidade de rotineiramente mensurar e documentar mudanças na suscetibilidade de populações de pragas no campo. Esse acompanhamento é feito pelas empresas de pesquisas públicas e privadas, por iniciativa própria ou em projetos apoiado pelo Comitê de Ação à Resistência a Inseticidas – Insecticide Resistance Action Committee (IRAC-BR) (OMOTO, 2020) e abrange diversos grupos de inseticidas. Desse modo, é possível conhecer a performance destes produtos e, conseqüentemente, gerar recomendações específicas para o controle de uma determinada praga em nível regional.

O envolvimento do setor produtivo nesse processo é fundamental para a extensão da vida útil das tecnologias empregadas no MIP. Desse modo, é essencial disponibilizar informações claras referentes ao Manejo da Resistência aos Inseticidas a técnicos, consultores, extensionistas e agricultores, de modo que se familiarizem com o sítio de ação dos inseticidas existentes no mercado e, assim, a incluir em suas recomendações de controle químico de pragas

a rotação desses produtos de acordo com o seu modo de ação.

Adicionalmente à rotação dos inseticidas em função do seu “modo de ação”, também são importantes para o sucesso de um programa de MIP o uso de variedades tolerantes ou resistentes, o monitoramento das populações dos insetos-pragas e seus inimigos naturais, o manejo adequado da adubação e da irrigação, o emprego do vazão fitossanitário. Portanto, a recomendação do uso dos defensivos, assim como o emprego de outras tecnologias relacionadas, deverá ocorrer sempre de acordo com a orientação de um profissional habilitado para a emissão do receituário agrônomo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora os inseticidas sejam insumos úteis à produção agrícola, o seu uso necessita ser realizado de acordo com os critérios técnicos exigidos tanto pelo seu modo de ação como pelas características do inseto-praga que se deseja controlar.

É essencial a identificação correta da espécie do inseto e o conhecimento do seu ciclo de vida, a fim de que seja claramente estabelecida a fase que está causando danos ao cultivo que se deseja proteger.

A avaliação do nível populacional do inseto-praga é também um aspecto fundamental a ser considerado. A decisão para adotar a medida de controle deve ser tomada somente após o nível populacional de uma espécie-praga provocar o dano resultante da ação do inseto, ou seja, perda que apresente um custo superior ao valor gasto na aplicação do inseticida. Esse monitoramento populacional deve considerar também o conhecimento do ciclo de vida do inseto, uma vez que esse organismo deve estar em uma fase suscetível à ação das medidas de controle.

A alternância do modo de ação dos inseticidas utilizados é uma prática importante para reduzir a pressão de seleção de indivíduos resistentes a um mesmo ingrediente ativo, dentro da população de

insetos que se pretende manejar, colaborando, também, com a preservação da vida útil do ingrediente ativo utilizado.

Portanto, a aplicação dos inseticidas deve ser feita de modo racional, com o menor impacto negativo possível ao agroecossistema e sem comprometer a sustentabilidade do cultivo agrícola que se pretende proteger. A preservação das safras agrícolas contra esses organismos deve contemplar também a promoção do equilíbrio natural das populações dos seres vivos, obtendo um alimento seguro para o consumo e isento de ameaças à saúde do ser humano.

REFERÊNCIAS

BORROR, D.J.; WHITE, R.E. **A field guide to the insects of America North of Mexico**. 2nd ed. Boston: Houghton Mifflin Company, 1970. 404p. (Peterson Field Guides).

IRAC. **Resistance basics**: resistance definition. [S.l.]: IRAC, [2020]. Disponível em: <https://irac-online.org/about/resistance/>. Acesso em: 25 out. 2020.

ISHAAYA, I. Biochemical processes related to insecticide action: an overview. In: ISHAAYA, I. (ed.). **Biochemical sites of insecticide action and resistance**. Berlin: Springer-Verlag, 2001. p.1-16.

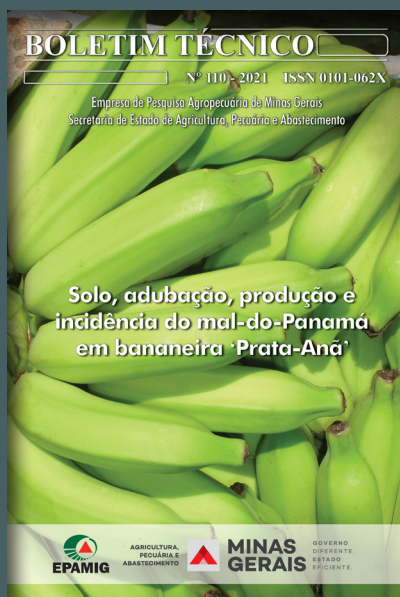
KING, A.B.S.; SAUNDERS, J.L. **The invertebrate pests of annual food crops in Central America**: a guide to their recognition and control. London: Overseas Development Administration, 1984. 166p.

LEVANTAMENTO SISTEMÁTICO DA PRODUÇÃO AGRÍCOLA. **Estatística da Produção Agrícola - dezembro, 2019**. Rio de Janeiro: IBGE, jan. 2020. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/2415/epag_2019_dez.pdf. Acesso em: 25 out. 2020.

MATSUMURA, F. **Toxicology of insecticides**. 2nd ed. New York: Plenum, 1985. 503p.

OMOTO, C. (elab.). **Lagarta-do-cartucho: Spodoptera frugiperda**. Mogi Mirim: IRAC-BR, 2020. Disponível em: <https://www.irac-br.org/spodoptera-frugiperda>. Acesso em: 25 out. 2020.

Importância do solo e adubação na produção de banana 'Prata-Anã'



O Boletim Técnico *Solo, adubação, produção e incidência do mal-do-Panamá em bananeira 'Prata-Anã'* descreve a relação entre as fontes de adubos com os atributos químicos do solo na produção da bananeira e na incidência do mal-do-Panamá. Demonstra a importância do conhecimento desses parâmetros para elevar o nível de tolerância da bananeira 'Prata-Anã' ao mal-do-Panamá, aumentando, assim, a vida útil do bananal, além de elevar a produtividade.

Livraria EPAMIG

www.livrariaepamig.com.br

Tel.: (31) 3489-5002

e-mail: livraria@epamig.br



Proteção para doenças bacterianas

Alice Maria Quezado-Duval¹, Nadson de Carvalho Pontes²

Resumo - O controle químico de doenças de plantas causadas por bactérias fitopatogênicas tem sido uma tarefa muito difícil. Esses microrganismos apresentam diferentes mecanismos de geração de variabilidade genética, sendo comum o surgimento de populações com insensibilidade aos principais ativos químicos utilizados com efeito antibacteriano, que são o cobre e os antibióticos. Além disso, as bactérias mantêm-se protegidas no solo ou dentro dos tecidos das plantas (espaços intercelulares, feixes vasculares), não sendo afetadas por produtos que não tenham efeito sistêmico. Fatores ambientais que interagem com a planta hospedeira e o patógeno também podem influenciar na eficiência esperada de controle. Tais fatos justificam a baixa oferta de produtos fitossanitários disponíveis para o controle das fitobacterioses. Nos últimos anos, no entanto, novas opções de ingredientes ativos têm sido registradas e disponibilizadas no Brasil para a mitigação da severidade causada por essa modalidade de doença. Seus mecanismos de ação são variados e, às vezes, pouco conhecidos, podendo atuar diretamente sobre o patógeno, mas também sobre a fisiologia da planta.

Palavras-chave: Antibiótico. Bactéria fitopatogênica. Cobre. Extrato vegetal. Indutor de resistência.

Protection for bacterial disease

Abstract - The chemical control of plant diseases caused by phytopathogenic bacteria has been a difficult task. These microorganisms have different mechanisms for creating genetic variability, so it is relatively common the appearance of bacteria insensitivity to the main active chemical ingredients used as bactericides, which are copper and antibiotics. Furthermore, bacteria keep themselves protected in the soil or in plant tissues, such as intercellular spaces and vascular vessels, which are not reached by the products that do not have systemic effect. Environmental factors may also affect the expected control efficiency of the chemicals. These facts explain the restricted number of phytosanitary products for the plant bacterial pathogens. However, in the last few years, new active ingredients have been registered and are available in Brazil for mitigation of the severity of these pathogens. These new compounds have a variety of action mechanisms, sometimes little known yet, and may act directly on the pathogen, but also act on the plant physiology.

Keywords: Antibiotics. Plant pathogenic bacteria. Pathogens. Copper. Plant extracts. Resistance induced.

INTRODUÇÃO

O emprego de produtos químicos de proteção fitossanitária é uma prática agrícola muito conhecida para o controle de doenças fúngicas, e que pode auxiliar também no controle das doenças bacterianas. Entretanto, há poucas formulações registradas no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) tendo as bactérias fitopatogênicas como alvo, se comparado a produtos destinados ao controle de doenças fúngicas. Seus ingre-

dientes ativos são notadamente o cobre, mas também certos antibióticos, amônia quaternária, famoxadona, cimoxanil, mancozeb, extratos vegetais e moléculas que agem como indutoras de resistência, além de produtos à base de microrganismos.

Grande parte dessas formulações tem ação protetora, de contato. De maneira geral, tem como função a proteção da parte aérea das plantas, de modo que previna a ocorrência de danos a folhas, ramos, frutos e flores. Tais tecidos podem ter danos

severos em condições favoráveis de chuvas com vento e irrigação por aspersão, e podem levar a perdas na redução da área fotossintética, com diminuição da produção ou da qualidade dos produtos.

Os primeiros princípios ativos descobertos e utilizados para o controle de bactérias fitopatogênicas foram o cobre e os antibióticos, cuja ação bactericida ou bacteriostática foi bem elucidada. Nos últimos anos outros princípios ativos têm sido desenvolvidos e também descobertos com ação direta sobre

¹ Eng. Agrônoma, D.Sc., Pesq. EMBRAPA Hortaliças, Brasília, DF, alice.quezado@embrapa.br.

² Eng. Agrônomo, D.Sc., Prof. IF Goiano, Morrinhos, GO, nadson.pontes@ifgoiano.edu.br.

o alvo, ou indireta, como elicitores de respostas de defesa das plantas. Neste artigo serão abordados os princípios ativos de base química sintéticos ou não, cujas formulações têm ação de contato ou efeito sistêmico.

PRODUTOS PROTETORES OU DE CONTATO

As formulações com efeito protetor ou de contato são efetivas por formarem uma barreira tóxica aos patógenos, prevenindo sua penetração e também os eliminando da superfície de partes da planta (efeito erradicante) (ZAMBOLIM, 2003). Assim, para obter boa eficiência de controle ao empregar esse tipo de formulação é muito importante propiciar uma boa cobertura foliar, a partir da escolha adequada dos bicos de pulverização e do volume de aplicação a ser empregado. Em relação ao controle das bactérias fitopatogênicas, neste grupo enquadram-se a maior parte das formulações, sendo possível citar os produtos à base de cobre, a famoxadona em conjunto com o cimoxanil ou o mancozeb, as amônias quaternárias e produtos à base de extratos vegetais.

Cobre

O cobre é o elemento químico ativo que compõe grande parte das formulações

utilizadas para o controle das doenças bacterianas, notadamente as policíclicas (vários ciclos do patógeno em um ciclo da cultura). Desse modo, suas aplicações visam à redução da dispersão secundária do inóculo na lavoura, no caso, as células bacterianas, já que sendo um produto protetor, não tem alcance sobre os locais que abrigam o inóculo primário (INRA, 2018), tais como o interior de sementes e órgãos propagativos. Assim, a doença é mitigada à medida que há uma redução do aumento do inóculo que chegou nos tecidos sadios protegidos, a partir dos tecidos infectados. Sua ação bactericida ocorre quando está na forma iônica, ou seja, na forma Cu^{2+} (SIGEE, 1993), que é o elemento tóxico, pois imprime mudanças na composição celular que levam à saída de íons K^+ e entrada dos íons Cu^{2+} e Ca^{2+} (HODSON; SIGEE, 1991 *apud* SIGEE, 1993). Entre os eventos que podem ocorrer no processo de morte celular pelo contato com íons Cu^{2+} , citam-se: a ruptura da membrana celular, a perda de conteúdo citoplasmático e a geração de espécies reativas de oxigênio, que, por sua vez, levam a mais dano à membrana celular e à subsequente degradação do DNA plasmidial e genômico (ESPÍRITO SANTO *et al.*, 2011). Outra hipótese aventada para o mecanismo de atuação do cobre é a de

que o produto propicia a quelatização de sítios de ação de proteínas específicas do metabolismo microbiano (INRA, 2018).

No uso agrícola, dependendo da formulação cúprica, o cobre está fixado em diferentes moléculas inorgânicas (cobre complexado). As moléculas óxido cloreto de cobre ($\text{ClCu}_2(\text{OH})_3$), óxido cuproso (Cu_2O), hidróxido de cobre ($\text{Cu}(\text{OH})_2$) e sulfato de cobre (CuSO_4) são as presentes nas formulações registradas no MAPA e disponibilizadas no Brasil como bactericidas (BRASIL, 2021). Esse grupo de formulações bactericidas, no entanto, abrange um número relativamente pequeno de alvos bacterianos em um reduzido número de culturas, quais sejam: algodão, soja, feijão, cana-de-açúcar, tomate, pimentão e pimentas, melancia, melão, pepino, café e manga (Tabela 1). A maioria das formulações é do tipo pó molhável.

O cobre complexado, comparativamente ao íon Cu^{2+} , é menos fitotóxico às plantas e pode ter uma atividade residual contra as doenças que as acometem, à medida que os íons Cu^{2+} não sendo liberados das moléculas. As moléculas, por sua vez, variam quanto à solubilidade em água, sendo CuSO_4 a mais solúvel, e, portanto, a mais fitotóxica (LAMICHHANE *et al.*, 2018). A adição de mancozeb ou maneb ao

Tabela 1 - Formulações cúpricas registradas no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), indicadas para o controle de bactérias fitopatogênicas

Molécula contendo cobre	Formulação cúprica (n ^o)		Culturas abrangidas (n ^o)	⁽¹⁾ Bactéria fitopatogênica/Cultura Hospedeira/Total de formulações registradas
	Total registradas	Indicadas para o controle de bactérias fitopatogênicas		
Oxicloreto de cobre	35	15	7	XAM/Algodão (10) XV/Tomate (8)
Óxido cuproso	3	3	11	XV/Tomate (3) CMM/Tomate (3)
Hidróxido de cobre	14	11	12	XV/Tomate (7) XAP/Feijão (6)
Sulfato de cobre	3	1	3	XV e CMM/Tomate XV/Pimentão PC/Batata

Fonte: Brasil (2021).

Nota: De acordo com EPP0 (2021), as espécies bacterianas citadas, sofreram atualizações taxonômicas como segue entre parênteses:

XAM - *Xanthomonas axonopodis* pv. *malvacearum* (*X. citri* pv. *malvacearum*); XV - *X. vesicatoria* (*X. euvesicatoria* pv. *perforans*, *X. euvesicatoria* pv. *euvesicatoria*, *X. hortorum* pv. *gardneri* e *X. vesicatoria*); XAP - *X. axonopodis* pv. *phaseoli* (*X. phaseoli* pv. *phaseoli*); CMM - *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*; PC - *Pectobacterium* subsp. *carotovorum* (*Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*).

(1) Dois principais alvos. Os números entre parênteses indicam o total de formulações registradas.

cobre fixado pode aumentar a sua solubilidade, sendo por isso uma técnica adotada por muitos anos (MARCO; STALL, 1983). Apesar de essa mistura ainda ser utilizada no Brasil para melhorar o controle dos patógenos-alvos, o uso dos ditiocarbamatos tende a ser descontinuado por razões de toxicidade humana (ALVES *et al.*, 2010).

A liberação dos íons Cu^{2+} ocorre à medida que a molécula contendo o elemento é solubilizada por ação da água da chuva ou de irrigação, o que sofre maior ou menor influência, dependendo da molécula, do pH dessa água. Por exemplo, no caso da aplicação da formulação $\text{Cu}(\text{OH})_2$, uma redução do pH na superfície das folhas, desde que não leve à fitotoxidez, pode propiciar maior dissociação do íon Cu^{2+} do depósito da molécula complexa insolúvel $\text{Cu}(\text{OH})_2$ e afetar o equilíbrio entre o cobre complexado e o cobre iônico na superfície aquosa das folhas, melhorando o controle das bacterioses (MENKISSOGLU; LINDOW, 1991). Sintomas típicos de fitotoxidez pelo cobre são a clorose, o escurecimento das superfícies das folhas em ambos os lados, as manchas necróticas e a queima foliar marginal (LAMICHHANE *et al.*, 2018). Também é possível que a água utilizada para o preparo da calda possa ter interferência, já que a alta concentração de íons H^+ ou OH^- poderá reagir com o ingrediente ativo (CONCEIÇÃO, 2003).

Já a presença temporal dos íons sobre a superfície das plantas também depende de uma série de fatores e suas interações químicas com a molécula de cobre em si, tais como a planta hospedeira e as substâncias orgânicas que são exsudadas da superfície de seus tecidos. Essas substâncias orgânicas podem complexar os íons recém-liberados por ação da água, reduzindo assim a eficácia dos produtos (MENKISSOGLU; LINDOW, 1991; LAMICHHANE *et al.*, 2018).

A efetividade do uso do cobre no controle de doenças bacterianas, além dos fatores climáticos e de tecnologia de aplicação, pode ser influenciada pelo surgimento de estirpes bacterianas insensíveis ao ele-

mento químico, que passam a predominar entre as populações de diversas espécies bacterianas, quando do uso intensivo das formulações cúpricas (LAMICHHANE *et al.*, 2018). Isso porque, ao aplicar o mesmo ingrediente ativo várias vezes, faz-se uma pressão de seleção sobre as populações dos fitopatógenos presentes na lavoura, de modo que, no caso das bactérias fitopatogênicas, as células bacterianas sensíveis morrem e as insensíveis sobrevivem e multiplicam-se, passam a ser predominantes, com ineficiência do produto no controle da doença.

Isolados insensíveis ao cobre em testes *in vitro* já foram encontrados em algumas bactérias fitopatogênicas como *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* e espécies de *Xanthomonas* patogênicas a tomate, pimentão e citros, entre outras, e também em espécies de bactérias saprófitas epífitas, como *Pseudomonas putida* e *Stenotrophomonas maltophilia* que coexistem nas lavouras (MARCO; STALL, 1983; COOKSEY; AZAD, 1992; BEHLAU *et al.*, 2011; ARAÚJO *et al.*, 2012). Há possibilidade também de que o acúmulo de cobre no solo possa selecionar bactérias que sejam resistentes a este elemento, como observado no Chile para isolados dos gêneros *Sphingomonas*, *Stenotrophomonas* e *Arthrobacter* (ALTIMIRA *et al.*, 2012).

Estudos genéticos realizados com isolados bacterianos resistentes ao cobre mostraram que esta característica é regulada por um arcabouço genético, formado pelos genes *cop* (COOKSEY, 1990). Essa família de genes pode estar presente no plasmídeo e também no cromossomo bacteriano (STALL; LOSCHKE; JONES, 1986; COOKSEY, 1990; LIM; COOKSEY, 1993; BASIM *et al.*, 2005). A regulação de alguns genes *cop* induzida por estímulos ambientais, como por exemplo por baixas concentrações de cobre, foi sugerida ocorrer em *P. syringae* (COOKSEY, 1994) e demonstrada em espécies de *Xanthomonas* associadas à mancha-bacteriana do pimentão (BASIM *et al.*, 2005). Além disso, alta homologia foi encontrada entre os isolados

resistentes de espécies fitopatogênicas e saprófitas, o que indica ocorrer na natureza a troca genética entre espécies e gêneros distintos, denominada transferência horizontal de genes (BEHLAU *et al.*, 2012).

Estima-se que são usados nos pomares de citros no Brasil cerca de 30 kg de cobre metálico/ha/ano para o controle do cancro cítrico causado por *Xanthomonas citri* subsp. *citri* (LAMICHHANE *et al.*, 2018). O uso intensivo das formulações cúpricas pode levar ao acúmulo do cobre no solo, e a disponibilização na forma de íons nesse meio dependerá, assim como nas superfícies das partes aéreas das plantas, das suas composições química e física. Em um ensaio conduzido com calda bordalesa, por exemplo, a presença de agentes quelantes (que complexam o cobre) relacionou-se com mobilidade do metal no solo por lixiviação por água (FÉLIX, 2005).

Solos de pH mais ácido propiciam uma maior disponibilização, que não é desejável, já que pode causar fitotoxidez às raízes das plantas, toxicidade à biota do solo, e deficiência nutricional às plantas cultivadas (LAMICHHANE *et al.*, 2018). A redução da produção, do número de frutos e do peso seco das raízes por planta de tomateiro foi observada quando testados níveis crescentes de duas formulações de cobre em níveis de 0, 1.000 e 2.000 mg/kg de solo (SONMEZ *et al.*, 2006). Vale ressaltar também a importância de se testar, previamente, a tolerância ao cobre de novas cultivares, como geralmente praticado para o emprego de herbicidas, uma vez que as espécies e cultivares podem ter respostas diferenciais de tolerância a esse elemento (LAMICHHANE *et al.*, 2018).

Alguns levantamentos realizados no Brasil com espécies do gênero *Xanthomonas*, alvos predominantes nas formulações cúpricas registradas no MAPA (Tabela 1), mostraram que isolados insensíveis a níveis intermediários e elevados de resistência ao cobre (crescimento *in vitro* a 100 e 200 $\mu\text{g/mL}$ de sulfato de cobre, respectivamente) ainda não foram encontrados em alta frequência em cultivos de brássicas, de

tomate para processamento industrial e de uva (QUEZADO-DUVAL *et al.*, 2003; SANTOS *et al.*, 2008; MARQUES; UESUGI; FERREIRA, 2009). Esse também é o caso de relato acerca de isolados de *P. syringae* pv. *tomato* (SILVA; LOPES, 1995a).

Já em lavouras de tomate tutorado para mesa (ARAÚJO *et al.*, 2012) e de pimentão a campo aberto (LIMA, 2015), em vários Estados brasileiros, verificou-se predominância de isolados de *Xanthomonas perforans* e *X. gardneri* em tomate resistentes a 100 µg/mL, e *X. euvesicatoria* em pimentão com crescimento em meio com 200 µg/mL. Esse fato se deve, possivelmente, por um uso mais intensivo das formulações cúpricas, como relatado em outros trabalhos (MARCO; STALL, 1983). Com vistas ao controle da mancha-bacteriana em tomate e em pimentão na Flórida, Estados Unidos (EUA), onde as *Xanthomonas* associadas são prevalentemente insensíveis ao cobre, nanocompostos desse elemento foram avaliados *in vitro* e em casa de vegetação com resultados promissores (STRAYER-SCHERER *et al.*, 2018; FAN *et al.*, 2021).

Nesse contexto, é bastante plausível que em lavouras onde o uso do cobre para o controle das doenças é praticado de maneira intensiva, a resistência a este elemento seja mais acentuada. Esse fato reforça a necessidade de monitoramento contínuo das populações bacterianas para essa característica, seja *in vitro* seja por meio de bioensaios em plantas. Sendo assim, o desenvolvimento e emprego de outros princípios ativos é bastante desejável para a preservação da efetividade dessa importante ferramenta de controle das doenças bacterianas, com sustentabilidade ambiental.

Antibióticos agrícolas

Antibióticos têm sido utilizados na agricultura para o controle de doenças causadas por bactérias de diferentes maneiras, indo desde a aplicação por injeção em plantas lenhosas até a sua pulverização na parte aérea de plantas (SIGEE, 1993). Entre os ingredientes ativos deste grupo

utilizados como produtos fitossanitários, citam-se: estreptomicina, oxitetraciclina e casugamicina.

Assim como observado para o cobre, estirpes resistentes à estreptomicina também podem surgir em consequência do seu uso contínuo, levando à perda de sua eficácia no controle de várias doenças em campo, como o fogo-selvagem da pera e de outras pomáceas, causado por *Erwinia amylovora* (MOLLER; SCHOROTH; THOMSON, 1981), e a mancha-bacteriana em tomateiro e em pimentão (CONOVER; GERHOLD, 1981), ambas nos EUA. No Brasil, isolados de *X. gardneri* associados à mancha-bacteriana em lavouras de tomate para processamento foram insensíveis à estreptomicina (25 µg/mL em testes *in vitro*) (QUEZADO-DUVAL *et al.*, 2003).

A característica de insensibilidade à estreptomicina mostrou ser estável, conforme observado para *P. syringae* pv. *syringae* em que isolados preservados por longo tempo *in vitro* mantiveram-se insensíveis e, em campo, observou-se que independentemente da não utilização do antibiótico no manejo da doença fogo-selvagem em pomares de pera, a população insensível persistia (SPOTTS; CERVANTES, 1995). A característica de resistência à estreptomicina é governada pelos genes *strA* e *strB*, que codificam enzimas de inativação do antibiótico, que estão disseminados no mundo e em vários gêneros de bactérias Gram-negativas patogênicas ao homem, animais e plantas (SUNDIN; BENDER, 1996).

Já para a oxitetraciclina, a resistência foi detectada em baixa frequência entre isolados de *P. syringae* pv. *tomato*, obtidos de lavouras de tomate para processamento industrial em Goiás (SILVA; LOPES, 1995a). No entanto, nenhum isolado de diferentes espécies de *Xanthomonas* que causam a mancha-bacteriana obtidos nessa cultura, tanto em Goiás como no Vale do São Francisco, apresentou essa característica (QUEZADO-DUVAL *et al.*, 2003). Da mesma forma, não há relatos em outros países onde o seu uso está praticamente restrito a culturas perenes (SUDIN; WANG, 2018).

Apesar de produtos à base de estreptomicina e oxitetraciclina terem sido largamente empregados para o controle de fitobacterioses no Brasil até tempos atrás (SILVA; LOPES, 1995b; QUEZADO-DUVAL *et al.*, 2003), já não estão disponíveis nas formulações comerciais atuais registradas para esse fim. Apenas a casugamicina é comercializada no País, com registro para várias culturas em uma formulação do tipo concentrado solúvel (Tabela 2). Esse princípio ativo atua no sistema ribossomal das bactérias, impedindo a síntese de proteínas (SUDIN; WANG, 2018).

Para casugamicina, alguns poucos trabalhos têm sido feitos no intuito de avaliar a sua eficiência *in vitro* e *in vivo*, com foco no controle do cancro-bacteriano em tomateiro causado por *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*, que é um dos alvos da formulação registrada no Brasil. *In vitro*, a dose inibitória da formulação comercial aplicada a 1,25% foi de 500 µg/mL (LÉON *et al.*, 2008). Já utilizando cloridrato de casugamicina, houve inibição da bactéria a 1.000 µg/mL (THEODORO; MARINGONI, 2000). Em plantas, não foi observada boa eficiência na redução do número de folíolos com sintomas, em ensaios de casa de vegetação conduzidos no Brasil e na Espanha (THEODORO; MARINGONI, 2000; LEÓN *et al.*, 2008). Por outro lado, em um estudo na Sérvia, o produto reduziu significativamente o tamanho da população da bactéria, em relação ao controle positivo (inoculado com a bactéria e tratado com água), sendo, no entanto, inferior aos trabalhos com aplicação da estreptomicina (MILJAJŠEVIĆ *et al.*, 2009).

A casugamicina mostrou-se eficiente em reduzir a severidade da mancha-bacteriana do tomateiro causada por *X. perforans* na Flórida, em ensaios de campo, sendo que o uso combinado com uma formulação de Cu(OH)₂ em mistura de tanque com mancozeb não agregou eficiência em relação aos tratamentos isolados (VALLAD *et al.*, 2010). Desse modo, esse antibiótico, que tem o alvo *Xanthomonas* spp. em tomateiro no registro brasileiro,

Tabela 2 - Ingredientes ativos e produtos comerciais registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) com recomendação de diferentes patógenos bacterianos em culturas de interesse agrônômico

Ingrediente ativo	Produto comercial	Patógeno	Cultura
Acibenzolar-S-metílico	Bion® 500 WG	<i>Acidovorax citrulli</i> <i>Dickeyachry santhemi</i> <i>Pseudomonas</i> spp. <i>Xanthomonas</i> spp.	Melancia, melão Crisântemo Eucalipto, tomate Algodão, eucalipto, feijão, tomate
Casugamicina	Kasumin®	<i>Acidovorax citrulli</i> <i>Clavibacter michiganensis</i> subsp. <i>michiganensis</i> <i>Pectobacterium carotovorum</i> subsp. <i>carotovorum</i> <i>Dickeya zea</i> <i>Pseudomonas</i> spp. <i>Xanthomonas</i> spp.	Melancia, melão Berinjela, jiló, pimenta, pimentão, quiabo, tomate Cenoura, melancia, melão Milho Aveia, café, centeio, cevada, melancia, melão, pepino, trigo, tritcale Maracujá, melancia, melão, berinjela, jiló, pimenta, pimentão, quiabo
Cimoxanil + Famoxadona	Equation®	<i>Pectobacterium carotovorum</i> subsp. <i>carotovorum</i> <i>Xanthomonas</i> spp.	Batata Tomate
Cloretos de bezalcônio	Fegatex®	<i>Acidovorax citrulli</i> <i>Pantoea ananatis</i> <i>Pectobacterium carotovorum</i> subsp. <i>carotovorum</i> <i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>glycinea</i> <i>Xanthomonas</i> spp.	Melancia, melão Milho Batata, cenoura Soja Citros, tomate
Cloretos de bezalcônio Extrato de <i>Melaleuca altemifolia</i>	Quatermon® Timorex Gold®	<i>Xanthomonas citri</i> subsp. <i>citri</i> <i>Pectobacterium carotovorum</i> subsp. <i>carotovorum</i> <i>Pantoea ananatis</i> <i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>garcae</i> <i>Xanthomonas</i> spp.	Citros Batata, batata-doce Milho Café Manga, berinjela, pimenta, pimentão, tomate
Famoxadona + Mancozeb	Graster®	<i>Pectobacterium carotovorum</i> subsp. <i>carotovorum</i> <i>Xanthomonas</i> spp.	Batata Tomate
Famoxadona + Mancozeb	Midas BR®	<i>Pectobacterium carotovorum</i> subsp. <i>carotovorum</i> <i>Xanthomonas</i> spp.	Batata Tomate
Laminarina	Vacciplant®	<i>Xanthomonas</i> spp.	Tomate

Fonte: Brasil (2021).

tem um bom potencial para utilização em programa de integração de produtos para o controle dessa doença, como sugerido no estudo da Flórida.

O uso contínuo e intensivo da casugamicina não é recomendado, assim como para o cobre e demais antibióticos, pelo potencial de perda de eficiência em decorrência do surgimento e estabelecimento de populações resistentes. Resistência à casugamicina foi reportada em *Acidovorax avenae* subsp.

avenae e *Burkholderia glumae* no Japão (YOSHII *et al.*, 2012 *apud* SUNDIN; WANG, 2018).

Formulações à base de cimoxanil, famoxadona e mancozeb

Cimoxanil, famoxadona e mancozeb são três ingredientes ativos presentes em combinação (cimoxanil + famoxadona e famoxadona + mancozeb) em três

formulações registradas no Brasil como bactericidas (Tabela 2) (BRASIL, 2021), com recomendação para canela-preta em batata (causada pelas bactérias pectolíticas) e mancha-bacteriana em tomateiro. Esses ativos e formulações que os contém têm sido objeto de pesquisas com vistas ao controle das fitobacterioses, como abordado a seguir.

Nos EUA foram realizados alguns estudos avaliando uma formulação de cimoxa-

nil + famoxadona e também desses ativos individualmente para a redução da severidade da mancha-bacteriana em tomateiro e em pimentão, e da mancha-bacteriana da folha em alface, doença também causada por espécie do gênero *Xanthomonas* (ROBERTS *et al.*, 2008; FAYETTE *et al.*, 2012). Nesses estudos não houve o efeito *in vitro* nem da formulação cimoxanil + famoxadona nem dos ativos individualmente para os isolados bacterianos associados à mancha-bacteriana em tomateiro (FAYETTE *et al.*, 2012). Na maioria dos ensaios conduzidos em plantas em vasos em casa de vegetação, também não foi verificada redução da severidade da doença causada por essas bactérias fitopatogênicas. No entanto, um efeito sinérgico foi observado na inibição do crescimento bacteriano *in vitro* entre $\text{Cu}(\text{OH})_2$ e a referida formulação, como também uma redução na recuperação do número de isolados de *X. perforans* e *X. euvesicatoria* que eram insensíveis ao cobre nos estudos de crescimento populacional realizados, respectivamente em plantas de tomate e pimentão previamente ao aparecimento dos sintomas (FAYETTE *et al.*, 2012). Isso talvez explique o fato de programas integrando mistura de tanque da formulação cimoxanil + famoxadona com $\text{Cu}(\text{OH})_2$ em alternância com o da mistura hidróxido de cobre + mancozeb ter reduzido a severidade da doença, e até ter sido superior ao padrão hidróxido de cobre + mancozeb em alguns casos (ROBERTS *et al.*, 2008). Estudos posteriores indicaram que o composto orgânico desinfetante resorcinol ($\text{C}_6\text{H}_4(\text{OH})_2$), o ácido propiônico ($\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2$) e o açúcar alcoólico manitol ($\text{C}_6\text{H}_{14}\text{O}_6$) também apresentaram sinérgico com a formulação cimoxanil + famoxadona para a redução da mancha-bacteriana da folha em alface, tanto em ensaios em casa de vegetação como em campo (FAYETTE *et al.*, 2016).

Já no Brasil, realizou-se estudo do efeito *in vitro* de formulações contendo cimoxanil, famoxadona e mancozeb sobre 17 isolados de *X. euvesicatoria* pv. *perforans* obtidos em lavouras de tomate

para processamento industrial no período de 2006 a 2010 (ASSUNÇÃO; ARAÚJO; QUEZADO-DUVAL, 2012). O efeito inibitório mais significativo foi observado nas formulações contendo o mancozeb sozinho ou em mistura, e não com cimoxanil + famoxadona, como observado nos trabalhos americanos. Tal fato levanta a hipótese de que o efeito inibitório observado estaria mais relacionado com o mancozeb do que com os demais ingredientes.

Mancozeb é um ditiocarbamato que contém em sua molécula, entre outros elementos, manganês (Mn) e zinco (Zn) (BRASIL, 2021). Efeito inibitório do Zn foi observado para alguns isolados de *X. euvesicatoria* obtidos de lavouras de pimentão em vários Estados do País na concentração de 200 $\mu\text{g}/\text{mL}$ (AREAS *et al.*, 2018) e também para isolados de Barbados (WARD; O'GARRO, 1992). Corroborar para a hipótese do papel do Zn na inibição de *Xanthomonas* da formulação contendo complexos Zn-ditiocarbamato, o fato da formulação piraclostrobin + metiram, este último também um ditiocarbamato contendo Zn, ter efeito inibitório *in vitro* a *X. gardneri* (NASCIMENTO; FERNANDES; QUEZADO-DUVAL, 2010). Em plantas de tomateiro em vasos, uma redução significativa da severidade da mancha-bacteriana causada por *X. perforans* foi verificada quando da aplicação dessas quatro formulações, como também para o $\text{Cu}(\text{OH})_2$, com destaque para a famoxadona + mancozeb. Em ensaios de campo, no entanto, não foram verificados ganhos significativos em eficiência de controle quando do emprego de cinco aplicações dessa formulação individualmente para o controle dessa doença em tomate para processamento industrial (NASCIMENTO *et al.*, 2013).

Amônias quaternárias

As amônias quaternárias são sanitizantes de amplo espectro utilizados largamente como desinfetantes de ambientes, de água e de materiais de diversas naturezas, caracterizados pela estabilidade química e toxi-

cidade e volatilidade relativamente baixas (GERBA, 2015). São compostos surfactantes (detergentes) carregados positivamente (catiônicos). Nos microrganismos provoca desorganização estrutural da célula após adsorção e penetração da parede celular, reação com proteínas e lipídios da membrana citoplasmática, que leva à perda de conteúdos celulares, degradação de proteínas e ácidos nucleicos (KWAŚNIEWSKA; YING-LIEN; WIECZOREK, 2020).

Na agricultura são utilizados na desinfecção de implementos agrícolas, ferramentas, vestuário de agricultores, ambientes de cultivo protegido e em pulverizações das plantas, como ocorre no Brasil. A formulação registrada como agrotóxico é do grupo da primeira geração de amônias quaternárias (GERBA, 2015) e contém cloretos de etilbenzalcônios e cloretos de benzalcônios (Tabela 2). Os alvos são fungos e bactérias fitopatogênicas. Dependendo do alvo, a indicação é para aplicação por pulverização da lavoura ou em pós-colheita como sanitizantes de frutas, por exemplo. Como bactericida os alvos são *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* em cebola, batata (ambas aplicações foliares) e cenoura (pós-colheita), para aplicações foliares para *Xanthomonas* spp. em tomate, maracujá e citros (desinfecção de material de colheita e equipamentos e das frutas em pós-colheita), *Pseudomonas syringae* pv. *glycinea* em soja, com restrição para o Estado do Paraná, *P. marginalis* pv. *marginalis* em alho, *Pantoea ananatis* em milho, *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli* em melão e melancia (BRASIL, 2021).

Poucos trabalhos de pesquisa foram encontrados abordando a eficiência de amônias quaternárias no controle de fitopatógenos. Como sanitizante de ferramentas, amônias quaternárias reduziram a disseminação de *Pseudomonas savastanoi* pv. *savastanoi* em pomar de oliveiras na Califórnia, EUA, mas não a ocorrência da infecção por pulverização prévia à inoculação, sendo registrado nos EUA apenas como para a primeira finalidade (NGUYEN;

FÖRSTER; ADASKAVEG, 2017). Testes in vitro comparativos entre sanitizantes foram realizados para *Xanthomonas viticola*, que causa o cancro em videira, e *X. perforans* e *X. gardneri*, que causam a mancha-bacteriana em tomateiro. Ambos os testes mostraram maior inibição pelo cloreto de dodecimetil amônio (DDA) em relação à formulação de cloretos de etilbenzalcônios e de benzalcônios (PONTES *et al.*, 2012; RODRIGUES *et al.*, 2012). No entanto, esta formulação reduziu significativamente a severidade da doença em plantas de tomate causada por *X. perforans* em um bioensaio em vaso (PONTES *et al.*, 2012). Da mesma forma, foi observada redução da população epifítica de *Xanthomonas vesicatoria* pela aplicação do produto à superfície de folhas de tomate previamente à inoculação, antes do aparecimento dos sintomas (LANNA FILHO; ROMEIRO; ALVES, 2010). Por outro lado, em campo, não foram observadas diferenças significativas na redução da doença em tomate para processamento industrial (NASCIMENTO *et al.*, 2013).

Um aspecto que tem chamado à atenção da pesquisa em relação ao combate de bactérias patogênicas ao homem e animais é o da resistência cruzada a antibióticos e amônias quaternárias em um mesmo microrganismo. Isso pode ocorrer porque esses biocidas agem na mesma rota que causa a morte celular nas bactérias (KWAŚNIEWSKA; YING-LIEN; WIECZOREK, 2020). Assim, alterações nessa rota levam à resistência a ambos os ativos. Além disso, as amônias quaternárias podem ser sequestradas em camadas de silicato no solo e, assim, serem liberadas aos poucos em doses menores, favorecendo a ocorrência de populações resistentes tanto às amônias quaternárias quanto aos antibióticos (MULDER *et al.*, 2018). Desse modo, para prevenir a resistência cruzada em ambiente agrícola, deve-se evitar a utilização conjunta de ambas modalidades de produtos.

Extratos vegetais

São vários os estudos em que são avaliados extratos vegetais como agen-

tes antibacterianos e passíveis de serem utilizados no controle de fitobacterioses (BALESTRA *et al.*, 2009; BAJPAI *et al.*, 2011; LUCAS *et al.*, 2012; SHAHEEN; ISSA, 2020). Em grande parte dos casos, esses estudos têm início pela avaliação do efeito in vitro destes extratos vegetais em relação à inibição do desenvolvimento do patógeno, seguido pela avaliação de sua eficiência in vivo na redução da severidade da doença ocasionada pelo referido patógeno (BAJPAI *et al.*, 2011). Tal procedimento leva, em sua maioria, à seleção de extratos contendo compostos com ação direta sobre o patógeno, apesar de ser possível efeitos secundários como de indução de resistência (CAVALCANTE *et al.*, 2014).

Os principais compostos presentes em extratos vegetais com ação antimicrobiana são flavonoides, alcaloides, terpenos, compostos fenólicos e cumarinas (SAVOIA, 2012). Óleos essenciais extraídos das plantas são compostos ricos nestas substâncias. Estes compostos correspondem a um concentrado líquido hidrofóbico contendo compostos químicos voláteis, que evaporam em temperatura ambiente. Muito utilizados nas indústrias alimentícia e farmacêutica, tais compostos têm sido avaliados para o controle das bactérias fitopatogênicas (BAJPAI *et al.*, 2011).

Em avaliação de óleos essenciais quanto ao efeito antimicrobiano in vitro sobre *X. vesicatoria* e na redução da severidade da mancha-bacteriana em tomateiro, houve destaque para o óleo essencial da planta de origem australiana *Melaleuca alternifolia* Cheel (árvore-do-chá, tea tree) (LUCAS *et al.*, 2012). Seu modo de ação foi associado à perda de material eletrodensso pelas células bacterianas, alterações no citoplasma, vacuolização do citoplasma e danos à parede celular bacteriana (CARSON; HAMMER; RILEY, 2006; LUCAS *et al.*, 2012).

O extrato de *M. alternifolia* compõe, atualmente, uma formulação registrada no Brasil para o controle de fitopatógenos, inclusive de bactérias fitopatogênicas (Tabela 2). Segundo a bula (STOCKTON, 2020), o

produto tem ação de contato e mesossistêmica. De acordo com Reuveni, Sanches e Barbier (2020), seu efeito antimicrobiano no interior de tecidos vegetais foi observado para o fungo *Mycosphaerella fijiensis* infectando banana. Também foi possível ver o efeito deste produto na degradação da parede celular e perda de conteúdo citoplasmático de hifas do patógeno no interior de folhas tratadas com o produto à base de extrato de *M. alternifolia*. Segundo a classificação do Fungicide Resistance Action Committee (FRAC) quanto ao modo de ação, este produto está descrito como sendo do grupo F7, que compreende ativos cujo modo de ação está ligado à ruptura da membrana celular (FRAC BRASIL, 2020).

Ainda são poucos os trabalhos de pesquisa publicados relacionados com a formulação de *M. alternifolia* no controle de fitobacterioses. Porcentual de controle superior a 60% pelo formulado à base desse extrato foi observado no controle da mancha-bacteriana em pimentão e pinta-bacteriana em tomate, em aplicação de 1,0 L do produto por ha (REKANOVIC *et al.*, 2019). Já em cafeeiro, verificou-se redução da severidade da mancha-aureolada pela utilização da formulação em associação com hidróxido de cobre (MENDONÇA, 2018). Nesse trabalho, não foi avaliado seu uso isolado, apesar de que o tratamento em associação com cobre foi melhor que o tratamento com o hidróxido de cobre sozinho.

Indutores de resistência

O fenômeno da indução de resistência em plantas contra fitopatógenos é conhecido desde o início do século passado. Nos primeiros trabalhos que tiveram esse tema como estudo, a ativação de mecanismos bioquímicos de defesa se dava em resposta ao contato com fitopatógenos, em processo denominado resistência sistêmica adquirida - Systemic Acquired Resistance (SAR), (KESSMANN *et al.*, 1994). Quando da ocorrência de SAR, observa-se o acúmulo de ácido salicílico nos tecidos das plantas, seja na resposta local seja na sistêmica

(TRIPATHI; RAIKHY; KUMAR, 2019). Dessa forma, esse foi o primeiro químico a ser avaliado como um possível indutor de resistência. Mas seu efeito fitotóxico, mesmo em pequenas concentrações, e sua baixa mobilidade na planta fizeram com que se buscassem por outras moléculas.

Substâncias químicas podem atuar no controle de doenças de plantas tanto pelo seu efeito direto contra os patógenos, quanto por um efeito indireto sobre a planta, auxiliando na resposta ao agente patogênico. Após os primeiros estudos com ácido salicílico, diversas outras moléculas foram avaliadas, tendo como grande destaque um análogo desta substância denominado acibenzolar-S-metil (BEKTAS; EULGEM, 2015). Além dos produtos químicos, substâncias de origem natural, como aminoácidos e polissacarídeos, podem induzir respostas de defesas em plantas contra patógenos, incluindo bactérias fitopatogênicas (LLORENS; GARCÍA-AGUSTÍN; LAPEÑA, 2017). Com base neste modo de ação, alguns produtos estão disponíveis com registro para o controle de fitobacterioses no Brasil.

Acibenzolar-S-metil

O acibenzolar-S-metil (ASM) é um potente indutor de respostas de defesas em plantas (BEKTAS; EULGEM, 2015). Seu efeito no controle de muitas bactérias fitopatogênicas tem sido bastante estudado (LOUWS *et al.*, 2001; BENELLI; DENARDIN; FORCELINI, 2004; HOPKINS; MILIJAŠEVIĆ *et al.*, 2009; THOMPSON; LOVIC, 2009), sendo este ativo registrado no Brasil para o controle de doenças bacterianas em diversas culturas (Tabela 2). Um dos motivos que explicam o grande número de trabalhos com esse ativo e sua ampla utilização é sua capacidade de ativar os mecanismos de defesa da planta, mesmo em pequenas doses (BEKTAS; EULGEM, 2015).

Um dos pontos que devem ser avaliados quanto ao uso do ASM e de outros produtos indutores de resistência tem a ver com a possibilidade de que este tipo

de mecanismos de ação possa levar à redução da produtividade, o que seria consequência do custo energético associado à indução de resistência (STOUT *et al.*, 1999). Foi observado que maior número de aplicações do ASM em tomate reduziu a produtividade em tomate para processamento, mesmo havendo melhor controle da mancha-bacteriana causada por *X. perforans* (PONTES *et al.*, 2016). Nesse trabalho foi proposto um máximo de oito aplicações para que não haja esta redução na produtividade. Na bula do produto comercial (SYNGENTA, 2021), também é dado destaque ao número máximo de aplicações para cada cultura.

Outro ponto que deve ser considerado é o intervalo entre aplicações. Ao contrário do que se vê em animais, onde o sistema de defesa, uma vez ativado, mantém uma “memória” para aquele antígeno, em plantas há necessidade de ativação contínua para manter o sistema de defesa em estado “priming” ou pré-ativado. Apesar da molécula de ASM ser capaz de translocar-se rapidamente pelos tecidos de plantas, sua concentração pode cair para níveis muito baixos em até 72 horas (SCARPONI; BUONAURO; MARTINETTI, 2001). Isso faz com que os genes envolvidos no processo de indução de resistência tenham sua expressão reduzida (HERMAN; RESTREPO; SMART, 2007). Em culturas anuais ou de ciclo curto, o intervalo entre aplicações não deve ultrapassar sete dias, sob pena de que haja redução da eficiência do produto (HUANG *et al.*, 2012; PONTES *et al.*, 2016).

Em relação ao modo de aplicação, apesar da recomendação para todas as culturas ser de pulverizações da parte aérea, outras formas têm sido avaliadas. A redução da severidade da canela-preta em batata, por exemplo, foi observada quando do tratamento dos tubérculos com ASM antes do plantio (BENELLI; DENARDIN; FORCELINI, 2004). Vale ressaltar que ainda não há registro de formulação com ASM no Brasil para esse alvo em batata. Em tomate, foi observa-

da a expressão dos genes relacionados com a indução de resistência quando da aplicação de ASM via irrigação, com melhor eficiência no controle da mancha-bacteriana em relação à aplicação foliar (HUANG; VALLAD, 2018). Redução da severidade do cancro-cítrico, por sua vez, foi verificada pela aplicação de ASM via drench (esguicho) no colo da planta (GRAHAN; MEYRS, 2013).

Laminarina

A laminarina é um polissacarídeo extraído de uma alga (*Laminaria digitata*), encontrando-se armazenada em vacúolos no citoplasma, com função de reserva energética. Por sua constituição química, pode atuar como um elicitador de respostas em plantas. Redução da infecção por *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* foi observada em plantas de tabaco tratadas com esse polissacarídeo (KLARZYNSKI *et al.*, 2000). Entre as respostas de indução observadas na interação citada, houve alcalinização do espaço extracelular, liberação de peróxido de hidrogênio, aumento na atividade de enzimas de defesa e acúmulo de ácido salicílico.

A indução de resistência mediada pela laminarina deve-se à presença de B-1,3-glucano similar ao B-1,3-glucano na parede celular de fungos, sendo ambos capazes de ativar enzimas relacionadas com a defesa, bem como maior produção de fitoalexinas (KLARZYNSKI *et al.*, 2000; AZIZ *et al.*, 2003). Tal fenômeno se deve à planta “entender” a presença deste composto bem como a presença do patógeno, desencadeando as respostas de defesa.

A laminarina é um ingrediente ativo que faz parte de uma formulação registrada pelo MAPA (BRASIL, 2021), para o controle da mancha-bacteriana em tomateiro causada por *Xanthomonas* spp. Apesar de haver poucos trabalhos relacionados com seu uso para esse patossistema, o uso de outros polissacarídeos, como a quitosana, resultou em redução da severidade da doença em tomate causada por *X. gardneri* (COQUEIRO; DI PIERO, 2011). De

qualquer forma, o registro de uma nova formulação capaz de promover a indução de resistência reforça a importância de produtos com este modo de ação como alternativa promissora no auxílio ao manejo de fitobacterioses.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para o controle de fitobacterioses, observa-se um aumento do número de ingredientes ativos além dos tradicionais produtos à base de cobre e antibióticos agrícolas. A maioria tem ação direta sobre o patógeno e, em função dos mecanismos de geração de variabilidade das bactérias, populações resistentes a estes produtos possam também surgir com o uso contínuo, a exemplo do observado para o cobre e antibióticos. De maneira geral, o uso integrado de diferentes ativos pode levar à preservação da sua eficácia ao longo dos anos. É importante o monitoramento da eficiência dos princípios ativos utilizados frequentemente, bem como sejam realizados estudos de integração à medida que novos venham a ser desenvolvidos. O uso de indutores de resistência pode compor o programa de proteção de plantas contra bactérias fitopatogênicas, auxiliando na rotação de princípios ativos, haja vista que não possuem efeito direto sobre o patógeno.

AGRADECIMENTO

Os autores agradecem ao Dr. Carlos Alberto Lopes, pesquisador da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), pela revisão técnica do artigo.

REFERÊNCIAS

- ALTIMIRA, F. *et al.* Characterization of copper-resistant bacteria and bacterial communities from copper-polluted agricultural soils of central Chile. **BMC Microbiology**, v.12, n.193, p.1-12, Sept. 2012.
- ALVES, M.R.R. *et al.* Efeito de soluções de enxágue na remoção de resíduos de mancozeb em tomates de mesa. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.40, n.1, p.96-101, jan./mar. 2010.
- ARAÚJO, E.R. *et al.* Sensitivity of xanthomonads causing tomato bacterial spot to copper and streptomycin and *in vivo* intra-specific competitive ability in *Xanthomonas perforans* resistant and sensitive to copper. **Journal of Plant Pathology**, v.94, n.1, p.79-87, 2012.
- AREAS, M.S. *et al.* Resistance of *Xanthomonas euvesicatoria* strains from Brazilian pepper to copper and zinc sulfates. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v.90, n.2, p.2375-2380, Ago. 2018. Suplemento 1.
- ASSUNÇÃO, A.; ARAÚJO, E.R.; QUEZADO-DUVAL, A.M. Sensibilidade *in vitro* de *Xanthomonas perforans* a agrotóxicos registrados para o tomateiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE TOMATE INDUSTRIAL, 6., 2012, Goiânia. **Anais eletrônicos [...]**. Goiânia: Win Eventos, 2012. p.14. Disponível em: <https://ainfo.cnpqia.embrapa.br/digital/bitstream/item/130394/1/0014-MAb-CQ-invivo.pdf>. Acesso em: 7 jun. 2020.
- AZIZ, A. *et al.* Laminarin elicits defense responses in grapevine and induces protection against *Botrytis cinerea* and *Plasmopara viticola*. **Molecular Plant-Microbe Interactions**, v.16, n.12, p.1118-1128, 2003.
- BAJPAI, V.K. *et al.* Potential roles of essential oils on controlling plant pathogenic bacteria *Xanthomonas* species: a review. **Plant Pathology Journal**, v.27, n.3, p.207-224, 2011.
- BALESTRA, G.M. *et al.* Antibacterial effect of *Allium sativum* and *Ficus carica* extracts on tomato bacterial pathogens. **Crop Protection**, v.28, n.10, p.807-811, Oct. 2009.
- BASIM, H. *et al.* Characterization of a unique chromosomal copper resistance gene cluster from *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*. **Applied and Environmental Microbiology**, v.71, n.12, p.8284-8291, 2005.
- BEHLAU, F. *et al.* Copper resistance genes from different xanthomonads and citrus epiphytic bacteria confer resistance to *Xanthomonas citri* subsp. *citri*. **European Journal of Plant Pathology**, v.133, n.4, p.949-963, 2012.
- BEHLAU, F. *et al.* Molecular characterization of copper resistance genes from *Xanthomonas citri* subsp. *citri* and *Xanthomonas alfalfae* subsp. *citrumelonis*. **Applied and Environmental Microbiology**, v.77, n.12, p.4089-4096, June 2011.
- BEKTAS, Y.; EULGEM, T. Synthetic plant defense elicitors. **Frontiers in Plant Science**, v.5, n.804, p.1-17, 2015.
- BENELLI, A.I.H.; DENARDIN, N.D.; FORCELINI, C.A. Ação do acibenzolar-S-metil aplicado em tubérculos e plantas de batata contra canela preta, incitada por *Pectobacterium carotovorum* subsp. *atrosepticum* atípica. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v.29, n.3, p.263-267, maio/jun. 2004.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **AGROFIT: Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários**. Brasília, DF: MAPA, 2021. Disponível em: https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 8 nov. 2021.
- CARSON, C.F.; HAMMER, K.A.; RILEY, T.V. *Melaleuca alternifolia* (tea tree) oil: a review of antimicrobial and other medicinal properties. **Clinical Microbiology Reviews**, v.19, n.1, p.50-62, Jan. 2006.
- CAVALCANTE, G.P. *et al.* Potential of ethyl acetate fractions of *Stryphnodendron adstringens* shells and fruit extracts of *Caesalpinia ferrea* to control bacterial leaf speck and on the potentiation of defense enzymes in tomato. **Tropical Plant Pathology**, v.39, n.4, p.267-274, July/Aug. 2014.
- CONCEIÇÃO, M.Z. Defesa vegetal: legislação, normas e produtos. In: ZAMBOLIM, L.; CONCEIÇÃO, M.Z.; SANTIAGO, T. (ed.). **O que engenheiros agrônomos devem saber para orientar o uso de produtos fitossanitários**. Viçosa, MG: UFV, 2003. cap. 1, p.1-65.
- CONOVER, R.A.; GERHOLD, N.R. Mixtures of copper and maneb or mancozeb for control of bacterial spot of tomato and their compatibility for control of fungus diseases. **Proceedings of Florida State Horticultural Society**, v.94, p.154-156, 1981.
- COOKSEY, D.A. Genetics of bactericide resistance in plant pathogenic bacteria. **Annual Review of Phytopathology**, v.28, p.201-219, 1990.
- COOKSEY, D.A. Molecular mechanisms of copper resistance and accumulation in bacteria. **FEMS Microbiology Reviews**, v.14, n.4, p.381-386, Aug. 1994.

- COOKSEY, D.A.; AZAD, H.R. Accumulation of copper and other metals by copper-resistant plant-pathogenic and saprophytic pseudomonads. **Applied and Environmental Microbiology**, v.58, n.1, p.274-278, Jan. 1992.
- COQUEIRO, D.S.O.; DI PIERO, R.M. Antibiotic activity against *Xanthomonas gardneri* and protection of tomato plants by chitosan. **Journal of Plant Pathology**, v.93, n.2, p.337-344, 2011.
- EPPO. **EPPO global database**. [S.l.]: European and Mediterranean Plant Protection Organization, 2021. Disponível em: <https://gd.eppo.int/>. Acesso em: 8 nov. 2021.
- ESPÍRITO SANTO, C. *et al.* Bacterial killing by dry metallic copper surfaces. **Applied and Environmental Microbiology**, v.77, n.3, p.794-802, Feb. 2011.
- FAN, Q. *et al.* Antibacterial effect of copper composites against *Xanthomonas euvesicatoria*. **Crop Protection**, v.139, p.1-5, Jan. 2021.
- FAYETTE, J. *et al.* Organic compounds increase the efficacy of famoxadone + cymoxanil in the control of bacterial leaf spot of lettuce. **Crop Protection**, v.89, p.47-50, Nov. 2016.
- FAYETTE, J. *et al.* The role of cymoxanil and famoxadone in the management of bacterial spot on tomato and pepper and bacterial leaf spot on lettuce. **Crop Protection**, v.31, n.1, p.107-112, Jan. 2012.
- FÉLIX, F.F. **Comportamento do cobre aplicado no solo por calda bordalesa**. 2005. 74f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.
- FRAC Brasil. Comitê de Ação à Resistência à Fungicidas. **Recomendação para as culturas**. Jaguariúna: FRAC Brasil, [2020]. Disponível em: <https://www.frac-br.org>. Acesso em: 30 jun. 2020.
- GERBA, C.P. Quaternary ammonium biocides: efficacy in application. **Applied and Environmental Microbiology**, v.81, n.2, p.464-469, Jan. 2015.
- GRAHAM, J. H.; MYERS, M.E. Integration of soil applied neonicotinoid insecticides and acibenzolar-S-methyl for systemic acquired resistance (SAR) control of citrus canker on young citrus trees. **Crop Protection**, v.54, p.239-243, Dec. 2013.
- HERMAN, M.A.B.; RESTREPO, S.; SMART, C.D. Defense gene expression patterns of three SAR-induced tomato cultivars in the field. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v.71, n.4, p.192-200, 2007.
- HOPKINS, D.L.; THOMPSON, C.M.; LOVIC, B. Management of transplant house spread of *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli* on Cucurbits with bactericidal chemicals in irrigation water. **Plant Health Progress**, v.10, n.1, Jan. 2009.
- HUANG, C-H.; VALLAD, G.E. Soil applications of acibenzolar-S-methyl induce defense gene expression in tomato plants against bacterial spot. **European Journal of Plant Pathology**, v.150, n.4, p.971-981, Apr. 2018.
- HUANG, C-H. *et al.* Effect of application frequency and reduced rates of acibenzolar-S-methyl on the field efficacy of induced resistance against bacterial spot on tomato. **Plant Disease**, Saint Paul, v.96, n.2, p.221-227, Feb. 2012.
- INRA. **Can organic agriculture give up copper as a crop protection product?** Paris: INRA Science & Impact, 2018. 8p. Summary of the scientific assessment report - June 2018. Disponível em: <https://www.inrae.fr/sites/default/files/pdf/expertise-cuivre-en-ab-8-pages-anglais-1.pdf>. Acesso em: 8 out. 2021.
- KESSMANN, H. *et al.* Induction of systemic acquired disease resistance in plants by chemicals. **Annual Review of Phytopathology**, v.32, n.1, p.439-459, 1994.
- KLARZYNSKI, O. *et al.* Linear B-1,3-glucans are elicitors of defense responses in tobacco. **Plant Physiology**, v.124, n.3, p.1027-1038, 2000.
- KWAŚNIEWSKA, D.; YING-LIEN, C.; WIECZOREK, D. Biological activity of quaternary ammonium salts and their derivatives. **Pathogens**: review, v.9, n.6, p.1-12, June 2020.
- LAMICHHANE, J.R. *et al.* Thirteen decades of antimicrobial copper compounds applied in agriculture. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v.38, n.3, p.1-18, June 2018.
- LANNA FILHO, R.; ROMEIRO, R. da S.; ALVES, E. Biocontrole da mancha-bacteriana e da pinta-preta por bactérias epifíticas em tomateiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.45, n.12, p.1381-1387, dez. 2010.
- LEÓN, L. de *et al.* Comparative efficiency of chemical compounds for in vitro and in vivo activity against *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*, the causal agent of tomato bacterial canker. **Crop Protection**, v.27, n.9, p.1277-1283, Sept. 2008.
- LIM, C.K.; COOKSEY, D.A. Characterization of chromosomal homologs of the plasmid-borne copper resistance operon of *Pseudomonas syringae*. **Journal of Bacteriology**, v.175, n.14, p.4492-4498, July 1993.
- LIMA, R. dos S. **O complexo da mancha bacteriana em *Capsicum* no Brasil: espécies e sua sensibilidade ao cobre**. 2015. 87f. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2015.
- LLORENS, E.; GARCÍA-AGUSTÍN, P.; LAPEÑA, L. Advances in induced resistance by natural compounds: towards new options for woody crop protection. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.74, n.1, p.90-100, Jan./Feb. 2017.
- LOUWS, F.J. *et al.* Field control of bacterial spot and bacterial speck of tomato using a plant activator. **Plant Disease**, Saint Paul, v.85, n.5, p.481-488, May 2001.
- LUCAS, G.C. *et al.* Indian clove essential oil in the control of tomato bacterial spot. **Journal of Plant Pathology**, v.94, n.1, p.45-51, 2012.
- MARCO, G.M.; STALL, R.E. Control of bacterial spot of pepper initiated by strains of *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* that differ in sensitivity to copper. **Plant Disease**, Saint Paul, v.67, n.7, p.779-781, July 1983.
- MARQUES, E.; UESUGI, C.H.; FERREIRA, M.A.S.V. Sensitivity to copper in *Xanthomonas campestris* pv. *viticola*. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, DF, v.34, n.6, p.406-411, Nov./Dec. 2009.
- MENDONÇA, P.L.P. Avaliação do fungicida bactericida natural Timorex Gold no controle de mancha aureolada (*Pseudomonas syringae* pv. *garcae*). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 44., 2018, Franca. **Anais eletrônicos [...]**. Disponível em http://www.sbicafe.ufv.br/bitstream/handle/123456789/11556/63_44

- CBPC-2018.pdf?sequence=1&isAlloed=y. Acesso em: 8 jun. 2020.
- MENKISSOGLU, O.; LINDOW, S.E. Chemical forms of copper on leaves in relation to the bactericidal activity of cupric hydroxide deposits on plants. **Phytopathology**, v.81, n.10, p.1263-1270, 1991.
- MILJAJŠEVIĆ, S. *et al.* Effects of copper-based compounds, antibiotics and a plant activator on population sizes and spread of *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* in greenhouse tomato seedlings. **Pesticides and Phytomedicine**, v.24, p.19-27, 2009.
- MOLLER, W.J.; SCHOROTH, M.N.; THOMSON, S.V. The scenario of fire blight and streptomycin resistance. **Plant Disease**, Saint Paul, v.65, p.563-568, 1981.
- MULDER, I. *et al.* Quaternary ammonium compounds in soil: implications for antibiotic resistance development. **Reviews in Environmental Science and Biotechnology**, v.17, p.159-185, Mar. 2018. Supplement.
- NASCIMENTO, A. dos R.; FERNANDES, P.M.; QUEZADO-DUVAL, A.M. Ação *in vitro* de produtos químicos sobre *Xanthomonas perforans* e *X. gardneri*. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v.28, n.2, p.S1175-S1182, jul. 2010. Suplemento.
- NASCIMENTO, A. dos R. *et al.* Controle químico da mancha-bacteriana do tomate para processamento industrial em campo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v.31, n.1, p.15-24, jan./mar. 2013.
- NGUYEN, K.A.; FÖRSTER, H.; ADASKAVEG, J.E. Quaternary ammonium compounds as new sanitizers for reducing the spread of the olive knot pathogen on orchard equipment. **Plant Disease**, Saint Paul, v.101, n.7, p.1188-1193, July 2017.
- PONTES, N. de C. *et al.* Avaliação do cloreto de dodecil dimetil amônio para o controle da mancha bacteriana do tomateiro. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.28, n.1, p.43-47, jan./fev. 2012.
- PONTES, N. de C. *et al.* Intervals and number of applications of acibenzolar-S-methyl for the control of bacterial spot on processing tomato. **Plant Disease**, Saint Paul, v.100, n.10, p.2126-2133, Oct. 2016.
- QUEZADO-DUVAL, A.M. *et al.* Sensibilidade a cobre, estreptomicina e oxitetraciclina em *Xanthomonas* spp. associadas à mancha-bacteriana do tomate para processamento industrial. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v.21, n.4, p.670-675, out./dez. 2003.
- REKANOVIĆ, E. *et al.* Control of pepper bacterial spot and tomato bacterial speck using bactericides in combination with a plant activator. **Pesticidi i Fitomedicina**, v.34, n.1, p.47-52, 2019.
- REUVENI, M.; SANCHES, E.; BARBIER, M. Curative and suppressive activities of essential tea tree oil against fungal plant pathogens. **Agronomy**, v.10, n.4, p.609, 2020.
- ROBERTS, P.D. *et al.* Evaluation of spray programs containing famoxadone plus cy-moxanil, acibenzolar-S-methyl, and *Bacillus subtilis* compared to copper sprays for management of bacterial spot on tomato. **Crop Protection**, v.27, n.12, p.1519-1526, Dec. 2008.
- RODRIGUES, R.R. *et al.* Inibição do crescimento de *Xanthomonas campestris* pv. *viticola* por sanitizantes. In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA SEMIÁRIDO, 7.; JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA FACEPE/UNIVASE, 1., 2012, Petrolina. **Anais [...]**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2012. p.307-312. 1 CD-ROM. (Embrapa Semiárido. Documentos, 248).
- SANTOS, L.A. dos *et al.* Caracterização de isolados de *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* de sistemas de produção orgânico e reação de brássicas à podridão-negra. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v.26, n.4, p.486-491, out./dez. 2008.
- SAVOIA, D. Plant-derived antimicrobial compounds: alternatives to antibiotics. **Future Microbiology**, v.7, n.8, p.979-990, Aug. 2012.
- SCARPONI, L.; BUONAURO, R.; MARTINETTI, L. Persistence and translocation of a benzothiadiazole derivative in tomato plants in relation to systemic acquired resistance against *Pseudomonas syringae* pv. *tomato*. **Pest Management Science**, v.57, n.3, p.262-268, Mar. 2001.
- SHAHEEN, H.A.; ISSA, M.Y. *In vitro* and *in vivo* activity of *Peganum harmala* L. alkaloids against phytopathogenic bacteria. **Scientia Horticulturae**, v.264, p.1-10, Apr. 2020.
- SIGEE, D.C. **Bacterial plant pathology: cell and molecular aspects**. Cambridge: Cambridge University Press, 1993. 325p.
- SILVA, V.L.; LOPES, C.A. Isolados de *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* resistentes a cobre em tomateiros pulverizados com fungicidas cúpricos. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v.20, n.1, p.85-89, 1995a.
- SILVA, V.L.; LOPES, C.A. Isolados de *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* resistentes a estreptomicina e oxitetraciclina em tomateiros pulverizados ou não com antibióticos agrícolas. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v.20, n.1, p.80-84, 1995b.
- SONMEZ, S. *et al.* High level of copper application to soil and leaves reduce the growth and yield of tomato plants. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.63, n.3, p.213-218, May/June 2006.
- SPOTTS; R.A.; CERVANTES, L.A. Copper, oxytetracycline, and streptomycin resistance of *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* strains from pear orchards in Oregon and Washington. **Plant Disease**, Saint Paul, v.79, n.11, p.1132-1135, 1995.
- STALL, R.E.; LOSCHKE, D.C.; JONES, J.B. Linkage of copper resistance and avirulence loci on a self-transmissible plasmid in *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*. **Phytopathology**, Saint Paul, v.76, n.2, p.240-243, Feb. 1986.
- STOCKTON. **Timorex gold**: bula. São Paulo: Stockton-Agrimor do Brasil Ltda, 2020. 26p. Disponível em: https://www.adapar.pr.gov.br/sites/adapar/arquivos_restritos/files/documento/2021-01/timorexgold.pdf. Acesso em: 21 out. 2021.
- STRAYER-SCHERER, A. *et al.* Advanced copper composites against copper-tolerant *Xanthomonas perforans* and tomato bacterial spot. **Phytopathology**, Saint Paul, v.108, n.2, p.196-205, Feb. 2018.
- STOUT, M.J. *et al.* Signal interactions in pathogen and insect attack: systemic plant-mediated interactions between pathogens and herbivores of the tomato, *Lycopersicon esculentum*. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v.54, n.3/4, p.115-130, 1999.
- SUNDIN, G.W.; BENDER, C.L. Dissemination of the *strA-strB* streptomycin-resistance genes among commensal and pathogenic bacteria from humans, animals, and plants.

Molecular Ecology, v.5, n.1, p.133-143, Feb. 1996.

SUNDIN, G.W.; WANG, N. Antibiotic resistance in plant-pathogenic bacteria. **Annual Review of Phytopathology**, v.56, n.1, p.161-180, Aug. 2018.

SYNGENTA. **Bion® 500 wg**: bula completa. Paulínea: SYNGENTA, 2021. 23p. Disponível em: https://www.syngenta.com.br/sites/g/files/zhg256/f/bion_500_wg_0.pdf?token=1623782941. Acesso em: 21 out. 2021.

THEODORO, G. de F.; MARINGONI, A.C. Ação de produtos químicos in vitro e in vivo sobre *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*, agente causal do cancro bacteriano do tomateiro. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.57, n.3, p.439-443, jul./set. 2000.

TRIPATHI, D.; RAIKHY, G.; KUMAR, D. Chemical elicitors of systemic acquired resistance: salicylic acid and its functional analogs. **Current Plant Biology**, v.17, p.48-59, 2019.

WARD, H.P.; O'GARRO, L.W. Bacterial spot of pepper and tomato in Barbados. **Plant Disease**, Saint Paul, v.76, n.10, p.1046-1048, 1992.

VALLAD, G.E. *et al.* Comparison of kasugamycin to traditional bactericides for the management of bacterial spot on tomato. **Hortscience**, v.45, n.12, p.1834-1840, Dec. 2010.

ZAMBOLIM, L. Manejo integrado de doenças com ênfase ao controle químico. *In*: ZAMBOLIM, L.; CONCEIÇÃO, M.Z.; SANTIAGO, T. (ed.). **O que engenheiros agrônomos devem saber para orientar o uso de produtos fitossanitários**. Viçosa, MG: UFV, 2003. cap. 7, p.235-316.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

ITAKO, A.R. *et al.* Control of bacterial spot of tomato and activation of enzymes related to resistance by chemicals under field conditions. **Journal of Agricultural Science**, v.6, n.5, p.100-109, 2014.

Veja no próximo

INFORME AGROPECUÁRIO

Semente

Legislação sobre produção e controle de qualidade de sementes

Produção e colheita de sementes de grandes culturas

Processamento e secagem de sementes

Manejo de doenças de plantas na produção qualificada de sementes

Tratamento industrial de sementes (TSI)

Controle de qualidade interno e externo da semente

Vigor de sementes e seus impactos nos sistemas de produção

Biotecnologia aplicada ao controle de qualidade de sementes

Estratégias utilizadas nas sementes de café para produção de mudas de qualidade

Produção e controle de qualidade de sementes de forrageiras

Leia e Assine o
INFORME AGROPECUÁRIO
(31) 3489-5002

livraria@epamig.br
www.livrariaepamig.com.br

Nematicidas

Andressa Cristina Zamboni Machado¹

Resumo - O manejo de nematoides em culturas de grande extensão no Brasil é um desafio que galga importância a cada ano, com o aumento dos problemas causados por esses patógenos. O controle químico, utilizando-se nematicidas, surge como opção viável para essas situações. No Brasil, os nematicidas são aplicados via tratamento de sementes ou sulco de plantio, sendo utilizados nas principais culturas, como a soja, o milho, o algodão, o café, a banana, e em outras de menor expressão. Várias moléculas com diferentes modos de ação e grupos químicos estão disponíveis ou em fase de registro no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, o que aumenta o número de opções disponíveis aos agricultores, garantindo melhores produtividades e lucros na lavoura. Cabe a escolha do nematicida que melhor se enquadre em cada situação, levando-se em consideração tanto a eficiência em diferentes condições edafoclimáticas quanto os custos envolvidos na aplicação. Além disso, como única estratégia de manejo, os nematicidas químicos ainda não permitem a solução do problema, devendo-se sempre buscar a integração com outras ferramentas de manejo, como o uso de cultivares resistentes e a rotação com culturas não hospedeiras.

Palavras-chave: Controle químico. Manejo. Modo de ação. Nematóide.

Nematicides

Abstract - Nematode management in large-scale crops in Brazil is a challenge that becomes increasingly important each year, with the increase in the problems caused by nematodes in these crops. Chemical control, using nematicides, emerges as a viable option for these situations. In Brazil, nematicides are applied as seed treatment or in furrow, and the main crops in which they are used are soybean, maize, cotton, coffee, banana, among others of lesser expression. Several molecules with different modes of action and chemical groups are available or being registered by Brazilian Ministry of Agriculture, which increases the number of options available to growers, guaranteeing better productivity and profits in their crops. It is up to you the choice of the nematicide that best fits each situation, taking into account both the efficiency in different edaphoclimatic conditions and the costs involved in the application. In addition, as the only management strategy, chemical nematicides do not yet allow the solution of the problem, and integration with other management tools, such as the use of resistant cultivars and crop rotation with non-host species should always be sought.

Keywords: Chemical control. Management. Mode of action. Nematodes.

INTRODUÇÃO

Os nematoides parasitas de plantas são patógenos de muitos cultivos agrícolas importantes economicamente para a agricultura brasileira, como café, soja, algodão, hortaliças, cana-de-açúcar, entre outros. Os danos causados por esse grupo de organismos são decorrentes principalmente do parasitismo das raízes, além de danificar bulbos, tubérculos, túberas, rizomas,

frutos hipógeos e inclusive a parte aérea das plantas (FERRAZ; BROWN, 2016).

O reconhecimento desses patógenos em nível de campo é dificultado justamente por parasitarem em sua maioria órgãos subterrâneos das plantas. Muitas vezes os sintomas reflexos, evidentes na parte aérea, são facilmente confundidos com deficiências nutricionais, uma vez que envolvem a clorose ou o amarelecimento das plantas,

subdesenvolvimento da parte aérea, queda de flores e frutos e, conseqüentemente, queda de produção (FERRAZ; BROWN, 2016). A ausência de sintomas específicos pode levar o agricultor a utilizar práticas equivocadas para contornar o problema, como a aplicação de fertilizantes ou defensivos agrícolas por via foliar, gerando incremento nos custos de produção sem resultados.

¹ Eng. Agrônoma, D.Sc., Pesq. IDR-Paraná - IAPAR-EMATER, Londrina, PR, andressa_machado@idr.pr.gov.br.

O recomendado, quando da observação dos sintomas descritos, especialmente ocorrendo em reboleiras, ou seja, manchas de plantas menores e amareladas, é que o agricultor colete amostras de solo e raízes e encaminhe a um laboratório especializado em nematologia, que fará o correto diagnóstico da(s) espécie(s) presente(s) na lavoura. Isso servirá de guia para a tomada de decisões quanto ao manejo a ser adotado na área.

Atualmente, as principais espécies que ocorrem no País, causando expressivas perdas econômicas são os nematoides-das-galhas (*Meloidogyne javanica*) em soja, milho, hortaliças, cana-de-açúcar, feijão e (*M. incognita*) em soja, milho, algodão, hortaliças, café, cana-de-açúcar, feijão; o nematoide-das-lesões (*Pratylenchus brachyurus*) em soja, algodão, milho, cana-de-açúcar, feijão; o nematoide-de-cisto-da-soja (*Heterodera glycines*) em soja, feijão; o nematoide reniforme (*Rotylenchulus reniformis*) em soja, algodão, hortaliças, feijão; e o nematoide cavernícola (*Radopholus similis*) em banana, pinha, pimenta-do-reino, etc. Segundo dados da Sociedade Brasileira de Nematologia, os danos provocados por nematoides podem chegar a alarmantes R\$ 35 bilhões por ano (MACHADO, 2015).

O manejo das principais espécies de nematoides que acometem a agricultura brasileira baseia-se essencialmente no cultivo de variedades ou híbridos resistentes ao patógeno, na rotação de culturas e na utilização de nematicidas químicos e biológicos.

O cultivo de variedades resistentes é um método considerado altamente eficiente e seguro para reduzir as populações dos nematoides no solo, mas, para a maioria das culturas de interesse econômico, não estão disponíveis variedades com altos níveis de resistência aos nematoides ou amplamente adaptadas às condições de cultivo brasileiras. A rotação de culturas também é uma técnica ambientalmente segura e que, além do controle de nematoides, traz benefícios ao manejo do solo. Entretanto,

muitas espécies de nematoides, como *P. brachyurus* e *M. incognita*, possuem um grande número de plantas hospedeiras, o que dificulta a escolha de plantas de cobertura ou adubação verde para serem utilizadas em áreas infestadas.

HISTÓRICO DOS NEMATICIDAS NO BRASIL E PERSPECTIVAS

Os nematicidas surgem como opção para o manejo de nematoides, especialmente em culturas de grande extensão e elevado valor econômico. Vários são os modos de ação e tecnologias para aplicação disponíveis, além de custos variáveis, que permitem o adequado manejo de nematoides sob diferentes densidades populacionais e condições ambientais.

Geralmente os nematicidas são aplicados diretamente no solo e classificados em duas categorias, de acordo com sua movimentação no solo: fumigantes e não fumigantes. Os nematicidas fumigantes são encontrados em formulações líquidas que são vaporizadas quando em contato com o ar e, dessa forma, suas moléculas desprendem-se e se locomovem no solo em profundidade. Têm amplo espectro de ação, inclusive podendo matar fungos, bactérias, sementes e outros organismos presentes no solo, e são aplicados em doses elevadas, o que causa problemas de contaminação ambiental e toxidez às plantas (SPURR JUNIOR, 1985; MACHADO, 2016). Esses produtos fumigantes são considerados os pioneiros para o controle de nematoides e, em função da elevada toxidez, dificuldades para aplicação e altos custos, muitos foram retirados do mercado, a exemplo do brometo de metila, muito utilizado no tratamento de solo por décadas.

Os nematicidas não fumigantes surgiram nos anos de 1960, sendo classificados em organofosforados e carbamatos, considerados menos tóxicos que seus antecessores, os fumigantes. Apresentam formulações granuladas ou líquidas, percolando-se no solo no filme de água disponível e, portanto, não atingindo profundidades maiores; além disso, apresentam menor

espectro de ação que os fumigantes, geralmente não causam toxidez nas plantas e podem ser utilizados em menores dosagens (SPURR JUNIOR, 1985). Os produtos não fumigantes eram aplicados geralmente no sulco de plantio e, por serem granulados, apresentavam facilidade para aplicação, utilizando-se equipamentos mais simples. Os primeiros nematicidas não fumigantes, como aldicarbe e ethoprop respondiam por mais de 90% dos nematicidas comercializados no início da década de 1980 (SPURR JUNIOR, 1985).

Seu modo de ação inclui basicamente a inibição da acetilcolinesterase, da colinesterase e de outras enzimas de esterase, que se dá após o produto penetrar diretamente na cutícula do corpo do nematoide (MACHADO, 2016). Essas enzimas são parte essencial do processo de transmissão de impulsos no sistema nervoso, sendo comparável sua ação às de inseticidas que agem no sistema nervoso de insetos. Além disso, efeitos narcóticos e mudanças de comportamento são também observados em nematoides, quando em contato com produtos não fumigantes, por exemplo, reduzindo a taxa de movimentação e levando à paralisia das atividades (SPURR JUNIOR, 1985), o chamado efeito nematostático, ou seja, sem causar mortalidade direta nos nematoides. Nematicidas mais modernos apresentam modos de ação diferentes destes.

Recentemente, em decorrência da importância crescente dos nematoides parasitas de plantas, tem havido uma corrida pela descoberta e desenvolvimento de novas moléculas com ação nematicida. Muitos nematicidas foram disponibilizados ou estão em fase de registro junto ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), incluindo fluensulfone, fluopyram e fluazaindolizina. O mercado mundial de nematicidas foi estimado em cerca de US\$ 1,4 bilhão em 2020 (CROP PROTECTION MANUFACTURERS REPORT, 2010 *apud* LAHM *et al.*, 2017), com possibilidade de crescer significativamente nos próximos anos por perdas crescentes causadas por nematoides em diversos cultivos agrícolas.

O desafio neste momento é desenvolver nematicidas que apresentem bons níveis de controle de nematoides, sem atingir organismos benéficos presentes no solo, aliado às exigências governamentais e da sociedade, que demandam produtos ambientalmente mais seguros, com menor persistência e que não deixem resíduos nas culturas em que são aplicados. Na sequência, serão relacionadas algumas moléculas nematicidas, com destaque para as mais recentes, para o controle de nematoides nas principais culturas em que são registrados.

Cadusafós

É um inseticida e nematicida de contato e ingestão do grupo químico organofosforado (S,S-di-sec-butyl O-ethylphosphorodithioate). O modo de ação de organofosforados inclui a inibição da acetilcolinesterase, da colinesterase e de outras enzimas de esterase, ou seja, a atuação é basicamente no sistema nervoso dos nematoides (MACHADO, 2016).

Na sua formulação granulada (Rugby® 100 GR), tem como titular do registro no Brasil a empresa FMC Química do Brasil Ltda., sob número no MAPA 10401. É registrado para o controle de *M. javanica* em batata, *M. incognita* em café, nematoides-das-galhas e nematoides-das-lesões em cana-de-açúcar e *M. javanica* em soja (BRASIL, 2019). Na cultura da batata deve-se fazer a aplicação dos grânulos no sulco de plantio e amontoa e não deixar o produto exposto na superfície. Em café, a aplicação dos grânulos deve ser feita em sistema de meia-lua, dos dois lados da planta, na projeção da copa, cobrindo-se com terra para não deixar o produto exposto na superfície. Em cana-de-açúcar, aplicar os grânulos junto com os toletes durante o plantio ou incorporados ao solo em banda ou faixa em cana-soca e, em soja, aplicar os grânulos no sulco de plantio no momento da sementeira da cultura, não deixando o produto exposto na superfície em ambos os casos. A empresa não recomenda a aplicação dessa formulação em solos compactados ou com presença de plantas

daninhas, para não haver interferência na eficiência de controle.

Apresenta também a formulação Rugby® 200 CS, suspensão em cápsulas, de mesmo titular (MAPA nº 07008) (BRASIL, 2019). Nessa formulação é registrado para o controle de nematoides-das-galhas em algodão e café e para controle dos nematoides-das-galhas e nematoides-das-lesões em cana-de-açúcar e soja. A aplicação em algodoeiro deve ser feita no sulco de plantio, juntamente com a sementeira, bem como em soja, mas, nesse caso, antes de colocar a semente no sulco. Em café, aplicar em sistema de meia-lua, dos dois lados da planta, na projeção da copa, cobrindo com terra. Em cana-de-açúcar, aplicar no sulco de plantio.

A empresa alerta que a umidade do solo é um fator importante para a eficácia do produto em ambas as formulações, recomendando-se aplicar quando o solo estiver com umidade próxima à capacidade de campo.

A classe toxicológica foi enquadrada como categoria 3, ou seja, produto moderadamente tóxico, e pertence à classe de potencial de periculosidade ambiental II, considerado, portanto, muito perigoso ao meio ambiente.

Abamectina

A abamectina é uma mistura de avermectinas, que são derivadas de compostos obtidos pela fermentação da bactéria *Streptomyces avermitilis*. A abamectina afeta a acetilcolinesterase e tem efeitos deletérios na atividade da adenosina trifosfatase (ATPase), atuando como neurotoxina e desencadeando insuficiência respiratória. No entanto, apesar desses efeitos, o mecanismo de ação atribuído à abamectina é o bloqueio da transmissão do impulso elétrico entre a célula nervosa e o músculo, pela abertura ininterrupta dos canais de cloreto em membranas celulares, com pouco efeito sobre excitação muscular, ao contrário dos organofosforados (EBONE; KOVALESKI; DEUNER, 2019). Juvenis de *M. incognita* expostos à abamectina

perdem a movimentação em cerca de 10 minutos, mas se mantêm responsivos ao toque; se a exposição persistir por 30 minutos, ainda há uma recuperação parcial dos movimentos, mas estes são completamente perdidos após 120 minutos de exposição (WRIGHT *et al.*, 1983).

No Brasil, a principal abamectina utilizada para o controle de nematoides faz parte do produto comercial Avicta Completo®, da empresa Syngenta Proteção de Cultivos, que contém em sua formulação, além da abamectina (Avicta® 500 FS), o inseticida tiametoxan (Cruiser® 350 FS) e os fungicidas matalaxil, tiabendazol e fludioxonil (MaximAdvanced®) (BRASIL, 2019). Avicta Completo® está registrado no MAPA sob nº 020107 para o controle de nematoides-das-galhas, nematoides-das-lesões e nematoide reniforme, nas culturas do algodão, cana-de-açúcar, cebola, cenoura, feijão, milho, soja e tomate, em doses adequadas a cada cultura. É recomendado para tratamento de sementes ou de propágulos vegetativos (cana-de-açúcar), via tratamento industrial, realizado pela empresa, e não apresenta efeitos fitotóxicos nas culturas e doses recomendadas.

A classe toxicológica foi enquadrada como categoria 1, ou seja, produto extremamente tóxico, e pertence à classe de potencial de periculosidade ambiental II, considerado, portanto, muito perigoso ao meio ambiente.

Fluensulfone

É uma molécula nematicida do grupo químico fluoroalquenilsulfona heterocíclica (5-chloro-2-(3,4,4-trifluorobut-3-em-1-ylsulfonyl)-1,3-thiazole), nematicida sistêmico com ação de contato. É considerado um nematicida “verdadeiro”, ou seja, sua ação não é nematostática, age na inibição da atividade de nematoides e continua agindo mesmo após a retirada dos nematoides do contato com o produto e lavagem em água (WRAM; ZASADA, 2019). Portanto, não há recuperação da atividade dos nematoides após o contato com o produto, mesmo em doses baixas. Além

disso, também é considerado ovicida, com resultados que mostram mais de 90% de redução na eclosão de juvenis de *M. incognita* mesmo em concentrações baixas, e também reduz a capacidade reprodutiva de *M. incognita* em hospedeiros suscetíveis (WRAM; ZASADA, 2019). Apesar de todos os benefícios, é importante salientar que fluensulfone pode apresentar efeito fitotóxico, dependendo da dose utilizada e da espécie de planta.

No Brasil, é comercializado pela empresa Adama, com registro no MAPA sob nº 8218 (Nimitz® 480 EC), recomendado para controle de nematoides-das-galhas, nematoides-das-lesões e nematoide-dos-citros nas culturas de algodão, alho, batata, beterraba, café, cana-de-açúcar, cebola, cenoura, citros, *Duboisia* sp., goiaba, pimenta-do-reino, pimentão, mandioquinha-salsa, melão, melancia, soja e tomate (BRASIL, 2019). A aplicação do nematicida Nimitz®480EC deve ser realizada no sulco de plantio com equipamento terrestre (costal ou tratorizado) nas culturas de algodão, batata, cana-de-açúcar (cana-planta), mandioquinha-salsa, pimentão, soja e tomate. Para cana-de-açúcar (cana-soca), deverá ser aplicado na linha de plantio, utilizando disco para cortar a touceira e aplicar o produto dentro da linha de corte, com pulverizador tratorizado. Para café, citros, goiaba e pimenta-do-reino, deverá ser aplicado na superfície do solo e em faixa, utilizando pulverizador costal manual ou tratorizado. Para as culturas do alho, beterraba, cenoura e cebola, o produto deve ser aplicado e incorporado ao solo no momento do preparo para o plantio, utilizando pulverizador costal ou tratorizado. Nas culturas do melão e melancia, deverá ser aplicado por irrigação via gotejamento e, para *Duboisia* sp., a aplicação deve ser feita em “drench” no colo da planta, com equipamento terrestre (costal ou tratorizado). Para todas as situações, a recomendação da empresa é utilizar bicos de pulverização do tipo leque ou cônico, que proporcionem vazão adequada para obter boa cobertura e largura de faixa adequada a cada cultura; o diâmetro de

gotas deve variar de 150 a 300 micrômetros VDM, com densidade de gotas mínima de 40 gotas/cm², utilizando os volumes de calda recomendados para cada cultura. Algumas condições climáticas devem ser observadas no momento da aplicação para obter melhores resultados, como temperatura ambiente de até 30 °C, umidade relativa (UR) do ar mínima de 50% e velocidade do vento entre 3 e 10 km/h.

Outra formulação (suspensão encapsulada para tratamento de sementes - CF) também está disponível, sob número de registro no MAPA 9018 (Blindado®), com o mesmo titular de registro (Adama). Para tratamento de sementes, está registrado para controle de *M. incognita* e *P. brachyurus* em algodão e *H. glycines*, *M. javanica* e *P. brachyurus* em soja.

A classe toxicológica foi enquadrada como categoria 5, ou seja, produto improvável de causar dano agudo, e pertence à classe de potencial de periculosidade ambiental III, considerado, portanto, perigoso ao meio ambiente.

Seu modo de ação ainda não está devidamente caracterizado, mas há indicativos de que não seja por inibição da acetilcolinesterase, a exemplo dos organofosforados e carbamatos, uma vez que nematoides que apresentavam mutação para resistência a esses nematicidas foram mortos quando expostos ao fluensulfone (KEARN *et al.*, 2014). Uma hipótese propõe a inibição da acyl-desidrogenaseCoA de cadeia média, que é uma importante enzima para a mobilização de lipídios, essenciais para o processo energético dos nematoides. Outro estudo, utilizando *Caenorhabditis elegans*, um nematoide modelo, demonstrou que fluensulfone tem ação pleiotrópica e inibe o desenvolvimento, a oviposição, a alimentação e a locomoção. Esta inibição da mobilidade não é acompanhada por hipercontração, como no caso dos carbamatos (KEARN *et al.*, 2014). Seus efeitos incluem, ainda, a interrupção da alimentação e parada do desenvolvimento por meio da retenção dos óvulos, bem como mortalidade (APVMA, 2015 *apud* MAIENFISH; LOISELEUR; SLAATS, 2019).

Fluopiram

É uma molécula do grupo químico benzamidapirâmida (N-{2-[3-chloro-5-(trifluoromethyl)-2-pyridyl]ethyl}-α, α, α-trifluoro-o-toluamide, considerada um nematicida sistêmico.

No Brasil, está registrada no MAPA sob nº 32319 pela empresa Bayer S.A. (Verango Prime®500 SC) como um nematicida sistêmico em suspensão concentrada (SC) para o controle de nematoides-das-galhas e nematoides-das-lesões nas culturas da batata, café, cana-de-açúcar e soja (BRASIL, 2020). Na cultura da batata, a aplicação deve ser feita após a semeadura dos tubérculos-semente, antes do fechamento do sulco de plantio. Em café, a aplicação deve ser feita em faixas ou “drench” contínuo, em ambos os lados da planta, na projeção da copa, em solo limpo, livre de folhas e resíduos da cultura e plantas daninhas. Recomenda-se a utilização de equipamentos específicos adaptados para essa modalidade de aplicação. Em cana-de-açúcar, a aplicação deve ser feita preventivamente sobre os propágulos vegetativos (toletes, gemas, mudas ou plântulas) colocados no sulco de plantio, antes da operação de cobertura. Neste caso, utilizar pulverizador autopropelido ou tratorizado de barra, dotado de ponta do tipo leque (jato plano) dirigido ao sulco de plantio sobre os propágulos vegetativos, adotando espaçamento entre pontas e altura da barra com relação ao alvo que permita uma cobertura perfeita. Já em soja, a aplicação deve ser feita no sulco de plantio durante a operação da semeadura. Em todos os casos, recomenda-se uma aplicação por ciclo de cultivo.

A molécula ainda está registrada no MAPA sob nº 32819, como titular de registro a empresa BASF S.A., sob o nome comercial de Ileva®, uma suspensão concentrada para tratamento de sementes, sendo considerado um nematicida sistêmico. Para essa modalidade, está registrado para nematoides-das-galhas e nematoides-das-lesões em algodão, milho e soja (BRASIL, 2019).

A classificação toxicológica da formulação em suspensão concentrada é categoria 5, ou seja, produto improvável de causar dano agudo, e pertence à classe de potencial de periculosidade ambiental III, considerado, portanto, perigoso ao meio ambiente. A formulação para tratamento de sementes pertence à classe toxicológica 4, ou seja, produto pouco tóxico, e à classe II de periculosidade ambiental, sendo considerada muito perigosa ao meio ambiente.

É um inibidor da succinatodesidrogenase (SDHI) e, em nematoides, este composto é descrito como inibidor da respiração mitocondrial (inibição do complexo II da cadeia de transporte de elétrons na mitocôndria), o que leva à rápida e severa queda da energia celular do nematoide (ATP) (MAIENFISH; LOISELEUR; SLAATS, 2019). O complexo II liga fisicamente dois processos fundamentais de conservação de

energia biológica, o ciclo do ácido tricarbólico e a cadeia respiratória de transporte de elétrons.

Fluazaindolizina

É uma molécula do grupo das imidazopyridinas, ainda em processo de registro no MAPA. Também é considerado um nematicida “verdadeiro”, a exemplo de fluensulfone, já que vários testes laboratoriais mostraram que não há recuperação da mobilidade e da capacidade infectiva de nematoides após a exposição ao produto. A exposição à fluazaindolizina leva os nematoides a apresentarem sintomas adicionais, como o enrolamento do corpo, o formato “J” ou “Z” ou movimento sinusoidal invertido (Fig. 1). Em nematoides moribundos, geralmente observa-se que apenas a região da cauda ou anterior apresentam leve atividade e, em alguns casos, essa atividade

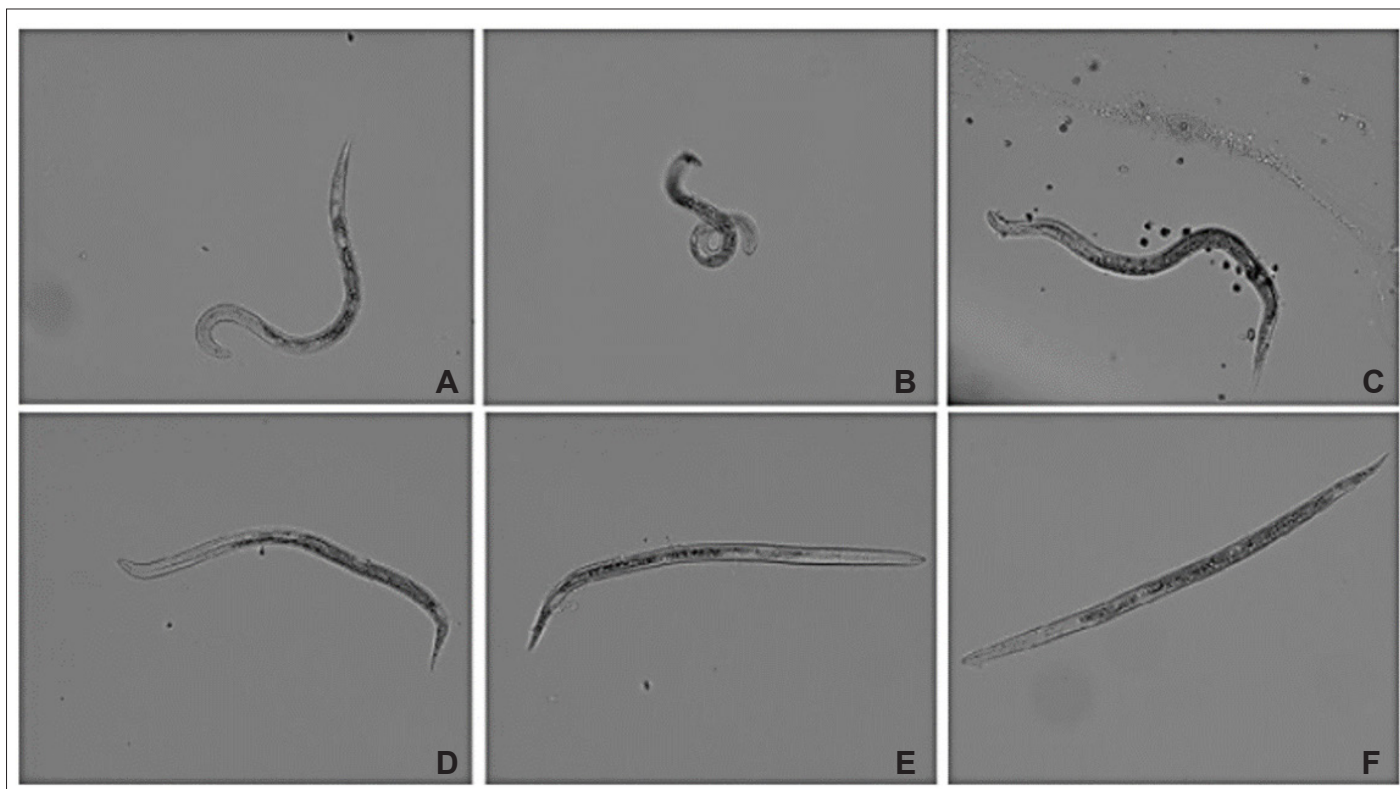
é combinada com alta atividade do estilete (LAHM *et al.*, 2019).

A visualização de seu efeito é mais demorada que a observada para outros nematicidas, chegando até 96 horas para levar à morte juvenis de *M. incognita*, entretanto, seu efeito na redução da capacidade reprodutiva de nematoides é bastante pronunciado (LAHM *et al.*, 2017).

Apresenta modo de ação diferente dos carbamatos e organofosforados (LAHM *et al.*, 2017), uma vez que testes *in vitro* investigaram seus possíveis efeitos na acetilcolinesterase, transporte de elétrons mitocondriais, canais de cloreto bloqueados por glutamato e receptores nicotínicos de acetilcolina e fluazaindolizina não apresentou efeito em nenhum desses alvos testados (LAHM *et al.*, 2019).

Em adição, testes *in vitro* mostraram que fluazaindolizina não apresenta efeitos

Figura 1 - Sintomas de intoxicação causados em juvenis de *Meloidogyne incognita*, em teste *in vitro*, pelo contato com fluazaindolizina



Fonte: Adaptado de Lahm *et al.* (2019).

Nota: A - Nematóide vivo, com movimento sinusoidal normal; B - Nematóide afetado, enrolado; C - Nematóide afetado, em formato “Z”; D - Nematóide afetado, em formato “J” e “Z”; E - Nematóide afetado, em formato “J” (cauda); F - Nematóide morto.

adversos em nematoides bacteriófagos e fungívoros (AMARO, 2019; LAHM *et al.*, 2019) e mesmo em nematoides entomopatogênicos dos gêneros *Steinernema* e *Heterorhabditis* (LAHM *et al.*, 2019), demonstrando que essa molécula é seletiva para nematoides parasitas de plantas.

RESULTADOS EXPERIMENTAIS

No Brasil, as culturas em que mais se utilizam nematicidas são cana-de-açúcar, milho e soja, que respondem por cerca de 90% do mercado de nematicidas químicos no País (FERRAZ; BROWN, 2016). Outras culturas incluem, ainda, banana, algodão, café, batata, cenoura, entre outras de menor impacto neste mercado. Informações mais detalhadas sobre culturas registradas, extensões de uso, doses recomendadas, modos de aplicação e alvos podem ser encontradas no site do MAPA (BRASIL, 2019).

Alguns resultados experimentais e práticos nas condições brasileiras serão relatados a seguir, quanto à eficiência da utilização de nematicidas nas principais culturas.

Soja

A soja é uma das culturas em que a utilização de nematicidas é mais intensa. Segundo Dias (2020), a adoção média de nematicidas em lavouras brasileiras de soja

na safra 2019/2020 foi cerca de 16%, com maior adoção nos estados da Bahia (34%), Mato Grosso (28%), Tocantins (25%) e Maranhão (23%). Desse montante, cerca de 10% da área é tratada com nematicidas químicos, especialmente em tratamento de sementes.

Inúmeros são os resultados encontrados na literatura a respeito do controle de nematoides em soja com os nematicidas químicos citados anteriormente. Vários exemplos de controle de nematoides em soja utilizando-se diferentes nematicidas químicos podem ser encontrados nos Anais dos últimos Congressos Brasileiros de Nematologia¹.

Na cultura da soja, os nematicidas são utilizados principalmente via tratamento de sementes (Fig. 2A), com pouca expressão ainda da utilização em sulco de plantio (Fig. 2B e 2C), pela escassez de produtos disponíveis no mercado com essa característica. Essa forma de controle protege o sistema radicular nos estádios iniciais de desenvolvimento, impedindo a penetração de nematoides, o que resulta em maior vigor das plantas e permite o estabelecimento de um potencial produtivo mais elevado. Além disso, não é específico, podendo reduzir as populações das principais espécies que ocorrem na cultura. Entretanto, não deve ser utilizado como única ferramenta

para o manejo, especialmente sob altas infestações.

Milho

Apesar de ser considerada uma cultura tolerante ao ataque de nematoides, ou seja, não apresentar danos significativos de produção mesmo em áreas severamente infestadas, com poucas exceções, o milho é uma planta suscetível à maioria dos nematoides que fazem parte do sistema produtivo em que a soja é a cultura principal. Incrementos populacionais são esperados com o cultivo do milho, caso o híbrido não apresente resistência aos nematoides. O uso de nematicidas na cultura do milho, portanto, apesar de ainda não amplamente adotado, deve fazer parte do planejamento do manejo integrado de nematoides no sistema produtivo.

Bicalho (2019), em estudo em que se avaliou o tratamento de sementes de milho e soja com nematicidas químicos e biológicos no sistema de sucessão para controle de *P. brachyurus*, demonstrou que os efeitos do tratamento nematicida no consórcio milho-braquiária são evidentes também na cultura da soja. Portanto, apesar de as perdas na cultura do milho, em muitos casos, não justificar por si só o controle do nematoide (SILVA *et al.*, 2001), a redução do inóculo para a soja cultivada em

Figura 2 - Tecnologias de aplicação de nematicidas



Fonte: (B e C) Machado (2016).

Nota: A - Tratamento de sementes; B - Pulverização no sulco de plantio; C - Aplicação no sulco de plantio via jato dirigido.

¹ <http://nematologia.com.br/files/uploads/2015/06/anaiscbn32.pdf> e <http://www.infobibos.com/anais/cbn/35/>.

sucessão pode ser uma ferramenta viável para o manejo de *P. brachyurus* e de outras espécies. Além disso, Bicalho (2019) mostrou que a combinação da aplicação de nematicidas nas culturas do milho e da soja reforça os efeitos dos produtos e aumenta a viabilidade do cultivo da soja em áreas infestadas.

Algodão

A cultura do algodão representa um importante mercado para os nematicidas no Brasil, especialmente para o manejo de *M. incognita* e *R. reniformis*. Em condições de campo, em áreas severamente infestadas por *M. incognita*, o controle químico tem potencial de recuperar até 25 arrobas/ha (MACHADO, 2016). Machado (2016) apresenta vários exemplos sobre o controle de nematoides em algodão com nematicidas químicos, como a redução populacional de *M. incognita* com a aplicação de terbufós, aldicarbe e carbofurano, ou de *R. reniformis* com a aplicação de cadusafós, em que o controle do nematoide resultou em incremento de mais de 60 arrobas/ha na cultivar DP 555BGRR no

estado do Mato Grosso. Comparando-se a aplicação de terbufós, aldicarbe e abamectina em área infestada por *R. reniformis* no estado do Mato Grosso do Sul, terbufós foi considerado o melhor tratamento para redução populacional do nematoide e para incrementos na produção de algodão em caroço. Além disso, fluopiram apresentou bom nível de controle de *M. incognita* em algodão, utilizado via tratamento de sementes, em experimento conduzido em casa de vegetação, com significativa redução do número de galhas no sistema radicular, inclusive em avaliação tardia (Fig. 3).

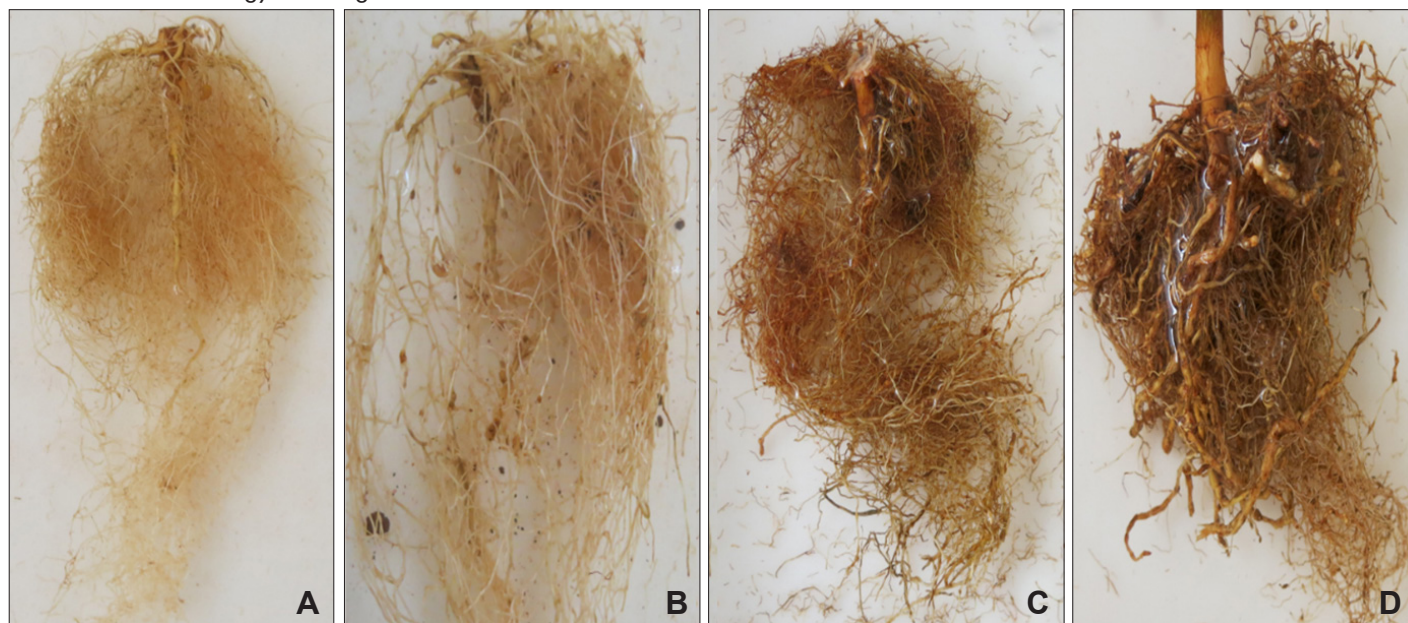
Apesar dos resultados positivos de manejo de nematoides em algodão, pesquisas experimentais em campo realizadas pela Fundação MT mostram que a associação do controle químico com a utilização de plantas de cobertura vegetal ou adubação verde, resistentes ao nematoide presente na área, resultam em maiores retornos em produtividade, podendo ser uma opção em condições edafoclimáticas menos favoráveis à utilização de nematicidas isoladamente.

Cana-de-açúcar

Na cultura da cana-de-açúcar, os nematicidas são utilizados geralmente na ocasião do plantio da cana ou na soqueira após a colheita, no máximo até 60 dias após o corte. Segundo Oliveira e Kubo (2007), para que a eficiência seja mais bem visualizada, deve-se levar em consideração a solubilidade do nematicida e a época de aplicação. Esses autores relatam que nematicidas com solubilidade acima de 2000 ppm apresentam melhor eficiência quando utilizados em cana-soca, nos meses de abril a setembro no Sudeste brasileiro, com menor pluviosidade. Caso os nematicidas apresentem solubilidade inferior a 100 ppm, a eficiência é otimizada na aplicação nas soqueiras, no período de outubro a março na Região Sudeste, quando ocorrem maiores pluviosidades. Para nematicidas com solubilidade intermediária entre esses valores, esses autores recomendam a aplicação nos meses de setembro a abril.

Resultados sobre a eficiência de controle de nematoides em cana-de-açúcar

Figura 3 - Efeito da aplicação de fluopiram via tratamento de sementes na cultura do algodão, para controle de *Meloidogyne incognita*



Nota: A - Raízes com tratamento aos 45 dias após a inoculação; B - Raízes sem tratamento aos 45 dias após a inoculação; C - Raízes com tratamento aos 93 dias após a inoculação; D - Raízes sem tratamento aos 93 dias após a inoculação.

das novas moléculas nematicidas podem ser encontrados nos Anais dos últimos Congressos Brasileiros de Nematologia², especialmente para fluazaindoline e fluensulfone.

Café

Os nematicidas devem ser aplicados no início da estação chuvosa, quando o sistema radicular entra em franca absorção de água e nutrientes pela emissão de radicelas. Assim, a eficiência do produto aumentará, coincidindo também com as melhores condições de temperatura e umidade para a eclosão de juvenis no solo, já que estes são mais sensíveis à ação do nematicida (MARCUSO *et al.*, 2000). Entretanto, em lavouras adultas, as raízes dos cafeeiros já podem estar muito comprometidas para voltarem a produzir normalmente, sendo impraticável, sob o ponto de vista econômico, realizar somente aplicações

de nematicidas para controlar os nematoides. Jaehn (1984) mostrou que, apesar da redução de *M. incognita* em plantas de café pela aplicação de nematicidas, as plantas não têm capacidade para recuperar o vigor, e a produtividade não chega a um nível satisfatório.

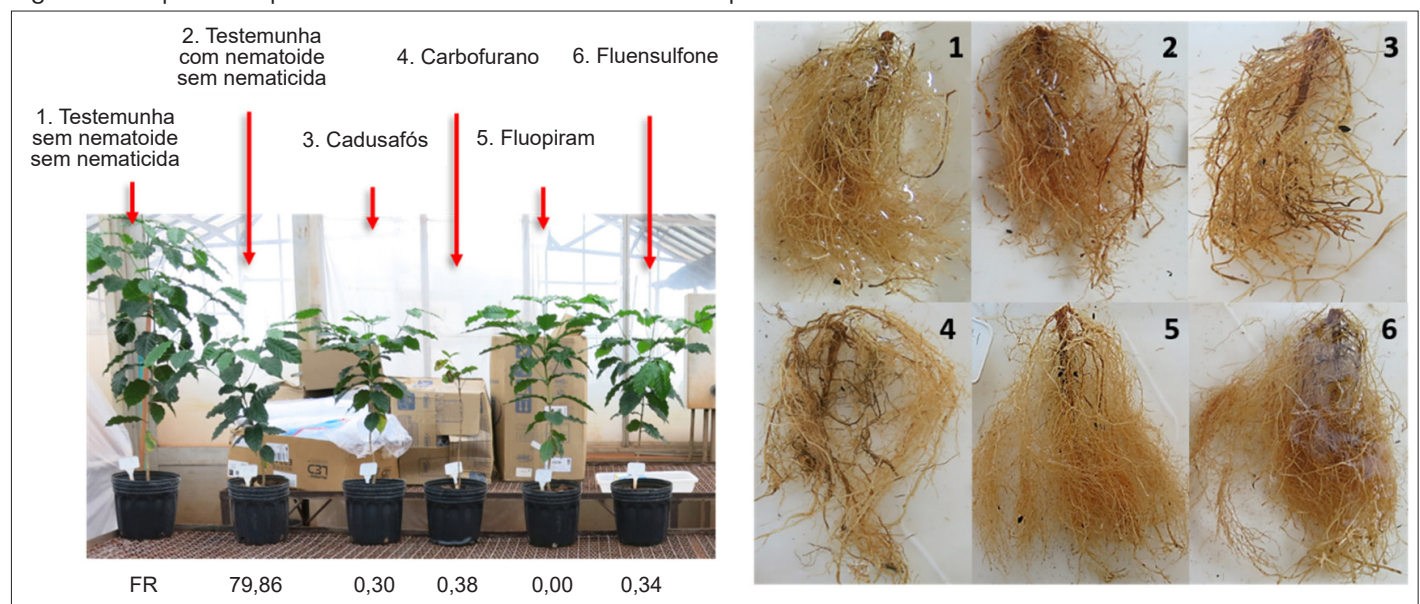
Arita, Silva e Machado (2020) obtiveram resultados bastante promissores com a aplicação de fluensulfone e fluopiram em plantas de café infestadas por *M. paranaensis*, tanto quando os produtos foram aplicados no sulco de plantio quanto na aplicação realizada 60 dias após a inoculação. Ambos os nematicidas proporcionaram as maiores reduções da população do nematoide, em comparação com nematicidas biológicos e químicos testados (carbofurano e cadusafós). Além disso, Arita, Silva e Machado (2020) relataram elevada fitotoxidez nas plantas de café tratadas com carbofurano e cadusafós, mesmo na

dose recomendada pelos fabricantes, o que pode levar a quedas de produção e menor viabilidade da cultura, com falhas de estande e plantas subdesenvolvidas (Fig. 4).

Corte, Farias e Benetti (2015) avaliaram a eficiência de fluensulfone no controle de *M. exigua* em cafeeiros, em condições de campo. O produto foi aplicado sob faixa lateral de 0,5 m e em “drench”, nos dois lados da planta, e os melhores resultados foram observados nas maiores doses de fluensulfone (720 e 960 g de i.a.³/ha) aplicadas em faixa lateral, provavelmente por melhor cobertura do alvo. O controle do nematoide também proporcionou melhor enfolhamento da cultura, segundo Corte, Farias e Benetti (2015).

É prática comum entre os cafeicultores, ainda, a aplicação de abamectina em calda por “drench”⁴ apesar de não haver comprovação de sua eficiência em cafeeiros infestados. No trabalho realizado por Arita,

Figura 4 - Aspecto de plantas de café cultivar Mundo Novo – parte aérea e raízes



Nota: Inoculadas com *Meloidogyne paranaensis* e tratadas com diferentes nematicidas químicos, aos 150 dias após a inoculação.

FR - Fator de reprodução do nematoide em cada tratamento.

² <http://nematologia.com.br/files/uploads/2015/06/anaiscbn32.pdf> e <http://www.infobibos.com/anais/cbn/35/>.

³ i.a. - ingrediente ativo.

⁴ Informação concedida em janeiro de 2020, por Francisco Marega Spanhol, consultor agrícola especializado na cultura do café e que atua na região do Sul de Minas.

Silva e Machado (2020), a abamectina demonstrou efeito na redução populacional de *M. paranaensis*, especialmente quando a aplicação foi realizada no momento do transplante. Entretanto, sua eficiência de controle foi inferior àquela proporcionada por fluensulfone e fluopiram.

Banana

Os nematicidas químicos são tradicionalmente a principal prática de controle de nematoides em bananeira. A aplicação de nematicidas tem sido mais frequente em plantações comerciais mais antigas. Atualmente, apenas três produtos (fostiazato, terbufós e fenamifós) estão registrados no Brasil para utilização na cultura da bananeira (BRASIL, 2020), que são eficientes no controle de nematoides. Segundo Jaramillo *et al.* (2019), quando as bananeiras foram tratadas com diferentes nematicidas rotacionados, duas vezes por ano, incluindo terbufós, fluopiram e cadusafós, houve redução significativa das populações de *Radopholus similis* (20% a 49%) e *Helicotylenchus* spp. (31% a 51%) e aumento dos lucros, aos 12 e 24 meses após a aplicação dos nematicidas.

Salguero *et al.* (2016), ao realizarem três aplicações por ano dos nematicidas fenamifós, ethoprofós e oxamyl, com intervalo de 4 meses, observaram eficácia de controle de *R. similis* (42,4% a 53%) e *Helicotylenchus* spp. (48%) em bananeiras, com incrementos de produção pela aplicação dos nematicidas. Assim como os nematicidas citados, fostiazato também apresentou eficiência no controle de nematoides em bananeira, sendo tão eficaz quanto os padrões nematicidas utilizados (cadusafós, aldicarbe e fenamifós), segundo Chabrier, Hubervic e Quénéhervé (2002). Os tratamentos com fostiazato aumentaram, ainda, o rendimento da bananeira em até 35%, em comparação com as parcelas de controle, evitando o tombamento. Chabrier, Hubervic e Quénéhervé (2002) alertam para o

fato de que o tratamento nematicida nem sempre se reflete em maior produtividade já no primeiro ano de produção após a aplicação, mas que geralmente é observado somente a partir do segundo ciclo de produção.

Outras culturas

Fluensulfone foi avaliado em uma série de culturas ao longo dos últimos anos e os resultados de controle de *Meloidogyne* spp. e *Pratylenchus* spp. são bastante promissores. Vários exemplos podem ser obtidos nos Anais do XXXII Congresso Brasileiro de Nematologia⁵, citando alguns trabalhos que mostram a eficiência de fluensulfone no controle de *M. enterolobii* em goiabeira e de *M. incognita* em pimenta-do-reino, além de *M. javanica* na cultura do pepino, *Tylenchulus semipenetrans* na cultura dos citros, *M. javanica* na cultura do pimentão, da beterraba e da cenoura, *P. brachyurus* na cultura da batata, e *M. javanica* na cultura do tomate. Gonçalves Júnior *et al.* (2013) demonstraram também a eficácia da abamectina no controle de *P. brachyurus*, *M. incognita* e *M. javanica* via tratamento de sementes em feijão.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Vários nematicidas químicos estão disponíveis no mercado brasileiro, com diferentes modos de ação, para diferentes alvos e culturas, com diferentes custos e modalidades de aplicação e com eficiências variáveis. Cabe ao produtor escolher aquele que melhor se enquadre em sua realidade, seja financeira, seja pelas condições edafoclimáticas de sua região.

Além disso, assim como para as demais pragas e doenças, é importante que o produtor escolha produtos registrados para o alvo biológico e para a cultura, já que, além dos outros problemas, um nematicida não registrado para determinada cultura pode causar elevada fitotoxidez, levando a um custo elevado sem que haja retorno

econômico. É importante também que a dose recomendada seja utilizada, mesmo que isso implique em maior custo; essa é uma prática comum, especialmente para os nematicidas que não são disponibilizados exclusivamente por tratamento industrial de sementes, objetivando-se a redução dos custos, já que muitos nematicidas são onerosos principalmente aos pequenos produtores.

Nesse sentido, sabe-se que o controle de nematoides por nematicidas químicos é mais efetivo quando a dose letal do produto consegue se manter estável e viável no solo por maior período. Entretanto, muitos fatores podem afetar a movimentação e retenção dos nematicidas no solo, como por exemplo o tipo de solo, a afinidade que a molécula nematicida apresenta com a matéria orgânica (MO) presente no solo, a própria mobilidade do nematicida, a quantidade de água utilizada para preparo da calda, a velocidade com que as moléculas são degradadas por microrganismos e a meia-vida do nematicida no solo (NOLING, 2021). Todas essas variáveis podem interferir negativamente no controle de nematoides, fazendo com que, muitas vezes, apenas doses subletais entrem efetivamente em contato com os nematoides no solo, o que explica boa parte dos resultados discrepantes que são encontrados na literatura a respeito de controle químico de nematoides em condições de campo. Além da menor eficiência de controle, a exposição a doses subletais pode levar à seleção de indivíduos resistentes à molécula, limitando ainda mais as opções de manejo disponíveis aos agricultores.

Outra questão frequentemente levantada por produtores é: qual é a melhor opção para utilizar em minha lavoura? Essa é uma pergunta difícil de ser respondida, já que nematicidas que apresentam bom desempenho em determinada condição edafoclimática, podem não surtir o mesmo efeito em condições um pouco diferentes, por todas

⁵ <http://nematologia.com.br/files/uploads/2015/06/anaisc32.pdf>.

as razões já discutidas neste artigo. Por esse motivo, é importante a escolha com base em resultados de pesquisa em cada região de cultivo e na experiência de técnicos e pesquisadores da área.

Além disso, os nematicidas químicos não são isoladamente a solução para os problemas nematológicos das lavouras, mesmo que demonstrem elevada eficiência de controle em condições experimentais. Na lavoura, múltiplas gerações dos nematoides ocorrem e, mesmo com bons níveis de controle iniciais, a pequena porcentagem de população que permanece viável no solo pode ser responsável por elevados incrementos até o final do ciclo de produção. Não devemos esquecer que uma única fêmea de nematoide pode gerar de 200 a 300 ovos, podendo chegar a 2.000 ovos em condições ideais para seu desenvolvimento (FERRAZ; BROWN, 2016). Portanto, a adoção de cultivares ou híbridos resistentes, quando houver disponibilidade, é essencial para a obtenção de maiores reduções populacionais na lavoura. Em adição, o uso de plantas de cobertura ou adubação verde resistentes aos nematoides, em rotação ou consorciação de culturas, é prática imprescindível para o sucesso no manejo. Além do controle de nematoides, tais plantas promovem a melhoria das condições físicas, químicas e biológicas do solo, o que favorece o desenvolvimento da cultura principal, mesmo com a presença de nematoides.

REFERÊNCIAS

AMARO, P.M. **Efeito de práticas de manejo em comunidades de nematoides em áreas agrícolas e em testes in vitro**. 2019. 107f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Conservacionista) – Instituto Agrônomo do Paraná, Londrina, 2019. Disponível em: https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=7585991#. Acesso em: 14 jul. 2020.

ARITA, L.Y.; SILVA, S.A. da; MACHADO, A.C.Z. Efficacy of chemical and biological nematicides in the management of *Meloidogyne paranaensis* in *Coffea arabica*. **Crop Protection**, Nebraska, v.131, p.105099, May 2020.

BICALHO, A.C.G. **Pratylenchus brachyurus na soja em sucessão ao consórcio milho-braquiária**. 2019. 125f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2019. Disponível em: <http://www.bibliotecadigital.uel.br/document/?view=vtls000226696>. Acesso em: 14 jul. 2020.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **AGROFIT**. Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários. Brasília, DF: MAPA, 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/agrotoxicos/agrofit>. Acesso em: 27 ago. 2020.

CHABRIER, C.; HUBERVIC, J.; QUÉNÉHERVÉ, P. Evaluation of fosthiazate (Nemathorin® 10G) for the control of nematodes in banana fields in Martinique. **Nematropica**, Florida, v.32, n.2, p.137-147, Dec. 2002.

CORTE, G.D.; FARIAS, D.S.; BENETTI, E. Avaliação do nematicida fluensulfone 480 EC no controle de *Meloidogyne exigua* em café. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 41., 2015, Poços de Caldas. **Anais [...]**. Trabalhos. Poços de Caldas: Embrapa Café, 2015. p.233-234. Tema: Com mais tecnologia, o melhor café se aprecia. Disponível em: http://www.sbicafe.ufv.br/bitstream/handle/123456789/7605/316_41-CBPC-2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 14 jul. 2020.

DIAS, A. Bond between soy bean and biological products, nematicides grown in Brasil. **Agropages**. 2020 Latin America Focus, June 2020. Disponível em: <http://www.agropages.com/magazine/detail-254.htm>. Acesso em: 5 maio 2021.

EBONE, L.A.; KOVALESKI, M.; DEUNER, C.C. Nematicides: history, mode, and mechanism action. **Plant Science Today**, Egypt, v.6, n.2, p.91-97, 2019.

FERRAZ, L.C.C.B.; BROWN, D.J.F. (org.). **Nematologia de plantas: fundamentos e importância**. Campos dos Goytacazes: SBN, 2016. 250p.

GONÇALVES JÚNIOR, D. *et al.* Tratamento de sementes de feijoeiro no controle de *Pratylenchus brachyurus*, *Meloidogyne incognita* e *M. javanica*. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v.37, n.3/4, p.53-56, set./dez. 2013.

JAEHN, A. Recuperação de lavoura cafeeira recepada com utilização de *Crotalaria*

spectabilis, torta de mamona e inseticidas, em área infestada por *Meloidogyne incognita*. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v.8, p.257-264, 1984. Trabalhos apresentados à VIII Reunião Brasileira de Nematologia.

JARAMILLO, J. *et al.* Effect of nematicide rotation on banana (*Musa* AAA cv. Williams) root nematode control and crop yield. **Agronomía Colombiana**, v.37, n.2, p.153-165, 2019.

KEARN, J. *et al.* Fluensulfone is a nematicide with mode of action distinct from anticholinesterases and macrocyclic lactones. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, Massachusetts, v.109, p.44-57, Feb. 2014.

LAHM, G.P. *et al.* Fluazaindolizine: a new active ingredient for the control of plant-parasitic nematodes. In: JESCHKE, P. *et al.* **Modern crop protection compounds**. Weinheim, Germany: Wiley-VCH Verlag, 2019. cap.37.4, p.1643-1653.

LAHM, G.P. *et al.* The discovery of fluazaindolizine: a new product for the control of plant parasitic nematodes. **Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters**, Florida, v.27, n.7, p.1572-1575, Apr. 2017.

MACHADO, A.C.Z. Controle químico. In: GALBIERI, R.; BELOT, J.L. (ed.). **Nematoides fitoparasitas do algodoeiro nos Cerrados brasileiros: biologia e medidas de controle**. Cuiabá: IMAmt, 2016. cap.9, p.313-339. (IMAmt. Boletim de P&D, n. 3).

MACHADO, A.C.Z. Praga custa R\$ 35 bilhões ao agronegócio brasileiro. **Revista Agrícola**, v.24, p.12-13, nov. 2015.

MAIENFISH, P.; LOISELEUR, O.; SLAATS, B. Recent nematicides. In: JESCHKE, P. *et al.* **Modern crop protection compounds**. Weinheim, Germany: Wiley-VCH Verlag, 2019. cap.37.1, p.1585-1614.

MARCUZZO, K.V. *et al.* Uso de nematicidas no controle de *Meloidogyne incognita* e *M. exigua* em cafeeiro, no município de Indaiatuba, MG. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 1., 2000, Poços de Caldas. **Anais [...]**. Resumos expandidos. Poços de Caldas: Embrapa Café/Minasplan, 2000. p.260-263.

NOLING, J.W. **Movement and toxicity of nematicides in the plant root zone**. Gainesville: University of Florida, 2021. (UF/IFAS Extension). Disponível em: <http://edis.ifas.ufl.edu/ng002>. Acesso em: 14 jul. 2020.

OLIVEIRA, C.M.G.; KUBO, R.K. Nematoides parasitos da cana. *In*: CURSO SOBRE NEMATOIDES PARASITOS DA CANA, 2007, Campinas. [Apostila...]. Campinas: Instituto Biológico, 2007. p.1-19.

SALGUERO, D. *et al.* Effect of different nematicide applications per year on banana (*Musa AAA*) root nematode control and crop yield. **Journal of Applied Biosciences**, v.101, p.9598-9609, 2016.

SILVA, J.F.V. *et al.* **Produção de grãos em ambientes com nematoides de galhas**. Londrina: Embrapa Soja, 2001. 15p. (Embrapa Soja. Documentos, n. 168).

SPURR JUNIOR, H.W. Mode of action of nematicides. *In*: SASSER, J.N.; CARTER, C.C. (ed.). **An advanced treatise on *Meloidogyne*: biology and control**. Raleigh: North Carolina State University Graphics, 1985. Part 5, cap.23, p.269-276.

WRAM, C.L.; ZASADA, I.A. Short-term effects of sublethal doses of nematicides on *Meloidogyne incognita*. **Phytopathology**, Georgia, v.109, n.9, p.1605-1613, Sept. 2019.

WRIGHT, D.J. *et al.* Efficacy of avermectins against a plant parasitic nematode. **Annals of Applied Biology**, Great Britain, v.103, n.3, p.465-470, Dec. 1983.

Boletim Técnico aborda nematoides no cafeeiro



O Boletim Técnico *Nematoides parasitas do cafeeiro: aspectos gerais e controle* visa difundir o conhecimento sobre estes parasitas do cafeeiro, a fim de orientar os produtores da necessidade do monitoramento desta praga, com informações sobre danos causados, disseminação dos nematoides, procedimentos para coleta de amostras, ações preventivas e de manejo e controle da doença na lavoura cafeeira, entre outras, contribuindo para a sustentabilidade e manutenção da qualidade e produtividade dos cafeeiros nas áreas infestadas.

Livraria EPAMIG

www.livrariaepamig.com.br

Tel.: (31) 3489-5002

e-mail: livraria@epamig.br



EPAMIG

AGRICULTURA,
PECUÁRIA E
ABASTECIMENTO



MINAS
GERAIS

GOVERNO
DIFERENTE.
ESTADO
EFICIENTE.

Herbicidas

Núbia Maria Correia¹

Resumo - Herbicidas são produtos químicos que, se usados em concentrações adequadas, controlam as plantas daninhas, sem ocasionar prejuízos à cultura. No entanto, a sua adoção deve ser racional e equilibrada, para que não ocorra seleção de plantas daninhas resistentes ou poluição ambiental (contaminação do solo, da água ou do ar). Por isso, é necessário conhecer aspectos técnicos relacionados com os herbicidas, como as principais classificações, interação herbicida-planta, quanto à absorção, translocação, seletividade e mecanismo de ação; resistência de plantas daninhas e comportamento no ambiente. A aplicação de herbicidas na agricultura moderna é algo imprescindível, em decorrência da facilidade, baixo custo e menor dependência de mão de obra, comparado aos demais métodos de controle, como a capina. Porém, esses produtos devem ser complementares a outras estratégias de manejo e não únicos e exclusivos nos sistemas de produção. Como exemplo da integração de métodos, tem-se o manejo adotado em alguns pomares citrícolas, onde é feito o cultivo de espécies forrageiras nas entrelinhas dos citros e o tamanho das plantas manejado com roçadeira, associado à aplicação localizada e protegida de herbicidas apenas na linha da cultura.

Palavras-chave: Controle químico. Planta daninha. Matologia. Resistência. Seletividade.

Herbicidas

Abstract - Herbicides are chemicals that are used in appropriate concentrations to control weeds without causing damage to the crop. However, its adoption must be rational and balanced, so that there is no selection of resistant weeds or environmental pollution (contamination of soil, water or air). Therefore, in this work, technical aspects related to herbicides were presented, such as the main classifications, herbicide - plant interaction, regarding absorption, translocation, selectivity and mechanism of action; weed resistance and behavior in the environment. The objective was to show useful and basic information, but of great applicability in the field, by understanding the dynamics of products in the plant and in the environment, using simple and easy to understand language. The application of herbicides in modern agriculture is essential, due to the ease, lower cost and employee dependency, compared to other control methods, such as hoeing. However, these products must be complementary to other management strategies and not unique and exclusive in production systems. As an example of the integration of methods, there is the management adopted in some citrus groves, where the cultivation of forage species is carried out between the lines of the citrus, and the size of the plants managed with a brushcutter, associated with the localized and protected application of herbicides only in culture line.

Keywords: Chemical control. Plant out of place. Resistance. Selectivity. Weeds.

INTRODUÇÃO

Herbicida é um produto químico que em concentrações convenientes tem a finalidade de inibir o desenvolvimento ou provocar a morte das plantas daninhas. Esses produtos exigem cuidados especiais na manipulação e aplicação. Para muitos trata-se de mais um defensivo agrícola, agrotóxico ou veneno a ser colocado no tanque do pulverizador e aplicar. Porém, não é tão simples assim. Os herbicidas

em dosagens adequadas controlam um grupo de espécies, preservando a cultura de interesse. No entanto, se não forem respeitados os limites de doses ou as épocas de aplicação recomendadas, esses herbicidas poderão matar ou causar danos irreversíveis de produtividade à cultura. A etimologia da palavra é clara: *herbi* = planta, *cida* = mata, mata planta.

Planta daninha é um termo agrônômico e leva em consideração os danos (diretos e

indiretos) causados às culturas agrícolas ou alguma outra atividade econômica. Trata-se de uma planta que naquele determinado momento está indo contra os interesses do homem, de forma direta ou indireta. As plantas daninhas interferem nas culturas agrícolas, tanto pela competição por água, nutrientes, luz e espaço como pela eliminação de substâncias químicas, os aleloquímicos, que podem comprometer o desenvolvimento das plantas. Além dos

¹ Eng. Agrônoma, D.Sc., Pesq. EMBRAPA Cerrados, Brasília, DF, nubia.correia@embrapa.br.

danos diretos causados às culturas, como perdas na produção e qualidade do produto colhido, as plantas daninhas servem como hospedeiras alternativas de pragas, doenças e nematoides.

Qualquer espécie pode ser daninha, dependendo do momento e do local de ocorrência. Assim, plantas de milho (do cultivo anterior) infestando a cultura da soja são consideradas daninhas, conhecidas popularmente como planta voluntária, tiguera, resteva, etc. Mas, é claro, têm-se as plantas daninhas verdadeiras, que não foram melhoradas geneticamente e sobrevivem em condições adversas, como tiririca (*Cyperus rotundus*), picão-preto (*Bidens pilosa*), maria-pretinha (*Solanum americanum*), etc.

O conhecimento da morfologia, fisiologia e ecologia da planta daninha é importante para a escolha da melhor estratégia de controle. Por exemplo, o controle de plantas com estruturas de reprodução vegetativa, como rizomas, estolões ou tubérculos, inviabiliza o uso de herbicidas pouco móveis ou imóveis na planta (de contato), pois não há o transporte do herbicida até essas estruturas. Além disso, o corte da parte aérea de algumas espécies eudicotiledôneas, como guaxuma (*Sida* spp.) e buva (*Conyza* spp.), deve ser feito rente à base da planta, para desfavorecer a rebrota, porque a ramificação lateral é mais difícil de ser controlada pelos herbicidas.

CLASSIFICAÇÃO DOS HERBICIDAS

Época de aplicação

Os herbicidas podem ser aplicados antes ou após a emergência das plantas daninhas no campo. Nas aplicações em pós-emergência, a planta daninha já emergiu na superfície do solo, então, o alvo da pulverização é a planta. Quando a emergência ainda não ocorreu, o alvo é o solo e a aplicação é feita em pré-emergência, ou seja, antes da emergência da planta no solo. Nesse caso, quando a semente da planta daninha iniciar o processo de germinação (no solo), a radícula e o caulículo serão emitidos,

e absorverão o herbicida que atingiu o solo. Ressalta-se que os herbicidas não possuem ação em sementes dormentes e quiescentes, apenas naquelas que iniciarão o processo de germinação.

As sementes dormentes, de forma geral, são sementes viáveis (vivas) no solo, que não iniciam o processo germinativo por algum fator interno, inerente à própria semente. Já as sementes quiescentes são aquelas que estão viáveis no solo, mas não iniciam a germinação em função de algum fator externo (do ambiente) inadequado, como falta de água, temperatura e concentrações de dióxido de carbono (CO₂)/oxigênio (O₂) do solo não ideais, etc.

A escolha da dosagem do herbicida aplicado em pós-emergência é feita em função das espécies presentes no local e do estágio de desenvolvimento das plantas, o que justifica os intervalos de dosagens apresentados nas bulas dos produtos. Para os herbicidas residuais, aplicados em pré-emergência, o critério, além do histórico de infestação, refere-se à textura e ao teor de matéria orgânica (MO) do solo. Geralmente, dependendo do caráter químico da molécula, solos de textura argilosa (maior superfície de retenção) e/ou com alto teor de MO necessitam de maior dosagem do herbicida.

O tipo de argila é mais importante do que a sua quantidade no solo, porém, as informações de dosagem são dadas em função apenas da textura e do teor de MO, não levando em consideração o material de origem do solo. O uso correto das dosagens dos herbicidas utilizados em pré ou pós-emergência é de grande importância para o sucesso do controle das plantas daninhas.

Os herbicidas devem ser aplicados quando as condições edafoclimáticas forem adequadas, como alta umidade relativa (UR) do ar (no mínimo 55%), temperatura do ar menor que 30 °C, velocidade do vento de 3 a 10 km/h, com possibilidade de aumentar o intervalo dependendo da ponta de pulverização utilizada e, principalmente, umidade do solo. Quando aplicados em pós-emergência, a umidade favorece a absorção e a translocação do herbicida e,

consequentemente, a sua ação na planta. Para os herbicidas com ação de solo (residual), a umidade é importante, pois favorece a sua distribuição na solução do solo e/ou retenção aos colóides minerais e orgânicos, além de favorecer sua absorção pelas raízes e translocação pelo xilema da planta.

Espectro de controle

Quanto ao espectro de controle, os herbicidas podem ser classificados como de amplo espectro, graminicidas ou latifoliadicidas. O primeiro refere-se aos produtos que controlam grande diversidade de espécies, incluindo monocotiledôneas e eudicotiledôneas (ex.: glyphosate, amônio-glufosinato, etc.). Já os graminicidas controlam espécies da família Poaceae, as gramíneas, com exclusividade (ex.: clethodim, fluzifop-p-butyl, haloxyfop-methyl, etc.) ou não (ex.: s-metolachlor, trifluralin, etc.). Nesse caso, predomina o controle de gramíneas, mas também ocorre o controle de algumas dicotiledôneas e até outras monocotiledôneas, como traçoeraba (*Commelina benghalensis*), para o s-metolachlor. Para os latifoliadicidas ou latifolicidas, como são conhecidos no campo, predomina o controle das plantas daninhas de “folhas largas”, que inclui espécies da classe eudicotiledônea, podendo ainda controlar algumas monocotiledôneas (ex.: atrazine, mesotrione, etc.).

Seletivos e não seletivos

Os herbicidas podem ser classificados em seletivos e não seletivos. Os herbicidas seletivos (ex.: atrazine para milho, metribuzin para tomate, etc.) podem ser pulverizados nas culturas indicadas sem causar danos à produção, desde que respeitado o limite de dosagens indicado na bula e a época de aplicação. Já os herbicidas não seletivos (ex.: glyphosate e diquat) não podem ser aplicados diretamente em nenhuma cultura após a sua emergência no campo, pois ocasionarão a mortalidade das plantas, com exceção dos cultivos transgênicos tolerantes ao glyphosate.

Translocação

Após a absorção, os herbicidas podem translocar a longas distâncias na planta, com movimentação pelo xilema (translocação apoplástica), floema (translocação simplástica) ou xilema e floema (translocação apossimplástica). Em todas as situações a umidade do solo é imprescindível para boa translocação na planta. Por outro lado, há os herbicidas de curta mobilidade ou imóveis na planta, que permanecem quase no mesmo local da sua absorção.

Os herbicidas imóveis, no campo, são conhecidos como herbicidas de contato (ex.: diquat), e precisam de boa cobertura da planta pela aplicação. Boa cobertura significa que toda a planta precisa receber as gotas da pulverização, para que não ocorra rebrota de alguma parte da planta que ficou sem produto. Por isso, o volume de calda da aplicação deve ser adequado (maior que 150 L/ha), as gotas finas e, se indicado pelo fabricante, surfatantes (espalhante-adesivo) adicionados à calda.

INTERAÇÃO HERBICIDA-PLANTA

Seletividade

A escolha do tratamento químico (herbicida, associações de produtos, dosagem ou época de aplicação) também deve considerar a sua seletividade para a cultura de interesse econômico. Seletividade é a característica dos herbicidas que possibilita a sua aplicação para o controle de plantas daninhas sem causar danos às culturas (KOGAN ALTERMAN; PÉREZ JONES, 2003). A seletividade não é sempre atribuída ao herbicida em si, mas à dosagem aplicada e ao estágio de desenvolvimento das plantas, embora o solo, o clima, o uso de adjuvantes e o genótipo (híbrido, variedade, clone, etc.) também possam alterar o grau de seletividade.

A variabilidade de resposta entre genótipos da mesma espécie, na maioria das vezes, é explicada pela capacidade diferencial das plantas de alterar ou degradar a estrutura química do herbicida, por meio de reações que resultam em substâncias

não tóxicas, conhecida como seletividade metabólica (OLIVEIRA JÚNIOR; INOUE, 2011).

A seletividade depende de vários fatores, intrínsecos da planta ou externos do ambiente ou técnica de aplicação. Em relação aos fatores intrínsecos, estes estão relacionados com a alteração do sítio de ação, capacidade de metabolização ou desintoxicação, variação nas taxas de absorção e translocação do herbicida na planta, etc. Os fatores externos incluem a aplicação em épocas diferentes (ex.: aplicação de diquat antes da semeadura do feijão), aplicação localizada e protegida (ex.: aplicação de glyphosate em pomares de citros), uso de safener ou protetor na calda de pulverização ou no tratamento de sementes (ex.: tratamento de sementes de algodão com Permit® para promover seletividade ao herbicida clomazone), entre outros.

Em decorrência da manipulação genética, no entanto, criaram-se os organismos geneticamente modificados (transgênicos), que, dependendo da tecnologia e espécie, passaram a ter tolerância a herbicidas não seletivos, como o glyphosate (tecnologia Roundup Ready® - RR). Essa seletividade não é natural (originária da espécie) e, sim, induzida pelo homem na planta. Essa indução ocorre pela introdução de genes de outras espécies, como de bactérias, no caso da tecnologia RR, na espécie vegetal de interesse (KOGAN ALTERMAN; PÉREZ JONES, 2003). Com essa modificação genética, a planta adquire a capacidade de sobreviver à exposição ao herbicida. Por esse motivo, é importante constar nas bulas dos produtos comerciais que a condição de uso é apenas para as cultivares com a referida tecnologia de transgenia.

Absorção e translocação

Quando o herbicida é pulverizado em pós-emergência, primeiramente ocorre o contato da gota com a planta, que fica retida na superfície foliar. Após esse contato, a entrada do herbicida na folha dá-se por difusão através da cutícula, a principal bar-

reira de entrada do herbicida na planta. A cutícula recobre toda a folha, faces adaxial (parte superior) e abaxial (parte inferior), e tem a função de evitar a perda de água para o ambiente.

A cutícula é uma camada cerosa, de natureza lipofílica, que dificulta a entrada de moléculas, sobretudo as de natureza hidrofílicas. Porém, todas as moléculas, independentemente da sua polaridade (afinidade com água ou óleo - molécula polar ou apolar), conseguem atravessar a cutícula, com maior ou menor tempo de absorção. O processo de difusão é facilitado pela umidade do solo e do ar, que deixam a cutícula hidratada, menos lipofílica, com a formação de lamelas ou espaços aquosos, por onde os herbicidas de natureza polar (hidrofílica) se difundem (VIDAL, 2002).

Pouca quantidade do herbicida pulverizado entra na planta via estômato. Os estômatos são estruturas responsáveis pela troca gasosa. Logo, para entrar via estômato, a molécula precisa estar na forma de vapor e coincidir com a abertura do poro estomático.

Depois da travessia pela cutícula, a próxima barreira de entrada do herbicida é a parede celular da epiderme, na sequência a membrana plasmática, e somente após atravessá-la, o herbicida estará no simplasto da planta. A partir da epiderme a molécula alcançará as células dos outros tecidos (parênquima, por exemplo) via plasmodesmas. Plasmodesmas são estruturas que ligam as células, sem a necessidade de atravessar novamente a membrana plasmática e, assim, segue caminho até o seu sítio de ação.

O simplasto inclui organelas, citoplasma, membranas e floema, as partes “vivas” da planta. Já o apoplasto é formado pela cutícula, parede celular, espaços intercelulares e xilema, tidos como partes “não vivas” da planta.

O herbicida pode translocar na planta ou ficar restrito ao local de absorção. Na primeira situação, essa translocação pode ser via xilema, floema ou ambos (xilema e floema).

No xilema, o herbicida acompanha o fluxo de água e sais minerais. Com umidade no solo, as raízes absorvem água e a distribuem pela planta através do xilema. O movimento dá-se por diferença de potencial hídrico entre as células, a partir da perda de água para a atmosfera, em decorrência da evapotranspiração. Esse processo é explicado pela teoria coesão-tensão de ascensão da água (acrescida de íons e moléculas), pois considera as propriedades de coesão da água para suportar as tensões nas colunas de água no xilema (TAIZ; ZEIGER, 2013).

A perda de água para o ambiente cria diferença de pressão até as células das raízes, onde se forma um vácuo que succiona a água e todos os íons e moléculas nesta dissolvidos para o interior das raízes, via pelos radiculares, principalmente.

Na Figura 1, tem-se a representação da translocação dos herbicidas pelo floe-

ma e xilema da planta e sem mobilidade (imóveis).

No caso da movimentação pelo floema, seja simplástica ou apoplástica, o herbicida acompanha o fluxo de fotoassimilados, os açúcares da fotossíntese, conforme as relações de fonte e dreno (demanda). A translocação pelo floema dá-se por fluxo de pressão, ou seja, de um local com alta concentração de fotoassimilados (folhas), para outro com baixa concentração e necessidade de açúcares, como órgãos em crescimento e meristemas. Por isso, não há uma direção específica (ascendente ou descendente), depende do local da fonte e do dreno, e abrange toda a planta.

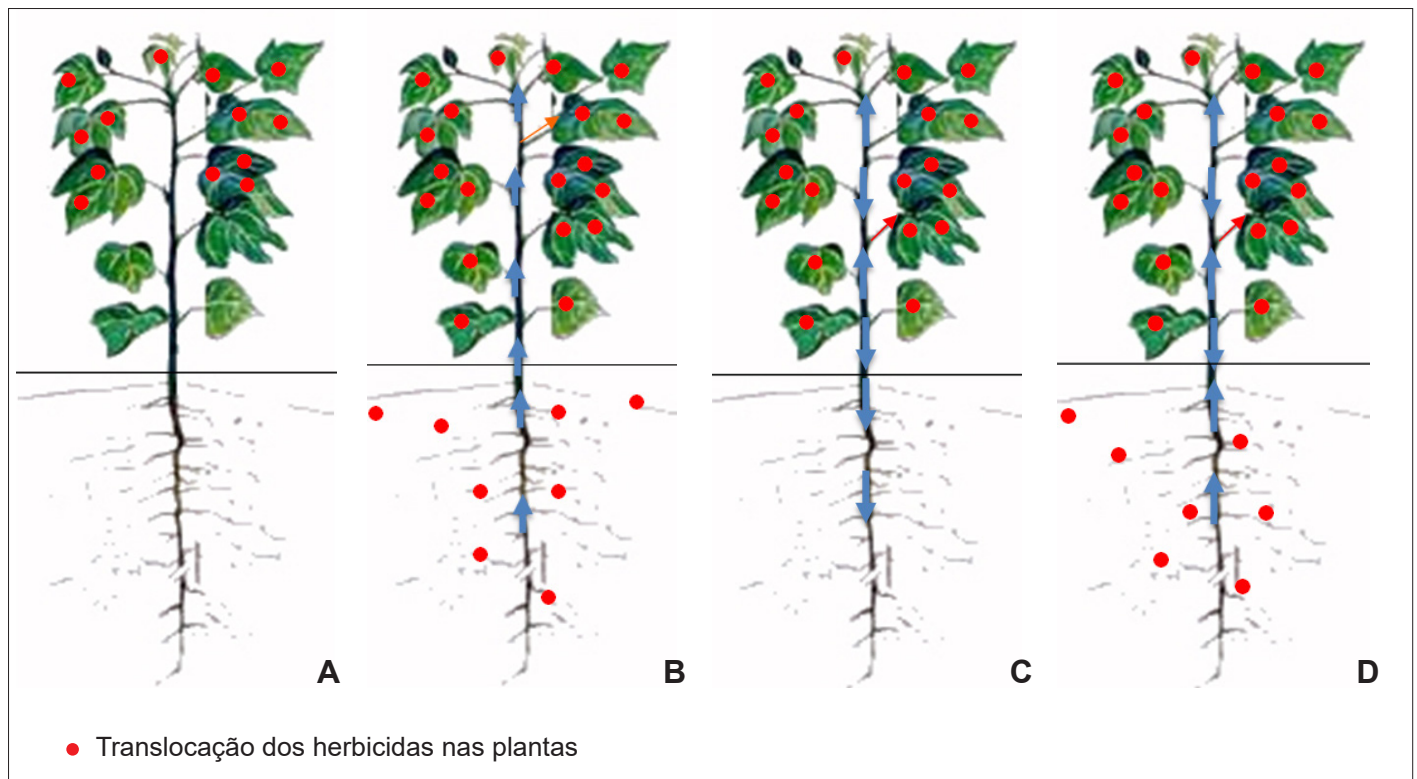
Para que a translocação pelo floema ocorra é importante que a planta esteja em plena atividade fotossintética, com água, temperatura adequada e luz. A intensidade ou quantidade dos fatores relacionados (água, temperatura e luz) é variável e

depende da espécie vegetal, em relação às características do seu metabolismo fotossintético (C3, C4 ou CAM) (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Mecanismo de ação de herbicidas

Mecanismo de ação ou sítio de ação de herbicidas é a primeira reação bioquímica ou biofísica inibida pelo herbicida, que resulta na morte ou ação final do produto. Trata-se da inibição primária (inicial) que desencadeia todos os distúrbios metabólicos na sequência. Modo de ação é a sequência completa de todas as reações que ocorrem desde o contato do herbicida com a planta até a sua morte ou ação final do produto. Portanto, inclui absorção, translocação, mecanismo de ação, todos os outros processos metabólicos inibidos, os primeiros sintomas de fitointoxicação e a morte da planta, se houver.

Figura 1 - Representação da translocação dos herbicidas



Fonte: Elaboração da autora.

Nota: A - Imóvel (ex.: diquat, lactofen, etc.); B - Translocação pelo xilema, com absorção pelas folhas e raízes (ex.: atrazine, metribuzin, etc.); C - Translocação pelo floema, com absorção pelas folhas (ex.: haloxyfop-methyl, glyphosate, etc.); D - Translocação pelo xilema e floema, com absorção pelas folhas e raízes (ex.: mesotrione, chlorimuron-ethyl, etc.).

Como exemplo, tem-se o herbicida glyphosate, que inibe a enzima 5-enolpiruvilshiquimato 3-fosfato sintase (EPSPs), o que resulta na inibição da síntese dos aminoácidos essenciais triptofano, fenilalanina e tirosina, com prejuízos na produção de proteínas, vitaminas (K e E), hormônios (auxinas e etileno),

alcaloides e outros produtos essenciais ao crescimento e desenvolvimento das plantas (KOGAN ALTERMAN; PÉREZ JONES, 2003; RODRIGUES; ALMEIDA, 2018). Portanto, o mecanismo de ação é a inibição da enzima EPSPs e todos os eventos posteriores contemplam o modo de ação.

No Quadro 1 são apresentados os compostos ou processos metabólicos inibidos e o mecanismo de ação dos herbicidas disponíveis no mercado brasileiro, com o grupo químico, exemplos de ingredientes ativos e a classificação pelo Comitê de Ação a Resistência aos Herbicidas (HRAC) global.

Quadro 1 - Compostos ou processos metabólicos inibidos e o mecanismo de ação dos herbicidas disponíveis no mercado brasileiro, com o grupo químico, exemplos de ingredientes ativos e a classificação pelo HRAC⁽¹⁾ (Continua)

Inibição	Mecanismo de ação	Grupo químico	Ingrediente ativo (Exemplos)	Classificação
Síntese de lipídios	Inibição da enzima acetil-CoA carboxilase (ACCase)	Ciclohexanodiona Ariloxifenoxipropionato	Clethodim, sethoxydim Fluazifop-butyl, haloxyfop-methyl	A
Síntese dos aminoácidos valina, leucina e isoleucina	Inibição da enzima acetolactato sintase (ALS) ou acetohidroxiácido sintase (AHAS)	Phenilpirazoline Imidazolinonas Triazolopirimidina Sulfonilureias Pirimidiloxibenzoatos	Pinoxaden Imazapic, imazapyr, imazethapyr Cloransulam-methyl, diclosulam Chlorimuron-ethyl, sulfometuron-methyl Bispyribac-sodium, pyriithiobac-sodium	B
Fotossíntese	Inibição do fotossistema II (FSII) (Peroxidação de lipídios)	Triazina Triazinona Triazolinona Amida Derivados de ureia Benzotiadiazinona Nitrila	Ametryn, atrazine Hexazinone, metamitron, metribuzin Amicarbazone Propanil Diuron, linuron, tebuthiuron Bentazon Ioxynil	C1 C2 C3
Fotossíntese	Inibição do fotossistema I (FSI) (Peroxidação de lipídios)	Bipiridilo	Diquat	D
Síntese de porfirinas	Inibição da enzima protoporfirinogen oxidase (PPO) ou Protox (Peroxidação de lipídios)	Difeniléter Ftalimida Oxadiazole Triazolinona Uracila	Fomesafen, lactofen, oxyfluorfen Flumiclorac-pentyl, flumioxazin Oxadiazon Carfentrazone-ethyl, sulfentrazone Saflufenacil	E
Síntese de carotenoides (formação de radicais livres)	Inibição da enzima p-hidroxifenilpiruvato dioxigenase (HPPD) Inibição da enzima 1-desoxi-d-xilulose 5-fosfato sintase (DOXPs)	Isoxazole Tricetona Isoxazolidinona	Isoxaflutole Mesotrione, tembotrione Clomazone	F2 F4
Síntese dos aminoácido triptofano, fenilalanina e tirosina	Inibição da enzima 5-enolpiruvilshiquimato 3-fosfato sintase (EPSPs)	Derivados da glicina	Glyphosate	G

Quadro 1 - Compostos ou processos metabólicos inibidos e o mecanismo de ação dos herbicidas disponíveis no mercado brasileiro, com o grupo químico, exemplos de ingredientes ativos e a classificação pelo HRAC⁽¹⁾ (Conclusão)

Inibição	Mecanismo de ação	Grupo químico	Ingrediente ativo (Exemplos)	Classificação
Síntese do aminoácido glutamina	Inibição da enzima glutamina sintetase (GS)	Ácidos fosfínicos	Amônio-glufosinato	H
Síntese de ácido fólico	Inibição da diidropteroato sintase (DHP)	Carbamato	Asulam	I
Mitose	Inibição da formação de microtúbulos	Dinitroanilina	Pendimethalin, trifluralin	K1
Síntese de lipídios	Inibição da síntese de ácidos graxos de cadeia longa	Cloroacetamida	Alachlor, s-metolachlor	K3
Síntese de parede celular	Inibição da síntese de celulose	Alquilazina	Indaziflam	L
Auxinas sintéticas	Mimetizador de auxina	Ácido benzoico	Dicamba	O
		Ácido fenoxiacético	2,4-D	
		Ácido piridinocarboxílico	Picloram, aminopyralid	
		Ácido piridiniloxialcanoico	Triclopyr, fluroxypyr	
		Ácido quinolinocarboxílico	Quinclorac	
Síntese de ácidos nucleicos	Desconhecido	Organoarsenical	MSMA	Z

Fonte: Adaptado de Diez de Ulzurrun (2013), Rodrigues e Almeida (2018) e Heap (2021).

(1) Comitê de Ação a Resistência aos Herbicidas (global).

Embora os herbicidas inibidores dos fotossistemas I e II (FSI e FSII) e da enzima protoporfirinogen oxidase (PPO) possuam sítios de ação diferentes, estes ocasionam o mesmo efeito letal na planta, em decorrência da formação de radicais livres, altamente reativos, que reagem com os lipídios de membranas e ocasionam a peroxidação dos lipídios. Radicais livres referem-se à clorofila “triplet” ou “singlet”, superóxido (O_2^-), radicais hidroxila (OH^*), peróxido de hidrogênio (H_2O_2), oxigênio reativo ou “singlet” (1O_2) (VIDAL; MEROTTO JÚNIOR, 2001). Em decorrência da rápida ação na planta, esses herbicidas são imóveis ou móveis pelo xilema e nenhum destes é móvel pelo floema. A mortalidade das plantas sensíveis é rápida, e os sintomas iniciais são similares, como manchas necróticas nas folhas.

RESISTÊNCIA DE PLANTAS DANINHAS A HERBICIDAS

A resistência de plantas daninhas a herbicidas é um dos grandes desafios da

agricultura no momento, tanto no Brasil como nos outros países. Mas, primeiramente, é importante diferir tolerância de resistência de plantas daninhas, que é muito confundido no campo. A tolerância refere-se à característica inata da espécie em sobreviver a aplicações de herbicida na dosagem recomendada, que seria letal a outras espécies, sem alterações marcantes em seu crescimento e desenvolvimento (CHRISTOFFOLETI; LÓPEZ-OVEJERO, 2008).

Várias espécies de plantas daninhas são tolerantes ao herbicida glyphosate, como corda-de-viola (espécies dos gêneros *Ipomoea* e *Merremia*), erva-de-touro (*Tridax procumbens*), erva-quente (*Spermacoce latifolia*), guanxuma (*Sida* spp.), poaia-branca (*Richardia brasiliensis*), trapoeraba (*Commelina benghalensis*), vassourinha-de-botão (*Spermacoce* spp.), entre outras. Isto indica que, dependendo do tamanho da planta e da dosagem do herbicida, este pode (ou não) ser eficaz.

Na dosagem de bula, de forma geral, plantas pequenas (2 a 3 folhas) das espécies tolerantes são controladas pelo glyphosate. No entanto, à medida que a planta cresce o controle não é mais observado. Por isso, para o controle efetivo, o glyphosate deve ser aplicado em plantas pequenas, na pós-emergência precoce e inicial ou no máximo pós-normal, e não em plantas adultas, como acontece na maioria das situações de campo, seja na “dessecação” pré-semeadura de culturas no sistema de plantio direto ou nas entrelinhas de culturas perenes, como café e citros.

Em relação à resistência, trata-se da capacidade inerente e herdável de alguns biótipos, dentro de uma determinada população, de sobreviver e se reproduzir após a exposição a dosagens de um herbicida, que normalmente seriam letais a uma população normal (sensível) da mesma espécie (CHRISTOFFOLETI; LÓPEZ-OVEJERO, 2008). A resistência é um fenômeno natural que ocorre espontanea-

mente nas populações, não sendo, portanto, o herbicida o agente causador, mas, sim, selecionador dos indivíduos resistentes que se encontram em baixa frequência inicial (CHRISTOFFOLETI; VICTORIA FILHO; SILVA, 1994).

O uso exclusivo e frequente de herbicidas com o mesmo mecanismo de ação contribuiu para o aumento da pressão de seleção de biótipos resistentes de uma determinada espécie (Fig. 2). Nesse caso, mesmo aumentando a dosagem do herbicida ou pulverizando em plantas menores, o controle é ineficaz.

O biótipo resistente, por outro lado, também pode ser introduzido na área agrícola pela sua disseminação natural (sementes facilmente levadas pelo vento, por exemplo) ou pela maquinaria, em especial, as colhedoras. No processo de colheita das culturas, as máquinas ficam sujas com resíduos vegetais de plantas daninhas, entre estes frutos e sementes. Se a máquina não for devidamente limpa, esses resíduos serão disseminados para outras áreas, seja dentro da mesma fazenda seja de uma fazenda para outra. A movimentação de colhedoras no Brasil

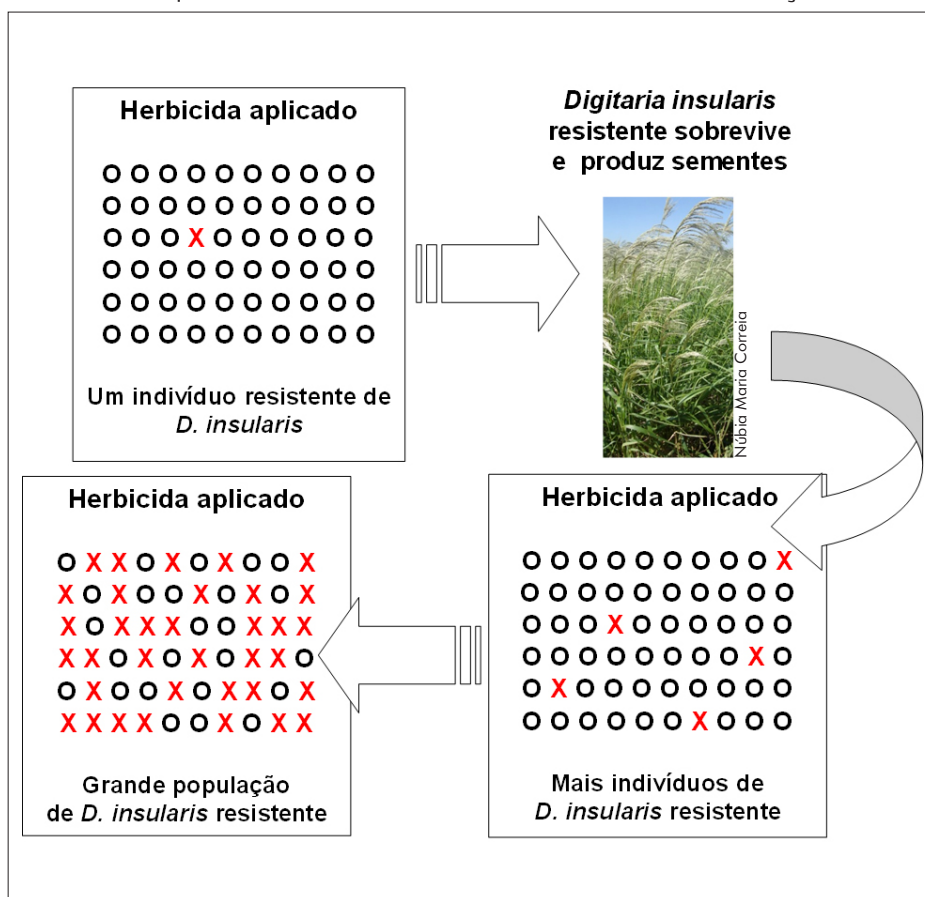
pode justificar a evolução dos casos de resistência de capim-amargoso do Sul para o Centro-Oeste e Norte.

Até o ano de 2021, 508 casos de biótipos de plantas daninhas resistentes a herbicidas já foram registrados no mundo, para 266 espécies (153 dicotiledôneas e 113 monocotiledôneas), distribuídos em 92 culturas em 70 países (HEAP, 2021). No Brasil, 47 casos de resistência foram relatados até o momento, para 29 espécies de plantas daninhas, sobretudo nas culturas de soja, milho, algodão e trigo (HEAP, 2021). Os dados atualizados podem ser obtidos no site¹ intitulado The International Herbicide-Resistant Weed Database mantido pelo pesquisador Ian Heap, em colaboração com o HRAC global e de outros pesquisadores distribuídos pelo mundo.

No Quadro 2 são apresentados os casos de resistência simples e múltipla de plantas daninhas ao herbicida glyphosate no Brasil. A resistência simples refere-se unicamente ao glyphosate, e a múltipla, a dois ou mais mecanismos de ação diferentes. Até o ano de 2021, foram relatados 19 casos de resistência de dez espécies de plantas daninhas, sendo capim-amargoso (*Digitaria insularis*) e buva (*Conyza* spp.) as resistentes com maior expressão e distribuição pelo País.

O primeiro relato oficial de resistência deve seguir normas e critérios estabelecidos pelo comitê de resistência da Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas (SBCPD), que reúne pesquisadores e estudiosos da área, e pelo HRAC Brasil (HRAC-BR), constituído por representantes da indústria (GAZZIERO; GALLI; KARAM, 2008). O primeiro relato de resistência é um indicativo de problema regional, estadual ou de todo o País, a médio e longo prazo. Assim, não significa que todas as áreas de produção tenham o problema, mas, dependendo do manejo da área, poderá tê-lo.

Figura 2 - Representação do aumento da infestação dos indivíduos resistentes (X) da planta daninha em uma área agrícola, comparado ao declínio dos indivíduos suscetíveis (O), em função da aplicação contínua e frequente de herbicidas com o mesmo mecanismo de ação



Fonte: Elaboração da autora.

Nota: O exemplo é da espécie capim-amargoso (*Digitaria insularis*) resistente ao herbicida glyphosate.

¹ www.weedscience.org.

Quadro 2 - Espécie de planta daninha, nome popular, ano e local do primeiro relato de resistência ao herbicida glyphosate no Brasil, casos de resistência simples e múltipla

Espécie	Nome popular	Ano	Mecanismo de ação	Local
1. <i>Lolium perenne ssp. multiflorum</i>	Azevém	2003	Inibidor da EPSPs	RS
2. <i>Conyza bonariensis</i>	Buva	2005	Inibidor da EPSPs	RS, SP
3. <i>Conyza canadensis</i>	Buva	2005	Inibidor da EPSPs	SP
4. <i>Digitaria insularis</i>	Capim-amargoso	2008	Inibidor da EPSPs	PR
5. <i>Lolium perenne ssp. multiflorum</i>	Azevém	2010	Inibidor da ACCase Inibidor da EPSPs	RS
6. <i>Conyza sumatrensis</i>	Buva	2010	Inibidor da EPSPs	PR
7. <i>Conyza sumatrensis</i>	Buva	2011	Inibidor da ALS Inibidor da EPSPs	PR
8. <i>Chloriselata</i>	Capim-branco	2014	Inibidor da EPSPs	SP, PR
9. <i>Amaranthus palmeri</i>	Caruru-palmeri	2015	Inibidor da EPSPs	MT
10. <i>Eleusine indica</i>	Capim-pé-de-galinha	2016	Inibidor da EPSPs	PR
11. <i>Amaranthus palmeri</i>	Caruru-palmeri	2016	Inibidor da ALS Inibidor da EPSPs	MT
12. <i>Lolium perenne ssp. multiflorum</i>	Azevém	2017	Inibidor da ALS Inibidor da EPSPs	RS
13. <i>Conyza sumatrensis</i>	Buva	2017	Inibidor da ALS Inibidor do FSI Inibidor da EPSPs	PR
14. <i>Eleusine indica</i>	Capim-pé-de-galinha	2017	Inibidor da ACCase Inibidor da EPSPs	MT
15. <i>Conyza sumatrensis</i>	Buva	2017	Inibidor do FSII Inibidor do FSI Inibidor da Protox ou PPO Inibidor da EPSPs Auxina sintética	PR
16. <i>Amaranthus hybridus</i>	Caruru-roxo	2018	Inibidor da ALS Inibidor da EPSPs	RS, PR
17. <i>Euphorbia heterophylla</i>	Amendoim-bravo	2019	Inibidor da EPSPs	PR
18. <i>Echinochloa crus-galli var. crus-galli</i>	Capim-arroz	2020	Inibidor da EPSPs	RS
19. <i>Digitaria insularis</i>	Capim-amargoso	2020	Inibidor da ACCase Inibidor da EPSPs	MT MS

Fonte: Adaptado de Heap (2021) e Adegas *et al.* (2020).

Nota: EPSPs - Enzima 5-enolpiruvilshiquimato 3-fosfato sintase; ACCase - Enzima acetil-CoA carboxilase; ALS - Enzima acetolactato sintase; FSI - Fotossistema I; FSII - Fotossistema II; Protox ou PPO - Enzima protoporfirinogen oxidase.

INTERAÇÃO HERBICIDA-AMBIENTE

Após a pulverização, os herbicidas estão sujeitos a uma série de processos ou fenômenos que podem levar a perdas, intoxicação ou poluição ambiental. É óbvio

que esses produtos não foram desenvolvidos para a finalidade de intoxicação ou poluição ambiental. Quando isto ocorre no campo é porque houve o manejo errado dos produtos. Para exercer a sua função, que é controlar as plantas daninhas, o herbicida

deve atingir o alvo da pulverização (e não ficar fora deste).

Nas aplicações em pós-emergência, parte do produto fica retida nas plantas e o restante atinge o solo. Assim, seja em pré ou pós-emergência, o reservatório final dos

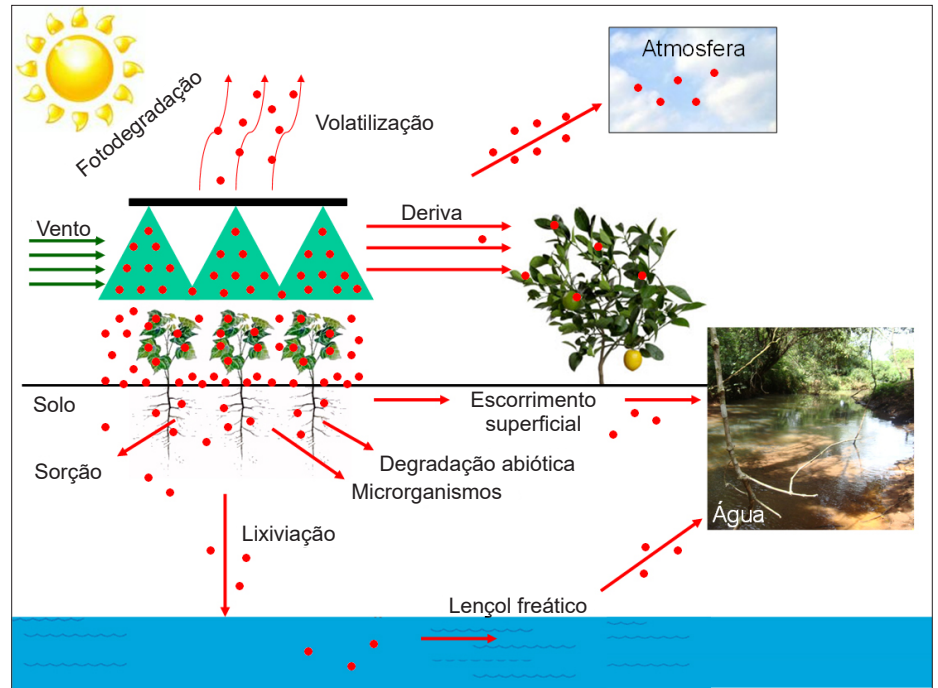
herbicidas no ambiente é o solo. Esse fato é importante, pois é no solo que a molécula do herbicida será degradada a uma forma não tóxica. Essa degradação é um processo natural, comum para todos os produtos, e não apenas para os mais modernos. O que existe é uma variação (de herbicida para herbicida) do tempo que o processo de transformação ocorrerá no solo, podendo ser mais longo para alguns herbicidas ou mais curto para outros.

A dinâmica dos herbicidas no ambiente (sistema solo-água-atmosfera) está apresentada na Figura 3. Após (ou no momento) da aplicação no campo, a molécula do herbicida pode ser transportada, transformada ou retida (SILVA; VIVIAN; OLIVEIRA JÚNIOR, 2007). No transporte a molécula é desviada do alvo da aplicação, mas continua ativa (tóxica). A transformação trata-se da degradação da molécula, a qual perde a atividade biológica (capacidade de matar a planta daninha). E, na retenção, o herbicida é adsorvido (retido, aderido) à fração sólida do solo (argila ou MO), ou absorvido pelas plantas ou outros organismos vivos.

Caso o herbicida não tenha sido aplicado diretamente na água, o produto somente atingirá um manancial hídrico em superfície (como lagoas, represas, córregos e rios) se houver algum erro na aplicação ou erosão hídrica (enxurrada). Na água, o herbicida também será degradado, rápida ou lentamente, da mesma forma que no solo, o tempo é variável de molécula para molécula. É um erro achar que os herbicidas são produtos químicos que permanecem indefinidamente no solo ou na água, contaminando áreas de cultivo e mananciais hídricos, com consequentes danos irreversíveis ao meio ambiente.

A molécula do herbicida pode ser desviada do alvo da pulverização por diferentes formas. Inicialmente, já no momento da aplicação, o produto pode ser perdido para o ambiente por meio da deriva. Contrário aos fungicidas e inseticidas, a deriva da aplicação de um herbicida pode ter ação fitotóxica em culturas vizinhas sensíveis. A deriva é definida como o depósito de agro-

Figura 3 - Resumo esquemático da dinâmica dos herbicidas no sistema solo-água-atmosfera



Fonte: Elaboração da autora.

químicos fora do alvo da aplicação durante um tratamento fitossanitário (ANTUNIAS-SI; BAILO, 2008). Além do prejuízo agrônômico, pela perda de eficácia, pois o produto não atingirá o alvo em concentração adequada, tem-se o prejuízo da contaminação. No momento da aplicação a molécula do herbicida também pode ser perdida para a atmosfera por volatilização (vaporização). O produto passa para a forma de vapor, mas a sua propriedade tóxica é preservada, pois é apenas uma mudança de estado físico da matéria. Observações a campo indicaram que esse “vapor tóxico” pode contaminar uma cultura sensível até 15 km do local de aplicação (deriva química) ou retornar ao solo junto com a água da chuva, no processo de condensação das moléculas.

Os prejuízos relacionados com deriva e volatilização, contudo, só ocorrem no campo em condições não apropriadas de pulverização, como UR do ar < 55%, temperatura do ar > 30 °C e velocidade do vento acima da indicada para a tecnologia de aplicação adotada. Principalmente, no que se refere ao tamanho das gotas, que pode ser mais ou menos propensa a perdas

por deriva. Por exemplo, pontas de pulverização com indução de ar geram gotas extremamente grossas, sendo menos favoráveis a perdas por deriva e toleram uma condição maior de vento comparado a gotas finas. O herbicida é um produto seguro, desde que usado de forma adequada, respeitando-se as dosagens recomendadas e as condições edafoclimáticas no momento da aplicação.

O herbicida também pode mover-se no solo, dependendo da sua interação com a fase sólida e solução. Se a retenção do herbicida à fase sólida é fraca, maior concentração deste estará na solução, na qual é mais propenso a perdas pelos movimentos vertical e horizontal no solo, denominados lixiviação (transporte em profundidade - vertical, dentro do solo) e escoamento superficial. Nas duas situações, o risco ambiental é a contaminação dos mananciais hídricos de superfície (lago, rios, córregos, etc.) ou subterrâneo (cisternas e poços artesianos). A solubilidade em água e o caráter químico da molécula do herbicida regulam essa mobilidade. Por outro lado, a movimentação do herbicida nos primeiros centímetros do solo (até

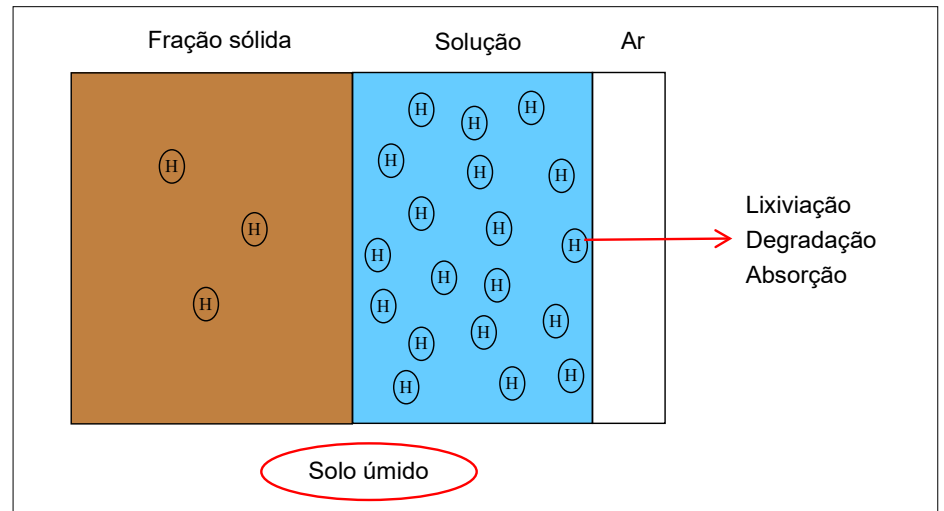
10 cm) é benéfica, pois confere melhor distribuição do produto na camada do solo potencial para germinação de sementes de plantas daninhas.

De forma simplificada, o solo é constituído pela fração sólida (argila, silte, areia e MO), solução (água do solo) e ar (principalmente CO_2 e O_2). No solo, o herbicida pode ocupar esses três espaços, como mostra a Figura 4. Para ser lixiviada, a molécula deve estar dissolvida na água do solo, pois, quando retida (adsorvida) à argila ou à MO, está protegida desse tipo de perda. Por isso, as duas características, solubilidade em água e adsorção ao solo são importantes e devem ser avaliadas em conjunto e não separadamente. Herbicidas fortemente adsorvidos ao solo, mesmo extremamente solúveis em água, não estão propensos a perdas por lixiviação no solo.

No estudo desenvolvido na sub-bacia hidrográfica do Rio Samambaia no Distrito Federal (DF) e leste de Goiás (GO), para identificar e quantificar resíduos de herbicidas em amostras de águas de chuva, cisterna, córrego, lagoa, nascente, represa, poço artesiano e rio, constatou-se que, dos 26 compostos analisados, o metribuzin foi o que teve maior frequência de detecção, em 65% das 287 amostras de água (CORREIA; CARBONARI; VELINI, 2020). No entanto, embora a frequência de detecção fosse alta, os valores quantificados foram menores que o limite de quantificação do herbicida. Esse fato indica que o composto foi detectado na amostra, mas as quantidades foram extremamente baixas.

O metribuzin é o principal herbicida das culturas de batata e tomate, e é usado, nessas culturas, em quase 20% das propriedades rurais avaliadas. A alta frequência das amostras de água com metribuzin estava associada ao manejo das hortaliças, sobretudo, exaustivo preparo do solo, como aração, gradagem e enxada rotativa (para batata) e aplicação do metribuzin em pré-emergência, direto ao solo, que pode favorecer as perdas do produto por lixiviação e escoamento superficial (CORREIA; CARBONARI; VELINI, 2020). As características físicas e químicas do metribuzin,

Figura 4 - Esquema da distribuição das moléculas do herbicida adsorvido à fração sólida ou dissolvido na solução (água)



Fonte: Elaboração da autora.

como fraca adsorção ao solo e solubilidade em água muito alta, também afetam a sua maior persistência e contaminação dos corpos hídricos.

É necessário ser criterioso não apenas na escolha do produto usado na cultura em questão, mas com os herbicidas pulverizados nas áreas vizinhas (para evitar possíveis prejuízos causados por deriva ou volatilização) e com aqueles pulverizados nas culturas antecessoras. Herbicidas com maior persistência no solo poderão afetar o estabelecimento das culturas em rotação ou sucessão. Esse fenômeno é denominado *carryover*, e pode ser definido como os resíduos fitotóxicos que permanecem no solo e que afetam culturas sensíveis em rotação ou sucessão após aquelas culturas em que foi utilizado o herbicida (SANTOS *et al.*, 2007). Nos sistemas de produção, em que diferentes culturas ocupam o mesmo local ao longo do ano, o uso de herbicidas com residual longo no solo poderá inviabilizar o cultivo de alguma cultura em sucessão ou rotação. Então, a degradação da molécula do herbicida é importante não apenas para o ambiente, mas também para a agricultura.

As principais formas de transformação da molécula são: abiótica (ou química), microbiana (ou biodegradação) ou pela ação da luz (fotodegradação). Nas três, a degradação ocorre por meio de reações

químicas (hidrólise, oxidação, redução, etc.) que resultará em uma forma não tóxica da molécula ou até a sua completa mineralização, tendo como produtos finais CO_2 , água (H_2O), amônia (NH_3) e íons inorgânicos. A biodegradação é a via natural de transformação dos produtos a uma forma não tóxica. Em um ambiente não favorável aos microrganismos do solo, como seca, temperaturas baixas e pH mais ácido, a atividade da microbiota decompositora será menor; consequentemente, o herbicida permanecerá por mais tempo (ativo) no solo.

Dependendo da molécula de herbicida, esta pode permanecer no solo na forma tóxica por longo período, inviabilizando o cultivo de culturas sensíveis em sucessão ou rotação. Uma técnica usada para descontaminar solos ou água com resíduo de herbicida é a fitorremediação, que consiste no uso de espécies vegetais, que irão absorver, acumular e/ou metabolizar o herbicida. Com isto, culturas sensíveis poderão ser instaladas em sucessão ou rotação, em decorrência da despoluição do solo. Nesse sentido, o cultivo prévio de feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*) reduziu os efeitos tóxicos em solo contaminado com sulfentrazone (FERRAÇO *et al.*, 2017). Este herbicida é registrado para as culturas de abacaxi, café, cana-de-açúcar, citros, fumo,

soja e eucalipto, e pode deixar resíduo no solo de até 18 meses para a cultura do algodão, dependendo de diversos fatores, como principalmente da dosagem pulverizada (RODRIGUES; ALMEIDA, 2018).

Na busca por uma agricultura ambientalmente aceitável, preconiza-se, portanto, que a aplicação de herbicidas no agroecossistema considere outros fatores, além da planta daninha ou da cultura a ser pulverizada, tais como:

- a) profundidade do lençol freático (se este é mais superficial, não usar produtos com maior solubilidade em água);
- b) presença de nascentes ou minas d'água, práticas conservacionistas de solo (como o Sistema Plantio Direto na Palha);
- c) relevo do terreno (dependendo do grau de inclinação do terreno e do tipo de solo, aplicar os herbicidas após a emergência das plantas), etc.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O levantamento da infestação é imprescindível para a definição das estratégias de manejo, com posicionamentos distintos para cada caso específico. A realização de mapas de infestação contendo as principais espécies de plantas daninhas e seus níveis de infestação e as características químicas e físicas do solo é de grande importância, com reflexos a médio e a longo prazos na dinâmica das plantas daninhas. O monitoramento da infestação também é necessário para evitar a evolução de casos de resistência e modificação de flora na área.

Controlar não é o mesmo que manejar. O controle consiste na supressão do crescimento e/ou redução do número de plantas daninhas na área até níveis aceitáveis para convivência, sem ocasionar danos à cultura. O manejo engloba a adoção de várias estratégias de controle, procurando-se trabalhar de forma integrada. Exige a avaliação de todos os impactos a médio e a longo prazos no agroecossistema. O ajuste das dosagens dos herbicidas em função do tipo de solo, da espécie e do tamanho da

planta daninha, associado ao levantamento prévio da infestação, exemplifica estratégias de manejo integrado.

O uso de herbicidas exige profissionais que entendam a dinâmica dos produtos no sistema solo-água-atmosfera e não têm o herbicida como única estratégia de manejo. Quem não age dessa forma, está fadado ao insucesso, em virtude da seleção de plantas daninhas resistentes ou de difícil controle e com o aumento exponencial do “banco de sementes” do solo. Além do aumento sucessivo das dosagens, do uso de misturas triplices ou quádruplas no tanque do pulverizador, com reflexo direto no custo de produção. “Tem que conhecer para saber usar e usar sempre”. Sem ideologismos ou falsas promessas, não existem milagres e, sim, estratégias integradas: o Manejo Integrado de Plantas Daninhas, no qual os herbicidas fazem parte, combinados a outros métodos de manejo.

REFERÊNCIAS

- ADEGAS, F.S. *et al.* **Euphorbia heterophylla**: um novo caso de resistência ao glifosato no Brasil. Londrina: Embrapa Soja, 2020. 5p. (Embrapa Soja. Comunicado Técnico, 98).
- KOGAN ALTERMAN, M.; PÉREZ JONES, A. **Herbicidas**: fundamentos fisiológicos y bioquímicos del modo de acción. Santiago: Pontificia Universidad Católica de Chile, 2003. 333 p.
- ANTUNIASSI, U.A.; BAILO, F.H.R. Tecnologia de aplicação de defensivos. In: VARGAS, L.; ROMAN, E.S. (ed.). **Manual de manejo e controle de plantas daninhas**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2008. cap. 7, p.173-212.
- CHRISTOFFOLETI, P.J.; LÓPEZ-OVEJERO, R.F. Resistência das plantas daninhas a herbicidas: definições, bases e situação no Brasil e no mundo. In: CHRISTOFFOLETI, P.J. (coord.). **Aspectos de resistência de plantas daninhas a herbicidas**. 3.ed. Piracicaba: HRAC-BR, 2008. cap.1, p.9-34.
- CHRISTOFFOLETI, P.J.; VICTORIA FILHO, R.; SILVA, C.B. da. Resistência de plantas daninhas aos herbicidas. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v.12, n.1, p.13-20, 1994.
- CORREIA, N.M.; CARBONARI, C.A.; VELINI, E.D. Detection of herbicides in water

bodies of the Samambaia River sub-basin in the Federal District and eastern Goiás. **Journal of Environmental Science and Health - Part B**. Pesticides Food Contaminants, and Agricultural Wastes, v.55, n.6, p.574-582, Mar. 2020.

DIEZ DE ULZURRUN, P. **Manejo de malezas problema**: modos de acción herbicida. Rosario, Argentina: REM, 2013. 52 p.

FERRAÇO, M. *et al.* Efeito da densidade populacional de *Canavalia ensiformis* na fitorremediação de solo contaminado com sulfentrazone. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.48, n.1, p.32-40, jan./mar. 2017.

GAZZIERO, D.L.P.; GALLI, A.J.B.; KARAM, D. (ed). **Crítérios para relatos oficiais estatísticos de biótipos de plantas daninhas resistentes a herbicidas**. Sete Lagoas: SBCPD; Campinas: HRAC-BR, 2008. 22p.

HEAP, I. **The international herbicide-resistant weed database**. [S.l.]: The International Survey of Herbicide Resistant Weeds, 2021. Disponível em: <http://www.weedscience.org/default.aspx>. Acesso em : 24 out. 2021.

OLIVEIRA JÚNIOR, R.S. de; INOUE, M.H. Seletividade de herbicidas para culturas e plantas daninhas. In: OLIVEIRA JÚNIOR, R.S. de; CONSTANTIN, J.; INOUE, M.H. (ed.). **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba: Omnipax, 2011. cap.10, p.243-262.

RODRIGUES, B.N.; ALMEIDA, F.L.S. **Guia de herbicidas**. 7.ed. Londrina: Ed. dos autores, 2018. 764 p.

SANTOS, J.B. dos *et al.* Fitorremediação de áreas contaminadas por herbicidas. In: SILVA, A.A. da; SILVA, J.F. da (ed.). **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2007. cap. 6, p.249-278.

SILVA, A.A. da; VIVIAN, R.; OLIVEIRA JÚNIOR, R.S. de. Herbicidas: comportamento no solo. In: SILVA, A.A. da; SILVA, J.F. da (ed.). **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2007. cap.5, p.189-248.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5.ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 954p.

VIDAL, R.A. **Ação dos herbicidas**: absorção, translocação e metabolização. Porto Alegre: Evangraf, 2002. v.1, 89p.

VIDAL, R.A.; MEROTTO JÚNIOR, A. (ed.). **Herbicidologia**. Porto Alegre: Evangraf, 2001. 152p.

Adjuvantes agrícolas

Alniusa Maria de Jesus¹, Mário Sérgio Carvalho Dias²

Resumo - Os adjuvantes agrícolas são utilizados para potencializar os efeitos da aplicação de agrotóxicos, principalmente por facilitarem a aplicação, reduzirem perdas por deriva e melhorarem o desempenho do agente químico de controle. Existem vários tipos de adjuvantes classificados como ativadores ou utilitários, de acordo com a atividade desempenhada. A escolha correta do adjuvante a ser utilizado no momento da aplicação do agrotóxico vai garantir a eficácia do controle fitossanitário.

Palavras-chave: Adjuvante. Agrotóxico. Aplicação. Classificação.

Agricultural adjuvants

Abstract - Agricultural adjuvants are used to enhance the effects of pesticide application, mainly because they facilitate application, reduce drift losses and improve the performance of the chemical control agent. There are several types of adjuvants, classified as activators or utilitarians, accordingly with the activity performed. The correct choice of the adjuvant to be used in the moment of the application of the pesticide will assure the efficacy of the phytosanitary measures.

Keywords: Adjuvants. Pesticides. Application. Classification.

INTRODUÇÃO

Os adjuvantes são substâncias ou compostos químicos e/ou biologicamente ativos, sem propriedades fitossanitárias, que, adicionados (exceto a água) durante o processo de formulação ou no preparo da calda, facilitam a aplicação, reduzem perdas e riscos e melhoram o desempenho do agente químico de controle, tornando a ação desse produto mais eficiente (MADUREIRA; RAETANO; CAVALIERI, 2015).

A necessidade da agricultura de se adaptar às novas exigências de sustentabilidade levou a uma redução significativa do volume de calda de agrotóxico aplicada por hectare (CANAAS, 2011). Assim, os adjuvantes apresentam papel fundamental nas pulverizações, pois o uso destes junto aos agrotóxicos tem como objetivo melhorar o desempenho do produto.

O adjuvante ideal deve proporcionar o mínimo de reações tóxicas locais e sistêmicas, além de ser biodegradável, econômico e de simples fabricação (QUEIROZ; MARTINS; CUNHA, 2008).

A redução de perdas pelo uso dos adjuvantes é de real importância, pois, segundo Ferreira (2014/2015), apenas 32% dos agrotóxicos pulverizados permanecem na área-alvo, sendo que o restante da calda vai para o solo ou para as áreas vizinhas carregado pelo vento.

Os adjuvantes podem ser classificados como ativadores ou como utilitários. Os ativadores compreendem os surfactantes, os óleos emulsionáveis (vegetais ou minerais) e os fertilizantes nitrogenados. Já os utilitários englobam os espalhantes, molhantes e umectantes, dispersantes, emulsificantes, redutores de deriva, filtro solar, acidificantes, anti-evaporantes, agentes condicionadores, aderentes, agentes

tamponantes, agentes antiespumantes e corantes. Essas informações são importantes na escolha de um adjuvante, quando se pretende realizar de forma correta e eficaz uma aplicação de algum produto fitossanitário.

ADJUVANTES ATIVADORES

Os adjuvantes ativadores têm a capacidade de reduzir a tensão superficial da gota, o que diminui o ângulo entre esta e a cera cuticular da folha, proporcionando maior molhamento e espalhamento sobre a superfície-alvo (OLIVEIRA, 2011).

Surfactantes

Os surfactantes podem atuar no contato entre as gotas e a superfície foliar, aumentando a taxa de absorção decorrente da redução da característica física da tensão superficial, exercendo um espalhamento

¹ Bióloga, D.Sc. Agronomia, Pesq. EPAMIG Norte, Nova Porteirinha, MG, alniusa@epamig.br.

² Eng. Agrônomo, D.Sc., Pesq. EPAMIG Norte, Nova Porteirinha, MG, mariodias@epamig.br.

to mais uniforme (Fig. 1), reduzindo a evaporação e aumentando o tempo de retenção da pulverização no alvo (LOPES; ALBUQUERQUE, 2018). Entretanto Dario (2019) alerta que a redução da tensão superficial não é a única propriedade que determina o grau de cobertura das gotas na superfície vegetal. A espécie da planta, a estrutura da superfície da folha, o tipo de adjuvante e a concentração são outros fatores independentes da tensão superficial que afetam o espalhamento.

Os adjuvantes surfactantes ou tensoativos são substâncias que apresentam como característica principal o fato de terem um comportamento anfifílico, ou seja, podem interagir tanto com substâncias polares quanto apolares.

A temperatura tem papel importante, segundo Damasceno *et al.* (2011), por modificar as propriedades do filme de tensoativo, resultando em mudanças estruturais. A solubilidade do tensoativo iônico em água aumenta com o aumento da temperatura: quanto mais apolar o tensoativo, maior a estabilidade das microemulsões em baixas temperaturas. Uma forma de representar o efeito da temperatura pode ser por meio do diagrama de Kahlweit-“fish” (Gráfico 1), que é representado por um gráfico de temperatura (T) versus concentração de tensoativo de um sistema.

Os surfactantes siliconados (Fig. 2) têm grande poder de diminuir a tensão superficial e expandir a gota, permitindo um melhor cobrimento da folha pela calda. O filme de ar entre o spray e a superfície da gota pode ser removido, resultando em um contato mais íntimo e mais favorável à absorção (VERONESE, 2015).

Os siliconados apresentam conformação molecular de forma mais maleável por causa da ligação carbono-silício. Este propicia condição para que o grupamento hidrófobo do surfactante seja mais paralelo à superfície da gota, do que o grupamento hidrófilo que se estende mais para o interior desta (SOUZA *et al.*, 2014).

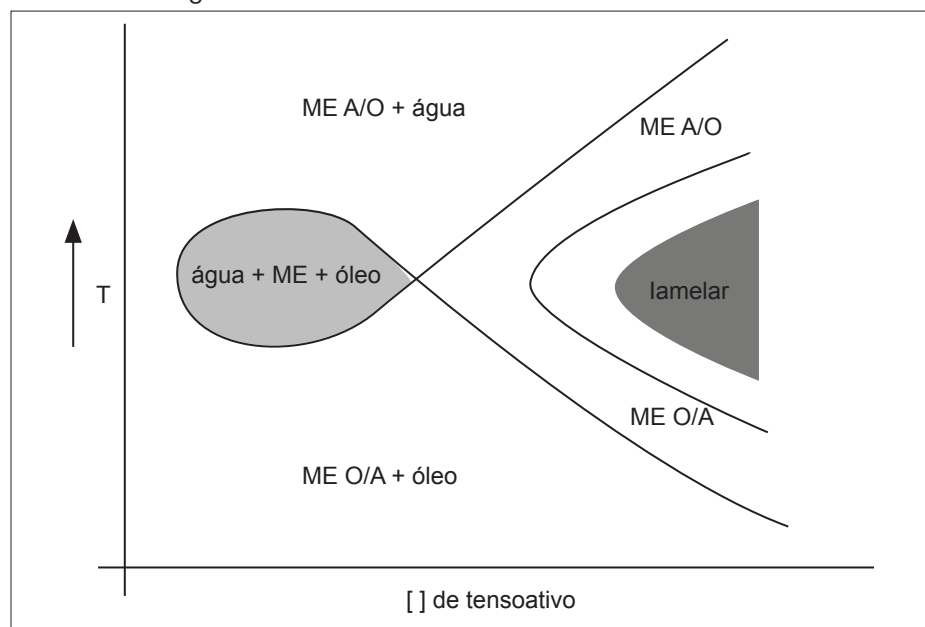
Os adjuvantes ativadores surfactantes são divididos, segundo Buzanini (2017), de

Figura 1 - Gota sobre a folha sem surfactante (esquerda) e com surfactante (direita)



Fonte: Santos (2007).

Gráfico 1 - Diagrama de Kahlweit-“fish”



Fonte: Damasceno *et al.* (2011).

Nota: Representa um corte na fase do prisma de uma mistura ternária (água-óleo-tensoativo), em que a quantidade de água e óleo é constante e há variação apenas da quantidade de tensoativo em função da temperatura. ME - Microemulsão; O/A - Emulsão onde o óleo compõe a fase dispersa e vice-versa (A/O).

Figura 2 - Efeito umectante de um tensoativo siliconado em folhas de citrus



Fonte: Ramiro (2014).

acordo com a sua ionização ou dissociação na água. Quando se ionizam positivamente são denominados catiônicos, negativamente aniônicos e, quando não se ionizam, são denominados não iônicos (Fig. 3) e com ambas as cargas de anfóteros.

Não iônicos

Os adjuvantes não iônicos não possuem carga elétrica, não se ionizam ou se dissociam na água, sendo assim, são compatíveis com muitos fertilizantes foliares. Estes também não reagem com sais ou moléculas dos herbicidas presentes na água, auxiliam na penetração do agrotóxico e não são tóxicos para a planta, e são mais utilizados com agrotóxicos sistêmicos (OLIVEIRA, 2011).

Iônicos

Se dissociam na água em cátions ou ânions. São utilizados em formulações com herbicidas, sozinhos ou em mistura com não iônicos (CURBELO, 2006).

Catiônicos

Quando utilizado somente o surfactante catiônico causará fitotoxidez. São derivados da amônia, possuem alto custo, fraco poder detergente e precipitam com facilidade, sendo, portanto, de baixo uso na agricultura (SANTANNA, 2003; CURBELO, 2006).

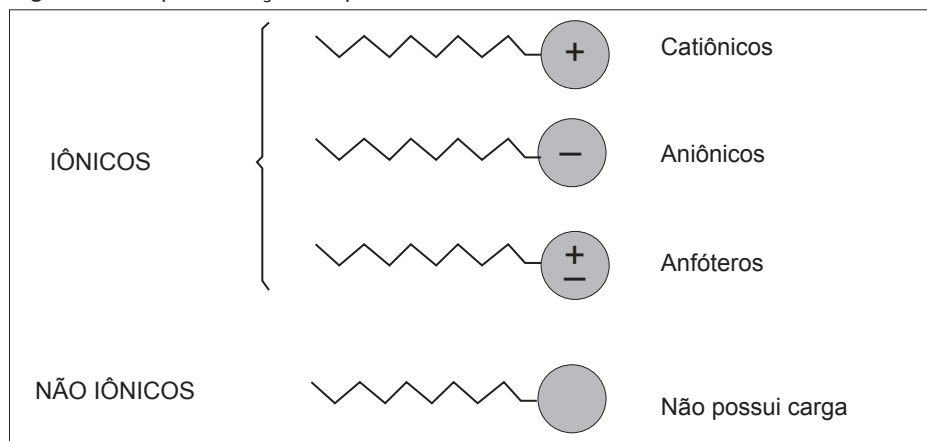
Aniônicos

Estes tipos de adjuvantes quando dissociados exercem função predominante na ação surfactante. São excelentes molhantes e detergentes, sendo assim, são mais eficientes quando utilizados junto a agrotóxicos de contato, no entanto apresentam capacidade de reagir com sais da água ou moléculas do herbicida (SANTANNA, 2003; CURBELO, 2006).

Anfotéricos

Os adjuvantes anfóteros apresentam dissociação aniônica e também catiônica (DALVIN, 2011).

Figura 3 - Representação esquemática dos tensoativos



Fonte: Santanna (2003).

Óleos vegetais, óleos de sementes metilados e óleos minerais

Mendonça e Raetano (2007) citam que na agricultura são utilizados como adjuvantes dois tipos de óleos, o mineral e o vegetal, sendo que estes possuem amplo espectro de uso. As principais categorias dos óleos derivados de minerais e vegetais são: óleo mineral concentrado, óleo mineral emulsionável, óleo vegetal concentrado, óleo vegetal modificado e óleo vegetal modificado concentrado (OLIVEIRA, 2011).

Os óleos minerais e os óleos vegetais são utilizados isoladamente tanto no controle de insetos e fungos, quanto como adjuvantes adicionados às caldas de pulverizações. Adicionados aos inseticidas, favorecem principalmente o controle de cochonilhas e ácaros. De forma similar, auxiliam no controle do fungo causador da sigatoka-negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet), na cultura da bananeira, quando associados aos fungicidas, bem como no controle de plantas daninhas, em misturas aos herbicidas aplicados em pós-emergência. Exercendo o papel de adjuvante, os óleos favorecem o espalhamento e a absorção, reduzindo a degradação de ingrediente ativo e a tensão superficial (MENDONÇA; RAETANO, 2007).

Oliveira (2011) relata que dentre as principais vantagens do uso do óleo na aplicação de agrotóxicos, podem-se des-

tacar a maior facilidade de penetração da calda pela cutícula e a ação antievaaporante, proporcionada pela diminuição das perdas causadas pela evaporação da água de pulverização, promovendo melhor molhabilidade em superfícies hidrorrepelentes. Outras vantagens da utilização de adjuvantes são: a rápida absorção de produtos, com menores perdas ocasionadas por chuvas após a aplicação; e a facilitação da cobertura das superfícies hidrorrepelentes, como folhas ou frutos com cerosidades e corpos ou coberturas cerosas de pragas.

Fertilizantes nitrogenados

Santos (2007) relata que os fertilizantes nitrogenados podem substituir surfactantes ou óleos vegetais em alguns herbicidas de contato. Normalmente adiciona-se surfactante ou óleo vegetal em defensivos sistêmicos. Entre os fertilizantes utilizados com adjuvantes encontram-se o sulfato de amônio, o nitrato de amônio e a ureia. Os fertilizantes nitrogenados têm sido frequentemente acrescentados à calda de pulverização como um adjuvante, com a finalidade de aumentar e melhorar a atividade de herbicidas. Acredita-se que seu modo de ação é facilitar a penetração foliar, mediante um mecanismo diferente da redução da tensão superficial e nem sempre seu uso traz consigo maior eficácia do defensivo.

O sulfato de amônio é amplamente utilizado para melhorar a ação de herbicidas,

já que suas características higroscópicas prolongam o umedecimento da superfície foliar, diminuindo o secamento das gotas pulverizadas e reduzindo a cristalização do herbicida, tais como o glifosato (SANTOS, 2007). O íon sulfato imobiliza os íons presentes na água impedindo que estes reajam com a molécula do herbicida, já o íon amônio atua sobre a cutícula aumentando a absorção do herbicida pelo efeito do pH. A atividade de fertilizantes amônios é função da interação herbicida e espécies específicas e, provavelmente, depende de vários mecanismos (OLIVEIRA, 2011). Sulfato de amônio é frequentemente usado como um carreador para a aplicação de herbicidas, ajudando a aumentar a eficácia destes (REETZ JUNIOR, 2017).

Os fertilizantes à base de ureia rompem ligações da cutícula favorecendo a entrada do herbicida. A ureia, segundo Reetz Junior (2017), é o fertilizante nitrogenado sólido mais usado no mundo, sendo uma excelente fonte de nitrogênio (N) para atender às necessidades das plantas.

ADJUVANTES UTILITÁRIOS

Os adjuvantes denominados utilitários, de acordo com Oliveira (2011), são aqueles que, quando adicionados ao tanque de mistura da pulverização, atuam como facilitadores do processo de pulverização, por meio da redução dos efeitos negativos da pulverização, e não influenciam diretamente na eficiência do agrotóxico.

Espalhantes-adesivos

Empregados em pulverizações para melhorar a eficiência dos agrotóxicos, os espalhantes-adesivos, segundo Santos (2007), são geralmente utilizados quando se deseja maior tenacidade nos produtos aplicados por pulverização. Esses tipos de adjuvantes são combinações entre espalhante, que reduz a tensão superficial da calda pulverizada fazendo espalhar e formar um filme bem fino sobre a superfície aplicada, e adesivos que buscam aderir o defensivo no alvo, aumentando sua resistência à lavagem pela chuva e à

evaporação. Podem conter ácidos graxos, látex, álcoois, resinas polimerizadas, óleos vegetais ou minerais.

Segundo Oliveira (2011), os adjuvantes com funções de adesivos têm maior propagação e biodisponibilidade dos ingredientes ativos, alterando a cera das cutículas das plantas, ou outros componentes da área-alvo, permitindo maior molhabilidade.

Um adesivo pode executar três funções distintas, aumentar a adesão ou viscosidade de partículas sólidas, reduzir a evaporação do defensivo e formar uma camada impermeável. O defensivo que é razoavelmente solúvel em água pode ser lavado da folha durante chuvas pesadas. Porém, se o adesivo colocado na calda de pulverização não for solúvel em água, pode prover um grau de proteção, a fim de não se perder este produto (SANTOS, 2007).

Molhantes (umectantes)

São substâncias que retardam a evaporação da água, fazendo com que a gota permaneça mais tempo na superfície tratada, aumentando a absorção do produto aplicado. O secamento rápido da gota pode resultar na cristalização das moléculas do herbicida na superfície da folha, e isso pode impedir a absorção deste pela planta. Os adjuvantes molhantes ou umectantes são importantes principalmente em condições de baixa umidade relativa (UR) do ar e elevada temperatura (VARGAS; ROMAN, 2006; BUZANINI, 2017). A maioria dos umectantes comumente usados incluem o glicerol, propileno glicol, dietileno glicol,

polietileno glicol, ureia e sulfato de amônio (OLIVEIRA, 2011).

Dispersantes

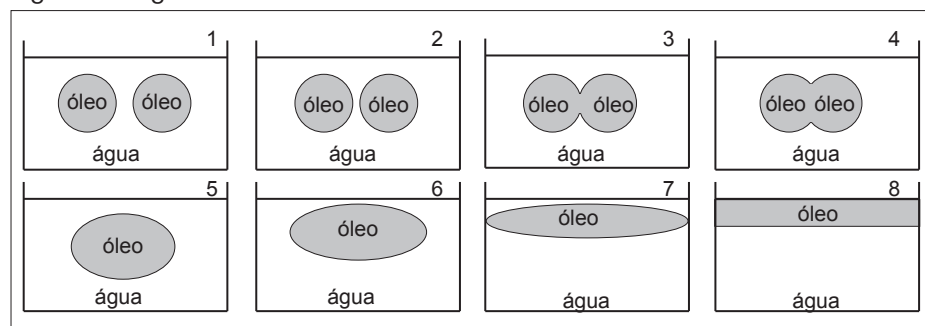
Os dispersantes são substâncias que reduzem a força de coesão evitando a aglomeração das partículas (VARGAS; ROMAN, 2006). Oliveira (2011) relata que tais substâncias evitam a aglomeração das partículas por meio da redução das forças de coesão entre estas, fazendo com que as suspensões mantenham-se estáveis por um determinado tempo. São muito importantes para manter estáveis as formulações de pós-molháveis, evitando que as partículas sólidas se aglomerem e precipitem, permitindo a sua difusão no óleo.

Emulsificantes

São substâncias com atividade sobre a superfície sólida, responsáveis por diminuir a tensão interfacial entre dois líquidos imiscíveis (Fig. 4), proporcionando a formação de uma emulsão de um líquido em outro. Os emulsificantes também podem possuir atividade espalhante, adesiva e umectante (VARGAS; ROMAN, 2006).

Os emulsificantes em geral apresentam um segmento de sua molécula com propriedades hidrofílicas e outro segmento lipofílico, servindo para compatibilizar a mistura de água com óleos, fazendo pontes entre esses componentes e formando emulsões. Alguns importantes agentes emulsificantes são os sabões, detergentes, goma arábica, saponinas, óleos sulfonados, lecitinas, proteínas entre outros (OLIVEIRA; BLEICHER, 2006).

Figura 4 - Agentes emulsificantes



Fonte: Daltin (2011).

Redutores de deriva

Santos (2007) cita que os adjuvantes redutores de deriva aumentam a viscosidade e a força elástica da água diminuindo a proporção de gotas menores.

A reação antideriva de um adjuvante é a capacidade de reduzir drasticamente a difusão da calda pelo ar após a saída dos bicos de aplicação (CANAAS, 2011).

Filtro solar

Este adjuvante é muito utilizado na aplicação de herbicidas para reduzir os efeitos deletérios da luz solar, especialmente os raios ultravioleta. A ação destes adjuvantes é por meio de alguns processos físicos ou químicos, como aumentar a taxa de retenção do herbicida pela cutícula ou por absorção dos raios ultravioleta (OLIVEIRA, 2011).

Acidificantes

Os acidificantes reduzem o pH da calda destinada à pulverização quando adicionados ao tanque onde é realizada a mistura. A maioria dos produtos fitossanitários, de acordo com Santos (2007), tem melhor funcionamento quando a calda é levemente ácida. Canaas (2011) também acrescenta que a acidificação mantém as suas propriedades físicas, evitando a degradação por hidrólise alcalina.

Antievaporantes

Os anti-evaporantes permitem uma vida útil mais longa das gotículas, que assim podem atingir melhor o alvo e permanecer na superfície, quando a umidade atmosférica está muito baixa durante a pulverização. A ureia tem pequeno efeito anti-evaporante, já os óleos minerais ou vegetais têm um efeito razoável (SANTOS, 2007).

Agentes condicionadores

Os principais agentes condicionadores de calda são compostos que isolam a carga elétrica e suprimem a reatividade de moléculas e íons. Desse modo, estes agentes reduzem os problemas relaciona-

dos com a “água dura” que é rica em íons alcalinos ferrosos na forma de carbonato, especialmente íons de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) que se ligam com determinados ingredientes ativos de alguns agrotóxicos (OLIVEIRA, 2011).

Aderentes

São substâncias que, segundo Buzanini (2017), aumentam a aderência dos líquidos ou sólidos à superfície da folha. Apresentam afinidade com a água e forte adesão à cera e à cutina. O aumento da aderência diminui o escorrimento e faz com que as gotas permaneçam na superfície das folhas e não sejam lavadas com facilidade pela água da chuva. Canaas (2011) exemplifica de forma bem objetiva que a aderência é a capacidade conferida à calda por determinado adjuvante, que limita as perdas por “salpico” no momento do impacto.

Agentes tamponantes

São compostos ou misturas que causam à solução resistência de mudança de pH com característica limitante em uma faixa de pH a qual o agrotóxico é eficiente (OLIVEIRA, 2011).

Agentes depositantes

Os agentes depositantes e/ou espessantes modificam a viscosidade do produto pulverizado podendo também ser usados para reduzir a deriva (SANTOS, 2007).

Agentes antiespumantes

Os agentes antiespumantes são compostos obtidos a partir da diluição do silicone em um solvente apropriado para o uso final do produto. Reduzem a formação de espumas no tanque de pulverização em função de serem produtos de boa resistência à radiação ultravioleta, boas propriedades umectantes, antifricção e lubrificidade, inércia hidrofóbica e fisiológica, estabilidade ao cisalhamento e baixa tensão superficial. Por estas características os antiespumantes conseguem aliar a outros componentes um grande poder destrutivo de espumas e bolhas, além de possuir um

efeito duradouro na sua ação antiespumante (OLIVEIRA, 2011).

Corantes

São definidos como material usado para alterar a cor da calda no tanque de mistura. Segundo Buzanini (2017), são utilizados nas aplicações para marcar onde as bordas da barra passam, reduzindo sobreposições ou falhas entre as passadas adjacentes nas aplicações e também são frequentemente utilizados como marcadores nos estudos de avaliação de pulverizações.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Existem muitos tipos de adjuvantes agrícolas disponíveis no mercado para várias situações de uso. Os adjuvantes ativadores melhoram a atividade do agrotóxico quando adicionados ao tanque de pulverização. Já os utilitários alteram as propriedades físicas ou químicas da calda, sendo adicionados com a finalidade de melhorar a aplicação da formulação. A função dos adjuvantes agrícolas é aumentar a eficácia dos agrotóxicos, o que poderá contribuir para o ganho de produtividade da lavoura. Sempre cabe ressaltar que é de grande importância utilizar de forma correta o adjuvante e verificar o custo-benefício desta prática.

REFERÊNCIAS

- BUZANINI, A.C. **Adição de adjuvantes ao flumioxazin na cebola transplantada**. 2017. 54f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2017.
- CANAAS, A. A utilização de adjuvantes na qualidade da pulverização. **AGROTEC: revista técnico-científica agrícola**, v.66, n.1, p.53-57, 2011.
- CURBELO, F.D. da S. **Recuperação avançada de petróleo utilizando tensoativos**. 2006. 169f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2006.
- DALTIN, D. **Tensoativos: química, propriedades e aplicações**. São Paulo: Editora Edgar Blucher, 2011.43p.

DAMASCENO, B.P.G.L. *et al.* Microemulsão: um promissor carreador para moléculas insolúveis. **Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada**, v.32, n.1, p.9-18, 2011.

DARIO, I.S.N. **Interação de adjuvantes e do volume de calda na eficiência da aplicação de fungicidas na cultura do arroz irrigado**. 2019. 238f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2019.

FERREIRA, M.L.P.C. A pulverização aérea de agrotóxicos no Brasil: cenário atual e desafios. **Revista de Direito Sanitário**, São Paulo, v.15, n.3, p.18-45, nov. 2014/fev. 2015.

LOPES, C.V.C.A.; ALBUQUERQUE, G.S.C. de. Agrotóxicos e seus impactos na saúde humana e ambiental: uma revisão sistemática. **Saúde em Debate**, Rio de Janeiro, v.42, n.117, p.518-534, abr./jun. 2018.

MADUREIRA, R.P.; RAETANO, C.G.; CAVALIERI, J.D. Interação pontas-adjuvantes na estimativa do risco potencial de deriva de pulverizações. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.2, p.180-185, 2015.

MENDONÇA, C.G. de; RAETANO, C.G. Tensão superficial estática de soluções aquosas

com óleos minerais e vegetais utilizados na agricultura. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.27, p.16-23, jan. 2007. Número especial.

OLIVEIRA, J.N.; BLEICHER, E. Seleção de emulsificantes para óleo de algodão. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.37, n.2, p.171-176, 2006.

OLIVEIRA, R.B. de. **Caracterização funcional de adjuvantes em soluções aquosas**. 2011. 121f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2011.

QUEIROZ, A.A.; MARTINS, J.A.S.; CUNHA, J.P.A.R. da. Adjuvantes e qualidade da água na aplicação de agrotóxicos. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.24, n.4, p.8-19, out./dez. 2008.

RAMIRO, C. Coadjuvantes. In: INTA. **Aplicación eficiente de fitosanitarios**. Buenos Aires: INTA, 2014. cap.9. Disponível em: <https://inta.gob.ar/documentos/aplicacion-eficiente-de-fitosanitarios.-coadyuvantes>. Acesso em: 1 out. 2020.

REETZ JUNIOR, H.F. **Fertilizantes e o seu uso eficiente**. Tradução: Alfredo Scheid Lopes. São Paulo: ANDA, 2017. 178p.

SANTANNA, V.C. **Obtenção e estudo das propriedades de um novo fluido de fraturamento hidráulico biocompatível**. 2003. 214f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2003.

SANTOS, R.O. de. **Níveis de deposição de produtos líquidos com aplicação aérea utilizando adjuvantes**. 2007. 83f. Dissertação (Mestrado em Máquinas e Automação Agrícola) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.

SOUZA, B.J.R. de *et al.* Adjuvantes em pulverizações de fungicidas na cultura do trigo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.44, n.8, p.1398-1403, ago. 2014.

VARGAS, L.; ROMAN, E.S. **Conceitos e aplicações dos adjuvantes**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2006. 7p. (Embrapa Trigo. Documentos Online, 56). Disponível em: http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do_p_do56.pdf. Acesso em: 1 out. 2020.

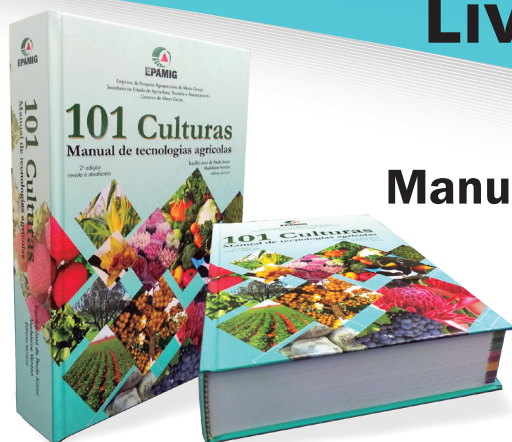
VERONESE, R. **Oportunidades, demanda regulatória e de pesquisa e uso de adjuvantes siliconados na agricultura**. 2015. 125f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015.

Livraria EPAMIG

101 Culturas

Manual de Tecnologias Agrícolas

2ª edição revista e atualizada



AQUISIÇÕES E INFORMAÇÕES

www.livrariaepamig.com.br

EPAMIG SEDE

Av. José Cândido da Silveira, 1647

União • BH • MG • CEP 31170-495

TEL. (31) 3489-5002 • livraria@epamig.br



AGRICULTURA,
PECUÁRIA E
ABASTECIMENTO



**MINAS
GERAIS**

GOVERNO
DIFERENTE.
ESTADO
EFICIENTE.



Aplicação segura de agrotóxicos

Antônio Cláudio Ferreira da Costa¹, Alniusa Maria de Jesus²

Resumo - Os agrotóxicos são insumos agrícolas que causam efeitos negativos sobre o meio ambiente, o ser humano e outros organismos não alvo. Desse modo, a utilização dessas substâncias deve ser feita de acordo com as práticas de manejo integrado aplicáveis à praga-alvo. Os engenheiros agrônomos e florestais são os profissionais habilitados para prescrever os agrotóxicos por intermédio do receituário agrônômico. As medidas de proteção que controlam os riscos à saúde do ser humano consistem na utilização dos equipamentos de proteção individual, na aplicação correta dos agrotóxicos de acordo com o receituário agrônômico e na destinação adequada das embalagens vazias desses produtos.

Palavras-chave: Pesticida. Medida de segurança. Legislação. Receituário agrônômico.

Safe use of pesticides

Abstract - Pesticides are agricultural inputs that cause negative effects on the environment, the human being and other non target organisms. Therefore, the use of these substances must be done in accordance with the integrated management practices applicable to the target pest. Agronomist and Forestal engineers are the professionals qualified to prescribe pesticides through the agronomical prescription. The protection measures that control the risks to the human health comprise the use of the individual protection equipment, the proper use of pesticides according the agronomical prescription and the proper destination of the empty packages of these products.

Keywords: Agrochemical. Safe use. Legislation. Agronomical prescription.

INTRODUÇÃO

O Brasil atualmente é um dos principais produtores de alimentos no mundo (FAO, 2018). Esse desempenho implica no aumento dos problemas relacionados com pragas, sendo de origem nativa ou exótica. Os prejuízos anuais resultantes dos danos causados pelas pragas exóticas à economia brasileira são estimados em US\$ 12,0 bilhões (OLIVEIRA *et al.*, 2013). Nesse contexto, os agrotóxicos começaram a ser difundidos no Brasil a partir da década de 1960, com a chamada “Revolução Verde”, sendo então considerados como solução para o controle de diversas pragas que atingiam lavouras e rebanhos (ZORZETTI *et al.*, 2014).

Conseqüentemente, o uso de agrotóxicos tornou-se uma prática comum para o combate de diversas pragas com finalidade de assegurar a qualidade dos produtos agrícolas e aumentar a produtividade das culturas (SANTOS *et al.*, 2017). Assim, o Brasil adquiriu o título de maior consumidor de agrotóxicos do mundo (CARNEIRO *et al.*, 2015).

A Organização das Nações Unidas para a Agricultura e a 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).

A legislação brasileira (BRASIL, 1989) define agrotóxicos como,

- a) os produtos e os agentes de processos físicos, químicos ou biológicos, destinados ao uso nos setores de produção, no armazenamento e beneficiamento de produtos agrícolas, nas pastagens, na proteção de florestas, nativas ou implantadas, e de outros ecossistemas e também de ambientes urbanos, hídricos e industriais, cuja finalidade seja alterar a composição da flora ou da fauna, a fim de preservá-las da ação danosa de seres vivos considerados nocivos;
- b) substâncias e produtos, empregados como desfolhantes, dessecantes, estimuladores e inibidores de crescimento.

¹ Eng. Agrônomo, D.Sc., Pesq. EPAMIG Norte, Nova Porteirinha, MG, antonio.costa@epamig.br.

² Bióloga, D.Sc., Pesq. EPAMIG Norte, Nova Porteirinha, MG, alniusa@epamig.br.

CONSEQUÊNCIAS DO USO INADEQUADO DE AGROTÓXICOS

Embora os agrotóxicos pertençam à categoria dos insumos para a produtividade agrícola, o uso intensivo dessas substâncias frequentemente causa efeitos indesejados. Geralmente essas substâncias são prejudiciais ao ambiente, a exemplo do controle biológico, e à polinização, que são importantes também para a produção agrícola (OSBORNE, 2012; WHITEHORN *et al.*, 2012; GARIBALDI *et al.*, 2016; TOGNI *et al.*, 2019).

Além dos problemas ambientais e toxicológicos associados à aplicação de agrotóxicos (BOMBARDI, 2017), o uso frequente e as doses inadequadas têm levado à redução progressiva da eficiência desses produtos e à elevação nas ocorrências de resistência das pragas-alvo (HAWKINS *et al.*, 2019). De acordo com Gould, Brown e Kuzma (2018), há um risco considerável de que essa seleção de pragas resistentes aos agrotóxicos ocorra em um ritmo mais rápido do que o desenvolvimento de novos produtos que substituam aqueles que perdem a sua eficiência.

Essas informações indicam que, embora seja necessário promover a proteção eficiente dos cultivos agrícolas, a produção sustentável de alimentos e fibras vegetais depende da adoção de medidas fitossanitárias que considerem a estrutura e o funcionamento dos agroecossistemas em conjunto com a preservação da biodiversidade (VENZON *et al.*, 2019).

MANEJO INTEGRADO DE PRAGAS

No Brasil, a estratégia para o controle de pragas e doenças adotada com maior frequência é o controle químico exclusivo, realizado de modo preventivo e com base em intervalos de tempo fixos, sem considerar os níveis econômicos para o controle de pragas (VENZON *et al.*, 2019). Contudo, um organismo geralmente não pode ser considerado nocivo exclusivamente pela

sua presença, mas sim em função do seu nível populacional no agroecossistema.

Quando os métodos de controle cultural e biológico são eficazes, a população da praga não alcançará níveis que justifiquem o custo econômico e ambiental da aplicação de agrotóxicos. Cabe aos profissionais habilitados a atuarem nessa área, identificar a presença de pragas, doenças ou plantas daninhas e avaliar, de acordo com as práticas contempladas no Manejo Integrado de Pragas (MIP), se o nível populacional desses organismos e a área de cultivo por estes afetada justifica a adoção de medidas para o seu controle (CHAIM, 2004).

Um dos pontos críticos à adoção dos níveis de controle para pragas e doenças é a avaliação da população desses organismos com precisão em grandes áreas de cultivo, a fim de determinar o momento adequado para a realização das intervenções necessárias. No entanto, para muitas pragas há atualmente estratégias disponíveis para um monitoramento populacional que obtenha dados representativos da realidade do agroecossistema, a exemplo do uso de armadilhas com feromônios e o sensoramento remoto (VENZON *et al.*, 2019).

RESÍDUOS DE AGROTÓXICOS EM ALIMENTOS

A utilização de agrotóxicos na agricultura tem um forte impacto socioeconômico, pois gera custos e benefícios à sociedade, afetando de forma diferente todos os atores sociais envolvidos (indústria química, trabalhadores, produtores rurais e consumidores) (VEIGA, 2007). O monitoramento da utilização de tais substâncias tem atraído a atenção de vários setores da sociedade visando assegurar a qualidade satisfatória de alimentos e água para o consumo humano.

O Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos (PARA) é coordenado pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), em conjunto com os órgãos estaduais e municipais de vigilância sanitária e laboratórios estaduais de saúde pública. O relatório do PARA referente ao período 2013 a 2015 é proveniente da análise de até 270 agrotóxicos

diferentes em 4.616 amostras de 14 alimentos de origem vegetal representativos da dieta da população brasileira: abacaxi, alface, alho, arroz, batata-doce, beterraba, cenoura, chuchu, goiaba, laranja, manga, pimentão, tomate e uva. Do total de amostras analisadas, em 2.254 (49%) não foram detectados resíduos. Dentre as amostras que apresentaram resíduos, 1.290 (28%) apresentaram níveis iguais ou inferiores ao limite máximo de resíduos (LMR) enquanto que em 1.072 amostras (23%) foram constatados valores acima do LMR de referência. Esses resultados são utilizados na priorização dos agrotóxicos e alimentos que devem ser monitorados pelo Sistema Nacional de Vigilância Sanitária (SNVS), Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama) (ANVISA, 2019).

É importante ressaltar que vegetais, suas partes ou alimentos com resíduos de agrotóxicos acima do permitido ou de uso não autorizado estão sujeitos à destruição, a critério do órgão competente (BRASIL, 1989).

Os padrões de potabilidade estabelecidos no Programa Nacional de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano contemplam também o monitoramento de agrotóxicos. Em 2014, 741 municípios brasileiros realizaram esse monitoramento, totalizando 57.299 análises. Dessas, 99,9% apresentaram resultado analítico em conformidade com o padrão de potabilidade estabelecido pela legislação vigente à época. Contudo, foram constatados 12 municípios, localizados nos estados de São Paulo e Minas Gerais, onde há pelo menos um resultado analítico acima do Valor Máximo Permitido (VMP) (BRASIL, 2016).

REGISTRO DE AGROTÓXICOS

O registro de um agrotóxico nos órgãos federais brasileiros responsáveis pelos setores da saúde, do meio ambiente e da agricultura é um pré-requisito para a produção, exportação, importação, comercialização e utilização dessas substâncias (BRASIL, 1989, 2002).

É durante este processo que são avaliados a eficiência agrônômica, os impactos potenciais à saúde pública e ao ambiente, de modo que se defina se determinada substância ou produto comercial pode ser empregado e sob quais condições (MILKIEWICZ; LIMA, 2018).

Todos os produtos agrotóxicos e afins registrados no MAPA, com informações da Anvisa e do Ibama, estão disponíveis no Agrofit, um banco de dados para consulta pública dessas substâncias, por intermédio de marca comercial, cultura, ingrediente ativo, classificação toxicológica e classificação ambiental (BRASIL, 2021).

RECEITUÁRIO AGRÔNOMICO

A aquisição e utilização dos agrotóxicos e afins devem estar de acordo com as recomendações constantes em receituário próprio, prescrito por profissionais legalmente habilitados (BRASIL, 1989, 2002). Desse modo, compete aos engenheiros agrônomos e engenheiros florestais, nas respectivas áreas de habilitação, para efeito de fiscalização do exercício profissional, prescrever o receituário agrônômico e assumir a responsabilidade técnica pela aplicação dos agrotóxicos, seus componentes e afins. Os técnicos agrícolas e tecnólogos da área da agropecuária e florestas são habilitados legalmente a assumir a Responsabilidade Técnica na aplicação dos produtos agrotóxicos e afins prescritos pelo receituário agrônômico, desde que sob supervisão do engenheiro agrônomo ou florestal (CONFEA, 1990).

Os produtos devem ser prescritos de acordo com as recomendações de uso aprovadas em rótulo e bula. Conforme o Decreto nº 4.074, de 4/1/2002 em seu Art. 66, a receita deve ser específica para cada cultura ou problema fitossanitário e conter,

I - nome do usuário, da propriedade e sua localização;

II - diagnóstico;

III - recomendação para que o usuário leia atentamente o rótulo e a bula do produto;

IV - recomendação técnica com as seguintes informações:

- a) nome do(s) produto(s) comercial(ais) que deverá(ão) ser utilizado(s) e de eventual(ais) produto(s) equivalente(s);
- b) cultura e áreas onde serão aplicados;
- c) doses de aplicação e quantidades totais a serem adquiridas;
- d) modalidade de aplicação, com anotação de instruções específicas, quando necessário, e, obrigatoriamente, nos casos de aplicação aérea;
- e) época de aplicação;
- f) intervalo de segurança;
- g) orientações quanto ao manejo integrado de pragas e de resistência;
- h) precauções de uso; e
- i) orientação quanto à obrigatoriedade da utilização de EPI; e

V - data, nome, CPF e assinatura do profissional que a emitiu, além do seu registro no órgão fiscalizador do exercício profissional. (BRASIL, 2002).

Uma vez que é possível a associação de agrotóxicos e afins no tanque do equipamento aplicador, imediatamente antes da aplicação (mistura em tanque) a receita agrônômica deve conter também, conforme Instrução Normativa nº 40, de 11/10/2018 do MAPA,

I - o nome do(s) produto(s) comercial(ais) que deverá(ão) ser utilizado(s) e de eventual(ais) produto(s) equivalente(s) e informações acerca de sua incompatibilidade quando for o caso;

II - §1º as informações constantes em rótulo e bula dos agrotóxicos e afins registrados relativas à mistura em tanque, quando existentes, são de caráter obrigatório, devendo constar na receita agrônômica;

§2º as informações sobre incompatibilidade dos agrotóxicos e afins,

dispostas em campo específico da receita, considerando o contexto da recomendação e advertências específicas para a aplicação. (BRASIL, 2018).

O profissional que fizer a prescrição indevida (receita errada, displicente ou indevida) é responsável administrativa, civil e penalmente pelos danos causados tanto à saúde humana como ao meio ambiente (BRASIL, 1989).

Do mesmo modo, também estão sujeitos às mesmas responsabilidades o usuário, o prestador de serviços e o comerciante, caso procedam em desacordo com o receituário, as recomendações do fabricante e dos órgãos registrantes e sanitário-ambientais (BRASIL, 1989).

As especificações técnicas para a utilização dos agrotóxicos constam na bula que acompanha cada produto comercial, havendo previsão expressa de responsabilização administrativa, civil e criminal para a aplicação de modo diferente ao que constar nesse documento (BRASIL, 1989).

DERIVA EXTERNA

O objetivo principal de um tratamento fitossanitário é depositar um produto biologicamente ativo no alvo e na quantidade necessária, sem que haja contaminação de áreas próximas (CHAIM, 2004).

A deriva externa é o deslocamento do agrotóxico para fora da área onde se deseja que ocorra o controle da praga. Uma vez que as gotas flutuam no ar por um determinado tempo após serem produzidas pelo bico de pulverização, podendo ser arrastadas pelo vento para longe do alvo. As gotas pequenas possuem menor peso, estando mais sujeitas a essa movimentação, por distâncias maiores. Consequentemente, ocorrerá tanto a redução da eficiência do controle desejado como a contaminação de áreas adjacentes que não deveriam ter contato com agrotóxicos (CHAIM, 2004). Desse modo, as pulverizações não devem ser feitas durante a ocorrência de ventos fortes.

PREVENÇÃO DE ACIDENTES COM O SER HUMANO

As medidas de proteção que controlam as exposições ocupacionais aos agrotóxicos atuam na prevenção do contato dos produtos com as vias de exposição do corpo (OLIVEIRA; MACHADO NETO, 2003).

A segurança do aplicador está relacionada tanto com a sua exposição ao produto quanto com o risco de intoxicação e dependerá da utilização correta do equipamento de proteção individual (EPI) (SENAR, 2015).

É considerado EPI todo vestuário, material ou equipamento destinado a proteger a pessoa envolvida na produção, manipulação e uso de agrotóxicos, seus componentes e afins (BRASIL, 2002).

Existem vários fabricantes de EPI no mercado, e o material com que são fabricados pode variar de um fabricante para outro. Dentre estes, os mais encontrados são de Tyvek e de algodão com material hidrorrepelente. Estes EPIs foram desenvolvidos de acordo com as vias de exposição do trabalhador ao agrotóxico e recebem do Ministério do Trabalho o Certificado de Aprovação (CA), que consiste em um requisito para a sua comercialização. Os itens que compõem os EPIs consistem em luvas, respiradores, viseira facial, jaleco, calça, boné árabe, avental e bota, dependendo do produto a ser utilizado, do tipo de aplicação e da etapa do trabalho (preparo da calda ou aplicação). Em caso de utilização de roupas pessoais por baixo do EPI, estas devem ser trocadas diariamente e lavadas separadamente das roupas dos demais familiares (SENAR, 2015).

A falta da utilização ou a utilização incompleta dos EPIs representa grande perigo à saúde daqueles que manipulam agrotóxicos, aumentando os riscos de intoxicações (SANTOS *et al.*, 2017).

Adicionalmente, cabe ao empregador fornecer os equipamentos adequados à proteção da saúde dos trabalhadores e assegurar a manutenção do seu bom estado de funcionamento. Do mesmo modo, também é sua responsabilidade encarregar-se da

manutenção das condições adequadas de operação dos equipamentos utilizados na distribuição e aplicação de agrotóxicos. O descumprimento dessas obrigações sujeita o empregador às sanções previstas na legislação (BRASIL, 1989).

Medidas higiênicas durante e após o trabalho com agrotóxicos

A higiene pessoal é de grande importância após o trabalho com agrotóxicos e deve ser realizada antes de qualquer refeição ou hidratação. Do mesmo modo, imediatamente após o término de uma atividade com produtos fitossanitários, é necessário que o trabalhador que manipulou agrotóxicos possa tomar um banho com água abundante e sabonete, a fim de remover eventuais resíduos da calda aplicada. Os EPIs e as vestimentas também devem ser descontaminados após a sua utilização por intermédio da lavagem em locais apropriados para esta finalidade, existentes no ambiente de trabalho, sem o contato com as roupas de uso pessoal e com o ambiente doméstico (SENAR, 2015; DIAS *et al.*, 2018).

Período de carência ou intervalo de segurança

Consiste no número de dias que deve ser respeitado entre a última aplicação de um agrotóxico e a colheita, uso ou consumo, bem como a semeadura ou plantio do cultivo seguinte, conforme o caso (BRASIL, 1989).

Este prazo encontra-se obrigatoriamente na bula do produto (BRASIL, 1989), sendo de extrema importância para minimizar o risco da presença de resíduos de agrotóxicos acima do limite máximo permitido para os alimentos.

Trânsito em áreas recém-tratadas com agrotóxicos

O empregador rural ou equiparado deve sinalizar as áreas tratadas, informando o intervalo de reentrada, que é o período entre a aplicação de agrotóxicos e a entrada de pessoas na área tratada sem a necessidade

de uso de EPI (BRASIL, 2002). Esta informação consta no rótulo/bula do produto.

Adicionalmente, as substâncias tóxicas, perigosas ou nocivas à saúde humana ou ao meio ambiente devem ser comercializadas, fornecidas, transportadas, armazenadas, guardadas, mantidas em depósito ou usadas de acordo com as exigências estabelecidas em leis ou nos seus regulamentos que se referem ao meio ambiente (BRASIL, 1998).

TRANSPORTE DE AGROTÓXICOS

O transporte dos agrotóxicos, seus componentes e afins está sujeito às regras e aos procedimentos estabelecidos na legislação específica (BRASIL, 2002).

Os agrotóxicos embalados devem ser acondicionados e organizados no compartimento de carga do veículo de modo que não estejam sujeitos a deslocamentos, quedas ou tombamentos, suportando os riscos de carregamento, transporte, descarregamento e transbordo (ANVISA, 2019).

É proibido transportar agrotóxicos em veículos ou equipamentos de transporte juntamente com animais, alimentos, medicamentos, insumos, aditivos e matérias-primas alimentícios, cosméticos, farmacêuticos ou veterinários ou objetos ou produtos já acabados destinados a uso ou consumo humano ou animal de uso direto ou, ainda, com embalagens de mercadorias destinadas ao mesmo fim (ANVISA, 2019).

A presença de pessoas em veículos que transportem agrotóxicos é restrita aos condutores e seus auxiliares, sendo obrigatório que todos disponham dos EPIs adequados para a manipulação dessas substâncias (ANVISA, 2019).

Procedimentos a serem adotados em emergências no transporte de agrotóxicos

Em caso de acidente, avaria ou outro fato que obrigue a imobilização de veículo transportando agrotóxicos, o condutor ou o auxiliar deve utilizar o EPI adequado e informar imediatamente os detalhes da situação ao transportador e ao expedidor

do produto, bem como às autoridades de trânsito e às demais responsáveis pelo atendimento (ANVISA, 2019).

ARMAZENAMENTO DE AGROTÓXICOS

O armazenamento de agrotóxicos, seus componentes e afins é regido pela legislação vigente e pelas instruções fornecidas pelo fabricante, inclusive especificações e procedimentos a serem adotados no caso de acidentes, derramamento ou vazamento de produto. Adicionalmente, devem também ser consideradas as normas municipais aplicáveis, inclusive quanto à edificação e à localização dessas instalações (BRASIL, 2002).

Embalagens de agrotóxicos

São consideradas laváveis as embalagens rígidas, que contêm formulações miscíveis ou dispersíveis em água. Após a utilização do seu conteúdo, essas embalagens devem ser submetidas à tríplex lavagem ou processo equivalente (BRASIL, 2000). O resíduo dessa operação deve ser transferido para o reservatório do equipamento de pulverização.

Não é permitido utilizar embalagens que continham agrotóxicos para o transporte de alimentos, medicamentos ou quaisquer objetos ou produtos destinados ao uso ou consumo humano ou animal (ANVISA, 2019)

As embalagens vazias de agrotóxicos lavadas devem ser entregues pelos usuários no prazo de até um ano da data da compra aos estabelecimentos comerciais em que foram adquiridos, de acordo com as instruções previstas nas respectivas bulas, podendo servir-se também de postos ou centros de recolhimento, desde que haja autorização do órgão ambiental competente (BRASIL, 2000).

O endereço para devolução da embalagem vazia deve constar na nota fiscal de venda dos agrotóxicos, devendo o usuário ser formalmente comunicado caso ocorra alteração do endereço (BRASIL, 2002).

Cabe às empresas produtoras e comercializadoras de agrotóxicos a destinação

correta dessas embalagens, após a sua devolução pelos usuários, sob pena de serem submetidos às sanções constantes na legislação aplicável (BRASIL, 2000).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A redução de perdas na produção agrícola causada por pragas e doenças é necessária, porém deve-se considerar a dinâmica do funcionamento do agroecossistema, a fim de preservar a biodiversidade e, assim, promover o uso sustentável dos recursos naturais.

Os agrotóxicos constituem um recurso disponível para a proteção dos cultivos e devem ser utilizados no momento em que os organismos antagonistas presentes no agroecossistema não forem capazes de manter a população da praga em níveis que não causem prejuízos econômicos à produção de alimentos e fibras vegetais.

Porém, essas substâncias são prejudiciais ao ser humano e ao ambiente, devendo ser utilizadas sob a prescrição do receituário agrônomo emitido pelos engenheiros agrônomos ou engenheiros florestais, profissionais habilitados para essa tarefa.

A proteção do ser humano deve ser assegurada por intermédio da utilização obrigatória dos EPIs durante a manipulação e aplicação correta dos agrotóxicos e das recomendações constantes no receituário agrônomo. Do mesmo modo, deve-se zelar pela proteção do meio ambiente contra os efeitos negativos desses produtos, realizando a sua aplicação somente quando o nível populacional da praga assim o justificar.

REFERÊNCIAS

ANVISA. Gerência Geral de Toxicologia. **Programa de análise de resíduos de agrotóxicos em alimentos – PARA**: Relatório das amostras analisadas no período de 2017-2018 – primeiro ciclo do Plano Plurianual 2017-2020. Brasília, DF: ANVISA, 2019. 136p. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/agrotoxicos/programa-de-analise-de-residuos-em-alimentos/arquivos/3770json-file-1>. Acesso em: 2 mar. 2021.

BOMBARDI, L.M. **Geografia do uso de agrotóxicos no Brasil e conexões com a União Europeia**. São Paulo: USP - FFLCH, 2017. 292p. Disponível em: <https://conexa.oagua.mpf.mp.br/arquivos/agrotoxicos/05-larissa-bombardi-atlas-agrotoxico-2017.pdf>. Acesso em: 2 mar. 2021.

BRASIL. Decreto nº 4.074, de 4 de janeiro de 2002. Regulamenta a Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989, que 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 União**, Brasília, DF, 8 jan. 2002.

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 União**, Brasília, DF, 12 jul. 1989.

BRASIL. Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 13 fev. 1998.

BRASIL. Lei nº 9.974, de 6 de junho de 2000. Altera a Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989, que 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 União**, Brasília, DF, 6 jun. 2000.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **AGROFIT**: Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários. Brasília, DF: MAPA, 2021. Disponível em http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 2 mar. 2021.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 40, de 11 de outubro de 2018. Estabelece regras complementares a emissão da receita agrônoma previsto Decreto nº 4.074 de 04 de janeiro de 2002, no que tange ao exercício profissional e eficiência agrônoma na aplicação dos agrotóxicos e afins. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, n.198, p.3, 15 out. 2018.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Monitoramento de agrotóxicos em água para consumo humano no Brasil, 2014. **Boletim Epidemiológico**, Brasília, DF, v.47, n.12, 2016. Disponível em: <https://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2016/marco/23/2015-052---Agrot--xicos-publica---o.pdf>. Acesso em: 2 mar. 2021.

CARNEIRO, FF *et al.* (org.). **Dossiê ABRASCO**: um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde. Rio de Janeiro: Escola Politécnica Saúde João Venâncio, 2015. 623p. Disponível em: https://www.abrasco.org.br/dossie-agrotoxicos/wp-content/uploads/2013/10/DossieAbrasco_2015_web.pdf. Acesso em: 2 mar. 2021.

CHAIM, A. Tecnologia de aplicação de agrotóxicos: fatores que afetam a eficiência e o impacto ambiental. In: SILVA, C.M.M. de S.; FAY, E.F. (ed.). **Agrotóxicos e ambiente**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2004. cap.8, p.289-317.

CONFEA. Resolução nº 344, de 27 de julho de 1990. Define as categorias profissionais habilitadas a assumir a Responsabilidade Técnica na prescrição de produtos agrotóxicos, sua aplicação e atividades afins. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF: seção 1, p.14737, 2 ago. 1990.

DIAS, A.P. *et al.* **Agrotóxicos e saúde**. Rio de Janeiro: FIOCRUZ, 2018. 115p. (Série Fiocruz. Coleção Saúde, Ambiente e Sustentabilidade, 2). Disponível em: <https://www.arca.fiocruz.br/bitstream/icict/32385/2/02agrototoxicos.pdf>. Acesso em: 2 mar. 2021.

FAO. **Agroecology knowledge hub: the 10 elements of agroecology**. Rome: FAO, [2018]. Disponível em: <http://www.fao.org/agroecology/overview/overview10elements/en/>. Acesso em: 2 mar. 2021.

FAO. **Frear as pragas e as doenças das plantas: especialistas planejam medidas a nível global**. [Brasília, DF]: FAO no Brasil, 2015. Disponível em: <http://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/pt/c/293049/>. Acesso em: 2 mar. 2021.

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.

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

MILKIEWICZ, L.; LIMA, J.E. de S. Análise do registro de agrotóxico no direito ambiental brasileiro. **Revista Brasileira de Direito**, Passo Fundo, v.14, n.2, p.154-179, maio/ago. 2018.

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.

OLIVEIRA, M.L. de; MACHADO NETO, J.G. Segurança no trabalho de aplicação de agro-

tóxicos com o pulverizador de pistolas em citros. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, São Paulo, v.28, n.105/106, p.83-90, 2003.

OSBORNE, J.L. Ecology: bumblebees and pesticides. **Nature**, v.491, n.7422, p.43-45, Nov. 2012.

SANTOS, T.M.M. *et al.* Pesquisas sobre agrotóxicos no contexto da educação ambiental. **Educação Ambiental em Ação**, n.61, p.2877, 2017. Disponível em: <http://www.revistaea.org/artigo.php?idartigo=2877>. Acesso em: 18 set. 2020.

SENAR. **Agrotóxicos: uso correto e seguro**. 3.ed. Brasília, DF: SENAR, 2015. 64p. (SENAR. Coleção SENAR, 156). Disponível em: <https://www.cnabrazil.org.br/assets/arquivos/156-AGROTOXICOS.pdf>. Acesso em: 2 mar. 2021.

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.

VEIGA, M.M. Agrotóxicos: eficiência econômica e injustiça socioambiental. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v.12, n.1, p.145-152, 2007.

VENZON, M. *et al.* Inovações para o manejo sustentável de pragas e doenças. **Informe Agropecuário**. Tecnologias para o manejo sustentável de pragas e doenças, Belo Horizonte, v.40, n.305, p.7-12, 2019.

WHITEHORN, P.R. *et al.* Neonicotinoid pesticide reduces bumble bee colony growth and queen production. **Science**, v.336, n.6079, p.351-352, 2012.

ZORZETTI, J. *et al.* Conhecimento sobre a utilização segura de agrotóxicos por agricultores da mesorregião do Norte Central do Paraná. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.35, n.4, p.2415-2428, 2014. Suplemento.

Publicações para download

Informe Agropecuário, Folders, Boletim Técnico, Cartilhas, Circulares Técnicas e Série Documentos

Confira no site

www.epamig.br




Tipos de pulverizadores e calibração

Daniilo Morilha Rodrigues¹, Flávio Nunes da Silva², Gustavo Dario³, Matheus Mereb Negrisoni⁴, Luciano Del Bem Junior⁵, Carlos Gilberto Raetano⁶

Resumo - A regulagem é a etapa que precede à calibração. Na regulagem são realizados ajustes nos componentes das máquinas aplicadoras e estabelecidas as condições operacionais para aplicar um volume desejado, mediante as condições previamente estabelecidas. A calibração não é única e varia com o desenvolvimento da cultura. Esse procedimento é de fundamental importância para que um produto biologicamente ativo seja aplicado sobre determinado alvo biológico de forma econômica, em quantidade suficiente e com o mínimo de contaminação de outras áreas, independentemente do tipo de pulverizador. A evolução dos pulverizadores com sensores, sistema de posicionamento global e ações com comandos remotos tem tornado esse procedimento cada vez mais automatizado, em especial para os pulverizadores autopropelidos.

Palavras-chave: Defensivo agrícola. Pulverização. Máquina agrícola. Tecnologia de aplicação.

Sprayer types and calibration

Abstract - Regulation is a step prior to calibration. In the regulation, adjustments are made to the components of the applicator machines and operating conditions to apply a volume according to the determined conditions. The calibration is not unique and varies with the development of the culture. This procedure is of fundamental importance for a biologically active product to be applied on a given biological target in an economical way, in sufficient quantity and with a minimum of contamination from other areas, regardless of the type of sprayer. The evolution of sprayers with sensors, Global Positioning System and actions with remote controls has made this procedure increasingly automated, especially for self-propelled sprayers.

Keywords: Pesticide. Pulverization. Liquid application machines. Application technology.

INTRODUÇÃO

Pulverização é uma técnica de aplicação em que volumes líquidos são fracionados em gotas, via de regra, por energia hidráulica (pressão ao líquido). O equipamento aplicador de líquidos sob forma de gotas é denominado pulverizador. Além de fracionar o líquido em gotas, imprime velocidade e direção para que estas possam atingir o alvo. A classificação dos equipamentos de aplicação considera a função da máquina (o que aplica: grânulos,

polvilhador, pulverizador, etc.), a forma de deslocamento (costal, montado, arrastado, padiola, autopropelido, estacionário, etc.) e o acionamento (manual, motor ou por trator), conforme estabelece a Norma Técnica Brasileira NBR 11703 (ABNT, 1992). Para o aplicador, regulagem e calibração do pulverizador são termos sinônimos. No entanto, regulagem é a etapa que precede à calibração, na qual são realizados ajustes nos componentes das máquinas aplicadoras. As principais ações

nessa etapa compreendem as definições da velocidade de operação, da taxa ou volume da aplicação, do tamanho das gotas, da seleção das pontas de pulverização, da pressão de pulverização, do espaçamento entre bicos, bem como da altura da aplicação em relação ao alvo (RAETANO; BOLLER, 2019).

Já a calibração é o ato de aferir o desempenho de um pulverizador, para certificar-se de que esteja efetivamente distribuindo o volume de calda (líquido

¹ Eng. Agrônomo, Doutorando UNESP - FCA, Botucatu, SP, danilomrodrigues@outlook.com.br.

² Eng. Agrônomo, Doutorando UNESP - FCA, Botucatu, SP, flavio.silva.1@hotmail.com.

³ Eng. Agrônomo, Doutorando UNESP - FCA/Bolsista CNPq, Botucatu, SP, gdgustavodario@gmail.com.

⁴ Eng. Agrônomo, Doutorando UNESP - FCA, Botucatu, SP, matheusmnegrisoni@gmail.com.

⁵ Eng. Agrônomo, Doutorando UNESP - FCA, Botucatu, SP, lucianojunior20@hotmail.com.

⁶ Eng. Agrônomo, Dr., Prof. Tit. UNESP - FCA - Depto. Proteção Vegetal/Bolsista CNPq, Botucatu, SP, carlos.raetano@unesp.br.

proveniente da diluição de uma ou mais formulações num diluente) desejado, nas condições de trabalho previamente estabelecidas (RAETANO; BOLLER, 2019). É oportuno mencionar que toda calibração de pulverizadores deve ser realizada apenas com água.

Este artigo descreve os procedimentos para a realização da calibração com diferentes tipos de pulverizadores terrestres e aéreo.

PULVERIZADOR COSTAL

Os pulverizadores costais são divididos em duas categorias, o de acionamento manual e por motor (de combustão ou elétrico). No primeiro caso demandam mão de obra intensiva, pela necessidade de acionamento manual de uma alavanca que move o pistão responsável pelo bombeamento da calda. O acionamento da alavanca deve manter ritmo constante, para evitar oscilações maiores na vazão. Para minimizar alterações na vazão, há opção do uso de válvula reguladora de pressão, dispositivo conectado antes da ponta de pulverização, que minimiza variações na pressão de trabalho e, conseqüentemente, promove maior uniformidade na vazão. No mercado estão disponíveis válvulas reguladoras para diferentes faixas de pressão.

Já os pulverizadores costais acionados por motor possuem motores elétricos ou a combustão, que atuam no acionamento de uma bomba hidráulica. Como vantagens em relação aos costais com acionamento manual, os motorizados (bateria e combustão) requerem menor esforço do operador, pois não possuem alavanca de acionamento manual, e, conseqüentemente, proporcionam maior uniformidade na aplicação, por haver menor variação na pressão de trabalho. Em alguns modelos, também há presença de manômetro indicador da pressão, fator relevante para evitar desperdício de calda e melhorar a qualidade da aplicação.

Para calibração dos pulverizadores costais (manual e motorizados) deve-se considerar o modo como a aplicação será realizada, se em sentido horizontal ou

vertical. Como exemplo, são realizadas na horizontal aplicações de herbicidas em culturas como milho, feijão, entre outras. São comumente realizadas na vertical, aplicações em hortaliças tutoradas e culturas arbóreas.

Calibração de pulverizador costal para aplicações no sentido horizontal

O primeiro passo para calibração dos pulverizadores costais é estabelecer um ritmo de trabalho confortável ao operador, com o mínimo de oscilação na velocidade de deslocamento. Especificamente para o pulverizador com acionamento manual, também é necessário manter constância no ritmo de acionamento da alavanca, caso não esteja disponível a válvula reguladora de pressão.

A lança de aplicação deve estar posicionada à frente do aplicador mantendo-a na mesma direção durante a aplicação no plano horizontal. Movimentos laterais da lança não devem ser realizados, pois esse procedimento irá proporcionar irregularidade na distribuição do líquido na área.

Em seguida, coloque um volume de água conhecido no reservatório do pulverizador, não necessariamente até a capacidade máxima do tanque. Demarque uma área de tamanho conhecido no terreno (ex: 50 m²) respeitando a faixa de aplicação de cada ponta de pulverização (projeção do jato no solo na altura de trabalho selecionada). Com uma proveta graduada, complete o volume do reservatório novamente até o nível anteriormente estabelecido e anote o volume gasto na área aplicada. Calcule o volume de calda que será gasto por hectare por meio da Equação 1:

$$V_c = \frac{10.000 \cdot v}{A} \quad (1)$$

em que:

V_c = volume de calda (L/ha);

v = volume gasto na área demarcada (L);

A = área aplicada no teste de calibração (m²).

Repita o procedimento por mais duas vezes e obtenha o volume médio. Verifique se o volume médio calculado (L/ha) está dentro do limite de 10% superior ou inferior ao indicado na bula do produto fitossanitário a ser aplicado. Caso não estiver, substitua a ponta de pulverização por outra de vazão nominal superior ou inferior, de acordo com o caso, e repita todo o procedimento (ANDEF, 2010). No caso do pulverizador costal motorizado, também há opção de alterar a vazão, aumentando ou diminuindo a pressão, de modo que não exceda os limites descritos no catálogo do fabricante da ponta de pulverização selecionada.

Calibração de pulverizador costal para aplicações no sentido vertical

Na área onde será realizada a aplicação, estabeleça um ritmo de trabalho confortável ao operador. Demarque uma distância de 50 m em duas linhas de cultivo e com o reservatório do pulverizador abastecido até um nível conhecido de sua capacidade, aplique em ambos os lados das duas linhas demarcadas. No plano vertical deve-se manter a regularidade nos movimentos de baixo para cima e no sentido contrário em toda a área.

Com uma proveta graduada, complete com água o reservatório até o nível previamente estabelecido e anote o volume gasto na área aplicada. Calcule o volume de calda que será gasto por hectare por meio da Equação 2, proposta por Pereira, Moura e Pinheiro (2015).

$$V_c = \frac{200}{E_c} \cdot \frac{Q_a}{L_p} \quad (2)$$

em que:

V_c = volume de calda (L/ha);

E_c = espaçamento entre as linhas de cultivo (m);

Q_a = volume gasto no teste de calibração (L);

L_p = número de linhas de 50 m aplicadas em ambos os lados.

Repita o procedimento por mais duas vezes e obtenha o volume médio. Em seguida, verifique se o volume médio calculado (L/ha) está dentro do limite de 10% superior ou inferior ao indicado na bula do produto fitossanitário a ser aplicado. Caso não estiver, substitua a ponta de pulverização por de vazão nominal superior ou inferior, de acordo com o caso, e repita todo o procedimento. No caso do pulverizador costal acionado por motor, também há opção de alterar a vazão, aumentando ou diminuindo a pressão, de modo que não exceda os limites descritos no catálogo do fabricante da ponta de pulverização selecionada.

PULVERIZADOR SEMIESTACIONÁRIO

Os pulverizadores semiestacionários apresentam maior capacidade operacional em relação aos costais e, dessa forma, são utilizados principalmente em áreas mais extensas, mas ao mesmo tempo onde a entrada de pulverizadores acionados por trator e autopropelidos é impossibilitada, como casas de vegetação e culturas de espaçamento reduzido entre as linhas de plantio.

Estes pulverizadores podem ser instalados de forma fixa ou móvel. No primeiro caso são fixados em bancada sob galpão nas proximidades da área de cultivo, e quando móveis são montados sobre carrinhos manuais com rodas ou acoplados em tratores, podendo ser deslocados de uma área para outra (PEREIRA; MOURA; PINHEIRO, 2015).

A ausência de carga sobre o operador é uma vantagem em relação ao pulverizador costal, pois o conjunto permanece parado durante a aplicação e somente a lança de aplicação, conectada ao conjunto motobomba por uma mangueira, é conduzida pelo operador. Como consequência, há possibilidade de utilização de reservatório de calda maior, o que reduz o tempo gasto com preparo de calda, sendo crucial principalmente em aplicações que requerem grande volume de calda.

Um dos principais problemas desses equipamentos é a presença de manômetro indicador de pressão somente nas proximidades do conjunto motobomba. Dessa forma, a pressão indicada no manômetro pode não corresponder à pressão real na ponta de pulverização, por possíveis perdas de carga ao longo da mangueira. Para correção desse problema, indica-se a instalação de um manômetro junto à lança de pulverização.

Para calibração desse pulverizador, na área onde será realizada a aplicação, estabeleça um ritmo de trabalho confortável ao operador, com o mínimo de oscilação possível na velocidade de caminhamento. Em seguida, demarque uma distância de 50 m em 4 linhas de cultivo vizinhas. Abasteça o reservatório de calda do pulverizador com água até um nível conhecido. Selecione a pressão de pulverização desejada e pulverize ambos os lados das linhas demarcadas. Registre o tempo que o equipamento permaneceu pulverizando (desconsidere o tempo gasto para o operador trocar de linha, quando o registro da lança de pulverização deve estar fechado).

Com o pulverizador em funcionamento, colete em um recipiente o volume de calda pulverizado durante o tempo registrado na simulação. Transfira o líquido para uma proveta ou copo graduado quantas vezes necessárias para quantificar o volume de calda gasto. Calcule o volume de calda a ser aplicado (L/ha), de acordo com a Equação 2, apresentada para a calibração de pulverizador costal em aplicações no sentido vertical (PEREIRA; MOURA; PINHEIRO, 2015).

A operação deve ser repetida por mais duas vezes para obter o valor médio. Verifique se o volume médio calculado (L/ha) está dentro do limite de 10%, superior ou inferior ao indicado na bula do produto fitossanitário a ser aplicado (ANDEF, 2010). Caso não esteja, substitua a ponta de pulverização por de vazão nominal (estabelecida pelo fabricante em determinada

condição operacional) superior ou inferior, de acordo com o caso, ou altere a pressão de modo que não exceda os limites descritos no catálogo do fabricante da ponta de pulverização utilizada, e repita todo o procedimento novamente.

PULVERIZADORES DE BARRA

Os pulverizadores com deslocamento e/ou acionamento por trator podem ser acoplados aos três pontos de levante hidráulico do trator (montados), tracionados por meio da barra de tração do trator (arrastados), sendo esses acionados pela tomada de potência (TDP) ou tomada de força (TDF) do trator e os autopropelidos com deslocamento e acionamento próprio.

É importante salientar que, com o avanço da tecnologia nos pulverizadores, controles eletrônicos e ferramentas que possibilitam a agricultura de precisão, essa operação tem-se tornado cada vez mais automatizada. Contudo, a calibração ainda é fundamental para que o volume da calda necessário alcance o alvo biológico.

Antes de iniciar o processo de calibração é imprescindível que seja realizada uma checagem dos componentes da máquina quanto a sua conservação, em especial, a limpeza dos filtros e verificação das mangueiras em relação aos vazamentos, dobras e o posicionamento destas, verificando se não estão interferindo na projeção dos jatos das pontas de pulverização.

A calibração deve ser sempre realizada com água limpa, na área em que será feita a aplicação ou em áreas que possuam características semelhantes, com intuito de evitar mais variáveis no processo de calibração, além de prevenir a contaminação do aplicador.

Para a calibração dos pulverizadores de barras, primeiramente deve ser demarcado 50 m em linha reta no local; determinar a marcha na caixa seletora de acordo com a velocidade escolhida; ligar a TDP e estabelecer a rotação do motor para obter 540 rpm¹. Para determinar a velocidade

¹ rpm = rotação por minuto.

do trator, inicie o movimento do trator no mínimo 5 m antes do início da demarcação dos 50 m para que haja estabilidade na velocidade de deslocamento do conjunto trator-pulverizador. O tempo para percorrer a referida distância deve ser anotado. Para obter a velocidade com maior acurácia, a tomada de tempo deve ser realizada de duas a três vezes. Em terrenos onde a topografia for irregular, deve-se realizar a demarcação de 50 m em mais locais (RAETANO; BOLLER, 2019).

Para medir a vazão da barra, mantenha o pulverizador parado, com a TDP ligada na rotação de 540 rpm. Com a válvula de comando aberta, regula-se a pressão desejada atuando na manopla do regulador de pressão no sentido horário até atingir a pressão desejada. Para pulverizadores com válvula de comando de débito proporcional, deve-se realizar a regulagem da pressão para cada válvula, mantendo a vazão fechada da respectiva seção e verificando ao final do procedimento se o fechamento de qualquer seção manterá o nível de pressão estabelecido inicialmente. Após a regulagem da pressão, o volume líquido é coletado durante um minuto de cada bico.

A medição do volume coletado pode ser feita por meio de coletores graduados (vasos calibradores) (Fig. 1), com escalas para leitura do volume coletado (mL) e respectivo volume ou taxa de aplicação (L/ha) para bicos espaçados de 0,50 m, 0,40 m ou ainda 0,35 m e 0,25 m. Contudo, o uso de vasos calibradores possibilita erro na escala de leitura, no geral por erros de litografia, resultando em erros na calibração. O método mais adequado para a realização da medida do volume coletado é por meio de uma proveta graduada. Uma alternativa visando à simplificação do processo é o uso de uma balança com precisão de 1 g, sabendo que 1 g de água equivale a 1 mL de água (RAETANO; BOLLER, 2019) (Fig. 2A).

Outra forma de coleta, que demanda menos pessoas e pode ser feita de maneira mais ágil, é com o auxílio de baldes. Para isso, mangueiras devem ser acopladas a cada bico de modo que todo o líquido seja

direcionado para o balde (Fig. 2B). O número de baldes deve ser igual ao número de pontas do pulverizador e devem estar posicionados ao lado de cada mangueira. Em uma das extremidades da barra, geralmente da esquerda para a direita, duas pessoas,

ambas com cronômetro, ficam posicionadas e, ao acionar o sistema de pulverização, devem aguardar a estabilização da vazão e, então, acionar concomitantemente os cronômetros para a contagem do tempo. Uma das pessoas deve iniciar a atividade

Figura 1 - Coleta da água para medição da vazão com vaso calibrador graduado



Fotografia: Flávio Nunes da Silva

Figura 2 - Coleta da água para medição da vazão das pontas com balde



Fotografia: Flávio Nunes da Silva

Nota: A - Coleta com uso de balança de precisão; B - Coleta com uso de mangueira.

colocando os baldes, para coleta do líquido, sob cada mangueira no tempo zero segundos (0s) e prosseguir em um intervalo de 5 segundos entre estes, até o último balde. A outra pessoa deve começar a retirar os baldes quando o cronômetro marcar 1 minuto e prosseguir retirando os baldes em um intervalo de 5 segundos entre estes, até o último balde. Dessa maneira terá a vazão de cada ponta em 1 minuto (GANDOLFO; ANTUNIASSI, 2019).

O intervalo de tempo entre a colocação e retirada dos baldes pode ser maior para pulverizadores com maior número de pontas de pulverização. Após a vazão de cada bico ser estabelecida, deve-se comparar com a vazão nominal da ponta, disponível no catálogo do fabricante, certificando-se de que os valores medidos não estejam fora da margem de $\pm 10\%$ em relação à vazão estabelecida pelo fabricante. Caso a vazão medida seja inferior ou supere esse limite, deve-se providenciar a limpeza ou até a substituição da ponta de pulverização (RAETANO; BOLLER, 2019). Por fim, para estabelecer a taxa de aplicação e completar a calibração do equipamento, com dados de vazão e velocidade obtidos, deve-se utilizar a Equação 3:

$$Q = \frac{q \cdot 600}{V \cdot f} \quad (3)$$

em que:

Q = taxa de aplicação (L/ha);

q = vazão total de todas as pontas da barra (L/min);

600 = fator de conversão de unidades;

V = velocidade de operação medida em 50 m (km/h);

f = largura útil da barra do pulverizador (m).

Ajustes finos de pressão podem ser feitos considerando a vazão (V1) e respectivo nível de pressão (P1) estabelecido pelo fabricante por meio da Equação 4:

$$\frac{\text{Vazão 1}}{\text{Vazão 2}} = \frac{\sqrt{\text{Pressão 1}}}{\sqrt{\text{Pressão 2}}} \quad (4)$$

Com o avanço da tecnologia, o uso de métodos mais rápidos e automáticos tem-se tornado uma realidade no campo. A tecnologia SpotOn® (Fig. 3) é capaz de realizar a medição no campo da vazão individual de cada ponta de pulverização de maneira simples e instantânea. Nos pulverizadores autopropelidos é possível avaliar a vazão em tempo real ponta a ponta pelo comando de um software.

Figura 3 - Tecnologia SpotOn® sprayer calibrador



Flávio Nunes da Silva

Para pulverizações em faixa, a distância percorrida em metros no tempo de 36 segundos, em uma determinada marcha e rotação na TDP de 540 rpm, dividida por 10, obtém-se a velocidade em km/h. Como apenas uma parte da área é pulverizada, a taxa de aplicação por área tratada será proporcionalmente maior em relação à largura da faixa tratada e a não tratada, podendo ser assim representada pela Equação 5:

$$\text{VAS} \cdot \frac{\text{Largura da faixa tratada} + \text{largura da faixa não tratada}}{\text{Largura da faixa tratada}} = \text{VAF} \quad (5)$$

em que:

VAS = volume aplicado à superfície (L/ha);

VAF = volume aplicado à faixa (L/ha).

Considerando que 20 L/ha são aplicados, mas limitado a 20 cm de faixas ao longo das linhas distanciadas de 100 cm, tem-se: $20 \times 100/20 = 100$ L/ha sobre a faixa (MATTHEWS, 1992; MATTHEWS; BATEMAN; MILLER, 2016).

TURBOPULVERIZADORES

Turbopulverizadores são pulverizadores montados ou arrastados por trator para uso nas culturas de café, citros e outras frutíferas. O princípio básico de funcionamento consiste na passagem do líquido pressurizado pelos bicos hidráulicos e, em seguida, uma intensa corrente de ar produzida por um ventilador acionado pela TDP do trator proporciona energia adicional para transportar as gotas (RUAS *et al.*, 2015) para o interior da copa de culturas arbóreas. A alta complexidade destes equipamentos, bem como o processo ineficiente de aplicação pelo seu uso inadequado (HIGASHIBARA *et al.*, 2013), torna a regulação e a calibração da máquina etapas fundamentais antes do processo de pulverização.

No geral, esses pulverizadores possuem ventiladores axiais, onde o ar é capturado na mesma direção de rotação do ventilador e sofre deflexão de 90° na sua trajetória para distribuição e transporte das gotas. A distribuição do volume de ar pode ser simétrica ou assimétrica. Portanto, a regulação dos defletores que direcionam o volume de ar é fundamental para que a pulverização possa atingir as diferentes partes da planta. Alguns equipamentos possuem ventiladores radiais (com motor próprio) e de fluxo cruzado, este último modelo para plantas mais altas.

As barras de pulverização podem ser verticais ou semicirculares denominadas comumente por ramal de pulverização com número de bicos e distribuição variada ao longo da barra, de acordo com o fabricante do equipamento. A calibração desse pulverizador pode ser realizada de duas formas: convencional ou através de cálculos.

Método convencional

O pulverizador pode ser calibrado abastecendo-se o reservatório com água limpa até o total de sua capacidade. Após essa etapa, é necessário ajustar a rotação de trabalho para 540 rpm na TDP, selecionar a marcha que proporcione a velocidade adequada para a aplicação e pulverizar plantas marcadas de ambos os lados (10 plantas para culturas de porte alto, como citros e 100 plantas para culturas de porte baixo, como café), lembrando-se de iniciar o movimento do trator, no mínimo, 5 plantas antes do ponto marcado. Nesse método pressupõe-se que 50% da copa da planta seja tratada de cada lado e, portanto, ambos os lados do pulverizador devem estar pulverizando. Após esta etapa, deve-se completar o volume do tanque até o final, com o uso de uma vasilha ou balde graduado e anotar o volume gasto, em litros. Para medidas precisas, o pulverizador deve estar na mesma posição antes e após a operação (ANDEF, 2010).

Dessa forma, o volume gasto para pulverizar as plantas selecionadas, dividido pelo número de árvores marcadas é o volume de calda resultante por planta, conforme Equação 6. Uma vez multiplicado pelo número de árvores existentes no hectare, obtém-se o volume gasto em litros por hectare.

$$Q = \frac{V}{n} \quad (6)$$

em que:

Q = volume da pulverização (L/planta);

V = volume gasto (L);

n = número de plantas utilizadas durante a aplicação.

Com a adoção desse método de calibração, torna-se imprescindível a verificação da vazão individualizada das pontas antes do procedimento, garantindo assim a uniformidade na distribuição do volume líquido em toda a planta. O limite de variação aceitável ($\pm 10\%$) em relação à vazão nominal também é válido.

Velocidades de deslocamento menores (2,5 a 5,5 km/h) com esses pulverizadores

são usuais pela necessidade de substituir o ar seco no interior das plantas pelo ar saturado com gotas.

Método através de fórmulas matemáticas

Outra opção a ser considerada para obtenção da taxa de aplicação pode ser calculada através da Equação 7:

$$Q = \frac{q \cdot 600}{V \cdot F} \quad (7)$$

em que:

Q = taxa de aplicação (L/ha);

q = vazão total dos bicos em 1 minuto (L/min);

600 = fator de conversão;

V = velocidade do trator (km/h);

F = faixa de aplicação (m) (para pulverizadores bilaterais utilizar o espaçamento entre as linhas de plantio da cultura e, para unilaterais, utilizar a metade do espaçamento).

Procedimentos para medição das variáveis da fórmula

Vazão das pontas (q)

Para medição desta variável, deve-se encher com água limpa o tanque do pulverizador, até o máximo de sua capacidade. Com o equipamento parado, pulverizar durante dois minutos com a mesma pressão que será utilizada durante a operação. Posteriormente, deve-se medir com vaso ou balde graduado a quantidade de água para completar o nível máximo do tanque. Assim, basta dividir por dois o volume de água gasto e descobrir a vazão total por minuto.

Outra forma de proceder a mensuração da vazão das pontas consiste no uso de mangueiras acopladas aos bicos, devendo ser coletados os valores de, no mínimo, duas pontas por ramal, no tempo de 1 minuto. Posteriormente, deve-se fazer a média desses valores e multiplicar o resultado pelo total de bicos do pulverizador. Vale ressaltar que deverá ser utilizada somente

água limpa no tanque do pulverizador, bem como manter a rotação do motor a 540 rpm e a pressão sempre constante durante a coleta.

Neste caso, se o valor da taxa de aplicação não for o pretendido, deve-se proceder “ajustes finos”, como o aumento ou diminuição da pressão de trabalho, respeitando os limites recomendados pelo fabricante das pontas; alteração da velocidade de operação; readequação do número de bicos por ramal ou, ainda, considerar a substituição das pontas por outras de maior ou menor vazão.

Velocidade (V)

Abastecer o tanque do pulverizador com água limpa no total de sua capacidade. Posteriormente, demarcar uma distância de 50 m no mesmo local da aplicação e acelerar o motor até que atinja a rotação correspondente a 540 rpm na TDP. Deslocar o conjunto trator-pulverizador na área demarcada, sendo importante que o início do deslocamento ocorra 5 m antes do ponto marcado para uniformizar a velocidade.

Para reduzir possíveis erros que possam ocorrer durante a determinação da velocidade, deve-se repetir a operação no mínimo três vezes e fazer a média do tempo gasto. Posteriormente utiliza-se a Equação 8:

$$V = \frac{D \cdot 3,6}{T} \quad (8)$$

em que:

V = velocidade de deslocamento (km/h);

D = distância percorrida (m);

T = tempo (s).

Relação do volume de ar gerado pelo ventilador e velocidade de deslocamento

Os pulverizadores de jato transportado dependem do volume e velocidade do ar gerados pelo ventilador para conduzir as gotas produzidas até o local desejado e, quanto maior a planta ou mais distante o alvo, maior será o volume de ar necessário.

Como o volume de ar gerado pela turbina é fixo, pode-se variar este valor alterando o tempo em que o equipamento leva para pulverizar as plantas, sendo diretamente influenciado pela velocidade de deslocamento, conforme Equação 9:

$$Q = \frac{100}{K} \cdot V \cdot AP \cdot F \quad (9)$$

em que:

Q = fluxo de ar (m³/h);

K = constante que oscila entre 2,5 e 3,5 para plantas maiores e menores, respectivamente;

V = velocidade de deslocamento do conjunto trator mais pulverizador (km/h);

AP = altura média das plantas (m);

F = faixa de aplicação (m).

A velocidade considerada correta deve proporcionar tempo suficiente para que o ar e a calda pulverizada penetrem adequadamente na copa. Assim, o ar expelido pelo pulverizador deve ser ajustado para que não haja carregamento em excesso da calda para além do topo ou para o outro lado das árvores, onde acarretaria desperdícios. Em geral, ventiladores grandes e ruas estreitas permitem o uso de velocidades de deslocamento maiores (ANDEF, 2010).

Para aplicação em citros, por exemplo, o Fundecitrus (2017) disponibiliza uma relação da velocidade de trabalho recomendada com o alvo a ser controlado pela aplicação (Tabela 1).

Tabela 1 - Recomendação da velocidade de trabalho do pulverizador em função do alvo a ser controlado

Alvo da aplicação	Velocidade recomendada (km/h)
Cancro cítrico	até 5,5
Leprose	até 3,0
Pinta-preta	até 4,5
Podridão floral	até 7,0
Psilídeo	até 7,0

Fonte: Fundecitrus (2017).

Outro ponto que vale ressaltar é a posição do ventilador, onde os equipamentos que possuem o centro da turbina mais próximo à região mediana da planta apresentam maior uniformidade de distribuição do ar. Não diferente, a distância entre a ponta de pulverização e a planta deve ser suficiente para que ocorra o cruzamento dos jatos formados, ou seja, esse valor deve ser, no mínimo, a metade da distância entre o pulverizador e a planta (FUNDECITRUS, 2017).

Relação do volume de copa com a taxa de aplicação

Em busca de uma aplicação mais eficiente, técnicas de dimensionamento dos volumes de aplicação vêm sendo estudadas há muitos anos para culturas arbóreas. Assim, para determinar a taxa de aplicação adequada, além dos fatores que interferem na pulverização, deve-se levar também em consideração as características das copas das plantas, onde a relação correta destas variáveis contribui para a utilização racional de água e produto fitossanitário, nas aplicações para o controle de pragas e doenças (FUNDECITRUS, 2017). A este conceito dá-se o nome de “Tree-Row-Volume” (TRV), que se baseia na teoria de que o volume de folhas por hectare em um pomar pode ser utilizado como referência para a determinação da taxa de aplicação (SCAPIN, 2014), conforme Equação 10:

$$TRV = \frac{H \cdot L \cdot 10.000}{D} \quad (10)$$

em que:

TRV = volume de vegetação (m³/ha);

H = altura das plantas (m);

L = largura das plantas (m);

D = distância entre ruas da cultura (m).

Outra forma de fazer o dimensionamento das plantas é através do cálculo em função da altura, largura (espaçamento entre plantas) e profundidade da copa (diâmetro), considerando a planta como um cubo. O volume médio de copa (m³) pode ser obtido pela multiplicação destes fatores em uma amostra aleatória de 10% das plan-

tas da área experimental, atribuindo a esse procedimento o nome de “cubicagem”, muito comum entre produtores de citros. Concomitantemente, pode-se relacionar o valor da “cubicagem” com o número de plantas por hectare e, dessa forma, obter o volume de copa por hectare.

Após a determinação deste valor, deve-se dividir a taxa de aplicação (L/ha) pelo volume de copa (m³) em 1 ha e, assim, obter L/m³ ou ainda pode-se multiplicar o valor resultante por 1.000 (mil) e expressar em mL/m³ de copa.

De modo geral, como referência, os volumes de calda necessários para atingir, teoricamente, os pontos de escorrimento (saturação foliar máxima) em alvos externos e internos na copa das plantas são de 40 e 100 mL de calda por m³ de copa, respectivamente (FUNDECITRUS, 2017). Volumes acima desses valores podem ocasionar perdas por escorrimento (Tabela 2).

Dessa forma, a adequação do volume

Tabela 2 - Valores de referência para a relação da taxa de aplicação por m³ de copa em função do alvo a ser controlado

Praga/Doença	Copa (mL/m ³)
Cancro cítrico	40 a 75
Leprose	100 a 150
Pinta-preta	75 a 100
Podridão floral	25 a 40
Psilídeo	25 a 40

Fonte: Fundecitrus (2017).

de calda em pulverizações, para o controle de pragas ou doenças, deve ser criteriosa e feita levando-se em consideração todos os fatores relacionados com a tecnologia de aplicação, aos produtos fitossanitários e ao alvo desejado.

PULVERIZAÇÃO AÉREA

O emprego de aeronaves nas pulverizações possui características peculiares que as distinguem das pulverizações terrestres e que são relevantes no planejamento e

adequação da aplicação. Diferentemente da maioria das pulverizações terrestres, resalta-se a taxa de aplicação reduzida empregada nas pulverizações aéreas (5 a 40 L/ha) e altas velocidades de deslocamento (120 a 250 km/h). Possuem alta capacidade operacional, cobrindo grandes áreas em curto tempo. Dessa forma, há maior dificuldade de cobertura do alvo, exigindo técnicas de calibração e operação precisas que proporcionem deposição da calda uniformemente na área, assegurando a eficácia da colocação do produto fitossanitário no alvo e a redução de perdas.

A calibração da aeronave para a aplicação aérea consiste basicamente em definir as melhores características operacionais do equipamento aplicador, partindo da definição da área tratada, definição da vazão total do equipamento e taxa ou volume de aplicação (L/ha) (MINGUELA; CUNHA, 2010). Além disso, o tipo de bico de pulverização e sua correta calibração, diâmetro das gotas pulverizadas, velocidade de deslocamento, largura da faixa de aplicação ou de deposição da calda na área, taxa de recobrimento e geolocalização da aeronave são os principais pontos que sustentam uma boa aplicação com máximo de eficácia possível.

Primeiramente, deve-se realizar a caracterização da área tratada, definindo a quantidade de área a ser aplicada, rendimento operacional necessário para cumprir a tarefa no menor tempo e maior qualidade, tipo de produto aplicado (contato ou sistêmico) e, por fim, a cultura ou alvo de aplicação.

Em posse dessas informações, é necessário determinar a vazão total do equipamento para a calibração da aeronave, ou seja, vazão necessária para atingir a taxa de aplicação desejada. Primeiramente, determina-se a vazão total do sistema de pulverização, conforme Equação 11, com base na taxa de aplicação (L/ha) que se deseja e a faixa de deposição efetiva (ANTUNIASSI; CHECHETTO, 2019):

$$\text{Vazão (Q)} = \frac{[\text{Taxa de aplicação } \left(\frac{\text{L}}{\text{ha}}\right) \cdot \text{V} \left(\frac{\text{km}}{\text{h}}\right) \cdot \text{faixa deposição (m)}]}{600} \quad (11)$$

em que:

Vazão (Q) = vazão total da barra de pulverização em L/min;

Taxa de aplicação (L/ha) = taxa ou volume de aplicação em L/ha;

V (km/h) = velocidade de deslocamento da aeronave em km/h;

Faixa deposição (m) = largura da faixa de deposição efetiva.

A partir da Equação 11 será obtida a vazão total do sistema pulverizador, sendo necessária a divisão desse valor pelo número total de bicos de pulverização ou atomizadores para encontrar o valor da vazão de cada unidade (vazão unitária). A vazão necessária também pode ser calculada com base na taxa de aplicação desejada em relação à capacidade operacional teórica (COT), conforme a Equação 12 (CARVALHO; BOLLER; ANTUNIASSI, 2011):

$$\text{COT} = \frac{\text{V} \cdot \text{LFEO}}{10.000} \quad \text{q} = \frac{\text{COT} \cdot \text{TA}}{\text{N}} \quad (12)$$

em que:

COT = capacidade operacional teórica (ha/min);

V = velocidade do deslocamento da aeronave (m/min);

LFEO = largura da faixa efetiva operacional (m);

q = vazão de cada unidade (L/min);

TA = taxa ou volume de aplicação (L/ha);

N = número de bicos de pulverização ou atomizadores.

Assim, um dos principais pontos para a calibração da pulverização aérea é a definição da faixa de deposição efetiva. A faixa ou local tratado, onde houve qualquer deposição da pulverização, é conhecida como faixa de deposição total, enquanto que a faixa de deposição efetiva é a região

pulverizada dentro da faixa de deposição total que recebeu depósitos da pulverização na quantidade necessária ou recomendada. Por fim, a faixa de deposição efetiva operacional é proveniente das sobreposições das pulverizações nas diferentes passagens da aeronave, essenciais para obtenção da maior uniformidade da distribuição das gotas na área (CARVALHO; CUNHA, 2019b).

Nesse sentido, recentemente foi emitida uma norma da American Society of Agricultural and Biological Engineers (Asabe) fornecendo as diretrizes para a determinação da deposição da pulverização e calibração das aeronaves (ASAE, 2018). O teste do padrão de deposição consiste primeiramente na definição da vazão da pulverização da aeronave. A partir disso, determina-se o padrão de distribuição por faixa de aplicação e, por fim, a largura da faixa de deposição efetiva, ou seja, aquela na qual se obtém melhor uniformidade de distribuição da pulverização entre as faixas sobrepostas aplicadas e com menor distância possível entre as passadas.

Para a determinação da taxa de saída ou vazão total do equipamento pulverizador, recomenda-se o preenchimento do tanque do pulverizador com água limpa até um nível conhecido e medição da quantidade gasta por unidade de tempo sob condições normais de pulverização e voo. A medição pode ser feita, portanto, anotando-se o consumo de água no tempo percorrido, seja pela observação da quantidade de água restante no tanque seja pela quantidade de água necessária para reestabelecer o nível inicial do tanque. Outros métodos para medição da vazão são a utilização de monitores eletrônicos de aplicação e controladores automáticos da vazão (CARVALHO; BOLLER; ANTUNIASSI, 2011).

Carvalho e Cunha (2019b) descreveram detalhadamente o procedimento para avaliação e determinação da faixa de deposição efetiva. De modo geral, o teste consiste no sobrevoo da aeronave perpendicularmente a uma linha de coletores, com altura de voo definida de acordo com a finalidade da avaliação. Para a análise,

são mais comumente utilizados papéis hidrossensíveis ou adição de corantes ou marcadores que podem ser analisados a partir de depósitos em lâminas de vidro ou fios (espectrofotometria). Os coletores devem ser dispostos em uma distância aproximada de 30 a 45 m e espaçados a no máximo 1 m entre si.

O objetivo da coleta desses resultados é construir um gráfico de depósito da pulverização em relação a posição na qual foi depositada. Assim, é possível analisar o perfil de distribuição individual (por faixa de aplicação) e avaliar a faixa de deposição ideal com base em simulações de sobreposição com diferentes larguras de faixas. A uniformidade é avaliada, então, com base em indicador estatístico conhecido como coeficiente de variação (CV), que deverá ser definido com valores de até 20% de variação. Assim, determina-se a largura da faixa de deposição efetiva de modo que atinja a melhor uniformidade possível em conformidade com o rendimento operacional desejado.

De modo geral, a altura de voo é recomendada entre 3 e 4 m para evitar evaporação da calda ou perda excessiva por deriva. Por outro lado, a velocidade de aplicação é definida pelo piloto de acordo com a aeronave utilizada e sempre mantendo velocidade constante. Recomenda-se também ocupar no máximo 70% a 80% da barra de pulverização com bicos para evitar vórtice que ocorre nas extremidades da asa. Nesse sentido, a escolha do bico de pulverização ou atomizadores deve ser considerada na calibração da aeronave. Pontas de pulverização hidráulica, como as pontas de jato cônico, plano ou jato plano ajustável, modelo CP (CP® Products company, USA), exigem ajustes diferentes dos atomizadores rotativos.

Para as pontas de pulverização hidráulica, com as informações até aqui obtidas, é necessário o ajuste da pressão com base em uma tabela de vazão para cada ponta específica, disponibilizada pelos fabricantes (ANTUNIASSI; CHECHETTO, 2019). Além disso, o espectro da população de gotas produzidas por pontas hidráulicas é

definido não somente pela vazão e pressão de trabalho, mas também pela angulação da saída do bico em relação à linha de voo na aeronave. Bicos posicionados contrários à direção do voo produzem gotas mais grossas (0°), ao passo que é reduzido o tamanho das gotas com o aumento na angulação dos bicos, para gotas médias a 45°, finas a 90° e muito finas a 135° em relação ao sentido do voo (OSEKI, 2006).

Por outro lado, atomizadores rotativos possuem um tambor ou cilindro de telas ou discos, que é o componente responsável pela quebra do filme líquido em gotas. No cilindro está fixado o cubo com pás que atuam na rotação do tambor, gerando maior ou menor fracionamento das gotas, dependendo de sua configuração e sendo responsáveis pela calibração do tamanho das gotas produzidas. Quanto menor a angulação das pás, maior será a velocidade de rotação e menor o tamanho de gotas produzidas. Além disso, é importante ressaltar que cada unidade rotativa possui sistema próprio de ajuste de vazão, variando o número de unidades na barra de acordo com o modelo utilizado (CARVALHO; CUNHA, 2019a).

Com o valor da vazão necessária em cada atomizador para fornecer a taxa de aplicação desejada, deve-se proceder com o ajuste da pressão de trabalho do sistema pulverizador e da unidade de restrição variável – variable restrictor unit (VRU). O líquido pulverizado, antes de chegar ao atomizador, deverá passar através da VRU, composta internamente por um disco com orifícios de diferentes diâmetros e externamente por um tambor com graduações numéricas e uma linha de referência no corpo da unidade. Assim, cada combinação de um número com a linha de referência corresponderá a um diâmetro do orifício, alterando a vazão. Para a calibração, devem-se utilizar tabelas fornecidas pelos fabricantes, das quais são anotadas a vazão proporcionada em cada posição da VRU em combinação com a pressão de trabalho adequada (CARVALHO; CUNHA, 2019a).

Caso o valor da vazão unitária não coincida com os valores fornecidos na

tabela de calibração, a pressão exata poderá ser calculada conforme Equação 4. Por fim, com base na pressão de trabalho, ajusta-se a posição da válvula de controle (válvula by-pass) para fornecer a vazão desejada. Recomenda-se reavaliar se a vazão está de acordo com o planejado, conforme o método descrito anteriormente para cálculo da taxa de aplicação. A taxa de aplicação também pode ser calculada diretamente com base na área aplicada, utilizando o sistema diferencial de posicionamento global – Differential Global Positioning System (DGPS) para determinar a quantidade de área aplicada em relação à quantidade de água consumida no tanque.

Vale ressaltar novamente que a calibração também poderá ser executada por meio de monitores de aplicação. Os monitores fornecem informações como a vazão instantânea (L/min), volume de aplicação (L/ha), capacidade operacional (ha/min), tempo de aplicação, área aplicada, volume total aplicado e volume remanescente no tanque (CARVALHO; BOLLER; ANTUNIASSI, 2011). Além dos monitores, também existem controladores automáticos de fluxo, que diferem dos monitores de aplicação, por realizarem o ajuste automático da vazão, efetuando a calibração do equipamento da forma desejada.

De qualquer maneira, é importante sempre considerar a calibração da aeronave de acordo com a cultura a ser tratada, o tipo de produto fitossanitário e a cobertura necessária, adequando a pulverização de modo que se obtenham maior uniformidade possível na área, alta eficácia e redução de perdas.

Drones de pulverização

Os drones ou aeronave remotamente pilotada - remotely-piloted aircraft (RPA) de acordo com a denominação da Agência Nacional de Aviação Civil (Anac), são aeronaves pequenas e leves, que operam sem a presença de um piloto embarcado (BAIO; ANTUNIASSI, 2019). Os modelos utilizados para a aplicação de produtos fitossanitários são equipados com um sistema de pulverização hidráulico,

além de sistemas GPS conferindo maior precisão na aplicação (MA *et al.*, 2016). Os drones de pulverização operam sob baixas taxas de aplicação e baixas altitudes, podendo ser utilizados em áreas de difícil acesso para aviões agrícolas e até mesmo pulverizadores terrestres, destacando-se principalmente para aplicações em locais específicos, razões pela qual vêm ganhando cada vez mais a atenção de profissionais da área (ARTIOLI; BELONI, 2016; MA *et al.*, 2016).

Por se tratar de tecnologia relativamente nova para a agricultura, poucas são as informações encontradas a respeito da regulagem e calibração de drones de pulverização.

Antes de iniciar a calibração do sistema hidráulico do drone, deve-se proceder com a calibração dos controladores e componentes eletrônicos, bem como, bússola e GPS (responsáveis pela navegação e posicionamento), barômetro e altímetro (responsáveis por medir e manter a altura), acelerômetro e/ou controlador eletrônico de velocidade (responsáveis pela rotação e velocidade dos motores, consequentemente a inclinação e deslocamento do drone), giroscópio (responsável por manter a estabilidade), termômetro (responsável por aferir a temperatura do drone), sensores de proximidade (responsável por evitar colisões) entre outros atributos (SANTOS; CARDOSO; CARVALHO, 2015; SHIBATA, 2019). Vale ressaltar que a presença ou ausência e também a precisão de alguns desses componentes podem variar de acordo com o modelo do drone.

A calibração dos componentes eletrônicos deve ser realizada sempre no primeiro momento em que o drone é ligado, com o drone ainda “frio”, estando parado em local nivelado, não podendo haver movimentação durante esse processo (SHIBATA, 2019).

A simples atualização de Firmware², no momento da inicialização do dispositivo pode contribuir com o correto funciona-

mento dos componentes eletrônicos, pela própria calibração automática do sistema do dispositivo. A calibração correta dos sensores e atuadores deixa o drone mais estável e seguro para um voo (SANTOS; CARDOSO; CARVALHO, 2015; SHIBATA, 2019).

Conhecer e/ou determinar algumas características operacionais do drone, bem como a velocidade de deslocamento e a largura da faixa de deposição efetiva, são importantes passos no processo de calibração de seu conjunto hidráulico. Assim, o ajuste da velocidade de deslocamento do drone em operação pode ser monitorado e realizado com o auxílio do software de controle do drone. Contudo, a velocidade de deslocamento do drone pode ser medida por meio de radares de velocidade e também cronometrando o tempo em que o drone leva para percorrer uma distância conhecida.

No exemplo a seguir, ao demarcar uma linha reta, com 150 m de comprimento, realizando quatro voos em que são cro-

nometrados o tempo gasto pelo drone para completar o trajeto, foram obtidos os seguintes valores: 29s, 32s, 31s, e 28s, tem-se, portanto, uma média de 30s. Dividindo a distância percorrida pelo tempo gasto, é possível obter a velocidade de 5 m/s ($150 \div 30 = 5 \text{ m/s}$). Para transformar a velocidade em km/h, basta multiplicar por 3,6 ($5 \times 3,6 = 18 \text{ km/h}$).

A determinação da faixa de deposição efetiva deve seguir o mesmo procedimento utilizado na calibração de aviões agrícolas.

Os drones podem operar com pontas de pulverização hidráulicas semelhantes às utilizadas em pulverizadores terrestres de barra (Fig. 4), e também com bicos rotativos, semelhantes aos utilizados em aviões agrícolas. Independentemente do tipo de bico utilizado no drone, a forma de calibração segue os mesmos princípios.

Os drones possuem uma bomba elétrica de diafragma acionada remotamente por um software. Além de controlar o acionamento da bomba, o software controla a sua potência de funcionamento em uma

Figura 4 - Drone Arpac equipado com sistema de pulverização de barras com seis bicos hidráulicos



Damilo Morilha Rodrigues

Nota: Vale ressaltar que não é comum o uso de manômetro em drones durante o processo de pulverização. O manômetro é utilizado apenas durante o processo de calibração, com o drone pousado para coleta de vazão dos bicos/pontas. Após isso, o manômetro é retirado e o parâmetro de funcionamento da bomba (0% a 100%) é mantido. Isso é realizado para reduzir o peso do drone e aumentar o desempenho de voo durante as operações. A pressão utilizada deve estar dentro da faixa de trabalho indicada no catálogo de informações fornecido pelo fabricante da ponta ou bico.

² Conjunto de instruções operacionais programadas especificamente para o hardware de um dispositivo.

faixa de 0% a 100%, monitorando assim a pressão de trabalho e, conseqüentemente, a vazão dos bicos e o volume de pulverização.

A calibração do sistema hidráulico do drone pode ser realizada a partir da taxa de aplicação desejada, buscando a vazão total necessária para essa taxa, ou então a partir da vazão total obtida, buscando o volume referente a essa vazão. Para realizar a calibração a partir da taxa de aplicação desejada, buscando a vazão necessária, basta utilizar a Equação 13:

$$q = \frac{Q \cdot V \cdot L}{600} \quad (13)$$

em que:

q = vazão total de todas as pontas da barra (L/min);

Q = taxa ou volume de aplicação (L/ha);

V = velocidade de operação (km/h);

L = largura da faixa de deposição efetiva (m);

600 = fator de conversão de unidades.

No seguinte exemplo, considerando que a taxa de aplicação desejada é de 10 L/ha, a velocidade de deslocamento durante a pulverização é de 18 km/h e a largura da faixa de deposição efetiva é de 7 m, tem-se:

$$q = \frac{10 \cdot 18 \cdot 7}{600} \rightarrow q = \frac{1.260}{600} \rightarrow q = 2,1 \text{ L/min}$$

Logo a vazão total de 2,1 L/min deve ser dividida pelo número de bicos. Tomando como exemplo que o drone seja equipado com uma barra de 6 bicos, tem-se a vazão individual, de 0,350 L/min por bico.

Para realizar a calibração a partir da vazão desejada, buscando a taxa de aplicação referente a essa vazão, basta utilizar a Equação 14:

$$Q = \frac{q \cdot 10.000}{L \cdot V \cdot 60} \quad (14)$$

em que:

Q = taxa ou volume de aplicação (L/ha);

q = vazão total de todas as pontas da barra (L/min);

10.000 = fator de conversão;

L = largura da faixa de deposição efetiva (m);

V = velocidade de operação (m/s);

60 = fator de conversão de unidades.

No exemplo a seguir, considerando que a vazão total desejada é de 2,1 L/min, a velocidade de deslocamento durante a pulverização é de 5 m/s e a largura da faixa de deposição efetiva é de 7 m, tem-se:

$$Q = \frac{12,1 \cdot 10.000}{5 \cdot 7 \cdot 60} \rightarrow Q = \frac{21.000}{2.100} \rightarrow Q = 10 \text{ L/ha}$$

Considerando os exemplos anteriormente descritos, para obter a vazão de 0,35 L/min em cada bico e uma taxa de aplicação de 10 L/ha, pode-se utilizar a ponta de jato plano, série TeeJet® XR 11001, que, segundo o catálogo do fabricante, apresenta vazão de 0,32 L/min a 2 bar de pressão. Para encontrar a pressão de trabalho, pode-se utilizar a Equação 4:

$$\frac{V1}{V2} = \frac{\sqrt{P1}}{\sqrt{P2}} \rightarrow \frac{0,32}{0,35} = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{P2}} \rightarrow$$

$$0,32 \cdot \sqrt{P2} = 0,35 \cdot \sqrt{2} \rightarrow$$

$$\rightarrow \sqrt{P2} = \frac{0,49}{0,32}$$

Logo, nas condições apresentadas, a pressão de trabalho que proporcionará a vazão e a taxa de aplicação estabelecida será de 2,37 bar ou 34,37 psi.

É importante ressaltar que em decorrência do baixo volume utilizado nas pulverizações com drones, as caldas ficam muito concentradas, e com isso aumentam-se os problemas de incompatibilidade de produtos, por essa razão, nessas operações, deve-se evitar realizar a mistura de muitos produtos.

O processo de calibração e manutenção garante o bom funcionamento do drone e de seu sistema de pulverização, conseqüentemente melhor deposição dos defensivos sobre o alvo desejado.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sucesso das aplicações dos produtos fitossanitários está na dependência de uma série de fatores, dentre estes a máquina aplicadora. A calibração dos pulverizadores é imprescindível para colocar um produto biologicamente ativo sobre um alvo biológico, na quantidade necessária, com maior precisão e o mínimo de contaminação do aplicador e do ambiente. Portanto, independentemente do tipo de pulverizador (com acionamento manual, por motor, trator ou autopropelido), a calibração é fundamental para que seja efetivamente distribuído o volume de calda desejado nas condições operacionais previamente estabelecidas.

REFERÊNCIAS

- ABNT. **NBR 11703**: máquinas e implementos agrícolas aplicadores de defensivos agrícolas. Rio de Janeiro: ABNT, 1992. 2p.
- ANDEF. **Manual de tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários**. São Paulo: ANDEF, 2010. 50p.
- ANTUNIASSI, U.R.; CHECHETTO, R.G. Pontas hidráulicas utilizadas para aplicação aérea. In: ANTUNIASSI, U.R.; BOLLER, W. (org.). **Tecnologia de aplicação para culturas anuais**. 2.ed. Passo Fundo: Aldeia Norte Editora; Botucatu: FEPAF, 2019. cap.10, p.197-212.
- ARTIOLI, F.; BELONI, T. Diagnóstico do perfil do usuário de drones no agronegócio brasileiro. **Revista iPecege**, v.2, n.3, p.40-56, jul./set. 2016.
- ASAE. **S386.2**: calibration and distribution pattern testing of agricultural aerial application equipment. St. Joseph, MI: ASABE, 2018. 10p.
- BAIO, F.H.R.; ANTUNIASSI, U.R. Avanços e inovação na tecnologia de aplicação: agricultura de precisão, controladores eletrônicos e as novas soluções na eletrônica embarcada para pulverizadores. In: ANTU-

NIASSI, U.R.; BOLLER, W. (org.). **Tecnologia de aplicação para culturas anuais**. 2.ed. Passo Fundo: Aldeia Norte Editora; Botucatu: FEPAF, 2019. cap.8, p.149-168.

CARVALHO, F.K.; CUNHA, J.P.A.R. Atomizadores rotativos para aplicação aérea. In: ANTUNIASSI, U.R.; BOLLER, W. (org.). **Tecnologia de aplicação para culturas anuais**. 2.ed. Passo Fundo: Aldeia Norte Editora; Botucatu: FEPAF, 2019a. cap.9, p.183-196.

CARVALHO, F.K.; CUNHA, J.P.A.R. Estudos das faixas de deposição nas aplicações aéreas. In: ANTUNIASSI, U.R.; BOLLER, W. (org.). **Tecnologia de aplicação para culturas anuais**. 2.ed. Passo Fundo: Aldeia Norte Editora; Botucatu: FEPAF, 2019b. cap.11, p.213-222.

CARVALHO, W.P.A.; BOLLER, W.; ANTUNIASSI, U.R. Tecnologia de aplicação por via aérea. In: ANTUNIASSI, U.R.; BOLLER, W. (org.). **Tecnologia de aplicação para culturas anuais**. Passo Fundo: Aldeia Norte Editora; Botucatu: FEPAF, 2011. cap.7, p.143-157.

FUNDECITRUS. **Manual de tecnologia de aplicação em citros**. Araraquara: Fundecitrus, 2017. 27p. Disponível em: https://www.fundecitrus.com.br/comunicacao/manual_detalhes/manual-de-tecnologia-de-aplicacao-em-citros/63. Acesso em: 11 maio 2020.

GANDOLFO, M.A.; ANTUNIASSI, U.R. IPP - Inspeção periódica de pulverizadores. In: ANTUNIASSI, U.R.; BOLLER, W. (org.). **Tecnologia de aplicação para culturas anuais**. 2.ed. Passo Fundo: Aldeia Norte Editora; Botucatu: FEPAF, 2019. cap.4, p.105-122.

HIGASHIBARA, L. et al. Turboatomizador e repasse com pistola manual na cobertura de pulverização de agrotóxicos em caquizeiro (*Diospyros kaki* L.). **Ciência Rural**, Santa Maria, v.43, n.5, p.845-849, maio 2013.

MA, Y. et al. Review on result of spraying defoliant by unmanned aerial vehicles in cotton field of Xinjiang. **China Cotton**, v.43, n.12, p.16-20, 2016.

MATTHEWS, G.A. **Pesticide application methods**. 2nd ed. New York: Longman Scientific & Technical, 1992. 405p.

MATTHEWS, G.A.; BATEMAN, R.; MILLER, P. **Métodos de aplicação de defensivos agrícolas**. 4.ed. Tradução: I.F. Silva, G.C. Dubocq, D. Dourado Neto. São Paulo: Edi-

tora Andrei, 2016. 623p.

MINGUELA, J.V.; CUNHA, J.P.A.R. da. **Manual de aplicação de produtos fitossanitários**. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2010. 588p.

OSEKI, Y. **Manual de aplicação aérea**. São Paulo, 2006.101p.

PEREIRA, R.B.; MOURA, A.P. de; PINHEIRO, J.B. **Tecnologia de aplicação de agrotóxicos em cultivo protegido de tomate e pimentão**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2015. 20p. (Embrapa Hortaliças. Circular Técnica, 144). Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1024615/tecnologia-de-aplicacao-de-agrotoxicos-em-cultivo-protetido-de-tomate-e-pimentao>. Acesso em: 11 maio 2020.

RAETANO, C.G.; BOLLER, W. Regulagem e calibração de pulverizadores. In: ANTUNIASSI, U.R.; BOLLER, W. (org.). **Tecnologia de aplicação para culturas anuais**. 2.ed. Passo Fundo: Aldeia Norte Editora; Botucatu: FEPAF, 2019. cap.4, p.91-103.

RUAS, R.A.A. et al. Proposta de método para inspeção em pulverizadores hidropneumáticos. **Coffee Science**, Lavras, v.10, n.1, p.76-82, jan./mar. 2015.

SANTOS, A.A.; CARDOSO, V.C.; CARVALHO, L.P. da S. Automação de voo e calibração de sensores e controladores para um drone de baixo custo. In: MOSTRA NACIONAL DE ROBÓTICA, 2015, Uberlândia. Uberlândia, 2015. 6p. Disponível em: <http://docplayer.com.br/44289707-Automacao-de-voo-e-calibracao-de-sensores-e-controladores-para-um-drone-de-baixo-custo.html>. Acesso em: 11 maio 2020.

SCAPIN, M. da S. **Adequação de volume de calda e dose de bactericida cúprico para o controle de cancro cítrico**. 2014. 32f. Dissertação (Mestrado em Fitossanidade) – Fundo de Defesa da Citricultura, Araraquara, 2014.

SHIBATA, H.Y. **Desenvolvimento de protótipo de veículo aéreo não tripulado de baixo custo e integração com ferramenta educacional para treinamento de voo**. 2019. 100f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019.

Mudas de videira

EPAMIG

Campo Experimental de Caldas



Variedades:

Europeia: Syrah

Americanas: Bordô (Folha de Figo) clones 13 e 16, Niágara rosada e Niágara branca

Pedidos e informações

Campo Experimental de Caldas
Avenida Santa Cruz, 500
Bairro Santa Cruz Caldas - MG
e-mail: cecd@epamig.br
(35)3735-1101 / (35)3735-1597



Tecnologia de aplicação aérea no controle fitossanitário

Ulisses Rocha Antuniassi¹, Fernando Kassis Carvalho², Alisson Augusto Barbieri Mota³, Rodolfo Glauber Chechetto⁴

Resumo - A principal característica da aplicação aérea no controle fitossanitário é a sua capacidade de pulverizar grandes áreas em menor tempo, ajudando a cumprir os prazos requeridos pelo manejo de maneira mais eficaz, com vantagens para o controle de pragas, doenças e plantas daninhas. Por esta razão, a aviação agrícola constitui uma opção estratégica para garantir a defesa fitossanitária nas principais culturas que movimentam o agronegócio no Brasil. A aplicação aérea complementa o trabalho realizado pelas demais modalidades, posicionando-se como alternativa indispensável quando há demanda de ações rápidas e eficientes de controle químico ou biológico. Por estas razões, o agronegócio vem-se tornando dependente das aplicações aéreas como ferramenta de trabalho, notadamente nas regiões de grande expansão de áreas cultivadas. Para que este processo seja sustentável, reforça-se a necessidade de incentivar os aspectos de respeito ao ambiente, aproveitando com responsabilidade o potencial de incremento de capacidade operacional e eficiência proporcionado pela aviação agrícola.

Palavras-chave: Aviação agrícola. Capacidade operacional. Responsabilidade. Sustentabilidade.

Aerial technology application

Abstract - The main feature of aerial application is its ability to spray large areas in less time, helping to meet the deadlines required by crop protection in a more effective way, with advantages for pest, disease and weed control. For this reason, agricultural aviation is a strategic option to guarantee crop protection in the main crops that drive agribusiness in Brazil. Aerial application complements the work carried out by the other modalities, and is an indispensable alternative when there is a demand for quick and efficient chemical or biological control actions. For these reasons, agribusiness has become dependent on aerial applications as a work tool, notably in regions with a large expansion of cultivated areas. For this process to be sustainable, the need to encourage aspects of respect for the environment is reinforced, responsibly taking advantage of the potential for increasing operational capacity and efficiency provided by agricultural aviation.

Keywords: Agricultural aviation. Operational capacity. Responsibility. Sustainability.

INTRODUÇÃO

O uso da aviação agrícola enquanto ferramenta para o tratamento fitossanitário iniciou-se no século passado, logo depois da invenção do próprio avião. No Brasil, a aviação agrícola é uma atividade amparada por Lei, conforme o Decreto-Lei nº 917, de 7 de outubro de 1969 (BRASIL, 1969), regulamentado pelo Decreto nº 86.765, de 22 de dezembro de 1981 (BRASIL,

1981), que está submetida à fiscalização do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Fazem parte das atribuições da aviação agrícola as aplicações de defensivos, a distribuição de fertilizantes, a semeadura, o povoamento de águas e o combate a incêndios florestais.

A principal característica da tecnologia de aplicação aérea enquanto ferramenta é a sua capacidade de realizar o tratamento fi-

tossanitário de maneira uniforme e precisa, pulverizando as grandes áreas em menor tempo se comparada às outras modalidades de aplicação (Tabela 1). Assim, é possível cumprir os prazos requeridos pelo manejo fitossanitário das culturas de forma mais eficaz, trazendo grandes vantagens no controle de pragas, doenças e plantas daninhas. Por esta razão, a aviação agrícola constitui uma opção estratégica para garantir a defe-

¹ Eng. Agrônomo, D.Sc., Prof. Tit. UNESP - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu-SP, ulisses.antuniassi@unesp.br.

² Eng. Agrônomo, D.Sc., Pesq. AgroEfetiva, Botucatu-SP, fernando@agroefetiva.com.br.

³ Eng. Agrônomo, D.Sc., Pesq. AgroEfetiva, Botucatu-SP, alisson@agroefetiva.com.br.

⁴ Eng. Agrônomo, D.Sc., Pesq. AgroEfetiva, Botucatu-SP, rodolfo@agroefetiva.com.br.

Tabela 1 - Parâmetros de comparação entre as diferentes modalidades de aplicação, considerando valores operacionais médios de mercado

Parâmetros operacionais	Modalidade de aplicação			
	Costal	Drone	Terrestre	Aérea
Reservatório (L)	5 a 20	10 a 30	600 a 3.000	600 a 3.000
Volume de calda (L/ha)	200 a 400	5 a 10	50 a 200	2 a 30
Autonomia (ha/carga)	0,01 a 0,1	1 a 6	3 a 60	20 a 1.000
Velocidade (km/h)	3,6	10 a 24	6 a 30	180 a 250
Capacidade operacional (ha/h)	0,1 a 0,3	1 a 6	3 a 70	50 a 250
¹ Produção (ha/dia)	0,5 a 1,6	5 a 30	15 a 350	250 a 1250

Fonte: AgroEfetiva Indústria e Serviços Ltda.

(1) Considerando 5 h de trabalho ao dia.

sa fitossanitária nas principais culturas que movimentam o agronegócio no Brasil. Do ponto de vista prático, a aplicação aérea complementa o trabalho realizado pelas demais modalidades, notadamente no caso dos pulverizadores autopropelidos, posicionando-se como alternativa indispensável quando o problema fitossanitário demanda ações rápidas e eficientes de controle químico ou biológico.

VANTAGENS E DESVANTAGENS DA APLICAÇÃO AÉREA

A aplicação aérea pode apresentar uma série de vantagens quando comparada às modalidades de aplicação terrestre, sendo que diversos autores já abordaram o assunto (CARVALHO; CUNHA, 2019c; KOVÁČIK; NOVÁK, 2020). Segundo esses autores, as principais vantagens são a rapidez, a uniformidade de deposição, a capacidade de operação independentemente da umidade do solo, a ausência de danos mecânicos às culturas e a ausência de propagação de pragas e doenças de uma área para a outra. Em geral, o setor de aviação agrícola posiciona estes pontos listados como eventuais desvantagens da aplicação terrestre nesta comparação.

Carvalho e Cunha (2019c) listaram como parâmetro fundamental a questão envolvendo a comparação de custos. Segundo esses autores, a comparação de custos entre aplicações aéreas e terrestres não pode ser reduzida ao valor da hora trabalhada ou do hectare tratado, de maneira

simples, pois existem custos indiretos que precisam ser contabilizados. Neste caso, é necessário entender a vantagem econômica de se realizar o tratamento em menor tempo, assim como é necessário contabilizar os custos do amassamento causado pelos aplicadores terrestres nas diversas aplicações sequenciais. Dessa forma, ponderam que os custos devem ser analisados sempre considerando o ciclo todo da cultura e não as aplicações individuais.

Do ponto de vista operacional, Carvalho e Cunha (2019c) descrevem também algumas vantagens nas aplicações aéreas pelo fato da atividade incluir a necessidade legal de pessoal especializado (piloto agrícola, técnico agrícola executor em aviação agrícola e engenheiro agrônomo responsável técnico e coordenador em aviação agrícola). Esse tipo de requerimento não existe no caso das outras modalidades de aplicação, pois no Brasil ainda não há exigência legal para a capacitação de operadores de pulverizadores terrestres, por exemplo.

MERCADO DA AVIAÇÃO AGRÍCOLA NO BRASIL

A aviação agrícola vem ganhando importância no agronegócio brasileiro como alternativa para o tratamento fitossanitário, principalmente pelos desafios operacionais das grandes áreas de produção nas regiões Centro-Oeste e Norte do País. De acordo com o Sindicato Nacional das Empresas de Aviação Agrícola (Sindag), em dezembro

de 2019 havia um total de 2.280 aeronaves agrícolas registradas no País (ARAÚJO, 2020). Este número representou um crescimento de 13,6% com relação à frota estimada pelo Sindag em dezembro de 2014, quando o setor possuía 2.007 aeronaves agrícolas em operação. Considerando esta frota atual, 62,3% (1.421 aeronaves) são usadas para prestação de serviços, enquanto 36,6% (835 aeronaves) pertencem a operadores privados (empresas ou indivíduos que possuem aeronave agrícola para uso próprio). Segundo Araújo (2020), as aeronaves de prestação de serviços são operadas por 267 empresas, enquanto a estimativa é que existam cerca de 650 operadores privados no País.

Como parâmetro de comparação, informações publicadas por Defesanet (2020) mostram que o Brasil possui a segunda maior frota de aeronaves agrícolas do mundo, ficando atrás apenas dos Estados Unidos (EUA), que possui cerca de 3,6 mil aeronaves. Outros países com frotas significativas são o México, com 2.000 aeronaves, e a Argentina, com 1.200 aeronaves. Uma característica que diferencia os mercados de aviação agrícola no Brasil e nos EUA é o número de helicópteros em operação em cada país. O Defesanet (2020) mostra ainda que, enquanto nos EUA estima-se que estejam em operação pouco mais de 500 helicópteros (15% da frota), no Brasil o Sindag contabiliza 15 helicópteros destinados a operações aeroagrícolas, o que representa menos de 1% da frota.

Os principais fabricantes de aeronaves que comercializam aviões agrícolas no Brasil são a Empresa Brasileira de Aeronáutica S.A (Embraer), empresa privada de capital aberto e a Air Tractor, empresa norte-americana. O modelo fornecido pela Embraer é o Ipanema EMB-203. Trata-se de uma aeronave com capacidade para transportar até 950 L de calda, sendo equipada com motor convencional (combustão interna) que pode ser movido a etanol. Uma aeronave Ipanema tem um custo aproximado de US\$ 247 mil dólares americanos (cerca de R\$ 1,4 milhão), com custo médio

de operação na faixa de R\$ 1.100,00 por hora de voo (versão a etanol). Segundo o Sindag (ARAÚJO, 2020), 56,3% da frota brasileira é composta de aeronaves Ipanema, modelo que está no mercado desde a década de 1970.

Depois da Embraer, o fabricante com maior participação de mercado é a Air Tractor (EUA), com uma participação de 18,3% da frota nacional (ARAÚJO, 2020). As aeronaves da marca Air Tractor vendidas no Brasil possuem em sua maioria motores turboélices e são distribuídas em modelos que vão do AT-402 (1.500 L de calda) até o AT-802, com capacidade de até 3.000 L, sendo que o mais vendido no País é o AT-502, com capacidade de até 1.800 L. Uma aeronave desse tipo tem custo de US\$ 950 mil (cerca de R\$ 5,2 milhões), e apresenta custo operacional na faixa de R\$ 2.750,00 por hora. No que se refere à capacidade de trabalho, um Ipanema produz em condições normais de trabalho cerca de 100 ha de área tratada por hora de operação, enquanto um AT-502 tem capacidade operacional em torno de 200 ha por hora.

A AgroEfetiva Indústria e Serviços Ltda. compilou os dados apresentados pelo Sindag sobre o mercado aeroagrícola no período de 2016 a 2019 (Tabela 2) (AGROEFETIVA *apud* ARAÚJO, 2020). Pela análise observa-se que o perfil da aviação agrícola no Brasil está mudando. Enquanto nesse período a frota de aeronaves destinadas a prestação de serviços aumentou 7%, a frota de aeronaves para operação privada cresceu mais que o dobro, atingindo 14,9% de aumento. Esta tendência se mantém quando analisa-se a proporção de operadores. O número de prestadores de serviço em operação no País cresceu 11,3% no triênio 2016 a 2019, enquanto o número de operadores privados mostrou um crescimento significativamente maior no mesmo período, com 15%. Portanto, observa-se uma tendência bastante sedimentada no que se refere à tecnologia de aplicação: os produtores rurais estão investindo pesado

na aplicação aérea como ferramenta para o tratamento de suas lavouras.

Historicamente, o mercado brasileiro sempre foi mais direcionado para a prestação de serviços, mas este cenário de crescimento do uso privado da aplicação aérea tem chamado a atenção das empresas que comercializam aviões agrícolas no País. Não que o mercado de prestação de serviços no setor esteja reduzindo, ao contrário, há uma crescente percepção dos empresários rurais de que a aplicação aérea está-se tornando uma ferramenta indispensável neste cenário de agricultura competitiva. Observando-se a frota brasileira como um todo, 36,6% das aeronaves agrícolas estão registradas por operadores privados (ARAÚJO, 2020), mostrando que de fato há um grande interesse dos empresários do agronegócio em possuir suas próprias aeronaves.

Outra mudança significativa no perfil da aviação agrícola brasileira é a preferên-

cia dos usuários pelas aeronaves de maior porte (Tabela 2). Enquanto no triênio (2016 a 2019) a frota do modelo Ipanema da Embraer cresceu apenas 2,8%, o crescimento da frota de aeronaves fabricadas pela Air Tractor no País foi de 50% no mesmo período. Se observar do ponto de vista do tipo de propulsão, a frota de aeronaves turboélices (de maior potência) cresceu 50,2% no triênio, enquanto a frota de aeronaves com motor a pistão cresceu apenas 2,9% no mesmo período. Isso mostra que, além de optar pela compra de suas próprias aeronaves ao invés de contratar serviços, os agricultores e as grandes empresas produtoras do agronegócio estão optando pelas aeronaves maiores, as quais oferecem maior capacidade operacional, realizando os trabalhos de maneira mais rápida e com menor custo por hectare tratado.

Os dados da Tabela 2 mostram ainda que o processo de crescimento da aviação agrícola também apresenta uma carac-

Tabela 2 - Evolução da aviação agrícola no Brasil no período de 2016 a 2019⁽¹⁾

Itens	Ano		Variação (%)
	2016	2019	
Empresas prestadoras de serviços	240	267	11,3
Operadores privados	565	650	15,0
Frota total	2.083	2.280	9,5
Aeronaves para prestação de serviços	1.328	1.421	7,0
Aeronaves para operação privada	727	835	14,9
Aeronaves de fabricação da Embraer	1.249	1.284	2,8
Aeronaves de fabricação da Air Tractor	258	387	50,0
Frota por Estado			
TO	36	52	44,4
MA	26	36	38,5
MS	108	132	22,2
MG	71	83	16,9
MT	462	524	13,4
SP	311	339	9,0
RS	418	426	1,9
PR	140	141	0,7
GO	277	277	0,0
BA	99	99	0,0
Aeronaves turboélice	289	434	50,2
Aeronaves com motor convencional (pistão)	1794	1846	2,9

Fonte: AgroEfetiva (*apud* ARAÚJO, 2020).

(1) Estatísticas do triênio 2016 a 2019.

terização regional importante. Enquanto no estado do Rio Grande do Sul (RS) a frota cresceu apenas 1,9% no triênio 2016 a 2019, este crescimento foi de 9% no estado de São Paulo (SP), 13,4% no estado do Mato Grosso (MT), 38,5% no estado do Maranhão (MA) e 44,4% no estado de Tocantins (TO). Excluindo-se os estados da Bahia (BA) e Goiás (GO), que não mostraram crescimento, observa-se no restante do País que a aviação agrícola tende a uma estagnação no Sul e a um crescimento vigoroso nas regiões mais ao Norte, seguindo o caminho das áreas de produção do Cerrado e das grandes culturas, como a cana-de-açúcar, a soja, o milho e o algodão.

De acordo com o Instituto Prohuma de Estudos Científicos (PROHUMA, 2019), a aviação agrícola no Brasil tem participação importante no cotidiano das aplicações nas principais culturas de grande interesse econômico para o País (Tabela 3). O maior percentual de participação dentre as diferentes modalidades de aplicação ocorre na cultura do arroz irrigado, onde 72% das aplicações são feitas por via aérea, tornando esta cultura a mais dependente da aviação agrícola. Outra cultura de grande dependência é a cana-de-açúcar, onde mais da metade (52%) das aplicações são feitas por via aérea. É importante destacar também as participações nas culturas de algodão (44%), milho safrinha (16%), milho verão (15%) e soja (10%). No que se refere à quantidade de área tratada, a cultura da soja é a mais significativa, com 10,7 milhões de hectares tratados por via aérea anualmente, seguida da cana-de-açúcar e do algodão, com 8,8 e 6,9 milhões de hectares tratados ao ano, respectivamente.

AERONAVES AGRÍCOLAS

Dentre as diversas classificações que existem na aeronáutica, uma que se aplica imediatamente ao segmento aeroagrícola é a separação das aeronaves nas categorias de asa fixa e de asa rotativa (MATTHEWS; BATEMAN; MILLER, 2014). Aviões e helicópteros (Fig. 1 e 2), como são chamados

Tabela 3 - Adoção de tecnologia para aplicação de defensivos nas principais culturas – safra 2017/2018, Brasil

Cultura	Adoção da aplicação aérea (% da área total aplicada)	Área pulverizada (milhões de ha)
Arroz irrigado	72	1,9
Cana-de-açúcar	52	8,8
Algodão	44	6,9
Milho safrinha	16	2,4
Milho verão	15	0,7
Soja	10	10,7

Fonte: Prohuma (2019).

Figura 1 - Aeronave agrícola de asa fixa



Ulisses Rocha Antuniassi

Figura 2 - Aeronave agrícola de asa rotativa



Fonte: Central Helicopters 2014 Limited (2021).

na prática, possuem versões para uso agrícola e compartilham adeptos nos diferentes mercados da agricultura. O mercado para os helicópteros agrícolas vem crescendo nos últimos anos. Entretanto, com uma frota de apenas 15 helicópteros registrada para uso agrícola na Agência Nacional de Aviação Civil (Anac), este mercado no Brasil ainda é incipiente se comparado ao mercado nos EUA, onde os helicópteros representam 15% da frota de aeronaves agrícolas.

Na maioria das situações de trabalho os helicópteros são posicionados ao atendimento de nichos no mercado agrícola, em situação bastante parecida com o posicionamento dos drones de aplicação. Os helicópteros podem ser utilizados como complemento à aplicação aérea tradicional, facilitando o trabalho em locais de difícil operação para as aeronaves de asa fixa. Os setores de cana, florestas plantadas e pastagens podem ser bastante beneficiados com o uso dos helicópteros para as aplicações localizadas (catação), ou para as aplicações nas áreas com dificuldade de acesso por questões de topografia (área de relevo mais ondulado), as quais são mais complicadas de pulverizar com as aeronaves de asa fixa.

Dentre os argumentos positivos sobre o uso dos helicópteros, pesa de fato a real habilidade para operar dentro dos limites do campo, dispensada a necessidade das pistas de pouso. Essa facilidade soma-se à capacidade de recarga e reabastecimento igualmente dentro dos limites de campo, gerando a possibilidade de atendimento de áreas menores ou de acesso mais precário. Outros argumentos populares, como o controle mais preciso da faixa de deposição e a deriva reduzida, aparecem com frequência em ações de divulgação da técnica. Entretanto, boa parte dessas argumentações carece de comprovação científica.

O modelo de helicóptero mais utilizado para pulverização no Brasil é o Robinson R44, que possui motor de combustão interna. Em termos operacionais, este equipamento possui capacidade de armazenamento da calda de 320 L, oferece faixa de deposição de até 14 m e pode pulverizar com velocidades de até 130 km/h. Consi-

derando esses parâmetros operacionais, é possível fazer uma análise comparativa com o Ipanema EMB-203, que é a aeronave fabricada no Brasil. Com base nestes valores médios de mercado, observa-se que o R44 posiciona-se num patamar abaixo do EMB-203 em termos de capacidade operacional (Tabela 4). Ao levar em conta ainda o maior custo de aquisição do helicóptero, seria fácil deduzir (de maneira simplista) que na comparação direta de custos a aeronave de asa fixa seria mais viável. Entretanto, é necessário o entendimento das diferentes habilidades de cada tipo de aeronave. Por esta razão que o interesse do mercado pelas aplicações com helicóptero vem crescendo todos os anos.

Pulverizador aéreo

Uma aeronave é caracterizada como agrícola quando é equipada com dispositivos capazes de distribuir de forma adequada os defensivos e outros produtos de interesse agrônomo. Neste sentido, fertilizantes e sementes representam insumos importantes no contexto das aplicações aéreas. Considerando que a maior parte das aplicações dá-se por via líquida, a base de uma aeronave agrícola é o sistema de pulverização, o qual é bastante simples se comparado a um pulverizador terrestre (Fig. 3, 4 e 5). Como exemplo, uma aeronave agrícola possui os seguintes componentes: hopper (tanque para a calda

Tabela 4 - Parâmetros de comparação entre as diferentes modalidades de aplicação, considerando valores operacionais médios de mercado

Parâmetro	Tipo de aeronave/Modelo	
	Asa rotativa	Asa fixa
	R44	EMB-203
Velocidade de aplicação (km/h)	130	185
Largura típica da faixa de deposição (m)	14	18
Capacidade de carga (L)	320	950
Capacidade operacional (ha/h)	50 a 75	80 a 120
Custo aproximado (US\$)	730.000,00	300.000,00

Fonte: AgroEfetiva Indústria e Serviços Ltda.

Figura 3 - Sistema de pulverização da aeronave agrícola



Nota: Componentes: (a) Hopper (tanque para armazenar a calda); (b) Barra de pulverização; (c) Válvula de abastecimento rápido.

Figura 4 - Bomba centrífuga de energia eólica usada para a pressurização da calda



Ulisses Rocha Antuniassi

Figura 5 - Sistema de controle da pulverização



Ulisses Rocha Antuniassi

Nota: Componentes: (a) Válvula de três vias; (b) Fluxômetro; (c) Eletroválvula para controle do fluxo.

de pulverização), bomba, válvula de três vias para controle de pressão, válvula de abastecimento rápido, manômetro, filtro e barras de aplicação. O hopper possui tampa na parte superior para o carregamento direto de produtos e uma comporta na parte inferior, denominada tampa de alijamento. Com este sistema o piloto pode liberar a

carga de maneira muito rápida, visando ganhar altura momentaneamente em alguma situação crítica do voo (CARVALHO; CUNHA, 2019c).

Segundo Carvalho e Cunha (2019c), a bomba de pulverização em geral é centrífuga, podendo ser de acionamento eólico, hidráulico ou elétrico. Assim como

nos pulverizadores terrestres, a vazão da bomba deve ser suficiente para atender a pulverização e ao mesmo tempo propiciar agitação hidráulica para agitar a calda. As barras de pulverização possuem acoplamentos de engate rápido, visando facilitar e acelerar o processo de troca, para o caso da necessidade de alternar entre diferentes sistemas de geração de gotas.

Os dispositivos mais utilizados para a geração de gotas em aplicações aéreas são as pontas hidráulicas (Fig. 6) e os atomizadores rotativos (Fig. 7). As pontas hidráulicas (usualmente de jato cônico vazio, jato plano e jato plano de impacto) são montadas em corpos de bico provido de dispositivo antigotejador, semelhante ao de barras de pulverizadores terrestres. Alguns sistemas de engate nos bicos acomodam até três pontas, facilitando a calibração para ajuste do volume de calda das aplicações. Os atomizadores rotativos, por sua vez, geram gotas utilizando a energia centrífuga proveniente da alta rotação gerada pelo fluxo do ar em voo. Nas calibrações mais frequentes é comum o posicionamento dos atomizadores para o atendimento dos volumes de calda abaixo de 20 L/ha, enquanto as barras com pontas hidráulicas atendem aos volumes de calda acima de 20 L/ha.

As pontas de pulverização utilizadas em aeronaves agrícolas são semelhantes àquelas dos equipamentos terrestres, porém são normalmente de maior vazão (L/min). Os fatores que interferem no espectro de gotas gerado pelas pontas nas aplicações aéreas são o desenho da ponta (cada modelo possui uma solução de engenharia para gerar as gotas), a pressão de trabalho, a velocidade de voo, a vazão do bico, o ângulo do jato de pulverização e do bico em relação ao vento relativo provocado pelo voo e a composição da calda. Uma característica importante nas aeronaves agrícolas é a possibilidade de ajustar o ângulo dos bicos em relação à direção de voo (ANTUNIASSI; CHECHETTO, 2019). Esse ajuste (Fig. 7) permite alterar o tamanho das gotas geradas pelas pontas,

Figura 6 - Barra equipada com pontas hidráulicas de jato plano e corpo do bico CP-11TT, que acomodam até três pontas por bico



Ulisses Rocha Antunias

Figura 7 - Barra equipada com atomizadores rotativos de tela Micronair AU-5000



Ulisses Rocha Antunias

sem alterar a pressão de pulverização e a vazão. O impacto do vento nas gotas geradas pelas pontas interfere na chamada “quebra secundária”, formando o espectro que de fato será distribuído na aplicação. Aliás, essa é uma das principais diferenças entre aplicação aérea e terrestre, já que na segunda não há essa quebra secundária.

Quando os bicos são posicionados para trás, com ângulo zero graus em relação ao sentido de deslocamento da aeronave (Fig. 8A), as gotas serão maiores. Aumentando-se o ângulo para baixo, até 90 graus (na vertical) as gotas tornar-se-ão cada vez menores (Fig. 8B). Ângulos maiores são possíveis, em geral até 135 graus, gerando assim gotas cada vez mais finas.

O uso das pontas de jato plano de impacto (popularmente chamadas pontas “CP”, em referência a um fabricante dos EUA) possibilita grande flexibilidade de ajuste da vazão e do espectro de gotas, tornando mais rápido o ajuste. Estas pontas possuem dispositivos de ajuste de vazão e espectro de gotas em um único corpo de bico, composto de um disco com diversos orifícios calibradores de vazão e um anteparo (defletor) ajustável, cuja mudança do ângulo faz as gotas sofrerem maior ou menor fracionamento ao serem pulverizadas e terem impacto com o anteparo. Berna (2017) analisou a performance das pontas CP-03 quando submetidas a pressão de 2 bar e fluxo de ar de 180 km/h, pulverizando caldas contendo um fungicida e diferentes adjuvantes. Observa-se que o diâmetro mediano volumétrico (DMV, em μm) variou em função do ângulo do anteparo e do tipo de calda, mostrando que variações na solução pulverizada podem alterar significativamente o espectro de gotas gerado (Gráfico 1).

Os atomizadores rotativos substituem as pontas hidráulicas no processo de geração do espectro de gotas, principalmente quando se busca a utilização de gotas mais finas e menores taxas de aplicação. O princípio de funcionamento é simples: a calda é submetida à força centrífuga (pela rotação do atomizador) e tem que fluir através de uma tela ou de um conjunto de discos rotativos, gerando o processo físico que ocasiona o rompimento do líquido em gotas. A rotação dos atomizadores pode ser obtida por ação do vento (em decorrência do voo) ou por meio de um acionador elétrico (usado com frequência em helicópteros, nos casos de aplicações com velocidade de voo mais baixas).

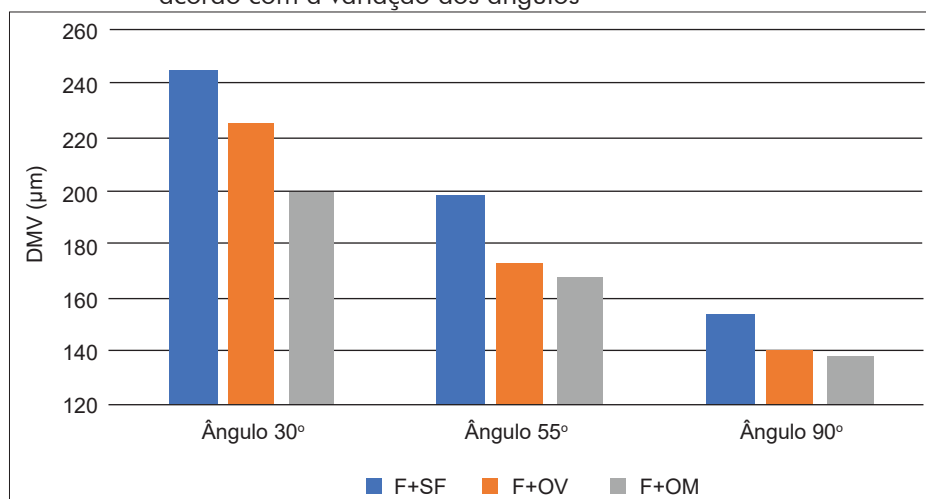
Os atomizadores rotativos são compostos basicamente por um tambor de tela metálica, ou um cilindro constituído por discos dentados, que é acoplado às pás da hélice. O tambor ou cilindro gira ao redor de um eixo fixo. As pás têm seu ângulo ajustável, o que influi sobre a velocidade de rotação e, conseqüentemente, sobre o

Figura 8 - Barras equipadas com pontas hidráulicas de jato cônico



Nota: A - Ângulo de 0° para gerar gotas maiores; B - Ângulo de 90° para gerar gotas menores.

Gráfico 1 - Diâmetro mediano volumétrico (DMV) da solução pulverizada de acordo com a variação dos ângulos



Fonte: Berna (2017).

Nota: Diâmetro mediano volumétrico (DMV) gerado por uma ponta de jato plano de impacto com defletor (CP-03) pulverizando caldas contendo um fungicida (F), de formulação suspensão concentrada (SC), em misturas em tanque com três opções de adjuvantes: multifuncional à base de surfactantes (SF), óleo vegetal (OV) e óleo mineral (OM).

Dados gerados nos laboratórios da Unesp – Botucatu, SP, com fluxo de ar de 180 km/h e pressão de 2 bar, utilizando um analisador de partículas Oxford P-15.

diâmetro de gota: quanto menor o ângulo das pás, maior a velocidade de rotação e menor o diâmetro de gota, já que o impacto do ar com as pás é maior. Cada unidade atomizadora tem seu próprio dispositivo para ajuste da vazão. Os atomizadores

são providos, também individualmente, de válvulas antigotejamento. Segundo Carvalho e Cunha (2019a), o ajuste do tamanho das gotas depende da velocidade de rotação, que por sua vez depende do modelo e ajuste das pás e da velocidade

de voo, assim como também depende do tamanho e do tipo da malha da tela ou das ranhuras dos discos, o que é uma função do tipo de atomizador utilizado. Neste sentido, Carvalho *et al.* (2016) avaliaram seis modelos de atomizadores disponíveis no mercado brasileiro para determinação das características do espectro de gotas gerado nas aplicações (Tabela 5). Observa-se que a maioria dos atomizadores produziu gotas finas, com valores elevados do percentual volumétrico de gotas menores que 100 µm (entre 12% e 20%). Por esta razão, o uso de atomizadores rotativos deve ser criterioso no que se refere aos cuidados com relação aos riscos de deriva nas aplicações.

Os bicos ou atomizadores devem ser distribuídos ao longo das barras ocupando de 55% a 80% da envergadura da aeronave. Esse limite evita que as gotas geradas sejam arrastadas pelos efeitos aerodinâmicos (vórtices) originados nas extremidades das asas (CARVALHO; CUNHA, 2019c). Para isso, deve haver um estudo para o posicionamento dos bicos e atomizadores em relação à parte central da barra (próximo à fuselagem do avião), bem como das pontas da asa. Fatores como modelo do avião, distância dos bordos de fuga e das extremidades da asa e espectro de gotas interferem na uniformidade da aplicação.

Em geral as aeronaves agrícolas são equipadas com sistema de balizamento para deslocamento no campo por Sistema de posicionamento global por satélite - Global positioning system (GPS) (Fig. 9). Uma barra de luzes indica ao piloto a direção que a aeronave deve seguir durante as aplicações. Estes sistemas de navegação e controle da aplicação também armazenam dados das aplicações, com seus respectivos mapas georreferenciados, fornecendo informações para análise da performance operacional e de rastreamento de eventuais falhas. Algumas aeronaves possuem ainda um sistema de monitoramento ou controle de fluxo, cuja finalidade é ajustar a vazão da barra em função de variações da velocidade de voo, a fim de manter constante a taxa de aplicação (L/ha). Os sistemas dedicados à agricultura de precisão também podem estar presentes nas aplicações aéreas. Lan *et al.* (2010) descrevem que no final da década de 1990 foram apresentados os primeiros sistemas de aplicação em taxa variável para aeronaves agrícolas, e a evolução destes sistemas permite que se faça a gestão das aplicações de maneira localizada, a exemplo do que se utiliza nas aplicações terrestres.

As aplicações aéreas em área total são feitas recobrando-se as passadas sucessivas durante a pulverização. Segundo Carvalho e Cunha (2019b), a faixa de deposição total é o espaço de um extremo ao outro da faixa, na qual ocorrem os depósitos independentemente dos níveis de deposição. A faixa de deposição efetiva é uma parte da faixa de deposição total onde os níveis de depósitos satisfazem as recomendações.

A definição da distância correta entre as passadas sucessivas deve ser com base em ensaios de deposição, a exemplo das metodologias que são utilizadas para a determinação de faixa efetiva em aplicações de calcário a lança. Para tanto, amostras da deposição são coletadas ao longo da faixa de deposição total produzida pela aeronave. Posteriormente, de posse destas informações, aplica-se uma rotina de cálculo que define a faixa de deposição efetiva,

Tabela 5 - Espectro de gotas gerado por atomizadores rotativos disponíveis no mercado brasileiro⁽¹⁾

Modelo do atomizador	Velocidade de rotação (rpm)	DMV (μm)	V100 (%)	AR	⁽²⁾ Classe de gotas
ASC - A10	2.334	206d	15b	1,35bc	Fina
TA-88D-8	2.360	231b	12c	1,17d	Fina
Microbell	1.742	225c	12c	1,33c	Fina
Microspin	1.780	257a	12c	1,47a	Média
Stol	2.161	174e	20a	1,31c	Fina
Travicar 05165	1.488	208d	17b	1,37bc	Fina

Fonte: Carvalho *et al.* (2016).

Nota: rpm - Rotação por minuto; DMV - Diâmetro mediano volumétrico; V100 - Porcentual do volume aplicado composto por gotas menores do que 100 μm ; AR - Amplitude relativa. Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem no teste de Tukey a 5% de probabilidade.

(1) Dados obtidos em túnel de vento usando técnica da difração de laser, com um analisador de partículas Simpatec Helios. Atomizadores operados com ângulo das pás a 75°, vazão de 6,0 L/min e velocidade do vento de 180 km/h. (2) Classe de gotas segundo a norma ASAE 572.1.

Figura 9 - Sistema de navegação e controle de fluxo Satloc M3 instalado na aeronave agrícola Ipanema



Ulisses Rocha Antunassi

que corresponderá à distância ideal entre passadas no campo. A faixa de deposição efetiva deve ser aquela que permita a máxima distância entre as passadas, porém sem comprometer a uniformidade de deposição. Em geral, admite-se que uma aplicação para ser considerada uniforme deva ser realizada com coeficientes de variação

(CV) da deposição da ordem de 15%, mas o mercado aceita informalmente valores de CV de até 20%.

No que se refere à calibração da aeronave, a faixa de deposição efetiva, a velocidade de voo e a taxa de aplicação requerida representam os fatores que vão fundamentar o processo de calibração, o

qual dependerá da vazão da barra. Esta vazão, por sua vez, pode ser ajustada por meio de mudanças na pressão, na troca das pontas ou ainda por ajustes nos reguladores de vazão dos atomizadores.

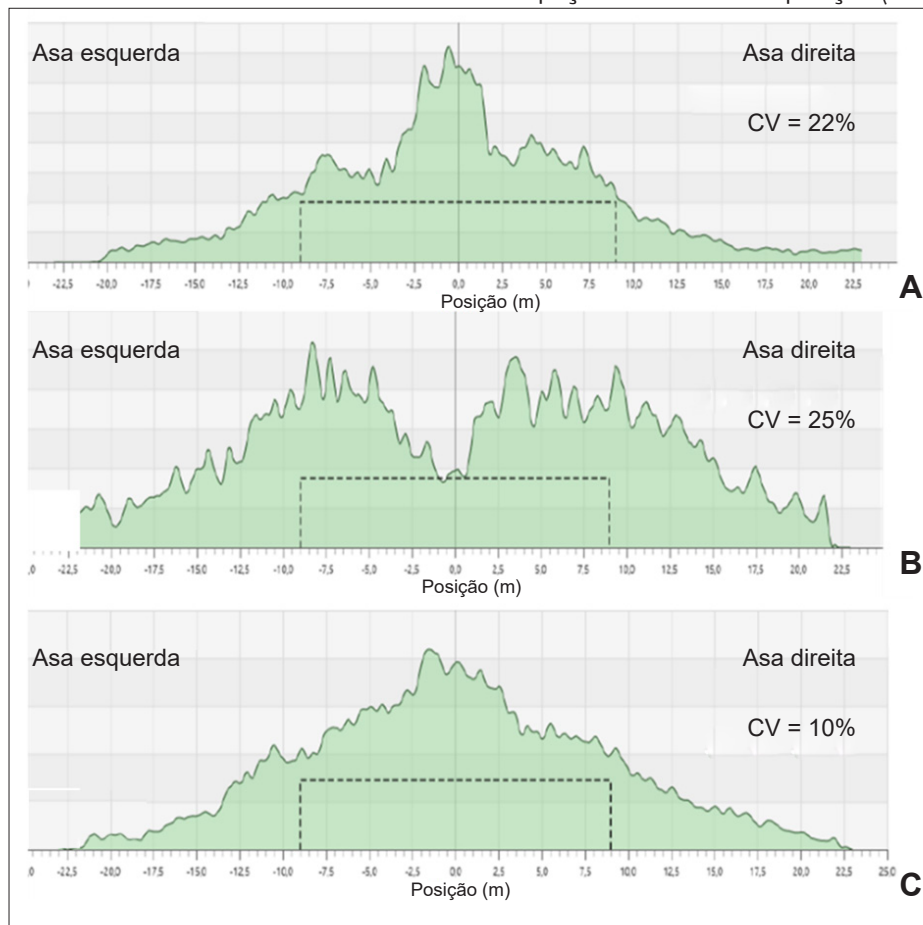
Inspeção da faixa de deposição

O valor do CV da deposição e a faixa de deposição efetiva podem ser determinados a partir de diversos métodos, havendo uma norma técnica que orienta o processo (AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL AND BIOLOGICAL ENGINEERS, 2018). Um dos métodos mais modernos utilizados para esse propósito é o sistema de Inspeção da Faixa de Deposição (IFD), implementada no Brasil pela empresa AgroEfetiva Indústria e Serviços Ltda. de Botucatu, SP em 2017. O método é o mesmo utilizado nas clínicas de aeronaves realizadas pela “Operation S.A.F.E.” nos EUA (CARVALHO; CUNHA, 2019b). O sistema baseia-se na coleta de deposição de um corante sobre um fio de poliéster, o qual é processado por espectrofotometria. A análise baseia-se na otimização do CV dos depósitos na faixa aplicada, buscando-se a maior faixa de deposição efetiva dentro dos limites estabelecidos (Gráfico 2).

Deriva nas aplicações

Segundo Kruger e Antuniassi (2019), a deriva pode ocorrer pelo movimento das partículas (ou gotas) para fora da área aplicada e pela volatilidade dos ingredientes ativos. A deriva física (movimento das gotas) é um fator que se pode mitigar por meio do planejamento correto e seguro da tecnologia de aplicação. A volatilidade depende diretamente dos defensivos utilizados (formulações e ativos), e esta escolha deve fazer parte do processo. A deriva sofre influência de diversos fatores, e por esta razão o planejamento das aplicações deve considerar as condições meteorológicas, o espectro de gotas, a altura de voo e a distância de áreas suscetíveis ou sensíveis. A deriva é um processo complexo que depende de muitos fatores que contribuem para

Gráfico 2 - Faixas de deposição obtidas para três aeronaves agrícolas de mesmo modelo utilizando o sistema de Inspeção da Faixa de Deposição (IFD)



Fonte: AgroEfetiva Indústria e Serviços Ltda.

Nota: A - Aeronave com acúmulo de depósito sob a fuselagem; B - Aeronave com falha na aplicação no centro da faixa de deposição; C - Aeronave com distribuição normal da faixa de deposição.

CV - Coeficiente de variação (indica a uniformidade da aplicação para a faixa efetiva de deposição praticada).

os eventuais danos que possam ocorrer. É responsabilidade do aplicador garantir que as aplicações não causem deriva.

Pilares que sustentam as boas práticas na tecnologia de aplicação

As boas práticas em tecnologia de aplicação são sustentadas por três grandes pilares: a gestão da informação, o respeito às condições meteorológicas e o uso das técnicas para redução da deriva (TRD).

O primeiro pilar das boas práticas de tecnologia de aplicação é a gestão da informação que representa o uso correto

e seguro que se pode fazer dos dados contidos nas ordens de serviço, nos relatórios de campo e nos mapas gerados nas aplicações, para que se possa adotar critérios de trabalho dentro dos conceitos de sustentabilidade. Assim, o planejamento e a execução das pulverizações devem respeitar os regulamentos, as normas e a legislação vigente, assim como devem considerar as recomendações das bulas dos produtos. Soma-se a este processo o adequado conhecimento do entorno, para que se possa saber de antemão o que existe em volta das áreas que serão aplicadas. O conhecimento dos produtos aplicados, bem

como o comportamento de insetos não alvo (como abelhas) e a comunicação com vizinhos ou apicultores são partes importantes no planejamento das pulverizações. Isso permite a adoção de faixas de segurança adequadas a cada situação (se houver esta necessidade), reduzindo o risco de conflitos por deriva.

O segundo pilar das boas práticas em tecnologia de aplicação é o respeito às condições meteorológicas ideais para aplicação. Apesar de muitos autores citarem a expressão “condições climáticas” para se referir à temperatura, umidade e vento no planejamento e execução de uma aplicação, o contexto correto é que a referência seja às “condições meteorológicas”. A palavra clima (de onde vem a expressão “condições climáticas” usada incorretamente na tecnologia de aplicação) tem um significado mais amplo, referenciando conceitos como “clima equatorial”, “clima tropical” ou “clima semiárido”, por exemplo. Para a tecnologia de aplicação, o que importa são as variáveis atmosféricas do local da pulverização (umidade, temperatura e vento), as quais podem interferir na eficácia de deposição ou risco de deriva dos defensivos. Temperatura, umidade relativa (UR) do ar e vento (intensidade e direção) são fatores que devem ser monitorados e registrados em todas as aplicações. Os limites meteorológicos podem ser diferentes para cada defensivo, pelas especificidades das técnicas de aplicação e dos produtos. Por esta razão, a bula deve ser a referência para buscar esta informação. Em caso de dúvidas, o engenheiro agrônomo responsável deve ser sempre consultado. Em geral, as recomendações de boas práticas limitam as aplicações aos momentos em que a temperatura esteja abaixo de 30 graus, umidade acima de 50% e velocidade média do vento entre 3 e 10 km/h. As aplicações não devem ser realizadas sem

vento, situação atmosférica característica da ocorrência de inversões térmicas e as correntes convectivas. Nestes casos, a dinâmica da atmosfera dificulta a deposição de gotas mais finas, podendo causar deriva a longas distâncias. Nas pulverizações aéreas isto é fácil de observar quando o piloto entra na nuvem de pulverização de sua última passagem e aplica a faixa seguinte, causando impregnação de gotas da pulverização nos para-brisas da aeronave.

O terceiro e último pilar das boas práticas de tecnologia de aplicação representa a busca constante pelo uso das TRD. As TRD são combinações de elementos que visam reduzir o risco de deriva em uma aplicação de defensivos. Por exemplo: pode-se adotar um ajuste na geração de gotas que ofereça menor risco de deriva, assim como podem-se utilizar adjuvantes e ajustes de parâmetros operacionais que reduzam igualmente esses riscos. Por fim, deve-se programar essa aplicação para o período do dia em que as condições meteorológicas sejam as mais favoráveis. Esta junção de técnicas, se usada de maneira adequada, reduzirá os riscos de perdas e deriva na aplicação, passando a ser classificada como uma TRD.

CERTIFICAÇÃO AEROAGRÍCOLA SUSTENTÁVEL

A aviação agrícola no Brasil cresceu de maneira significativa nos últimos anos. Entretanto, este crescimento ocorre justamente quando a aviação agrícola mais vem sofrendo pressões por conta de incidentes relacionados com a deriva. Em função destes questionamentos, o mercado aeroagrícola brasileiro viu surgir o Programa Certificação Aeroagrícola Sustentável (CAS), que tem por objetivo central aproximar a aviação agrícola dos conceitos de boas práticas. Este Programa, o primeiro em nível mundial com esta abordagem, surgiu em 2014 para certificar os operadores que atuam de acordo com

critérios rigorosos quanto às boas práticas. Coordenado por representantes de universidades públicas (Unesp - Botucatu, SP, UFU - Uberlândia, MG e Ufla - Lavras, MG) e gerido pela Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais (Fepaf), o CAS conta com 55 empresas certificadas (dados de julho de 2020), correspondendo a uma frota de mais de 250 aeronaves operando de acordo com os critérios do CAS. O processo de certificação dos operadores aeroagrícolas inclui um curso sobre boas práticas e uma auditoria, na qual é aplicado um checklist que avalia o nível de adesão do operador aos conceitos de boas práticas nas aplicações aéreas. Mais informações sobre o CAS podem ser obtidas no site¹.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tomando-se como base a evolução das estatísticas da aviação agrícola no Brasil, torna-se evidente que o agronegócio vem-se tornando dependente das aplicações aéreas como ferramenta de trabalho, notadamente nas regiões de grande expansão de áreas cultivadas. Para que este processo possa ocorrer de maneira sustentável, reforça-se a necessidade de incentivar doutrinas para o tratamento fitossanitário que busquem conjugar os aspectos de respeito ao ambiente, sustentabilidade e responsabilidade com o incremento de capacidade operacional e eficiência proporcionados pela aviação agrícola.

REFERÊNCIAS

- AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL AND BIOLOGICAL ENGINEERS. **ASAE S386.2 Feb. 1988 (R2018)**: calibration and distribution pattern testing of agricultural aerial application equipment. St. Joseph, MI: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2018. 10p.
- ANTUNIASSI, U.R.; CHECHETTO, R.G. Pontas hidráulicas utilizadas para pulverização aérea. *In*: ANTUNIASSI, U.R.;

¹ <http://www.cas-online.org.br/>.

BOLLER, W. (org.). **Tecnologia de aplicação para culturas anuais**. 2.ed. Passo Fundo: Aldeia Norte; Botucatu: FEPAF, 2019. cap.10, p.197-212.

ARAÚJO, E.C. de. **Frota brasileira de aeronaves agrícolas**: 2019. Versão 2.0. Porto Alegre: SINDAG, 2020. 21p. Disponível em: https://sindag.org.br/wp-content/uploads/2020/05/Frota-Agricola-2019-texto-versao-2.0.final_.pdf. Acesso em: 17 jul. 2020.

BERNA, R. **Espectro de gotas geradas por ponta de jato plano de impacto para aplicação aérea na presença de adjuvantes em caldas de pulverização**. Orientador: Ulisses Rocha Antuniassi. 2017. 57f. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2017.

BRASIL. Decreto nº 86.765, de 22 de dezembro de 1981. Regulamenta o Decreto-Lei nº 917, de 7 de outubro de 1969, que dispõe sobre o emprego da aviação agrícola no País e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, p.24561, 23 dez. 1981.

BRASIL. Decreto-lei nº 917, de 7 de outubro de 1969. Dispõe sobre o emprego da Aviação Agrícola no país e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, p.8489, 8 out. 1969.

CARVALHO, F.K.; CUNHA, J.P.A. Atomizadores rotativos para aplicação aérea. In: ANTUNIASSI, U.R.; BOLLER, W. (org.). **Tecnologia de aplicação para culturas anuais**. 2.ed. Passo Fundo: Aldeia Norte; Botucatu: FEPAF, 2019a. p.183-196.

CARVALHO, F.K.; CUNHA, J.P.A. Estudos das faixas de deposição nas aplicações aéreas. In: ANTUNIASSI, U.R.; BOLLER, W. (org.). **Tecnologia de aplicação para culturas anuais**. 2.ed. Passo Fundo: Aldeia Norte; Botucatu: FEPAF, 2019b. p.213-222.

CARVALHO, F.K. et al. Blade angle effect on droplet size spectrum of rotary atomizers used in Brazil. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.36, n.6, p.1118-1125, 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/eagri/a/8P33tq7Z5MDLWj3dHQQZxZdM/?format=pdf>

&lang=en. Acesso em: 17 jul. 2020

CARVALHO, W.P.A.; CUNHA, J.P.A.R. Introdução à tecnologia de aplicação por via aérea. In: ANTUNIASSI, U.R.; BOLLER, W. (org.). **Tecnologia de aplicação para culturas anuais**. 2.ed. Passo Fundo: Aldeia Norte; Botucatu: FEPAF, 2019c. p.169-181.

CENTRAL HELICOPTERS 2014 LIMITED. **Spraying**. Ōpōtiki, New Zealand: Central Helicopters, 2021. Disponível em: <http://www.centralhelicopters.co.nz/agricultural>. Acesso em: 8 out. 2021.

DEFESANET. **Brasil possui 2.280 aeronaves agrícolas**. Brasília, DF: DefesaNet, 2020. Notícia: 20 fev. 2020. Disponível em: <https://www.defesanet.com.br/aviacao/noticia/35835/Brasil-possui-2-280-aeronaves-agricolas/>. Acesso em: 15 jul. 2020.

KOVÁČIK, L.; NOVÁK, A. Comparison of aerial application vs. ground application. **Transportation Research Procedia**, v.44, p.264-270, 2020. Conference LOGI 2019: Horizons of autonomous mobility in Europe.

KRUGER, G.R.; ANTUNIASSI, U.R. Deriva na pulverização em culturas anuais. In: ANTUNIASSI, U.R.; BOLLER, W. (org.). **Tecnologia de aplicação para culturas anuais**. 2.ed. Passo Fundo: Aldeia Norte; Botucatu: FEPAF, 2019. p.319-354.

LAN, Y. et al. Current status and future directions of precision aerial application for site-specific crop management in the USA. **Computers and Electronics in Agriculture**, Amsterdam, v.74, n.1, p.34-38, 2010.

MATTHEWS, G.A.; BATEMAN, R.; MILLER, P. **Pesticide application methods**. 4th ed. Chichester: Wiley Blackwell, 2014. 517p.

PROHUMA. **Cenários agrícolas brasileiros**: estudo das principais modalidades de aplicação de agrotóxicos por cultivo no Brasil. Jundiaí: Instituto Prohuma de Estudos Científicos, 2019. 170 p.

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.



Livraria EPAMIG

www.livrariaepamig.com.br



Drones para pulverização

Ulisses Rocha Antuniassi¹, Fernando Kassis Carvalho², Alisson Augusto Barbieri Mota³, Rodolfo Glauber Chechetto⁴

Resumo - O uso de drones para pulverização vive um momento de grande crescimento em nível mundial. Entretanto, a falta de regulamentação está retardando a consolidação deste mercado em muitas regiões. No Brasil, após dois anos de discussões com as partes interessadas, incluindo uma consulta pública, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento finalmente publicou, em setembro de 2021 um conjunto de regras relacionadas com o uso de drones para pulverização. No setor de aviação agrícola, os drones vêm sendo planejados como complemento à aplicação aérea tradicional, podendo beneficiar os cultivos de cana, florestas e pastagens com as operações de catação e aplicação em locais de difícil acesso. Embora estas propostas sejam todas interessantes e merecedoras de aprofundamento, a discussão somente poderá evoluir quando houver melhor entendimento da qualidade e segurança das aplicações com drones, após a pesquisa científica mostrar como estes comportam-se em termos de uniformidade de aplicação, faixa de deposição e risco de deriva.

Palavras-chave: Aeronave remotamente pilotada. Veículo aéreo não tripulado. Aeronave não tripulada. Tecnologia de aplicação. Aplicação aérea.

Spraying drones

Abstract - The use of drones for spraying is experiencing a moment of great growth worldwide. However, the lack of regulation is delaying the consolidation of this market in many regions. In Brazil, after two years of discussions with stakeholders, including a public consultation, the Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento finally published in September 2021 a set of rules related to the use of drones for spraying. In the agricultural aviation sector, drones have been planned as a complement to traditional aerial application, while sugarcane, forest and pasture areas can be greatly benefited by patch spraying and broadcast applications in places of difficult access. Although these proposals are all interesting and worthy of further study, the discussion can only evolve when we have a better understanding of the quality and safety of drone applications, after scientific research shows how they behave in terms of application uniformity, deposition and risk drift.

Keywords: Remotely piloted aircraft. Unmanned aerial vehicle. Application technology. Aerial application.

INTRODUÇÃO

Uma das primeiras controvérsias que acercam os drones é a própria denominação do equipamento. De acordo com o Regulamento Brasileiro da Aviação Civil Especial (RBAC-E) nº 94 publicado pela Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC, 2017), o termo correto para designar os drones é RPA, que vem da língua inglesa Remotely

Piloted Aircraft (aeronave remotamente pilotada). Outras nomenclaturas também são utilizadas no cotidiano, como Vant (veículo aéreo não tripulado) e UAV (Unmanned Aerial Vehicle), cuja tradução seria aeronave não tripulada. A palavra Vant é frequentemente usada em artigos brasileiros, enquanto a sigla UAV é a preferida nos trabalhos científicos internacionais,

notadamente aqueles publicados pelos chineses.

Parte da controvérsia vem da questão da existência ou não do piloto. Em algumas situações o termo “não tripulado” induz ao entendimento da não existência do piloto, mesmo que em caráter remoto, o que causa ainda mais confusão do ponto de vista de legislação, pois em muitos

¹ Eng. Agrônomo, D.Sc., Prof. Tit. UNESP - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu, SP, ulisses.antuniassi@unesp.br.

² Eng. Agrônomo, D.Sc., Pesq. AgroEfetiva, Botucatu, SP, fernando@agroefetiva.com.br.

³ Eng. Agrônomo, D.Sc., Pesq. AgroEfetiva, Botucatu, SP, alisson@agroefetiva.com.br.

⁴ Eng. Agrônomo, D.Sc., Pesq. AgroEfetiva, Botucatu, SP, rodolfo@agroefetiva.com.br.

países a presença do piloto é obrigatória. No âmbito regulatório, agências como a Anac (no Brasil) e a Federal Aviation Administration (FAA) nos Estados Unidos (EUA) entendem que a presença do piloto é necessária e obrigatória, mesmo que o voo seja automatizado. Estas controvérsias não impedem, entretanto, que o mercado adote o termo “drone” para um uso mais geral. A palavra drone vem do zumbido característico dos zangões, em tradução livre da explicação do termo no idioma inglês.

MERCADO DE DRONES PARA A AGRICULTURA

O avanço na tecnologia de sensores nos últimos anos tem reforçado o papel da tecnologia de drones na agricultura, a qual representa um dos principais mercados para os drones no mundo. Pesquisa de mercado publicada pelo Meticulous Market Research (METICULOUS RESEARCH, 2019) indica uma expectativa de que o mercado mundial de drones para agricultura ultrapasse o valor de US\$ 5 bilhões até 2025, o que representará cerca de 12% do mercado de drones como um todo. Segundo o Meticulous Market Research, mediante a falta de recursos humanos qualificados, os drones podem provocar uma grande mudança nos níveis de eficiência da agricultura, pois vem-se transformando em alternativas para várias atividades agrícolas que requerem trabalhos de precisão, como a pulverização e o monitoramento das culturas para a análise dos fatores que interferem na produção. O Meticulous Research (2019) listou as dez principais empresas no setor de drones em nível mundial durante o ano de 2019 (Quadro 1).

Um dos maiores mercados de drones no mundo, a China, vem-se destacando na utilização maciça dos drones na agricultura. O relatório de mercado de drones da China (RESEARCH AND MARKETS, 2019) cita que o comércio global de drones de uso geral aumentará de US\$ 14 bilhões em 2018 para mais de US\$ 43 bilhões em 2024. Segundo este

relatório, o mercado chinês é atualmente o segundo maior em comercializar drones no mundo, depois dos EUA, mas essas posições deverão inverter até 2024. No que se refere a investimentos, o relatório aponta que desde 2012 mais de US\$ 3 bilhões foram investidos em empresas de drones em todo o mundo, com destaque para o ano de 2018, com US\$ 702 milhões em investimentos em nível global. O relatório destaca ainda a participação das empresas chinesas no setor. Como exemplo, o maior fabricante de drones do mundo, a chinesa Dà-Jiāng Innovations Science and Technology (DJI), detém aproximadamente 70% da participação no mercado global de drones.

Apesar do grande destaque dado ao papel da China no desenvolvimento do mercado de drones para a agricultura, a Yamaha (Japão) foi a primeira empresa de grande porte a investir nesse mercado, ainda na década de 1980. A Yamaha tem uma longa história com a operação e o desenvolvimento de Vants, começou com o modelo R-50, que entrou em fase de testes em 1987 e foi lançado no mercado em 1991. O R-50 foi a primeira plataforma de aeronaves pilotadas remotamente disponível em escala comercial para mercado agrícola. Dotado de um desenho convencional de helicóptero (um rotor principal e um rotor de cauda), era movido por um motor de dois tempos e dois cilindros com 12 hp, sendo capaz de transportar uma carga útil

de 20 kg. A partir do sucesso obtido com o R-50, a Yamaha lançou em 1997 o RMAX, com capacidade de carga útil de até 28 kg (Fig. 1). O Yamaha RMAX tornou-se líder de mercado no segmento agrícola, atingindo em 2014 algumas estatísticas impressionantes: mais de 2 milhões de horas voadas e cerca de 1 milhão de hectares voados anualmente, com uma frota de mais de 2.600 helicópteros operando em todo o mundo (YAMAHA, 2020).

DRONES PARA PULVERIZAÇÃO

Um dos fatores que levou a China à posição de destaque no mercado de drones agrícolas para pulverização foi a importante participação do segmento de pesquisa acadêmica no desenvolvimento destas tecnologias. Segundo Baio e Antuniassi (2019), existe um laboratório específico destinado ao estudo da aplicabilidade dos drones na agricultura na Universidade Agrícola da China - China Agricultural University (CAU). Este acervo tecnológico inclui inúmeras pesquisas e artigos publicados sobre o tema, assim como uma grande quantidade de protótipos de drones, desenvolvidos especificamente para os diversos mercados de aplicação (Fig. 2).

Baio e Antuniassi (2019) explicam que um dos fatores mais importantes para o avanço dos drones de aplicação na China é a própria estrutura fundiária, com predominância de pequenas propriedades

Quadro 1 - As dez principais empresas do setor de drones em nível mundial

Empresa	País de origem
SZ DJI Technology Co., Ltd.	China
Parrot S.A.	França
Precision Hawk Inc.	Estados Unidos
Aero Vironment, Inc.	Estados Unidos
Israel Aerospace Industries Ltd.	Israel
Trimble Inc.	Estados Unidos
Microdrones GmbH	Alemanha
AgEagle Aerial Systems Inc.	Estados Unidos
American Robotics, Inc.	Estados Unidos
Yamaha Motor Co., Ltd.	Japão

Fonte: Meticulous Research (2019).

Figura 1 - Drone Yamaha RMAX, lançado em 1997 com capacidade de carga útil de 28 kg



Arquivo Yamaha

Figura 2 - Laboratório da China Agricultural University (CAU) onde são desenvolvidos protótipos de drones para os diferentes tipos de aplicação



Ulisses Rocha Antunassi

sem acesso à mecanização das operações. Sendo enorme o número de agricultores que realizam o trabalho de aplicação de defensivos com pulverizadores costais, em situações insalubres e com grande carência tecnológica, justifica-se o desenvolvimento atual dos drones de aplicação dentro do contexto da substituição das aplicações

com pulverizadores costais. Portanto, segundo esses autores, o mercado chinês ainda está distante da ideia de substituição das máquinas pulverizadoras de grande porte. Contudo, com a rápida evolução tecnológica, em pouco tempo outros mercados serão atendidos com essa tecnologia na China. Como exemplo, o serviço de

drones da XAG já pulverizou 20 milhões de hectares na China e em 38 outros países (ROBERTS, 2020)

A popularização da adoção dos drones para pulverização é uma das principais tendências do mercado de drones agrícolas, sendo que os drones com vários rotores são a escolha mais frequente, com grande aceitação para a pulverização de defensivos nos EUA. A preferência pelos equipamentos de múltiplos rotores (Fig. 3) decorre da facilidade de operação, assim como o menor custo operacional mediante outras variantes. Outro atrativo para os drones de pulverização é a expectativa de eficiência operacional e o potencial de economia de defensivos. O Instituto Meticulous Research afirma que o mercado tem a expectativa de que os drones agrícolas possam pulverizar de 40% a 60% mais rapidamente do que a pulverização manual, economizando de 30% a 50% em produtos químicos (METICULOUS RESEARCH, 2019).

Roberts (2020) destaca o aumento da popularidade de drones na agricultura justamente por causa da opção de usá-los para pulverização, e o crescimento dessa popularidade tende a aumentar globalmente à medida que os países concedem aos operadores a permissão para aplicar os produtos fitossanitários. Em termos práticos, este autor destaca diversas vantagens dos drones de pulverização, pois estes equipamentos podem operar sobre campos encharcados e culturas de grande porte, onde as máquinas terrestres teriam dificuldade de se mover, assim como podem voar rapidamente e com precisão para as áreas-alvo, em muitos casos com navegação automatizada. Diante deste cenário, este autor destaca que por conta das recentes introduções de equipamentos mais modernos e sofisticados, assim como com as mudanças na regulamentação, é muito provável que as aplicações aéreas com drones aumentem de maneira rápida e substancial em todo o mundo.

Figura 3 - Drone DJI Agras MG1-S com oito rotores, equipado para pulverização



Ulisses Rocha Antunias

EVOLUÇÃO TECNOLÓGICA DOS DRONES PARA PULVERIZAÇÃO

O crescente interesse das grandes empresas do agronegócio no mercado de drones para pulverização vem mostrar que esta tendência tecnológica veio para ficar e vai-se tornar padrão de mercado. A John Deere revelou o drone de grande porte denominado Volo Drone na feira Agritechnica Show em Hannover, em 2019 (DRONE..., 2019). O drone é um desenvolvimento conjunto com a Volocopter GmbH e tem 9,2 m de largura, com 18 rotores. O equipamento é alimentado por baterias de íon-lítio, que fornecem um tempo de voo de cerca de 30 minutos com uma carga (Fig. 4). Como drones menores, pode ser operado remotamente ou automaticamente e é capaz de seguir uma rota pré-programada. O que o diferencia é sua capacidade de carga de 200 kg, que permite transportar dois tanques, uma bomba e uma barra de pulverização, oferecendo capacidade operacional de até 6 ha/h. O Volo Drone possui um sistema de fixação padronizado que permite a instalação de diferentes sistemas de aplicação, dependendo dos requisitos. Lançamentos como este, assim como a evolução da regulamentação do setor, trarão um grande incentivo ao mercado de drones para pulverização nos próximos anos.

Segundo Roberts (2020), a empresa chinesa de drones XAG lançou em novembro de 2019 o drone Xplanet (com quatro rotores), que tem uma carga útil de 20 kg. Este drone possui um tanque com capacidade para 16 L e é equipado com bicos rotativos, instalados abaixo dos rotores, que produzem gotas com diâmetro mediano volumétrico (DMV) de 85 a 550 μm , dependendo do ajuste da rotação dos discos, estabelecida pelo usuário. O equipamento possui con-

trole de vazão variável de acordo com a velocidade, além de recarga automática. No modo “rápido”, com uma faixa de deposição efetiva de 7 m, o equipamento oferece capacidade operacional de até 18 ha/h, com taxa de aplicação de 12 L/ha, cobertura de 5 gotas/cm² e velocidade de voo de 25 km/h. Um outro modo de operação, para melhor qualidade da cobertura dos alvos, oferece largura de faixa de 4,5 m e 15 gotas/cm², na mesma taxa de aplicação e velocidade de voo.

Outro lançamento importante do setor em 2019 foi feito pela DJI. O drone Agras T16, de seis rotores, é equipado com um tanque para 16 L e oferece capacidade operacional de até 16 ha/h. O sistema de pulverização, pode oferecer vazão de até 4,8 L/min e é acionado por quatro bombas que alimentam oito bicos, os quais oferecem espectro de gotas com DMV entre 130 e 265 μm . A largura da faixa de deposição efetiva pode variar entre 4 e 6,5 m, com altura de voo entre 1,5 e 3 m acima dos alvos. Este drone possui ainda um sistema eletromagnético de monitoramento da vazão (ROBERTS, 2020). Segundo este mesmo autor, um outro projeto de drone de grande porte foi apresentado, o Drones4A-gro, que é apoiado pela União Europeia.

Figura 4 - Volo Drone, apresentado pela John Deere na feira Agritechnica Show em Hannover – 2019



Arquivo Volocopter

O objetivo deste projeto é produzir um drone totalmente certificado de até 150 kg. Trata-se de um projeto que pode oferecer plataformas personalizadas, com faixa de deposição de 3 a 9 m, a partir de um sistema modular de 8 a 24 rotores. Esses vários tamanhos podem suportar cargas úteis de 15 a 80 kg.

Outra vertente tecnológica que está em franco desenvolvimento é a adoção de soluções que propiciam maior capacidade operacional para os drones de pequeno porte. A empresa Rantizo, que oferece serviços de aplicação por meio de plataforma tecnológica que se baseia em drones da DJI, registrou uma patente nos EUA para o seu sistema de cartuchos recarregáveis para defensivos. Neste sistema, os defensivos são misturados e depois carregados em um cartucho de fácil acoplamento, o qual é transportado pelos drones. A empresa também está investindo no desenvolvimento da aplicação eletrostática a partir dos drones, visando à aplicação com menores volumes de calda e melhor desempenho na qualidade de aplicação (GRASSI, 2019a).

Segundo Eckelkamp (2020), a FAA concedeu à empresa Rantizo em julho de 2020 uma autorização para operação de até três drones (Fig. 5) contando com apenas um piloto e um observador, sendo o primeiro sistema de aplicação em “revoada” ou “enxame” aprovado nos EUA. Segundo informações fornecidas pela empresa (ECKELKAMP, 2020), no início de suas atividades neste mercado, os drones individuais ofereciam capacidade operacional de até 1,2 ha/h. Com o avanço da tecnologia de aplicação, por meio de novas barras de pulverização, a capacidade chegou a 5,6 ha/h. Agora, neste sistema de revoada, a capacidade ultrapassa os 16 ha/h, ou até 160 ha por dia. Para tanto, os sistemas automatizados de voo controlam os drones para que fiquem sempre a uma distância mínima de 2,5 m um do outro, assim como há um sistema especial de controle para evitar colisões entre os drones que estão operando em conjunto. Eckelkamp (2020) cita também que a empresa espera com isso poder atender

Figura 5 - Drones da empresa Rantizo – EUA



Nota: Recebeu autorização da Federal Aviation Administration (FAA), EUA em julho de 2020 para operar em revoadas (enxame) com até três drones ao mesmo tempo.

áreas maiores, saindo de clientes típicos com talhões de 2 a 12 ha para o atendimento de áreas de até 80 ha. Para obter um parâmetro de comparação, nos EUA a Rantizo cobra uma taxa fixa de US\$ 150,00 por hora de voo de cada drone.

A empresa Forward Robotics Inc. desenvolveu o drone de asa fixa U7AG, o qual possibilita a aplicação de gotas maiores (médias e grossas), que usa um processo de pulverização mais parecido com o das aeronaves de asa fixa da aviação agrícola convencional, visando reduzir os problemas de deriva. Segundo esta empresa, as aeronaves de asa fixa têm diferentes padrões de fluxo de ar, e o U7AG é mais parecido com uma aeronave tradicional do que um drone de múltiplos rotores, sendo mais fácil de ser adequado às regulamentações tradicionais de pulverização com aeronaves (MCINTOSH, 2019). De fato, um drone de asa fixa poderia ter, em tese, seu potencial de deriva modelado de maneira mais fácil, usando os métodos tradicionais, como no caso do AgDrift.

INVESTIMENTOS DO SETOR DE DEFENSIVOS NOS DRONES PARA PULVERIZAÇÃO

Segundo Grassi (2019b), a Bayer investe atualmente em um extenso programa de

desenvolvimento no uso de drones para o tratamento fitossanitário na Ásia, com foco nos mercados da China e do Japão. A Bayer tem como alvo os agricultores de pequeno porte que utilizam pulverizadores costais, principalmente em função dos talhões de dimensões reduzidas, de formato irregular e de difícil acesso, os quais são muito comuns nas regiões agrícolas desses países. Outro foco do projeto na Ásia é o de reduzir a exposição dos trabalhadores aos defensivos. Segundo este autor, após trabalhar por mais de um ano no mercado de aplicação via drone, a Bayer identificou outras vantagens importantes, como as questões de ergonomia e segurança das aplicações, assim como o melhor aproveitamento das janelas de aplicação. Conforme a Bayer, uma parte importante do resultado positivo deve-se ao apoio das agências reguladoras da China e do Japão. Por fim, Grassi (2019b) aponta diversos caminhos que estão sendo utilizados para implementar as aplicações com drones dentro do conceito de agricultura sustentável, o que inclui o trabalho em parceria com as agências ambientais dos países e o desenvolvimento de novas formulações de produtos Bayer exclusivas para este mercado.

Outra empresa do setor de defensivos que está investindo em drones para pulveri-

zação é a Adama. A revista Future Farming (ROBERTS, 2020) apresentou a proposta conjunta da Adama com a empresa Tactical Robotics, fabricante aeroespacial israelense, para o desenvolvimento de uma versão agrícola do drone Cormorant. Este drone possui dois rotores internos que permitem decolagem e aterrissagem vertical e é acionado por um motor de 977hp. Possui capacidade de carga útil de 500 kg (764 kg incluindo combustível) e pode voar por 2,6 horas com uma carga útil de 300 kg, tornando-se, assim, um dos maiores projetos de drone para agricultura. Do ponto de vista prático, ao analisar a capacidade de carga, este drone assemelha-se muito com as menores aeronaves agrícolas utilizadas atualmente no mercado.

ASPECTOS REGULATÓRIOS DO USO DE DRONES PARA PULVERIZAÇÃO

O mercado de drones para pulverização vive um momento de grande crescimento em nível mundial, e este processo está sendo impulsionado pelo avanço no processo regulatório sobre a atividade nos diferentes países e regiões. Segundo Roberts (2020), as vendas de drones nos EUA aumentaram um terço em 2019 por conta da nova regulamentação, que agora permite aplicações com drones. Este autor ressalta os benefícios para os agricultores em países com agricultura em desenvolvimento, como a China, onde a regulamentação permitiu que os agricultores pulassem direto dos pulverizadores costais para drones. Nessas regiões, os drones possibilitaram ainda a melhora no timing das aplicações, reduzindo a necessidade de mão de obra qualificada e a exposição dos operadores de pulverizadores aos defensivos, pois na China o uso de drones é parte da política do governo para reduzir o uso excessivo de defensivos.

O site da Revista Future Farming (DRONES, 2020) publicou um mapa interativo que mostra o status regulatório do uso de drones para a pulverização ao redor do mundo, indicando a permissão ou não

da pulverização com drones e inserindo comentários sobre as linhas gerais das regras de uso em cada país ou região. O Quadro 2 apresenta um compilado dessas informações.

A falta de regulamentação está retardando a consolidação do uso de drones para pulverização em muitas regiões. Em alguns países as aplicações de defensivos são rigorosamente controladas, como no caso do Brasil, e na maioria das circunstâncias a inserção dos drones no processo vai exigir alterações nas recomendações de uso dos produtos ou em suas bulas, visto que as aplicações com drones deverão cumprir inclusive os regulamentos regionais. Neste sentido, as agências reguladoras dos segmentos agrícola, ambiental e de

saúde humana terão papel importante na definição dos critérios de aprovação do uso dos drones. Como exemplo, as técnicas de aplicação com drones terão que passar por análise de risco ambiental, principalmente no que se refere à modelagem do risco de deriva, e este processo vai requerer um grande investimento de tempo e recursos por parte dos setores interessados.

REGULAMENTAÇÃO DOS DRONES DE PULVERIZAÇÃO NO BRASIL

Alguns problemas ainda dificultam a utilização mais generalizada dos drones de aplicação no Brasil. Baio e Antuniassi (2019) relatam que o cenário regulatório do setor no País considerava até 2019 apenas

Quadro 2 - Status regulatório do uso de drones para a pulverização ao redor do mundo

País/Região	Pode pulverizar com drone?	Observações
Estados Unidos	Sim	Requer habilitação de piloto e de aplicador de defensivos.
África do Sul	Sim	Prestadores de serviços precisam de habilitação de aplicador e registro dos drones.
Suíça	Sim	Os pilotos precisam de autorização, as regras são bastante restritivas e o controle da deriva é muito rigoroso.
Nova Zelândia	Sim	Drones acima de 25 kg requerem permissão especial e o piloto precisa de habilitação como um piloto aeroagrícola.
Austrália	Sim	Drones até 25 kg podem ser usados por fazendeiros em suas próprias áreas sem habilitação. Para equipamentos entre 25 e 150 kg há requerimento de habilitação.
Indonésia	Sim	Sem informações complementares.
Tailândia	Sim	Sem informações complementares.
China	Sim	Os drones precisam ser registrados e os operadores devem ser treinados. Há exigência de uma certificação de proteção quanto ao uso de defensivos.
Coreia do Sul	Sim	Sem informações complementares.
Japão	Sim	Os pilotos seguem a legislação geral de aviação e têm que passar por um treinamento para aplicar defensivos.
Canadá	Não	Sem informações complementares.
União Europeia	Não	O voo de drones está sujeito à legislação aeronáutica de cada país.
Índia	Não	As regras de voo de drones são bastante restritivas.

Fonte: Adaptado de Drones (2020).

as questões de voo dos drones, a partir da regulamentação da Anac, não havendo até aquele momento uma normativa ou diretriz que regulamentasse a atividade por parte do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Esta situação evoluiu em 2020, quando uma proposta de normativa para o uso de drones de aplicação foi colocada em consulta pública pelo MAPA (BRASIL, 2020) e, finalmente, após dois anos de discussões com as partes interessadas, o MAPA publicou, em 22 de setembro de 2021, um conjunto de regras relacionadas com o uso de drones para pulverização (BRASIL, 2021).

Para a maioria dos técnicos envolvidos com o setor, esta lacuna no embasamento legal para a utilização dos drones na aplicação de defensivos prejudicou e atrasou a adoção mais generalizada da técnica, pois os investimentos nas plataformas de aplicação com base em drones ficaram sujeitos a muitas incertezas durante o período que antecedeu a publicação das normas de uso por parte do MAPA.

O mercado brasileiro de tecnologia de aplicação trabalha com diversas expectativas com relação ao uso de drones para aplicação. Além do suporte à agricultura de precisão, com as aplicações localizadas, os drones poderão ser posicionados como serviços de aplicação complementar para os locais onde as aplicações convencionais são mais difíceis, e em alguns casos os drones serão imediatamente utilizados como forma de substituição da aplicação convencional. No momento, há um grande interesse técnico do mercado de proteção de plantas no assunto, e as grandes empresas do agronegócio estão investindo para ficarem atualizadas sobre esse tema.

Enquanto o setor de drones para a aplicação de defensivos se adapta às novas regras, o mercado fitossanitário brasileiro segue planejando a melhor forma de entrar neste universo. A exemplo de outros países, a proposta mais óbvia para os drones seria a substituição do pulverizador costal e o posicionamento como complemento nas aplicações tratorizadas para as culturas

de maior valor agregado. Outro nicho importante é a pulverização nos locais onde este trabalho é mais difícil ou inseguro para as técnicas convencionais. No setor de aviação agrícola, os drones vêm sendo planejados como complemento à aplicação aérea tradicional, visando reduzir as faixas de segurança impostas às aplicações com aeronaves convencionais.

No curto prazo, os setores de cana, florestas e pastagens podem ser bastante beneficiados com as operações de catação e aplicação em locais de difícil acesso, enquanto nas estações de pesquisa, a aplicação em parcelas experimentais permanece como um desejo antigo de automação das aplicações para a pesquisa agrônoma. Embora estas propostas sejam todas interessantes e merecedoras de aprofundamento, a discussão somente poderá evoluir quando tiver melhor entendimento da qualidade e segurança das aplicações com drones, após a pesquisa científica mostrar como estes comportam-se em termos de uniformidade de aplicação, faixa de deposição e risco de deriva.

Apesar do mercado entender que os drones vieram para ficar e que a tecnologia é um caminho sem volta, no planejamento de médio e longo prazos a situação é de algumas incertezas. A maior dificuldade dos setores interessados na viabilização da tecnologia será criar parâmetros regulatórios diante da rapidez do desenvolvimento dos equipamentos. A cada dia, novos drones dotados de tecnologias cada vez mais radicais são lançados, seguindo um ritmo que será difícil de alcançar com as ferramentas regulatórias que o mercado emprega hoje. Outro fator de insegurança é a própria realidade jurídica em torno da aplicação de defensivos com drones, pois neste momento é impossível prever com alguma segurança os caminhos de um eventual processo judicial envolvendo incidentes com um drone carregado com defensivos. Por fim, apesar da Portaria nº 298, de 22/9/2021 do MAPA (BRASIL, 2021) indicar que, em princípio, qualquer produto previamente autorizado para apli-

cação aérea poderia ser pulverizado com drones, um último fator que amplifica os questionamentos sobre a técnica ainda é a ausência de informações sobre esse tipo de aplicação nas bulas dos defensivos, deixando uma lacuna importante na legalidade do posicionamento agrônomo destas pulverizações.

QUALIDADE E SEGURANÇA NA APLICAÇÃO

Apesar da demanda crescente pelos serviços de aplicação de defensivos com drones, ainda existem muitas dúvidas com relação à qualidade da tecnologia de aplicação oferecida por estes equipamentos. São escassos os dados de trabalhos científicos no Brasil que ofereçam informações detalhadas sobre a uniformidade de distribuição da calda, a faixa de deposição e o risco de deriva nas aplicações. Estas informações representam demandas urgentes em termos de pesquisa aplicada aos drones de pulverização no País. A lógica de mercado mostra que o incentivo à geração de dados de pesquisa virá das próprias questões regulatórias quanto ao uso de drones para pulverização, pois as empresas de defensivos precisarão desses dados para recomendar drones nas bulas de seus produtos, enquanto o mercado consumidor da tecnologia irá concentrar em demandas mais simples, como a determinação de faixa de deposição. Do ponto de vista técnico, há dúvidas ainda sobre o real desempenho dos sistemas de controle de fluxo e de pressão (quando presentes), assim como do espectro de gotas gerado mediante diferentes condições operacionais.

Nos primeiros drones lançados no mercado as pontas hidráulicas convencionais (as mesmas usadas nas aplicações terrestres) eram adaptadas em circuitos hidráulicos rudimentares. Com a evolução dos equipamentos e do próprio mercado consumidor, os circuitos hidráulicos de pulverização passaram a ser mais sofisticados, com melhores possibilidades de controle de fluxo e pressão. Uma outra opção muito frequente é a utilização dos bicos rotativos, os quais substituem as pontas hi-

dráulicas. Os bicos rotativos produzem um espectro de gotas mais homogêneo, além de possibilitarem o ajuste do tamanho das gotas pela variação da rotação, eliminando a necessidade da troca de pontas para este ajuste da aplicação.

O especialista em tecnologia de aplicação Tom Wolf (Canadá) declarou em entrevista à revista *Future Farming* (ROBERTS, 2020) que há muitas perguntas sobre a qualidade, a eficácia e a segurança das aplicações com drones, sendo crescente o “desconforto” entre pesquisadores e especialistas do setor de tecnologia de aplicação. O especialista especifica a preocupação com deriva e evaporação de gotas, pela necessidade de usar gotas muito finas em função dos baixos volumes de aplicação utilizados. Outro questionamento está relacionado com as características aerodinâmicas das aeronaves, principalmente a questão dos vórtices. Wolf acrescenta que o uso de gotas muito finas nos modelos de simulação de deriva para as aplicações de aeronaves convencionais resulta em faixas de segurança (bordaduras) centenas de vezes maiores, e isso deve-se repetir com os drones.

Wolf descreve um cenário em que a pulverização com drones passou a ser adotada rapidamente em todo o mundo, e a academia com suas pesquisas científicas está tendo dificuldade de acompanhar o que está acontecendo em termos de eficácia, cobertura, deposição e, principalmente, deriva. Segundo o especialista, a modelagem de deriva atual (para outras aplicações aéreas) não leva em consideração o fato de que os drones geralmente são equipados com quatro a oito rotores. Isso introduz complexidade no fluxo de ar ao redor dos drones, porque os rotores giram em direções opostas e em diferentes velocidades e ângulos. Além disso, o movimento do drone no ar, sua velocidade e os ventos naturais terão que ser modelados para o melhor entendimento do processo. Os modelos regulatórios mais usados no mundo (AgDISP e AgDRIFT) ainda não são capazes de simular aplicações com

drones. Por esta razão, Wolf recomenda que, enquanto não se têm resultados de pesquisa e modelagens específicas para os drones, as aplicações sejam realizadas com cautela (ROBERTS, 2020).

A China e os EUA concentram a maior parte da pesquisa científica que está sendo realizada para avaliação da qualidade e segurança das aplicações com drones. Entretanto, muitos artigos são apresentados com coletas de dados que se baseiam em metodologias inadequadas aos propósitos das hipóteses científicas, o que compromete o melhor aproveitamento das informações. Um exemplo desse processo é o trabalho sobre qualidade de deposição e deriva em aplicações com drones realizado nos EUA (HUNTER III *et al.*, 2020). Esses autores apresentam dados em que a deriva observada em diferentes condições de trabalho com drones alcançou até 5 m de distância, na direção de deslocamento do vento. À primeira vista o valor parece encorajador, pelo reduzido potencial de impacto mostrado, mas o fato de terem sido usados cartões de papel hidrossensível para as coletas compromete a aceitabilidade desses dados para fins de modelagem do risco de deriva, visto que esses cartões não possuem capacidade de coleta das gotas mais finas, justamente aquelas que mais se movimentam na ocorrência de deriva.

Um contraponto a este trabalho pode ser observado nos resultados apresentados por Wang *et al.* (2020). Estes autores avaliaram a deriva gerada por um drone de quatro rotores XAG P20 equipado com bico rotativo, aplicando vazão de até 0,685 L/min em cada bico, com gotas entre 100 e 200 µm, velocidade de deslocamento de 5 m/s e pulverizando a 4 m de altura. A deriva foi avaliada pela deposição de um traçador, o qual foi detectado em alvos por meio de análise cromatográfica de alta resolução. Neste caso, estes autores observaram que em todas as amostras coletadas além de 50 m de distância da linha de voo, a deposição observada estava abaixo do limite de detecção do método, ou seja, neste trabalho foi detectada deposição de

deriva até 50 m de distância do local de aplicação. Em que pese o valor da distância pareça grande para um drone, o potencial de impacto ambiental dessa deriva somente poderia ser avaliado em um estudo de caso em que a toxicidade do produto aplicado e a sensibilidade dos alvos dessa deriva fossem corretamente considerados. Apenas como parâmetro, as aplicações aéreas convencionais requerem ao menos 250 m de bordadura para alvos listados na Instrução Normativa nº 2 do MAPA, de 3/1/2008 (BRASIL, 2008). Assim, entende-se que há um grande potencial de que os drones possam ser utilizados com faixas de segurança muito menores do que as aeronaves convencionais.

Além das questões relacionadas com a deriva e com a qualidade das aplicações, a determinação da faixa de deposição é uma outra demanda frequente no que se refere à aplicabilidade dos drones para a pulverização agrícola. No Brasil, diversas ações de avaliação de faixa de deposição de drones para pulverização vêm sendo realizadas pela empresa AgroEfetiva (Botucatu, SP). A base técnica para a determinação da faixa útil de trabalho do drone é o uso de um sistema eletrônico automatizado de coleta de deposição com espectrofotômetro de fio, o qual gera a faixa útil ideal para cada configuração de voo. A análise baseia-se na otimização do coeficiente de variação (CV%) dos depósitos na faixa aplicada. Para a coleta de dados, o drone sobrevoa um fio coletor fazendo a pulverização, e, após a coleta, o fio é analisado no espectrofotômetro. Com base na análise do comportamento do CV% em função da largura da faixa de trabalho e de uma análise qualitativa dos depósitos ao longo desta faixa, a configuração do drone é validada. Para cada configuração são realizadas várias repetições, visando maior precisão científica do método. O processo termina com a geração de um relatório técnico da uniformidade de deposição em função da faixa desejada. A metodologia utilizada pela AgroEfetiva, denominada Inspeção da

Faixa de Deposição® (IFD), baseia-se na norma American Society of Agricultural Engineers (Asae) S386.2 (ASAE/ASA-BE, 2018) e vem sendo utilizada desde a década de 1980 nas clínicas de aeronaves realizadas no Programa de Aprimoramento e Treinamento em Aplicações Aéreas - Self-regulating Application and Flight Efficiency (Operation S.A.F.E.) nos EUA.

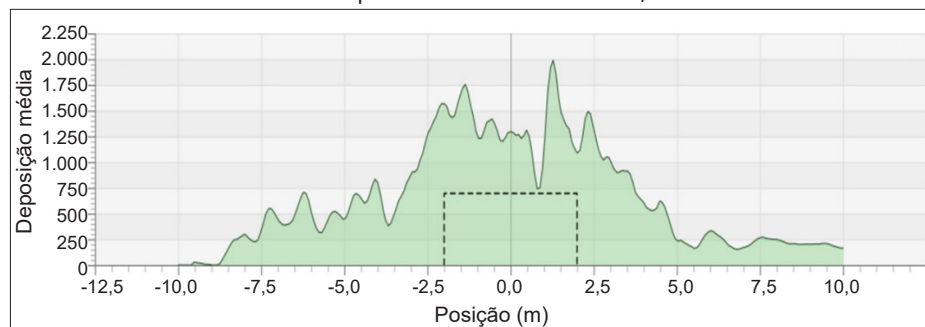
O Gráfico 1 mostra um exemplo da faixa de deposição obtida pela AgroEfetiva com um drone XAG P20. As aplicações foram realizadas com altura de voo de 3,5 m, com rotação do atomizador em 2.000 rpm¹, pressão 15 psi² (1,03 bar ou 103 kPa³) e a taxa de aplicação de 15 L/ha. Apesar de se tratar de um drone relativamente pequeno, com cerca de 1,2 x 1,2 m (comprimento e largura) e capacidade de carga de 10 kg, a faixa de deposição obtida foi de até 4 m, considerando um limite de 15% de CV da deposição. Considerando que a faixa recomendada para este drone é de 3 m, a utilização da metodologia IFD permitirá identificar a possibilidade de usá-lo com faixa de até 4 m, representando um ganho de cerca de 30%.

DRONES PARA PULVERIZAÇÃO NO BRASIL

Os drones para pulverização já estão em uso em diversas áreas no Brasil, principalmente onde há necessidade de complementação da pulverização convencional (terrestre e aérea), com áreas de talhões em formato irregular ou elevada declividade, ou ainda em locais que apresentam dificuldade de acesso. Há muitos nichos de mercado a ser explorados, principalmente onde o drone seria posicionado em substituição aos pulverizadores costais (BAIO; ANTUNIASSI, 2019).

Segundo a Anac (2021), até o final do primeiro semestre de 2021 o Brasil possuía 83.440 drones de classe 3 (até 25 kg) regis-

Gráfico 1 - Perfil de deposição do drone XAG P20 operando com rotação do disco em 2.000 rpm e altura de voo de 3,5 m



Fonte: Elaboração dos autores.

Nota: A deposição representa a linha de voo no ponto zero do eixo horizontal, com o drone visto por trás. A área em verde representa a faixa de deposição total e a linha pontilhada a largura da faixa de deposição efetiva - effective deposition (FD) considerando um limite de 15% do coeficiente de variação (CV) da deposição. Neste caso, a FD considerada adequada foi de 4 m.

trados, sendo que 48.928 destes (58,6%) eram destinados às atividades de lazer. O setor de serviços com maior participação nesta frota de drones é a coleta de imagens e atividades correlatas (aerofotografia, aerocinematografia, aerofotogrametria e aerolevantamentos), com 31.394 drones (37,6%). Neste levantamento, os drones registrados para pulverização somavam 355 unidades (0,43%). No que se refere ao mercado de drones agrícolas, estimativa publicada em 2019 pela Associação Gaúcha de Empresas Florestais (Ageflor) indica que cerca de 35% da frota de drones no Brasil está posicionada para uso agrícola (AGEFLOR, 2019).

O pesquisador Lúcio André de Castro Jorge, da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) Embrapa Instrumentação, São Carlos, SP, em entrevista à revista Pesquisa Fapesp (JONES, 2019), afirma que haverá uma grande disponibilização de tecnologias para pulverização com drones no futuro próximo. Como exemplo, a Embrapa participou de experimentos com a empresa AP Agrícola (MG) para verificar a viabilidade da tecnologia em áreas difíceis de acessar, como florestas em ribanceiras

e morros. Segundo este pesquisador, os resultados foram excepcionais. Jones (2019) cita que outro exemplo de desenvolvimento tecnológico no setor é a empresa SkyDrones (RS), que desenvolveu o seu próprio drone – o modelo Pelicano (Fig. 6) – e já avaliou as possibilidades de uso da aplicação em sistema de “enxame” em parceria com a empresa SkyX, de Israel. Segundo Jones (2019), os resultados mostraram que o método poderá oferecer maior produtividade no campo, visando atender aos clientes da empresa nas culturas de arroz, milho e soja, assim como o setor florestal.

O setor florestal é um dos grandes mercados atuais para os drones de pulverização do Brasil. A multinacional chilena CMPC passou a usar drones para aplicação de defensivos em áreas de eucalipto no RS em 2018, pulverizando 1,7 mil hectares de eucalipto com dois drones em operação (Fig. 7), atingindo uma capacidade operacional de 20 ha/dia para cada drone (AGEFLOR, 2019).

O crescente interesse pelo mercado fez surgir um número expressivo de empresas que oferecem serviços de aplicação com drones, algumas das quais oferecem

¹ rpm = rotação por minuto.

² psi = libra-força por polegada quadrada.

³ kPa = quilopascal.

Figura 6 - Drone Pelicano, da empresa SkyDrones – Rio Grande do Sul



Daniel Bandeira Estima (SkyDrones)

Figura 7 - Drone XAG P20 em operação na empresa Florestal CMPC – Rio Grande do Sul



Arquivo AgroEfeiva

também cursos para formação de pilotos, como a Climb Aircraft Division (SP) e a SkyAgri (RS). Cooperativas também estão investindo na tecnologia, sendo um exemplo a Coopercitrus, que já pulverizou mais de 15 mil hectares com drones nas culturas de café, cana, milho e citros (SOCIEDADE NACIONAL DE AGRICULTURA, 2019). Por fim, o crescimento do mercado de drones também está movimentando o segmento de startups ligadas à agricultura. Em 2019 a empresa Arpac (RS) captou aporte de 1,3 milhão de reais a partir de fundos internacionais para desenvolver o seu negócio em aplicação aérea com drones (FONSECA, 2019).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os drones para pulverização estão-se tornando um mercado inovador e atrativo em todo o mundo, principalmente na agricultura. Em todos os países e regiões este processo está sendo impulsionado pelo avanço na regulamentação sobre a atividade. No Brasil, após dois anos de discussões com as partes interessadas o MAPA publicou na Portaria nº 298, de 22/9/2021 (BRASIL, 2021), um conjunto de regras relacionadas com o uso de drones para pulverização. A partir das regras incluídas nesta Portaria os setores interessados nas aplicações com drones deverão se organizar, analisando como se dará a viabilização das aplicações e do próprio mercado mediante a nova regulamentação.

Esses equipamentos já estão em uso em diversas áreas no Brasil, principalmente onde há necessidade de complementação da pulverização convencional (terrestre e aérea), com áreas de talhões em formato irregular ou elevada declividade, ou ainda em locais que apresentam dificuldade de acesso. Com o uso dos drones os setores de cana, florestas e pastagens podem ser bastante beneficiados com as operações de catação e aplicação em locais de difícil acesso. Embora estas propostas sejam todas interessantes e merecedoras de aprofundamento, a discussão somente poderá evoluir quando o mercado tiver um melhor entendimento da qualidade e segurança das aplicações com drones. Para isso, a pesquisa científica deverá mostrar como

os drones comportam-se em termos de uniformidade de aplicação, faixa de deposição e risco de deriva.

REFERÊNCIAS

AGEFLOR. **Da novidade à eficiência:** como os drones avançam na agricultura do RS. Porto Alegre: AGEFLOR, 2019. Disponível em: <http://www.ageflor.com.br/noticias/mercado/danovidade-a-eficiencia-como-os-drones-avancam-na-agricultura-do-rs>. Acesso em: 10 jul. 2020.

ANAC. **Regras de órgãos brasileiros sobre operação de drones**, 2021. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/assuntos/paginas-tematicas/drones/regras-de-todos-os-orgaos-brasileiros-sobre-operacao-de-drones>. Acesso em: 30 jun. 2021.

ANAC. Resolução nº 419, de 2 de maio de 2017. Aprova o Regulamento Brasileiro da Aviação Civil Especial nº 94 (RBAC-E nº 94), intitulado “Requisitos gerais para aeronaves não tripuladas de uso civil”. **Diário Oficial da União:** seção 1, n.83, p.52, Brasília, DF, 3 maio 2017. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/resolucao-n-419-de-2-de-maio-de-2017-20190541?inheritRedirect=true>. Acesso em: 10 jul. 2017.

ASAE/ASABE. **S386.2:** calibration and distribution pattern testing of agricultural aerial application equipment. St. Joseph, MI: ASABE, 2018. 10p.

BAIO, F.H.R.; ANTUNIASSI, U.R. Avanços e inovação na tecnologia de aplicação: agricultura de precisão, controladores eletrônicos e as novas soluções na eletrônica embarcada para pulverizadores. *In:* ANTUNIASSI, U.R.; BOLLER, W. (org.). **Tecnologia de aplicação para culturas anuais**. 2.ed. Passo Fundo: Aldeia Norte; Botucatu: FEPAF, 2019. cap.8, p.149-168.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 2, de 3 de janeiro de 2008. Aprova as normas de trabalho da aviação agrícola, em conformidade com os padrões técnicos operacionais e de segurança para aeronaves agrícolas, pistas de pouso, equipamentos, produtos químicos, operadores aeroagrícolas e entidades de ensino, objetivando a proteção às pessoas, bens e ao meio ambiente, por meio da redução de riscos oriundos do emprego de produtos de defesa agrope-

cuária, e ainda os modelos constantes dos Anexos I, II, III, IV, V e VI. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 8 jan. 2008.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 112, de 8 de julho de 2020. Submete à Consulta Pública a proposta de Instrução Normativa para regulamentação do uso de aeronaves remotamente pilotadas (RPA) em atividades agropecuárias. **Diário Oficial da União**: seção 1, n.131, p.9, Brasília, DF, 10 jul. 2020. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/portaria-n-112-de-8-de-julho-de-2020-266121514>. Acesso em: 10 jul. 2020.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 298, de 22 de setembro de 2021. Estabelece regras para operação de aeronaves remotamente pilotadas destinadas à aplicação de agrotóxicos e afins, adjuvantes, fertilizantes, inoculantes, corretivos e sementes. **Diário Oficial da União**: seção 1, n.182, p.14, Brasília, DF, 24 set. 2021. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-mapa-n-298-de-22-de-setembro-de-2021-347039095>. Acesso em: 22 set. 2021.

DRONE gigante e trator autônomo são apresentados pela John Deere na Agritechnica. **Revista Cultivar**, Pelotas, nov. 2019. Disponível em: <https://www.grupocultivar.com.br/noticias/drone-gigante-e-trator-autonomo-sao-apresentados-pela-john-deere-na-agritechnica>. Acesso em: 7 jul. 2020.

DRONES. **Futures Farming**, [2020]. Disponível em: <https://www.futurefarming.com/Drones/>. Acesso em: 7 jul. 2020.

ECKELKAMP, M. Rantizo receives swarm application approval, first company to do so. **Ag Web Farm Journal**, July 2020. Disponível em: <https://www.thedailyscoop.com/news/new-products/rantizo-receives-swarm-application-approval-first-compa>

ny-do-so. Acesso em: 10 out. 2021.

FONSECA, M. Startup de drones na agricultura recebe aporte milionário. **Exame**, 2 out. 2019. Disponível em: <https://exame.com/pme/startup-de-drones-na-agricultura-recebe-aporte-milionario/>. Acesso em: 10 jul. 2020.

GRASSI, M.J. **Three agricultural spray drone models that promise to be breakthroughs (part three)**. [S.l.]: PrecisionAg, 2019a. Disponível em: <https://www.precisionag.com/in-field-technologies/drones-uavs/three-agricultural-spray-drone-models-that-promise-to-be-breakthroughs-part-three/>. Acesso em: 4 jul. 2020.

GRASSI, M.J. **Three agricultural spray drone models that promise to be breakthroughs (part two)**. [S.l.]: PrecisionAg, 2019b. Disponível em <https://www.precisionag.com/in-field-technologies/drones-uavs/three-agricultural-spray-drone-models-that-promise-to-be-breakthroughs-part-two/>. Acesso em: 4 jul. 2020.

HUNTER III, J.E. *et al.* Coverage and drift potential associated with nozzle and speed selection for herbicide applications using an unmanned aerial sprayer. **Weed Technology**, Cambridge, v.34, n.2, p.235-240, Apr. 2020.

JONES, F. Pulverização por drones. **Pesquisa FAPESP**, São Paulo, n.283, p.74-77, set. 2019. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/revista/ver-edicao-editorias/?e=283>. Acesso em: 10 jul. 2020.

MCINTOSH, M. Sprayer drones making headway in Canada. **Future Farming**, Dec. 2019. Disponível em: <https://www.futurefarming.com/tech-in-focus/sprayer-drones-making-headway-in-canada/>. Acesso em: 4 jul. 2020.

METICULOUS RESEARCH. Top 10 companies in agriculture drone market. *In*: ME-

TICULOUS MARKET RESEARCH. **Meticulous Blog**. Pimpri-Chinchwad: Meticulous Market Research, 2019. Disponível em: <https://meticulousblog.org/top-10-companies-in-agriculture-drone-market>. Acesso em: 4 jul. 2020.

RESEARCH AND MARKETS. **The Chinese Drone Market Report 2019**. [S.l.]: Research and Markets, 2019. 88p. Disponível em: https://www.researchandmarkets.com/reports/4850648/the-chinese-drone-market-report-2019?utm_source=dynamic&utm_medium=CI&utm_code=75m38d&utm_campaign=1314617++China+Drone+Markets%2c+2012-2018+%26+2019-2024&utm_exec=chdo54cid. Acesso em: 4 jul. 2020.

ROBERTS, M. Drone spraying takes off as regulations relax worldwide. **Future Farming**, 5 Mar. 2020. Disponível em: <https://www.futurefarming.com/Machinery/Articles/2020/3/Drone-spraying-takes-off-as-regulations-relax-worldwide-550982E/>. Acesso em: 4 jul. 2020.

SOCIEDADE NACIONAL DE AGRICULTURA. **Cooperativa usa drones autônomos para pulverizações 'cirúrgicas'**. Rio de Janeiro: SNA, 2019. Disponível em: <https://www.sna.agr.br/cooperativa-usa-drones-autonomos-para-pulverizacoes-cirurgicas/>. Acesso em: 10 jul. 2020.

WANG, G. *et al.* Field evaluation of spray drift and environmental impact using an agricultural unmanned aerial vehicle (UAV) sprayer. **Science of the Total Environment**, Amsterdam, v.737, Oct. 2020.

YAMAHA. **Yamaha remotely piloted helicopters**. [S.l.]: YAMAHA, [2020]. Disponível em: <https://www.yamahamotorsports.com/motorsports/pages/precision-agriculture>. Acesso em: 4 jul. 2020.

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

Produção Integrada Agropecuária: Manejo Integrado de Pragas, uso racional de agrotóxicos e produção de alimento seguro na agricultura brasileira

Laércio Zambolim¹, Carlos Ramos Venancio², Murilo Carlos Muniz Veras³, Matheus Miranda de Ávila⁴, Lara Line Pereira de Souza⁵, Rosilene Ferreira Souto⁶

Resumo - A Produção Integrada é um sistema que tem como base os pilares de sustentabilidade econômico, ecológico e de segurança alimentar. Produzir alimentos com racionalidade visando o lucro, com preservação do meio ambiente em todos os sentidos, ou seja, água, ar e solo e vegetais isentos de microrganismos maléficos e com resíduos de pesticidas somente registrados, empregados no limiar de dano econômico da praga. A adesão ao sistema é livre, mas os produtores que aderirem terão, no mínimo, preferência de comercialização de seus produtos. Além disso, os importadores já estão demandando produtos certificados com rastreabilidade. As 14 áreas temáticas do sistema de Produção Integrada incluem o controle de pragas na agricultura, que tem no Manejo Integrado de Pragas um dos pontos principais, pelo fato de atender às demandas da Organização Internacional de Luta Biológica. Os pesticidas somente devem ser empregados se outras medidas de controle não estiverem disponíveis. No Manejo Integrado de Pragas leva-se em consideração o histórico da área de plantio, o agroecossistema, a amostragem, o monitoramento de pragas, o controle biológico, o monitoramento do clima e a tomada de decisão, com relação ao emprego racional dos pesticidas, no atendimento ao código florestal, às leis ambientais e de segurança do trabalhador rural e na produção de alimentos saudáveis.

Palavras-chave: Produção agrícola integrada. Pesticidas. Rastreabilidade. Certificação. Boas Práticas Agrícolas.

Integrated Agricultural Production: Integrated Pest Management, rational use of pesticide and safe food production in Brazilian agriculture

Abstract - Integrated Agricultural Production is a system based on pillars of economic, ecological and food security sustainability. The foundation is the production of food with rationality, aiming at profit, preservation of the environment and social respect. The system aims to eliminate the possibility of the water-air-soil contamination and plants free from the attack of harmful organisms, with strict control of the limits of pesticide residues. When chemical tools are applied they are used, among other means of control, in the damage threshold economic risk of the plague. Integrated Agricultural Production System membership is voluntary but it is attentive to the demand of the most demanding markets and importers that require products screened, certified and with quality assurance. One of the main thematic areas of the Integrated Agricultural Production system is the rational control of pests in agriculture, using Integrated Pest Management, following the guidelines of the International Organization for Biological Struggle. The system considers rational use of pesticides, only if other control measures are not available, being, therefore, the last item to consider. The Integrated Pest Management takes into account the history of the planting area, the agro-ecosystem as a whole, sampling and monitoring of pests, cultural and biological control, climate monitoring and decision making, calls for the rational use of pesticides, respecting the forest code, environmental laws, rural worker safety and the production of healthy food.

Keywords: Integrated agricultural production. Pesticide. Traceability. Certification. Good Agricultural Practices.

¹ Eng. Agrônomo, Ph.D., Prof. Tit. Aposentado UFV, Viçosa, MG, laerciozambolin@gmail.com.

² Eng. Agrônomo, Especialista Proteção de Plantas, Auditor Fiscal Federal Agropecuário MAPA, Brasília, DF, carlos.venancio@agricultura.gov.br.

³ Eng. Agrônomo, M.Sc. Fitotecnia, Auditor Fiscal Federal Agropecuário MAPA, Brasília, DF, murilo.veras@agricultura.gov.br.

⁴ Eng. Agrônomo, Chefe de Divisão de Desenvolvimento da Cadeia Agrícola MAPA, Brasília, DF, matheus.mavila@agricultura.gov.br.

⁵ Eng. Agrônoma, M.Sc. Agronomia, Analista de Desenvolvimento e Fiscalização Agropecuária/Coord. Desenvolvimento de Cadeias Agrícolas MAPA, Brasília, DF, lara.souza@agricultura.gov.br.

⁶ Eng. Agrônoma, Dra. Produção Vegetal, Coord. Produção Integrada da Cadeia Agrícola/Auditora Fiscal Federal Agropecuário MAPA, Brasília, DF, rosilene.souto@agricultura.gov.br.

Submissão: 20/10/2020 - Aprovação: 16/6/2021

INTRODUÇÃO

No mundo cerca de 821 milhões de pessoas ainda passam fome (1 em cada 9 pessoas). Falta comida suficiente para a maior parte da população mundial manter uma vida saudável, de modo que 10% da população mundial está exposta à insegurança alimentar grave. Segundo a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura – Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), o maior percentual de desnutrição reside na África. Sete países concentram dois terços do número de pessoas que passam fome no Planeta. Apesar disso, em boa parte dos países em desenvolvimento, a agricultura continua sendo uma das atividades econômicas mais importantes, compreendendo até 30% do Produto Interno Bruto (PIB).

O Brasil é o maior produtor mundial de suco de laranja, café e, recentemente (2020), conquistou a dianteira na produção de soja, devendo manter-se como maior produtor nos próximos anos. O País é o terceiro maior exportador de alimentos do mundo. Diante desses fatos surge a pergunta: seria possível o Brasil ocupar destaque no mundo na produção de alimentos, sem os pesticidas? Os quatro principais cereais produzidos no mundo representam cerca de 91% de toda a safra. O ranking da safra 2017/2018 ficou da seguinte forma: milho (36,2%), trigo (26,3%), arroz (16,9%) e soja (12,2%). A produção e a produtividade de todas as quatro espécies de grãos podem ser limitadas por insetos-pragas, ácaros, fitopatógenos e plantas daninhas.

O Brasil ocupa o sétimo lugar no gasto total de pesticidas por área cultivada, com US\$ 137,0 por hectare, e o 13º no ranking mundial dos gastos, tendo o tamanho da produção agrícola como referência. Mas há quem conteste esses dados. A pesquisadora Larissa Mies Bombardi, da Universidade de São Paulo (USP), em 2017 relatou que os dados que colocam o Brasil na sétima posição não refletem a realidade. A especialista diz que há dificuldades em fazer rankings dos países que mais utilizam pesticidas, pois as nações usam diferentes

metodologias, o que dificulta comparações científicas. O grande problema na discussão do uso de pesticidas por determinado país é que não existe um monitoramento internacional para fazer a classificação (GRIGORI, 2019).

Entretanto, há também quem conteste o título de que o Brasil é o maior consumidor de pesticidas do Planeta. O uso dos pesticidas no Brasil é muito alto, por ser um grande produtor mundial de alimentos. Além do País ter uma dimensão territorial de 8,5 milhões de quilômetros quadrados, ainda produz duas safras por ano, às vezes até três. Na Europa e nos Estados Unidos é apenas uma safra por ano. Por hectare, de longe o Brasil não é o país que mais usa agroquímico (POTTER, 2018). Outros dizem que,

no Brasil o clima quente e úmido possibilita a produção de até duas safras e meia por ano. O que é ótimo, mas contribui para o aumento do consumo de defensivos. Pois são mais safras anuais em um clima que favorece o desenvolvimento de pragas e doenças, diz Gustavo Costa. (GRIGORI, 2019).

Há ainda os que afirmam que a imagem do Brasil como maior consumidor de pesticida do mundo é falsa. Essa informação é irrelevante se os dados normalizados não forem comparados, ou seja, se não for correlacionada a utilização de defensivos por área ou por produção. A realidade é que, desde 2013, nenhum outro estudo de tanta reputação foi realizado comparando os gastos mundiais de agrotóxicos. Porém, desde então, dados nacionais mostram que a venda de agrotóxicos no Brasil cresceu quase todos os anos. O Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama) publica, desde 2000, boletins anuais de comercialização de agrotóxicos no Brasil. Em 2013, foram 495,7 mil toneladas de pesticidas vendidos, enquanto em 2017 o número chegou a 539,9 mil toneladas (IBAMA, 2021).

A questão do uso dos agrotóxicos na agricultura tem sido alvo de constantes discussões em diferentes fóruns científicos. Os argumentos variam entre o seu emprego

e a sua condenação. De um lado, alguns defendem a ideia de que os agrotóxicos deveriam ser sumariamente banidos e, do outro extremo, os que contextualizam que estes são imprescindíveis para garantir o suprimento de alimento para a população cada vez mais crescente. Há também os mais sensatos que acreditam que os agrotóxicos são necessários, porém seu uso indiscriminado deve ser rigorosamente combatido.

O uso de agrotóxicos no Brasil é regido pela Lei nº 7.802, de 11/7/1989 (Lei dos Agrotóxicos), regulamentada pelo Decreto nº 4.074, de 4/1/2002 (BRASIL, 2002). De acordo com o seu Art. 1º, esta lei versa 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. (BRASIL, 1989).

Em seu Art. 2º,

Para os efeitos desta Lei, consideram-se:

I - agrotóxicos e afins:

a) os produtos e os agentes de processos físicos, químicos ou biológicos, destinados ao uso nos setores de produção, no armazenamento e beneficiamento de produtos agrícolas, nas pastagens, na proteção de florestas, nativas ou implantadas, e de outros ecossistemas e também de ambientes urbanos, hídricos e industriais, cuja finalidade seja alterar a composição da flora ou da fauna, a fim de preservá-las da ação danosa de seres vivos considerados nocivos;

b) substâncias e produtos, empregados como desfolhantes, dessecantes, estimuladores e inibidores de crescimento;

II - componentes: os princípios ativos, os produtos técnicos, suas matérias-primas, os ingredientes inertes e aditivos usados na fabricação de agrotóxicos e afins. (BRASIL, 1989).

O termo agrotóxico, do latim *toxicum* (tudo o que é tóxico ao campo), é empregado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Os agrotóxicos portanto são produtos legais, regulamentados pela Lei nº 7.802, de 11/7/1989, que julga a importância do seu uso racional e de forma sustentável, que não causem danos ao meio ambiente e à saúde humana (BRASIL, 1989). Entretanto, a literatura emprega também os termos defensivos agrícolas e produtos fitossanitários. Mais recentemente, a comunidade científica decidiu adotar o termo pesticida, que já é empregado em todo o mundo.

Na maior parte do Brasil predomina o clima tropical, onde os riscos de danos causados pelas pragas são ainda maiores, pois o clima permite sua sobrevivência mesmo durante o inverno, diferentemente do que acontece em países de clima temperado. A diferença climática explica, em grande parte, a maior necessidade da aplicação dos “agrotóxicos” que, inegavelmente, são fortes aliados dos produtores no controle de insetos-pragas, fitopatógenos e plantas daninhas. O Manejo Integrado de Pragas (MIP) considera o uso de todos os métodos de proteção de plantas disponíveis e a integração de medidas apropriadas para manter o nível populacional da praga abaixo do nível de dano de forma econômica, ambiental e ecologicamente viável. O MIP pode ser utilizado para o manejo de insetos, de doenças e de plantas daninhas, seguindo os mesmos princípios. Mas cada um tem suas particularidades.

Embora a relação custo-benefício seja variável em função de diferentes fatores (principalmente as espécies de planta, o local de plantio e a presença histórica de pragas na região) para as condições vigentes nos EUA, Schumann e D’Arcy (2012) relatam que, em média, para cada dólar gasto com fungicidas, há um retorno de mais de 14 dólares. Em países de clima tropical, esse ganho tende a ser ainda maior. Em suma, a preocupação não deveria centrar-se nos agrotóxicos em si,

cujo uso é legal, porém no mau uso que é o grande problema, quando são utilizados produtos não registrados (muitas vezes até contrabandeados) e não se respeitam dosagens e nem os períodos de carência. Quando isso acontece, muitos alimentos que vão para as mesas dos consumidores realmente contêm resíduos indesejáveis de produtos químicos. Um paralelo pode ser traçado com as doenças humanas e as graves consequências do uso de “remédios” mal administrados para combatê-las, seja pela qualidade seja pela quantidade do medicamento. Em ambos os casos, seu mau uso não justifica o seu combate sistemático.

Não há como negar que a tecnologia agrícola avançou muito e permitiu impressionantes aumentos de produtividade em áreas pouco produtivas, como os Cerrados, que hoje concorrem com significativa parcela do PIB brasileiro. Sem os agroquímicos, isso seria impossível. A agricultura menos eficiente, demandaria maior área de cultivo e provavelmente resultaria em maior dano ambiental. Os agrotóxicos, quando usados indiscriminadamente, oferecem sérios riscos à saúde, em especial aos agricultores, que manuseiam os produtos, e aos consumidores. Por outro lado, os benefícios do seu uso, desde que de forma racional, são inquestionáveis, independentemente do modelo de produção.

O Brasil colheu uma nova safra recorde de grãos no ano de 2020. A produção no País atingiu um volume de 251,8 milhões de toneladas, 9,7 milhões de toneladas superior à obtida na safra anterior. No milho primeira safra, cultivado no verão, o levantamento mostra uma redução de 1,5% na produção em comparação à safra passada, com um total de 25,3 milhões de toneladas já colhidas. Já no milho segunda safra, cultivado após a colheita da soja, houve previsão de crescimento de 4,5% na área semeada, e uma estimativa de 75,4 milhões de toneladas. Confirmando-se estes dados, destacados pela Companhia Nacional do Abastecimento (Conab), no levantamento da safra de abril de 2020, a

produção de milho no Brasil chega a 101,8 milhões de toneladas (PEREIRA FILHO; BORGHI, 2020). Os dados para a área plantada na safra de 2019/2020 mostram que a área cultivada será superior a 64,2 milhões de hectares ou o equivalente a uma variação positiva de 1,5% em comparação à safra anterior.

O Brasil deve ultrapassar os EUA nos próximos anos como maior produtor de soja do mundo. O País deve colher cerca de 123 milhões de toneladas na temporada 2019-2020, superando a colheita de seu rival, estimada em 112,9 milhões¹.

Segundo previsões do MAPA, na próxima década, o Brasil vai produzir 300 milhões de toneladas de grãos, um acréscimo de 62,8 milhões de toneladas, ou 27% sobre a produção atual. O crescimento anual deverá ser de 2,4% até o ciclo 2028/2029. Os números são do estudo Projeções do Agromercado, Brasil 2018/2019 a 2028/2029, da Secretaria de Política Agrícola do MAPA (BRASIL, 2019) e atualizados em julho de 2021.

De acordo com José Garcia Gasques, coordenador-geral de Avaliação de Políticas e Informação do MAPA, o aumento virá, principalmente, do cultivo de soja e de milho nos estados do Mato Grosso (+129,5 mil toneladas) e Paraná (+ 64 mil toneladas). A soja continua sendo a responsável pela maior fatia de compras de agroquímicos, com 50,25%, seguida pela cana-de-açúcar, com 11,70%, o milho (10,64%), o algodão (8,86%), café (3,14%), pastagem (3,00%), citros (1,95%), culturas de inverno (trigo, aveia, centeio, cevada) com 1,91%, arroz (1,39%), feijão (1,38%) e outros (5,78%) (AENDA, 2019).

Os fatores importantes para que ocorra sucesso na agricultura são:

- a) empreender ações para redução do custo de produção das culturas, sem afetar a produtividade e a qualidade dos vegetais. Aumentar a produtividade das culturas é condição

¹ Publicado por Tatiana Freitas, da Bloomberg LP, em 13 de maio de 2019 às 12h08, <http://bloomberg.com>.

fundamental, para a sobrevivência num mundo globalizado e para fazer face aos custos de produção. Há muito espaço para aumentar a produtividade na agricultura, fruticultura, olerícolas, grãos, oleaginosas e florestas;

- b) a qualidade deve ser buscada a todo momento. Sem qualidade não haverá competitividade na agricultura;
- c) produzir com menor agressão ao meio ambiente tornou-se hoje condição fundamental para que os vegetais possam ingressar nos mercados consumidores exigentes, europeus e asiáticos;
- d) produzir com segurança alimentar. Os produtos agrícolas produzidos devem ser seguros sob o ponto de vista de resíduos de pesticidas no vegetal e, também, de microrganismos danosos ao homem. Para ser competitivo no mercado, o produtor necessita seguir os protocolos que levam à sustentabilidade econômica, ambiental e de segurança alimentar.

AÇÃO DOS CONSUMIDORES EUROPEUS POR VEGETAIS SEGUROS

Com a globalização, um novo perfil de consumidor surgiu no mundo: consumidores que se tornaram mais exigentes e estão dispostos a valorizar vegetais seguros e inócuos à saúde; vegetais com níveis de resíduos abaixo do limite definido para o produto químico em questão; bom aspecto visual e excelente sabor e segurança alimentar. Portanto, o mercado internacional dá sinais de que cada vez mais será valorizado o aspecto qualitativo e o respeito ao meio ambiente, na produção de qualquer produto agropecuário. Tornou-se importante e vital elevar os padrões de qualidade e competitividade da agricultura brasileira ao patamar de excelência requerido pelo mercado internacional, em bases voltadas para o sistema integrado de produção, sustentabilidade do processo e expansão da produção, emprego e renda. Nesse contexto insere-se a Produção Integrada (PI).

MARCO LEGAL DA PRODUÇÃO INTEGRADA NO BRASIL

O Brasil já possui seu Marco Legal da Produção Integrada de Frutas (PIF), composto de Diretrizes Gerais e Normas Técnicas Gerais para a PIF, oficializadas por intermédio da Instrução Normativa nº 20, de 27/9/2001 (BRASIL, 2001), Regulamento de Avaliação da Conformidade (RAC), Definições e Conceitos da PIF, Regimento Interno da Comissão Técnica (CT) da PIF, Formulários de Cadastro Nacional de Produtores e Empacotadores (CNPE) e outros componentes de igual importância, documento este resultante da parceria entre o MAPA e o Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro) do Ministério da Economia. A PIF conceitualmente é um sistema de produção de alta qualidade, que prioriza princípios com base na sustentabilidade, aplicação de recursos naturais e regulação de mecanismos para substituição de insumos poluentes, utilizando instrumentos adequados de monitoramento dos procedimentos e a rastreabilidade de todo o processo, tornando-o economicamente viável, ambientalmente correto e socialmente justo. A implantação desse sistema no Brasil tem apresentado resultados de destaque nos seguintes aspectos: aumento de emprego e renda; redução em pulverizações; diminuição de resíduos químicos nas frutas; melhoria da qualidade do produto consumido, da saúde do trabalhador rural e do consumidor final.

SISTEMA DE PI-BRASIL DA CADEIA AGRÍCOLA

O Sistema de Produção Integrada Agropecuária (PI-Brasil) da Cadeia Agrícola é focado na adequação dos processos produtivos para a obtenção de produtos vegetais com qualidade e níveis de resíduos de agrotóxicos e contaminantes, em conformidade com o que estabelece a legislação sanitária, mediante a aplicação de Boas Práticas Agrícolas (BPA), favorecendo o uso de recursos naturais e a substituição de insumos poluentes, garantindo a sustentabilidade e a rastreabilidade da produção agrícola, na

etapa primária da cadeia produtiva, que é passível de certificação pelo selo oficial Brasil Certificado (PORTOCARRERO; KOSOSKI, 2008/2009).

Os selos de conformidade, para cada vegetal, contendo códigos numéricos, são aderidos às embalagens, possibilitando a qualquer pessoa obter informações sobre: procedências dos produtos; procedimentos técnicos operacionais adotados e produtos utilizados no processo produtivo, dando transparência ao sistema e confiabilidade ao consumidor. Todo esse sistema executado garante a rastreabilidade do produto por meio do número identificador estampado no selo, tendo em vista que neste reflete os registros obrigatórios das atividades de todas as fases envolvendo a produção e as condições em que foram produzidas, transportadas, processadas e embaladas. Os produtos agrícolas poderão ser identificados, desde a fonte de produção até o seu destino final, a comercialização. As Normas Técnicas Específicas (NTE) para a maioria das espécies de fruteiras, café, hortaliças, grãos e plantas ornamentais já estão concluídas. O sistema de PI é, antes de tudo, uma ferramenta disponibilizada ao setor produtivo, para se manter nos mercados e abertura de novos nichos. A PI foi inspirada na Organização Internacional de Luta Biológica (OILB), em 1976, na Suíça. Além disso, a OILB mais tarde também deu origem ao MIP.

No Brasil hoje, o sistema de PI passou a denominar-se “Brasil Certificado” (Fig. 1), com um selo oficial para a sigla. Essa nova designação engloba todas as culturas de importância econômica do País, quer seja para o mercado interno quer seja para exportação.

Na década de 1980, países da União Europeia (EU), Espanha, França, Itália e outros apoiadores das diretrizes da OILB desenvolveram o conceito de PI, que visava atender às exigências dos consumidores e das cadeias dos distribuidores e supermercados, em busca de alimentos saudáveis e com ausência de resíduos de agrotóxicos, ambientalmente corretos e socialmente

Figura 1 - Selo oficial do Sistema de Produção Integrada Agropecuária (PI-Brasil)



justos, motivados por ações de órgãos de defesa de consumidores. Há quase 15 anos, um jornal japonês Nikkey publicou que 92% dos entrevistados julgaram que a rastreabilidade é muito importante para o mercado daquele país. Em 2006, o MAPA recebeu visita de um Comissário Europeu para Assuntos Sanitários e Segurança do Consumidor, o qual também frisou as exigências quanto à rastreabilidade e inocuidade dos produtos agropecuários exportados para o mercado Europeu, e assegurou que as cadeias produtivas de produtos exportados pelo Brasil seriam constantemente auditadas, dada a preocupação dos europeus com contaminações por resíduos de agrotóxicos (ANDRIGUETO *et al.*, 2008/2009).

O sistema de PI, por parte dos produtores e empacadoras, é de livre adesão, podendo ser utilizado como ferramenta para concorrer no mercado internacional. Portanto, a PI é um sistema de produção sustentável, eficiente na aplicação de recursos naturais e regulação de mecanismos para a substituição de insumos poluentes, utilizando instrumentos adequados de monitoramento dos procedimentos e a rastreabilidade de todo o processo, tornando-o economicamente viável, ambientalmente correto e socialmente justo. A PI tem como estrutura básica as

BPA, previstas nas NTEs e documentos auxiliares, como manuais, grades de agrotóxicos, cadernos de campo e de beneficiamento que promovem o atendimento e o respaldo aos marcos regulatórios oficiais do País. Tais procedimentos visam oferecer garantias de eficácia na adoção das BPA, com ganhos de sustentabilidade, da conservação ambiental, de governança da produtividade, da competitividade e dos riscos quanto à segurança do agricultor, dos trabalhadores, e especialmente à saúde do consumidor.

Para a FAO, BPA são práticas que devem ser seguidas para conseguir a sustentabilidade ambiental, econômica e social dentro da propriedade e nos processos de pós-colheita e que resultem em um alimento seguro e com qualidade.

Certificação de produtos agrícolas

Certificação é a afirmação da certeza ou verdade, atestado ou prova.

De acordo com a definição da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT),

Certificação é um processo no qual uma entidade independente (3ª parte) avalia se determinado produto atende às normas técnicas. Esta avaliação se baseia em auditorias no processo produtivo, na coleta e em ensaios de amostras. O resultado satisfatório destas atividades leva à concessão da certificação e ao direito ao uso da Marca de Conformidade ABNT em seus produtos. Diferente dos laudos e relatórios de ensaios, que servem para demonstrar que determinada amostra atende ou não uma norma técnica, a certificação serve para garantir que a produção é controlada e que os produtos estão atendendo as normas técnicas continuamente. (ABNT, 2014).

A certificação de produtos agropecuários é o processo no qual o produtor rural se sujeita a regras, normas técnicas e práticas agrícolas preestabelecidas, que serão certificadas por uma empresa independente

e auditadas pelo Inmetro/MAPA ou por órgãos públicos competentes.

Os principais benefícios da certificação são a melhor qualidade dos produtos agrícolas, produtos com maior valor agregado e, com isso, maior valorização comercial, maior nível organizacional e de controle da propriedade, atendimento de exigências de mercados específicos, preferência pela comercialização dos produtos agrícolas e abertura de mercados externos.

Dentre os entraves da certificação de produtos agropecuários estão a necessidade de os produtores serem providos de assistência técnica especializada de órgãos federais, estaduais, municipais ou até mesmo de técnicos privados. A mão de obra deve ser compatível com as exigências de produção e as NTEs. Certificando o seu produto, os custos de produção podem ser reduzidos, a produtividade pode aumentar, e assim poderá ter garantia de comercialização com redução dos níveis de perdas.

As tendências de mercado mostram que os consumidores estão-se tornando cada vez mais exigentes com as propriedades organolépticas, como aparência, cheiro, sabor, ausência de danos mecânicos e produtos de qualidade padrão. Por outro lado, os consumidores querem maior conveniência, praticidade de consumo, facilidade de acesso aos produtos. Portanto, os mercados devem estar atentos a estes requisitos, e principalmente a oferta constante e ininterrupta dos produtos agropecuários.

Os mercados demandam a rastreabilidade dos produtos, o conhecimento de quem produz, de onde vieram os produtos e como foram produzidos. Cada vez mais o consumidor se interessa por produtos que tragam algum benefício a sua saúde e de sua família. Produtos com elevados índices nutricionais ganham destaque à valorização no mercado. No sentido inverso, produtos que notadamente são pobres nutricionalmente, ou são comprovadamente maléficis à saúde humana, estão perdendo espaço e sofrendo constantemente desvalorizações.

Assim como o consumidor tende a se preocupar cada vez mais com a saúde, o mesmo acontece com a preservação do meio ambiente. Entretanto, o lado social da produção agropecuária ainda é uma abordagem delicada e bastante contraditória. No Brasil, o interesse por parte dos consumidores ainda é pequeno, mas nos mercados mais exigentes como, por exemplo, o europeu, é um dos principais aspectos de avaliação dos produtos agropecuários.

Trabalhos com produtores comparando a produção convencional, de acordo com as tecnologias do produtor, com a produção integrada demonstraram que para batata (*Solanum tuberosum* L.) e café (*Coffea arabica* L.) obteve-se economia de 25% e 35%, respectivamente nos custos de produção, principalmente pela redução do emprego de defensivos (ZAMBOLIM *et al.*, 2008/2009).

As economias de inseticidas nas culturas do arroz, amendoim, batata e café foram de 100%, 25%, 50% e 50%, respectivamente; para o arroz, batata e café foram de 100%, 50% e 33% para fungicidas e, para batata e café 100% e 66%, respectivamente (ANDRIGUETO *et al.*, 2008/2009; MACIEL-ZAMBOLIM *et al.*, 2008/2009; ZAMBOLIM *et al.*, 2008/2009).

Avaliação de conformidade

Depois de implementadas as NTEs e atendidos os critérios estabelecidos, o produtor rural poderá ter sua propriedade auditada por certificadoras acreditadas pelo Inmetro e ser submetido à Avaliação de Conformidade de acordo com os Requisitos de Avaliação da Conformidade para PI-Brasil. A certificação PI-Brasil e obtenção do Selo Brasil Certificado Agricultura de Qualidade é concedido ao produtor rural que for aprovado na avaliação de conformidade, na forma da legislação do Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Sinmetro), no qual o MAPA atua como Órgão Regulamentador e Fomentador, cabendo entre outras atividades ao Inmetro as atribuições de

acreditações, reacreditações e auditagens nos Organismos de Certificação de Produtos (OCP), que por sua vez atestam a conformidade do objeto a receber o selo oficial “Brasil Certificado” (Fig. 2).

A certificação garante a procedência, qualidade, especificação e modelo de produção e, consequentemente, torna-se um “passaporte” para mercados mais exigentes (internacionais). O Inmetro é o órgão responsável pelo processo de certificação e o MAPA é o órgão regulamentador da PI. A certificação pode ser individual ou em grupo e considera as Etapas Fazenda e Indústria, Período de Carência, Ementas de Cursos etc.

As NTEs de cada cultura reúnem as BPA para as culturas contempladas. As NTEs têm abrangência nacional e são desenvolvidas em conjunto pelo setor produtivo, MAPA e instituições parceiras (universidades, instituições de pesquisas, extensão rural, cooperativas, associação de produtores). O projeto específico é coordenado por uma entidade pública.

Figura 2 - Selo concedido aos produtores



Fonte: Inmetro (2011).

Nota: Este selo é concedido ao produtor que for aprovado na avaliação de conformidade, na forma da legislação do Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Sinmetro), no qual o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) atua como Órgão Regulamentador e Fomentador.

OAC - Organismo de Avaliação da Conformidade; PI - Produção Integrada.

Cada produto agrícola é composto por uma Comissão Técnica que elabora a norma.

Os documentos que dão origem ao processo de certificação são: Instrução Normativa nº 20, de 27/9/2001 do MAPA (BRASIL, 2001) para frutas; Instrução Normativa nº 27, de 30/8/2010 do MAPA (BRASIL, 2010) para todas as culturas e Portaria nº 443, de 23/11/2011 do Inmetro para certificação e uso do selo (INMETRO, 2011).

A Composição da NTE da PI de qualquer espécie vegetal normalmente é constituída das seguintes áreas temáticas: Grade de Agrotóxicos; Caderno de Campo; Caderno de Pós-colheita; Lista de Verificação para Auditorias; Gestão da Propriedade; Organização de Produtores; Gestão Ambiental; Material Propagativo; Localização e Implantação da Cultura; Proteção Vegetal; Fertilidade do Solo e Nutrição da Cultura; Manejo do Solo, da Cobertura Vegetal e da Cultura e Disponibilidade de Água e Irrigação.

Nos supermercados os produtos agrícolas certificados devem vir com etiquetas e QR Code para informações ao consumidor (Fig. 3).

Figura 3 - Etiqueta com QRCode



Nota: Informa ao consumidor a procedência dos produtos agrícolas.

Norma Técnica Específica da Produção Integrada

A NTE da PI consiste de 14 áreas temáticas com itens obrigatórios, recomendados e proibidos. As áreas temáticas encontram-se na Figura 4. A adesão à norma não é obrigatória, portanto possui livre adesão. Observa-se que o MIP é o cerne da norma.

Os produtores são chamados a aderir ao sistema de PI, para que possam atender aos anseios da sociedade do País e do exterior. Exportar produtos agrícolas dependerá da adequação às Normas Técnicas de Certificação e Rastreabilidade. É fundamental acompanhar o momento de apelo dos consumidores, em todo o mundo, por produtos mais saudáveis do campo às prateleiras, até chegar à mesa das famílias. A cada dia, mais pessoas buscam alimentos menos industrializados e com produção de menor impacto para o meio ambiente. Esses foram alguns dos pontos debatidos durante o Global Pulse Confederation (GPC), em Vancouver, no Canadá em 2017. O encontro internacional reuniu representantes do setor agropecuário, de governos, pesquisadores, instituições privadas e públicas envolvidas com o agro, entre outros.

A PI é condição básica para o Brasil exportar mais. Daí o setor agropecuário tem o dever de fazer com que os consumidores brasileiros também possam ter acesso à PI, oferecendo, inclusive, preços mais justos. De acordo com o MAPA, o sistema de PI visa à adequação dos processos produtivos para o cultivo de produtos vegetais de qualidade, com níveis de resíduos de defensivos agrícolas em conformidade com o que estabelece a legislação sanitária. O MAPA ainda destaca que isso é possível mediante a aplicação de BPA, favorecendo o uso de recursos naturais e a substituição de insumos poluentes, garantindo a sustentabilidade e a rastreabilidade da produção agrícola na etapa primária da cadeia produtiva, que é passível de certificação pelo selo oficial “Brasil Certificado”. O governo federal, por iniciativa do MAPA e com a colaboração de universidades, instituições de pesquisa, extensão, cooperativas e associações de produtores desde o início do ano 2000, vem trabalhando e disponibilizando NTEs de culturas agrônomicas para que os produtores possam adequar suas propriedades, visando atender aos princípios da sustentabilidade da agricultura.

MANEJO INTEGRADO DE PRAGAS: CENTRO DAS NORMAS DO PROCESSO DE CERTIFICAÇÃO E RASTREABILIDADE DOS PRODUTOS AGRÍCOLAS

O MIP completou quase 60 anos, quando surgiu impresso pela primeira vez. Desde a década de 1960, o MIP tornou-se o paradigma preferencial para as atividades que visam atenuar o impacto de pragas – doenças de plantas, plantas daninhas e animais vertebrados ou invertebrados – na produção agrícola, na saúde humana e veterinária, e nas estruturas urbanas e rurais. O termo praga refere-se a insetos-pragas, ácaros, fitopatógenos e plantas daninhas.

Pragas que demandam a aplicação de pesticidas

Algumas pragas que demandam a aplicação de pesticidas, pelo fato da inexistência de outras medidas de controle, estão descritas no Quadro 1. As doenças, insetos-pragas e plantas daninhas relacionadas dependem quase que exclusivamente do controle químico, para manutenção da produtividade das culturas agrícolas.

O MIP está inserido dentro de contexto da certificação oficial do MAPA que é o “Brasil Certificado”. Para vencer os desafios que têm sido colocados para a agricultura moderna, tais como a produção de produtos com qualidade, com redução do uso de defensivos, principalmente os mais tóxicos ao homem e ao meio ambiente; o respeito ao limite de tolerância dos resíduos de agroquímicos nos produtos comercializados; a menor agressão ao meio ambiente; a sustentabilidade econômica (custo-benefício), ambiental e social - o caminho a seguir é o MIP. Cada vez mais as propriedades agrícolas têm sido acompanhadas de perto, com o apoio de tecnologias sofisticadas, como laptop, celulares, estratégias de agricultura de precisão, sensoriamento remoto, drones e sistema de posicionamento global – Global Positioning System (GPS). Logo, a agricultura moderna não é a que simplesmente faz uso de máquinas e equipamentos de última geração mas, principalmente,

Figura 4 - Áreas temáticas da Produção Integrada

ÁREAS TEMÁTICAS	
1 - Capacitação e gestão da propriedade	8 - Disponibilidade de água e irrigação
2 - Organização dos produtores	9 - Proteção Integrada
3 - Planejamento e gestão ambiental	10 - Colheita
4 - Material propagativo	11 - Pós-colheita
5 - Localização e implantação	12 - Monitoramento de resíduos de agrotóxicos
6 - Fertilidade do solo e nutrição	13 - Legislação trabalhista, segurança e bem-estar do trabalhador
7 - Manejo do solo e cobertura vegetal	14 - Registro de informações, rastreabilidade e verificação de conformidade

Fonte: Elaboração do autor Laércio Zambolim.

Quadro 1 - Pragas em que a aplicação de pesticidas é a medida de controle mais importante

Praga	Nome científico	Cultura
Principais doenças		
Podridão-parda	<i>Monilinia fruticola</i>	Pêssego
Ferrugem	<i>Phakopsora pachyrhizi</i>	Soja
Requeima	<i>Phytophthora infestans</i>	Batata e tomate
Giberela	<i>Gibberella zeae (F. graminearum)</i>	Trigo
Ferrugem	<i>Hemileia vastatrix</i>	Café
Míldio	<i>Plasmopara viticola</i>	Videira
Ferrugem	<i>Puccinia psidii</i>	Goiaba
Sarna	<i>Venturia inaequalis</i>	Maçã
Brusone	<i>Magnaporthe grisea</i>	Arroz
Principais insetos-pragas		
Traça	<i>Tuta absoluta</i>	Tomate, batata, berinjela e pimentão
Broca	<i>Hypotenemus hampei</i>	Café
Mosca-das-frutas	<i>Ceratitis capitata</i>	Citros
Psílideo	<i>Diaphorina citri</i>	Citros
Broca-pequena	<i>Neoleucinodes elegantales</i>	Tomate, berinjela, pimentão e jiló
Mosca-branca	<i>Bemisia tabaci</i>	Várias espécies de plantas (olerícolas, feijão e soja)
Bicudo-do-algodoeiro	<i>Anthonomus grandis</i>	Algodoeiro
Lagarta Helicoverpa	<i>Helicoverpa armigera</i>	Soja, algodão e milho
Cochonilha-da-roseta	<i>Planococcus citri</i> e <i>P. mino</i>	Café Conilon
Lagarta-do-cartucho	<i>Spodoptera frugiperda</i>	Milho
Principais ácaros		
Acaro-rajado	<i>Tetranychus urticae</i>	Tomate, pimentão e beringela
Ácaro-vermelho	<i>Tetranychus evansi</i> ,	Tomate
Ácaro-verde	<i>Mononychellus tanajoa</i>	Mandioca
Microácaro	<i>Eriophyes tulipae</i>	Alho
Ácaro-da-leprose	<i>Brevipalpus phoenicis</i>	Citros
Ácaro-branco	<i>Polyphagotarsonemus latus</i>	Mamoeiro
Principais plantas daninhas		
Picão-preto	<i>Bidens pilosa</i>	Algodão, abacaxi
Capim-arroz, capitiva e capim-capivara	<i>Echinochloa crus-gavonis</i> , <i>Echinochloa crus-galli</i> var. <i>crus-galli</i> e <i>Echinochloa crusgalli</i>	Arroz, algodão, abacaxi e amendoim
Buva	<i>Conyza bonariensis</i>	Soja
Trapoeiraba	<i>Commelina benghalensis</i>	Várias culturas
Caruru-palmeri	<i>Amaranthus palmeri</i>	Soja e algodão
Tiririca	<i>Cyperus rotundus</i>	Várias espécies de plantas
Capim-amargoso	<i>Digitaria insularis</i>	Algodão e Abacaxi
Capim-pé-de-galinha	<i>Eleusine indica</i>	Soja
Capim-branco	<i>Chloris elata</i>	Arroz
Azevém	<i>Lolium multiflorum</i>	Trigo e cevada
Leiteira ou amendoim bravo	<i>Euphorbia heterophylla</i>	Diversas culturas

Fonte: Elaboração dos autores.

aquela em que o empresário agrícola tem conhecimento o mais exato possível do que está acontecendo em sua propriedade, em termos qualitativos e quantitativos. Além disso, a agricultura moderna tem que estar sintonizada com a visão globalizada dos importadores em relação ao meio ambiente e ao bem-estar do trabalhador rural.

No passado, o modelo predominante da agricultura convencional baseava-se somente no retorno econômico. O controle de doenças e pragas na agricultura de modo geral baseava-se no método de aplicação em larga escala e continuada de agroquímicos, pelo baixo custo, largo espectro e pelo entendimento que tudo poderia ser resolvido pela aplicação de defensivos agrícolas, sem nenhum critério técnico.

As normas de PI das culturas agrícolas incluem cerca de 13 áreas temáticas a serem seguidas pelos produtores, para obter a certificação. O MIP é um dos mais importantes itens das áreas temáticas.

As características do MIP para insetos-pragas, fitopatógenos e plantas daninhas constam no Quadro 2. Observa-se que há características semelhantes e outras específicas para o agente causal de danos.

Manejo Integrado de Pragas - base do sistema de certificação/rastreabilidade dos produtos agrícolas

O MIP mantém o agroecossistema o mais próximo possível do nível de equilíbrio (NE). Isso quer dizer que tudo pode funcionar melhor, já que a integração é o caminho a seguir na agricultura moderna. O emprego do MIP assegura o controle racional das pragas de tal maneira que não haverá prejuízos e, com diminuição no uso de pesticidas, tem-se a certeza de manter o potencial produtivo das lavouras. Além disso, quem nunca esteve na dúvida entre fazer ou não uma aplicação de um produto químico? Por meio de amostragem e monitoramento do MIP, com certeza saberá quando o controle é realmente necessário. No Quadro 3 encontram-se as medidas que fazem parte do MIP de insetos e ácaros.

Quadro 2 - Características básicas do Manejo Integrado de Pragas (MIP) para controle de insetos-pragas, fitopatógenos e plantas daninhas

Característica	MIP		
	Insetos-pragas e ácaros	Fitopatógenos	Plantas daninhas
Histórico da área de plantio	+++++	+++++	+++++
Caracterização física e química do solo por talhão	-	+++++	+++++
Taxonomia	+++++	+++++	+++++
Biologia/Ecologia (Diagnose)	+++++	+++++	+++++
Agressividade da praga	+++++	+++++	+++++
Realizar excelente controle preventivo e cultural	+++++	+++++	+++++
Métodos alternativos de controle (genético, cultural, biológico)	+++++	+++++	+++++
Custo-benefício do controle químico	+++++	+++++	+++++
Monitoramento do clima (antes e durante o ciclo da cultura) e conhecer o ecossistema	+++++	+++++	+++++
Disponibilidade de pesticidas eficientes	+++++	+++++	+++++
Nível de insetos-pragas e ácaros predadores	+++++	-	-
Seletividade do pesticida	+++++	-	+++++
Monitoramento da praga	+++++	+++++	+++++
Conhecer o nível de controle ou nível de ação	+++++	⁽¹⁾ +++++	+++++
Mortalidade natural no ecossistema	+++++	-	-
Conhecer o alvo biológico (local onde se inicia o ataque na planta)	+++++	+++++	-
Tecnologia de aplicação (bicos, gotas, cobertura, volume, deriva)	+++++	+++++	+++++
Estratégia antirresistência	+++++	+++++	+++++

Fonte: Elaboração dos autores.

Nota: +++++ Altamente importante; - Não se aplica.

(1)Válido para patógenos fúngicos com período latente longo na planta hospedeira. Ex. ferrugem do cafeeiro.

Avaliação do agroecossistema

A avaliação do agroecossistema consiste no conhecimento de todos os fatores que afetam a produção e a produtividade das culturas. No campo de produção é importante também saber quais pragas podem causar danos à cultura. O conhecimento da lavoura e das pragas permite identificar em qual estágio fenológico da cultura uma praga pode causar maiores prejuízos. Dessa maneira o produtor poderá ficar em alerta e decidir ou não por medidas de

controle. Reconhecer as principais pragas da cultura, conhecendo seus hábitos e seus respectivos inimigos naturais também é essencial. Algumas perguntas podem ser feitas para evitar erros no controle. Por exemplo, “a lagarta tende a ficar escondida embaixo das folhas durante o dia”, ou então “é um inseto com hábito subterrâneo, que fica no solo”. Assim, é necessário conhecer os hábitos da praga e entender quais são os melhores métodos de controle que podem ser utilizados. No controle químico

Quadro 3 - Principais métodos de controle abordados pelo manejo integrado de insetos-pragas e ácaros

Medidas de controle	Estratégias de manejo
Controle cultural	Rotação de cultura, modificação de época de plantio, densidade/espaçamento, manejo da água, remoção de resíduos culturais, armadilha
Controle mecânico e físico	Repelentes, atraentes, armadilhas luminosas
Biocontrole	Ação de inimigos naturais sobre as pragas
Avaliação da população	Armadilha, dano à cultura, contagem da praga
Resistência genética da planta	Cultivares resistentes
Decisões computadorizadas	'Thresholds', seleção de inseticida, crescimento da praga
Aplicação seletiva	Aplicação dirigida
Biologia molecular	Cultivar <i>Bacillus thuringiensis</i> (Bt)
Fiscalização governamental	Quarentena
Manipulação genética	Manipulação genética

Fonte: Papa (2008) e Picanço *et al.* (2014).

de insetos-pragas e ácaros deve-se atentar para a presença de inimigos naturais da praga na lavoura. O monitoramento dos inimigos naturais colabora na tomada de decisão da necessidade de atomização e do produto químico a empregar. Outro ponto importante: as condições climáticas são vitais para se ter uma ideia da infestação da praga. Em geral, temperaturas mais altas aceleram o ciclo de vida dos insetos e ácaros, fazendo com que haja mais gerações em uma safra, podendo prejudicar ainda mais a lavoura.

Monitoramento da praga

Dentro do MIP, o monitoramento é a base para a tomada de decisão. Deve ser feito regularmente, para conhecer a densidade populacional da praga na lavoura. O monitoramento é realizado por meio de amostragens. Para os insetos-pragas e ácaros, o monitoramento é de extrema importância para a tomada de decisão sobre o controle químico (KOGAN; BAJWA, 1999). São as seguintes as fases:

- proceder a amostragem da praga, visando conhecer o nível de dano econômico (NDE), para realizar o controle químico da praga ou não;
- verificar se a praga atingiu o nível de controle (NC). Cada praga tem seu NDE;
- se atingir o NDE (atomizar); não atingindo o NDE (não atomizar).

NDE ou simplesmente Nível de Ação (NA) é um conceito simples que integra fatores biológicos e econômicos, que se destinam a tornar o resultado de uma tomada de decisão lucrativo para o controle de pragas (FLECK; RIZZARDI; AGOSTINETTO, 2002). Entretanto a definição mais aceita do NDE foi apresentada por Stern *et al.* (1959) como: “a mais baixa densidade de população de uma praga, que resulta em dano econômico”. Estes autores definiram ainda dano econômico (DE) como sendo a “quantidade de dano que justifica o custo de medidas de controle”. A importância dessa relação econômica para a tomada de decisão no manejo foi tema de inúmeras revisões bibliográficas (NORGAARD, 1976; MUNFORD; NORTON, 1984). Embora cada publicação enfatize diferentes aspectos sobre NDE, todas levam em consideração os custos e os benefícios do MIP. NDE deve ser encarado como uma ferramenta para a determinação do NA, ou seja, “a densidade populacional da praga na qual medidas de controle deverão ser tomadas para que o crescimento populacional não atinja o NDE” (PEDIGO; HUTCHINS; HIGLEY, 1986). Nakano, Silveira Neto e Zucchi (1981) apresentam valores de NDE para várias culturas, incluindo-se o feijoeiro, e que até hoje são adotados. Ruesink (1975) definiu e quantificou variáveis que estruturaram um modelo matemático do NDE para desfolhadores usado por Nakano, Silveira Neto e Zucchi. (1981). Um NDE não será o

mesmo para as diferentes espécies de pragas na mesma cultura, nem mesmo para uma espécie em várias culturas. No entanto, as medidas de controle são e devem ser adotadas antes que se atinja o NDE, pois há um certo tempo para que as medidas adotadas aconteçam ou se tornem efetivas. Por isso, o controle deve ser realizado em um nível abaixo do NDE, no chamado NA de controle, ou simplesmente NC. Alguns podem pensar que o MIP não permite o controle com uso de produtos químicos. Mas isso não é verdade. O MIP permite o controle químico com critérios, mas também envolve muitos outros tipos de controle, o que resulta em diminuição no uso de defensivos (KOGAN; BAJWA, 1999).

Um dos principais problemas e de preocupação no MIP é a disponibilidade de mão de obra treinada no campo para realizar de forma adequada os monitoramentos. Outro ponto de extrema importância é a identificação de inimigos naturais e seu correto manejo. Considerando insetos-pragas e ácaros, os principais tipos de controle alternativo são: cultural, biológico, genético, por comportamento e controle varietal.

Exemplos de determinação de níveis de ação da praga

Lagarta-do-milho

Os NA para saber o momento exato da aplicação de inseticidas no controle de

lagartas-do-milho baseiam-se nas fases fenológicas da cultura:

- a) fase da emergência e período vegetativo: 30% de desfolha ou 40 lagartas/pano-de-batida;
- b) fase de floração e formação de vagens: 15% de desfolha ou 40 lagartas/pano-de-batida;
- c) fase de lavouras para consumo no período de formação e enchimento de vagens: 4 percevejos/pano-de-batida;
- d) fase de lavouras para semente no período de formação e enchimento de vagens: 2 percevejos/pano-de-batida.

Ácaro do morangueiro

Trabalho comparando a PI e convencional em morango apresentou os seguintes resultados: ao examinar 80 folíolos, se constatar em campo de 1 a 5 ácaros por folíolo, deve-se empregar ácaros predadores para o controle, ao passo que a partir de 10 ácaros por folíolo, deve-se empregar acaricidas seletivos. O uso de ácaros predadores aliado ao controle químico foi eficiente para o controle de ácaro-rajado na cultura do morango: além da redução no número de aplicações de acaricidas (seis vezes menor na área de PI), o número de ácaros encontrado por folíolo também foi consideravelmente menor na mesma área. A produtividade da área de PI e da produção convencional foi 750 g e 510 g por planta, respectivamente (IWASSAKI et al., 2008).

Lagartas, percevejos e broca-das-axilas na soja

Na cultura da soja, a amostragem das pragas é feita de acordo com a área, o número de pontos e de plantas a ser amostrado em cada ponto com o emprego de pano branco entre as fileiras. Para lagartas e percevejos, numa área de 1 a 9 ha, o número de pontos a ser amostrado é seis; de 10 a 29 ha, seriam oito pontos a ser amostrados e, de 30 a 99 ha, dez pontos

(PICANÇO, 2020). Para a broca-das-axilas recomenda-se examinar dez plantas e cada ponto de amostragem.

Métodos de controle de insetos-pragas e ácaros abordados pelo Manejo Integrado de Pragas

Controle cultural

Consiste tanto na modificação do ambiente para torná-lo desfavorável à praga ou exposição da praga a outros métodos de controle, quanto no uso de práticas agrícolas que diminuem a incidência das pragas e/ou que promovem uma lavoura sadia. Algumas dessas práticas são: mobilização do solo; rotação de cultura; destruição de restos culturais; adubação correta; época de plantio adequada; irrigação ou drenagem; destruição de hospedeiros alternativos. Isso acontece por meio do preparo do solo, revolvimento, destruição de restos culturais, entre outras medidas.

Controle biológico

É a ação de inimigos naturais sobre as pragas, contribuindo na redução do nível populacional. O controle biológico pode ser natural, clássico ou aplicado. O natural visa à conservação dos inimigos naturais presentes na área agrícola. Para isso, é importante o uso de inseticidas seletivos, como alguns inseticidas naturais. O clássico tem a finalidade de controlar pragas exóticas, por isso são utilizados inimigos naturais importados de diferentes regiões. O aplicado é quando são feitas liberações de inimigos naturais advindas de criações massais em biofábricas. Quanto maior a diversidade do agroecossistema, maiores as chances de os inimigos naturais permanecerem na cultura e contribuirão no controle das pragas.

Resistência de plantas

São aquelas plantas que possuem características que influenciam no grau do dano causado pela praga, ou seja, plantas que toleram certos níveis de infestação sem perdas significativas na produtividade. As

próprias plantas utilizam recursos para controlar determinada praga através da resistência genética. Então, essas plantas podem ser selecionadas para que novas cultivares da cultura sejam estudadas e colocadas no mercado para comercialização.

Organismos geneticamente modificados

São plantas que tiveram a constituição genética manipulada em decorrência da mudança na estrutura ou da introdução de algum material com o intuito de favorecer uma característica desejada, como por exemplo maior tolerância à determinada praga ou a produção de proteínas entomopatogênicas, a exemplo do *Bacillus thuringiensis* (*Bt*). Uma outra forma de uso de plantas resistentes seria utilizar plantas transgênicas, em que um gene exógeno é transferido para a planta. É o caso da tecnologia *Bt* utilizada em cultivares de milho, soja, algodão e cana-de-açúcar.

Método legislativo

Neste método existe um conjunto de leis, decretos e portarias federais ou estaduais que obrigam a adoção de medidas de controle de pragas. Algumas destas são: serviço quarentenário – previne a entrada de pragas exóticas e impede sua disseminação; medidas obrigatórias – medidas legais que obrigam o produtor, por lei, a controlar determinada praga; fiscalização de uso e comércio de pesticidas.

Controle físico

É a utilização de medidas específicas para impedir danos das pragas de forma bastante direta. Algumas boas práticas seriam: esmagamento de ovos; catação manual de lagartas; modificação da temperatura e/ou luminosidade; inundação de áreas; formação de barreiras físicas. Na fruticultura, por exemplo, são utilizadas barreiras físicas com o ensacamento dos frutos ainda na planta.

Método genético

As ferramentas da engenharia genética têm sido estudadas para contribuir para uma agricultura mais sustentável, a exemplo dos organismos geneticamente modificados (OGM). Atualmente existe um grande número de plantas modificadas geneticamente para controle de insetos. Além das plantas, os insetos também podem ser manipulados para controle da espécie que está causando danos. Um exemplo é a esterilização híbrida, como no caso do mosquito transmissor da dengue (*Aedes aegypti*).

Controle químico

O controle químico de insetos-pragas e ácaros deve ser empregado após o exame de todos os outros métodos disponíveis e eficientes de controle. Entretanto, em muitas situações não se dispõem de métodos alternativos de controle. O controle químico, quando for empregado, deve obedecer a critérios científicos.

Controle por comportamento

Consiste no uso de substâncias ou organismos (hormônios, feromônios, atraentes, repelentes e macho estéril) que modifiquem o comportamento da praga de tal forma que reduza sua população e danos. O uso de feromônios e atraentes pode ser tanto para o controle, quanto para o monitoramento. Controle comportamental portanto é realizado através da interferência na comunicação inseto-inseto ou inseto-planta, por exemplo, o uso de armadilhas com feromônio sexual.

Feromônios e atraentes

Os feromônios são substâncias produzidas pelos insetos, específicos para cada espécie, com objetivo de comunicação entre os indivíduos da mesma espécie. Assim, ao usar uma armadilha com feromônio de uma espécie de praga, os indivíduos daquela espécie serão atraídos. Os feromônios podem servir para a detecção de pragas em pontos estratégicos, como na bordadura da lavoura, que é por onde

geralmente começam as infestações. No monitoramento, essas armadilhas com feromônio são utilizadas para identificar e quantificar as pragas, determinando o momento exato de intervir mediante o controle químico. Na coleta massal, os feromônios são utilizados com o objetivo de controlar as pragas, atraindo e capturando o maior número possível de insetos. Para isso, é preciso instalar as armadilhas antes do período de acasalamento e em quantidades suficientes para obter um resultado expressivo. É necessário também que as armadilhas tenham um tamanho ideal para comportar um grande número de insetos. Uma outra forma de utilizar os feromônios para controle das pragas é com a técnica de confusão. O uso da técnica de confusão sexual consiste em saturar o ambiente com o odor da fêmea, o que interfere ou bloqueia a comunicação olfativa entre parceiros sexuais. Os insetos acasalam-se apenas uma vez e a ação do feromônio para achar o parceiro é fundamental para isso. Ao saturar uma área com armadilhas de feromônio, ocorre uma confusão sensorial no inseto macho, o qual não consegue encontrar a fêmea. Com a ausência do acasalamento é eliminada a possibilidade de reprodução de novos insetos, diminuindo a população na área. Algumas armadilhas são essenciais tanto para monitoramento quanto para controle das pragas. As armadilhas luminosas são consideradas dispositivos para atração e captura de insetos nas formas aladas (com asas), que possuem atividade noturna e são atraídos pela luz entre as 19h e 5h. A armadilha luminosa tem a função de monitoramento ou controle da população de insetos. Esse método funciona para besouros, mariposas, percevejos, cigarrinhas-do-milho, cigarras, gafanhotos, grilos, moscas e mosquitos.

As armadilhas adesivas são cartões adesivos compostos por resina e cera nas cores amarela ou azul, que prendem os insetos assim que há o contato. São também ferramentas para monitoramento de pragas em diversos sistemas de produção agrícola. Os cartões adesivos

amarelos são indicados para detecção e monitoramento de cigarrinhas, moscas-brancas, mosca-minadora, mariposas, pequenos besouros e outros. Já os cartões azuis são recomendados para detecção e monitoramento de tripses.

As armadilhas devem ser colocadas entre as fileiras de plantio e, principalmente, na bordadura da lavoura, se for o caso de início da safra. Para o monitoramento são recomendadas de 100 a 200 armadilhas por hectare.

Não se deve esquecer de que há uma mortalidade natural no ecossistema. É sempre importante lembrar que os inimigos naturais dos insetos-pragas e ácaros estão no agroecossistema e são de extrema importância no controle de pragas.

O MIP não consiste na eliminação dos insetos-pragas, doenças e plantas daninhas da lavoura, mas, sim, na manutenção em níveis abaixo daqueles que causam danos econômicos. Essa premissa básica é o ponto fundamental do MIP.

Resistência de pragas a pesticidas

Um dos problemas associados ao uso indiscriminado de pesticidas (inseticidas e acaricidas) é o desenvolvimento de resistência de pragas a produtos químicos (Quadros 4 e 5). A resistência é definida como,

o desenvolvimento da habilidade em uma linhagem de um organismo em tolerar doses de tóxicos que seriam letais para a maioria da população normal (suscetível) da mesma espécie. (CROW, 1957; HARTLEY *et al.*, 2006).

A resistência é um exemplo de mudança evolucionária, na qual o agroquímico atua na seleção de indivíduos resistentes em baixa frequência na população original e se trata de uma característica hereditária (CROW, 1957).

Para algumas pragas agrícolas, a magnitude da resistência chega a milhares de vezes. No caso de ácaro-rajado (*Tetranychus urticae*), que é praga séria de culturas como morangueiro, crisântemo,

Quadro 4 - Resistência de ácaros a acaricidas

Inseticidas	Espécies resistentes
Dicofol	<i>Tetranychus urticae</i>
Fenpiroximato	<i>Tetranychus urticae</i>
Abamectina	<i>Tetranychus urticae</i>
Milbemectrin	<i>Tetranychus urticae</i>
Clorfenapir	<i>Tetranychus urticae</i>
Chlofenapyr	<i>Tetranychus urticae</i>
Dicofol	<i>Brevipalpus phoenicis</i>
Propargite	<i>Brevipalpus phoenicis</i>
Hextiazox	<i>Brevipalpus phoenicis</i>

Fonte: FRAC (2020).

Quadro 5 - Resistência de insetos a inseticidas

Inseticidas	Espécies resistentes
Piretroides	<i>Helicoverpa armigera</i>
Neonicotinoides	<i>Bemisia tabaci</i>
Diacilhidrazinas	<i>Chrysodeixis includens</i>
Carbamatos	<i>Spodoptera frugiperda</i>

Fonte: FRAC (2020) e Picanço (2020).

rosa, pêssego, algodão e mamão, observou-se resistência de, aproximadamente, 3 mil vezes para o acaricida fenpiroximato; de 350 vezes, para abamectina; e de 570 vezes, para clorfenapir, após poucas aplicações desses produtos.

Para fenpiroximato, a concentração necessária para matar ácaros resistentes a esse acaricida foi 200 vezes maior que a concentração recomendada para o controle do ácaro-rajado, em morangueiro no Brasil. Nesse caso, um aumento na concentração do produto, mesmo que da ordem de dezenas de vezes, não seria suficiente para aumentar a eficiência do produto no campo, caso a população se torne resistente. Algumas populações desse ácaro-praga mostram-se resistentes a quase todos os produtos registrados no mercado, causando muita dificuldade para seu controle. Para algumas culturas como morangueiro, na qual poucos acaricidas são registrados, diversos agricultores não conseguem controlar o ácaro-praga nos meses finais da cultura, sendo forçados a eliminá-la antecipadamente do campo, implicando em consideráveis prejuízos econômicos.

Uma consequência da evolução da resistência é o aumento do número de aplicações, em decorrência da redução da eficiência dos produtos químicos. O intenso uso de produtos químicos favorece ainda mais a evolução da resistência. Além disso, causa outros problemas como o desequilíbrio biológico, pela eliminação de inimigos naturais; contaminação ambiental; risco de intoxicação dos agricultores; maior contaminação de alimentos e aumento do custo de produção.

Uma das principais estratégias de manejo da resistência de pragas a produtos químicos está relacionada com a redução na frequência de aplicação de pesticidas. Nesse aspecto, a realização do monitoramento populacional de pragas pode ser uma ferramenta valiosa para o manejo da resistência. A utilização de produtos somente quando as densidades populacionais da praga atingem o NA, pode reduzir consideravelmente o número de aplicações contra as pragas, reduzindo assim a pressão de seleção com os agroquímicos.

Outra estratégia fundamental é a preservação de inimigos naturais nas áreas

agrícolas. Os inimigos naturais podem manter a população da praga em baixas densidades por longos períodos no campo, não havendo necessidade de intervenções químicas durante esse período. Outro aspecto é que os inimigos naturais podem-se alimentar tanto dos insetos (ou ácaros) suscetíveis como dos resistentes, podendo diminuir o número de organismos resistentes no campo.

Quando o controle biológico é de difícil uso, por falta de inimigos naturais eficientes, e são necessárias várias aplicações de inseticidas para o controle de uma praga, devem-se evitar aplicações repetidas de produtos com mesmo mecanismo de ação. Aplicação repetida de um inseticida do mesmo mecanismo de ação favorece uma rápida evolução da resistência. Nesse caso, a rotação de produtos químicos de diferentes mecanismos de ação pode ser uma boa alternativa, podendo retardar a evolução da resistência (SATO, 2009).

Outros problemas do uso frequente de pesticida específico são as resistências cruzada e múltipla. A resistência cruzada acontece quando um simples gene confere resistência a diversos produtos químicos do mesmo grupo ou a diferentes grupos, mas com o mesmo mecanismo de ação (por exemplo, deltametrina e permetrina) (OPPENORTH, 1985). A múltipla ocorre quando dois ou mais mecanismos de resistência estão em funcionamento no mesmo inseto. Quando dois mecanismos de resistência atuam sobre o mesmo inseticida, o nível de resistência é frequentemente maior que a adição simples dos níveis de resistência conferida por ambos os mecanismos de forma independente. Esse mecanismo não necessariamente envolve a resistência cruzada, pois um inseto pode ser resistente a dois ou mais inseticidas e cada resistência pode ser atribuída a diferentes mecanismos (por exemplo, abamectin e bifenthrin) (OPPENORTH, 1984, 1985; IRAC, 2011). No primeiro caso (resistência múltipla), um exemplo seriam as fosfotriesterasas que conferem resistência a vários organofosforados. No segundo caso (resistência múltipla), um exemplo seria o

gene *kdr* que confere resistência tanto ao DDT quanto aos piretroides (IRAC, 2011). Casos de resistência cruzada ou múltipla em ácaros foram documentados entre os acaricidas abamectim e milbemectim (SATO *et al.*, 2005).

A resistência cruzada negativa é um fenômeno oposto à resistência cruzada, e diz respeito à súbita suscetibilidade de uma população a um ou mais acaricidas tão logo se torna resistente a determinado acaricida. Pragas com elevados níveis de oxidases, como populações de *Heliothis virescens* (F.), resistentes a piretroides, apresentam resistência cruzada negativa ao chlorfenapyr (PIMPRALE *et al.*, 1997). A resistência cruzada negativa ao fenpiroximato foi conferida pelo dicofol em *B. phoenicis* (ALVES; OMOTO; FRANCO, 2000) e ao clorpirifós etil, também, pelo dicofol em *T. urticae* (FERGUSON-KOLMES; SCOTT; DENNEHY, 1991).

As resistências cruzada e múltipla também foram constatadas em *T. urticae*, como ao cyhexatin, que conferiu resistência, também, aos acaricidas azocyclotin e fenbutatin (EDGE; JAMES, 1986) e resistência cruzada entre abamectim e milbemectim (OMOTO, 1995; SATO *et al.*, 2005).

Manejo Integrado de Plantas Daninhas

O Manejo Integrado de Plantas Daninhas (MIPD) é essencial à produção agrícola sustentável, com redução de custos de produção e impacto ambiental negativo. As

plantas daninhas não são necessariamente indesejáveis e, em certas situações, são mais benéficas que prejudiciais, contribuindo para a integração de métodos de controle. Com o avanço do conhecimento, as culturas podem conviver com as plantas daninhas em certas fases do crescimento de ambas, sem prejuízo ao rendimento. Entretanto, esse enfoque nem sempre é fácil de implementar, por causa do conceito tradicional de que as plantas daninhas são um mal a ser eliminado do ambiente agrícola a qualquer custo (FONTES *et al.*, 2003).

No Quadro 6 encontram-se algumas medidas de MIPD (BUHLER; LIEBMAN; OBRYCKI, 2000).

No MIPD é importante considerar a dinâmica populacional e o nível de dano econômico das espécies predominantes e métodos de controle não convencionais.

Medidas preventivas

As medidas preventivas no controle de plantas daninhas são extremamente importantes e evitam a disseminação de um local de plantio a outro. Muitas das plantas daninhas que existem hoje no Brasil são exóticas e foram introduzidas pelo homem. Alguns exemplos de plantas daninhas que têm causado prejuízos em nível mundial são: gênero *Striga* (erva-de-bruxa), parasita o sistema radicular de gramíneas e algumas dicotiledôneas; *Orobanche*, parasita a raiz de culturas dicotiledôneas principalmente, olerícolas (HOLM *et al.*, 1977).

As medidas preventivas que visam à entrada de plantas daninhas numa área de plantio são:

- uso de sementes sadias e certificadas segundo padrões estabelecidos pelo Sistema de Certificação para a Produção de Sementes Fiscalizadas do Estado de São Paulo ou de outros Estados, quando houver;
- limpeza de equipamentos de preparo do solo e colheitadeira;
- utilização de mudas livres de plantas daninhas;
- utilização de esterco fermentado, evitando introdução de plantas daninhas;
- manutenção dos canais de irrigação e outras áreas próximas a propriedade livres de plantas daninhas, como também as áreas na entressafra, utilizando um sistema racional de rotação de culturas.

Medidas culturais

As medidas culturais mais importantes no controle de plantas daninhas são:

- escolha de variedades: deve-se dar preferência a variedades adaptadas às condições locais;
- espaçamento, densidade e época de plantio: essas medidas são importantes para que a cultura ocupe a superfície do solo o mais rápido possível;
- rotação de culturas, emprego de culturas intercalares e adubação

Quadro 6 - Medidas de Manejo Integrado de Plantas Daninhas (MIPD)

Medidas de controle	Estratégias de manejo
Controle cultural	Sementes limpas, rotação de cultura, modificação de época de plantio, densidade/espacamento, manejo da água, manejo da fertilidade, armadilha.
Controle mecânico e físico	Capina, roçadeira, cultivo, rotativa, pastejo.
Avaliação da população	Emergência da planta, banco de sementes.
Resistência genética da planta	Cultivares competitivas.
Decisões computadorizadas	<i>Thresholds</i> , seleção do herbicida.
Aplicação seletiva	Aplicação dirigida, pavios de corda, sensores de planta daninha.
Biologia molecular	Cultivar resistente ao glifosate.
Fiscalização governamental	Quarentena, leis de sementes e plantas daninhas nocivas.

Fonte: Victório Filho (2008).

verde: o emprego de uma mesma cultura por anos sucessivos propicia desenvolvimento de uma flora associada a essa cultura. Como exemplo cita-se a corda-de-viola de diversas espécies do gênero *Ipomea* na cultura do milho. A rotação de culturas evita essa associação de culturas. O algodão e a soja deixam a área mais infestada de plantas daninhas do que o milho (ALMEIDA, 1981);

- d) culturas que produzem grande quantidade de biomassa (palhada): a palhada densa na superfície do solo forma uma camada que impede que a luz incida sobre o solo. Daí as sementes das plantas daninhas não germinam e, dessa maneira, evita-se a ocorrência de plantas daninhas na cultura de verão e, com isso, torna-se desnecessário o uso de herbicidas nesta cultura (ALMEIDA, 1981);
- e) sucessão de culturas: a sucessão de culturas vem sendo empregada no sul do País. A sucessão soja-trigo tem permitido manejo adequado de plantas daninhas; entretanto, esse sistema permite o desenvolvimento de plantas daninhas anuais de verão e inverno;
- f) culturas intercalares: a grande vantagem está no fato de aumentar a fertilidade do solo, reduzir a erosão e, também, ajudar no manejo de insetos e plantas daninhas (ALTIERI, 1994);
- g) emprego de espécies ou variedades competitivas: é uma prática que pode controlar muito bem a infestação de determinadas plantas daninhas, tanto em plantio da cultura isolada quanto em consórcio. As espécies de crescimento rápido como aveia, milho e alfafa podem, dependendo da densidade populacional, reduzir a competição com determinadas espécies de plantas daninhas. Coberturas vivas e mortas são importantes devido ao efeito alelopático;

h) nutrientes: o nitrogênio (N) é o elemento que se for adicionado ao solo em grande quantidade pode favorecer o crescimento e o desenvolvimento das plantas daninhas.

Medidas de caráter mecânico e físico

O revolvimento do solo antes do plantio até a colheita visa manter o nível de infestação de plantas daninhas numa cultura de tal maneira que não interfiram na produtividade. O cultivo mecânico tende a melhorar o arejamento e a quebra das camadas compactadas de solo, facilitar a drenagem, realizar a amontoa e a incorporação de restos culturais, preparar o solo para plantio e controlar plantas daninhas. A limitação do cultivo mecânico é o controle de plantas daninhas na linha de plantio.

Plantas daninhas agressivas, como a tiririca (*Cyperus rotundus*) e a grama-seda (*Cynodon dactylon*), podem ter o potencial de infestação diminuído, com o emprego de aração e gradeação no período seco, principalmente se a aração for feita numa profundidade de até 20-30 cm.

A roçadeira é empregada em culturas perenes, como café, eucaliptos, citros, fruteiras temperadas e tropicais, bem como pastagens. O objetivo da roçagem do solo é manter a sua superfície com vegetação para conservar a umidade, reduzir a amplitude térmica e a erosão.

A aração de pousio tem como objetivo controlar plantas daninhas perenes e anuais durante o pousio.

A opção pelo controle mecânico deve ser feito com base no custo-benefício, suscetibilidade da área à erosão e à compactação do solo.

Método biológico

Consiste na utilização de parasitas, predadores e fitopatógenos na manutenção de uma densidade de plantas daninhas menor, do que ocorre naturalmente e, que não cause danos econômicos. O controle biológico pode ser chamado de clássico e inundativo.

O controle biológico clássico consiste na introdução de um agente biológico de controle de uma planta daninha exótica e que está amplamente disseminada no meio ambiente. Exemplos de programas bem-sucedidos de controle biológico de espécies de plantas daninhas são: *Artemisia tridentata* nos EUA, cujo inimigo natural é da ordem lepidóptera denominado *Aroga websteri*. Outro exemplo nos EUA é o emprego de *Carduus mutans* no controle de *Rhynocyllus conicus* da ordem Coleoptera.

O controle biológico inundativo emprega microrganismo (bio-herbicida) de forma maciça, sobre uma população de planta daninha, o que pode possibilitar um rápido e elevado nível de doença (CHARUDATTAN, 2001). Nesse tipo de controle há necessidade de reaplicação. Os microrganismos (fungos, bactérias e vírus) empregados devem ser nativos da área, onde são aplicados. Exemplos de controle de bio-herbicidas: *Cassia obtusifolia* com o fungo *Alternaria cassiae* e *Poa annua* com *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*.

Espera-se que uma vez introduzido no meio ambiente, o microrganismo possa autopropagar-se. Entretanto, o processo de controle é muito lento e não elimina a planta daninha. Outro ponto é que na natureza as plantas daninhas ocorrem em complexos (várias espécies em uma área de plantio). Nesse caso, o controle biológico de uma espécie não necessariamente controlaria outras espécies. Outras medidas deveriam ser empregadas para as plantas daninhas não alvo do controle biológico, mas o custo seria muito alto. Mediante esses fatos, o controle biológico praticamente não tem sido empregado no Brasil.

Métodos químicos

O controle químico de plantas daninhas iniciou-se em 1941 com a descoberta do herbicida 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D). Os herbicidas são classificados de várias maneiras: quanto a seletividade, de acordo com o grupo químico e pelo mecanismo de ação.

Os herbicidas podem ser empregados em pré-plantio (glifosato e paraquat), pré-plantio incorporado, pré-emergência, pós-emergência.

Outra característica muito importante é a seletividade de determinados herbicidas. De modo geral, a maioria dos herbicidas são seletivos. Mas esse atributo depende da dose dos produtos. Os herbicidas não seletivos (glifosato e paraquat) seriam aqueles que, usados em determinadas doses, controlam todas as plantas daninhas existentes na área de cultivo.

Para o controle de infestações de guanxuma (*Sida rhombifolia*), os valores de NDE variam de 2 a 50 plantas/m², e o de NDE ótimo, de 1 a 6 plantas/m² (FLECK; RIZZARDI; AGOSTINETTO, 2002).

Medidas de manejo da resistência de plantas daninhas a herbicidas

Os herbicidas quando empregados de forma repetitiva exercem alta pressão de seleção, provocando o surgimento de biótipos que se adaptam e multiplicam rapidamente (HOLT; LEBARON, 1990).

Resistência é a capacidade natural e herdável de uma planta sobreviver e reproduzir após a exposição a uma dose do herbicida, que normalmente seria letal à população original. A resistência pode ser cruzada e múltipla. Tolerância é uma característica da espécie que não sofre danos pelo herbicida desde a primeira aplicação em razão dos fatores do mecanismo de ação ou de seletividade. A suscetibilidade é a característica da planta daninha sofrer danos a graus variáveis que podem ser classificados em diferentes níveis. As medidas de prevenção visam evitar uma alta pressão de seleção de herbicidas com um único mecanismo de ação (VICTÓRIO FILHO, 2008).

No Quadro 7 encontram-se exemplos de plantas daninhas resistentes a herbicidas.

No Brasil são conhecidos pelo menos 15 casos de resistência ao glyphosate (HERBICIDE RESISTANCE ACTION COMMITTEE, 2021): *Lolium perenne* ssp. *multiflorum* (resistência múltipla a acetolactato sintase (ALS) e 5-enolpiruvilshikimate-3-fosfato sintase (EPSPS));

Conyza bonariensis; *Conyza canadensis*; *Digitaria insularis*; *Lolium perenne* ssp. *multiflorum* (resistência múltipla a ALS e EPSPS e *Chloris elata*; *Amaranthus palmeri*; *Eleusine indica*; *Amaranthus palmeri* (resistência múltipla a ALS, EPSPS); *Conyza sumatrensis* (resistência múltipla a ALS, fotossistema I (FSI) e EPSPS); *Eleusine indica* (resistência múltipla a ALS, EPSPS); *Conyza sumatrensis* (resistência múltipla a fotossistema II (FSII), óxido de propileno (PPO), EPSPS e auxinas sintéticas).

As práticas de prevenção são: rotação de culturas; utilização de outros métodos de controle, por exemplo, cultivo mecânico; utilização de herbicidas com diferentes mecanismos de ação; utilização de herbicidas com baixo efeito residual no solo; acompanhamento da mudança da flora, deixando áreas testemunhas sem aplicação; uso de misturas de herbicidas somente com conhecimento adequado dos mecanismos de ação; utilização de sistema de produção com inclusão de plantas transgênicas que possibilitem o uso de herbicidas com diferentes mecanismos de ação; uso da agricul-

Quadro 7 - Resistência de plantas daninhas a herbicidas

Herbicidas	Espécies resistentes
Glifosato	Buva (<i>Conyza bonariensis</i> , <i>C. canadensis</i> , <i>C. sumatrensis</i>) <i>Lolium perenne</i> ssp. <i>Multiflorum</i> Capim-amargoso (<i>Digitaria insularis</i>) <i>Conyza bonariensis</i> <i>Conyza canadenses</i> <i>Digitaria insularis</i> Azevém (<i>Lolium multiflorum</i>) Capim-pé-de-galinha (<i>Eleusine indica</i>) Capim-branco (<i>Chloris elata</i>) Caruru-palmeri (<i>Amaranthus palmeri</i>)
Inibidores de acetolactato sintase (ALS) e fotossistema II	Caruru (<i>Amaranthus retroflexus</i> e <i>A. viridis</i>); picão-preto (<i>Bidens subalternans</i> e <i>B. pilosa</i>).
Espécies de plantas daninhas resistentes aos inibidores da Prottox	<i>Amaranthus retroflexus</i>
Inibidores da Prottox: (resistência múltipla a diferentes mecanismos de ação de herbicidas) aos produtores inibidores da ALS, da celulose e da ACCase	Capim-capivara (<i>Echinochloa crus-galli</i> var. <i>crus-galli</i>)

Fonte: Victório Filho (2008) e Silva, Langaro e Ferreira (2019).

Nota: ALS - Acetolactato sintase; Prottox - Protoporfirinogênio oxidase; ACCase - Acetil CoA carboxilase.

tura de precisão bem como da tecnologia de aplicação colocando o herbicida no alvo de forma adequada (VARGAS *et al.*, 1999).

As medidas recomendadas como estratégia antirresistência são: realizar a rotação de culturas adequadamente; realizar a rotação e a diversidade de mecanismos de ação de herbicidas; realizar o manejo de plantas daninhas na entressafra; empregar plantas de coberturas; monitoramento constante da área de plantio; limpeza adequada dos equipamentos quando for mudar de área de plantio; evitar a disseminação de biótipos resistentes; não permitir a disseminação de plantas daninhas resistentes; uso adequado do herbicida de acordo com o mecanismo de ação (VICTÓRIO FILHO, 2008).

Manejo Integrado de Doenças de plantas

A epidemiologia de doenças de plantas ensina que as medidas de controle atuam de três maneiras: redução da doença no início da estação de cultivo (x_0); decréscimo da taxa de desenvolvimento da doença (r) durante o período de crescimento da cultura e o tempo (t), que significa o adiamento do início da doença nos campos de cultivo (ZADOKS; SCHEIN, 1979).

As medidas que reduzem e em certos casos eliminam inóculo inicial nos campos de cultivo (x_0) são:

- a) plantio de sementes e mudas sadias certificadas isentas de fitopatógenos, inspeção nos portos, aeroportos, ferrovias e hidrovias. Essas medidas visam prevenir a disseminação ou dispersão do patógeno;
- b) rotação de culturas, solarização do solo, cultura meristema indexada para viroses, termoterapia, emprego de fungicidas sistêmicos no tratamento de sementes, inundação do solo quando possível, eliminação dos restos culturais doentes, tratamento com fungicida sistêmico em pós-colheita de frutos, eliminação de hospedeiros principais e alternativos, eliminação de plantas doentes (roguing), emprego de

plantas armadilhas e antagônicas a nematoides, poda de ramos doentes, desinfestação de embalagens, equipamentos e de armazéns e o vazio sanitário para a cultura da soja (visa reduzir a população de esporos de *P. pachyrhizi* nas regiões de plantio). Essas medidas têm por objetivo atuar na sobrevivência do patógeno;

- c) emprego do calor (termoterapia), da quimioterapia (fungicidas sistêmicos em pulverização), cirurgias e podas de ramos doentes. Medidas que atuam na doença diretamente. Cuidados devem ser tomados para evitar que os fungos não adquiram resistência a fungicidas (ZAMBOLIM, 2008);
- d) utilização de cultivares com resistência vertical, completa ou qualitativa. Sempre que disponíveis, cultivares que apresentam esse tipo de resistência devem ser empregadas, pelo fato do patógeno não se multiplicar nas lesões na planta hospedeira. Essas medidas visam à eliminação da infecção do patógeno nos tecidos da planta hospedeira.

As medidas que visam à redução da taxa da doença (r) nos campos de cultivo são:

- a) emprego de variedades com resistência horizontal. Este tipo de resistência, também conhecida por resistência quantitativa, incompleta ou de campo, caracteriza-se por permitir que o patógeno complete o ciclo de vida no hospedeiro. Entretanto, o nível de doença deste tipo de resistência pode ser medido por meio das seguintes características: período latente do patógeno; tamanho da lesão; número de esporos por lesão; frequência de infecção e número de lesões por área. Essas medidas atuam reduzindo a infecção do patógeno no tecido do hospedeiro;
- b) emprego de fungicidas protetores ou residuais. Os fungicidas prote-

tores atuam formando uma barreira química, que reduz a porcentagem de inóculo que germina e penetra na superfície da planta hospedeira. Dentro do princípio da proteção destacam-se as seguintes medidas: tratamento de sementes, mudas e o substrato de sementeiras com fungicidas; pulverização com fungicidas protetores na parte aérea das plantas; controle de insetos vetores de viroses com inseticidas e tratamento pós-colheita de frutos e hortaliças. Tais medidas correspondem a proteção da planta hospedeira e atuam reduzindo a infecção da planta.

São medidas que atuam por evitamento de doenças nos campos de cultivo (t): escolha da área ou local de plantio; escolha da época de plantio; modificação do ambiente por práticas culturais; armazenamento de frutos em ambientes refrigerados; profundidade de plantio adequada; adoção de espaçamento e número adequado de plantas por área e, plantio em altitudes mais elevadas para evitar pulgões. Essas medidas enquadram-se no princípio da evasão, escape e fuga das condições favoráveis às doenças. Por exemplo, plantio de batata (*Solanum tuberosum* L.) em altitudes elevadas, visando à produção de tubérculos livres de viroses por ser desfavorável a pulgões.

Tomada de decisão no controle químico de doenças dentro das normas da Produção Integrada

Ter conhecimento de algumas medidas é importante para a tomada de decisão no controle químico de doenças seguindo as normas de PI.

- a) custo-benefício (valor da produção): hoje, mais do que nunca, é preciso reduzir os custos de produção e aumentar a produtividade, para obter lucro. A racionalização dos custos de produção implica no emprego de tecnologias e insumos modernos em diversas áreas, destacando-se a fertilização e irrigação com crité-

- rios, emprego de sementes saudáveis e variedades melhoradas, uso de defensivos de baixa toxicidade e persistência;
- b) histórico da área de plantio: conhecer o histórico da área onde a cultura irá ser implantada, permite saber quais medidas serão recomendadas para os possíveis patógenos que incidiram nas culturas implantadas anteriormente. Se os patógenos encontrados formam estruturas que permitem a sobrevivência por longos anos, como *Ralstonia solanacearum* e formas especiais de *Fusarium oxysporum*, por exemplo, espécies de plantas suscetíveis não podem ser cultivadas nessas áreas por pelo menos cinco anos;
- c) conhecimento do agroecossistema a ser manejado: deve-se ter conhecimento dos seguintes fatores: tipo de solo; nível de fertilidade e matéria orgânica (MO); pH; topografia; altitude; profundidade do lençol freático; proximidade de fontes de água; exposição; textura do solo; teor de umidade do solo; profundidade do solo, etc. Além disso, há que se observar o clima da região e o regime de chuvas. Sem o conhecimento exato do local que irá receber o impacto de determinada medida de controle, jamais uma receita agrônoma pode ser assinada, pois o ecossistema ao redor poderá ser afetado;
- d) estabelecimento de técnicas de monitoramento: técnicas de monitoramento de doenças em plantas podem ser encontradas em Zambolim (2019a). Monitorar doenças em plantas implica no conhecimento de técnicas de amostragem e escalas gráficas e numéricas para avaliar a intensidade das doenças. Essa etapa ainda requer muito estudo, pois cada pesquisador adota seu método pessoal, dificultando a comparação de resultados de uma região para outra e de pesquisador para pesquisador. Além disso, pode haver dúvidas a respeito do tamanho da área a ser amostrada em uma propriedade e o número de amostras a ser tomada. Considerando-se a planta, ainda podem surgir dúvidas quanto ao local a ser amostrado. Portanto, ao se falar em monitorar doenças, primeiro deve-se conhecer o local onde a doença se manifesta na planta. Há casos em que o patógeno infecta as flores, sendo que outros sintomas surgem mais tarde; em outras, as folhas novas são infectadas, mas somente mostram sintomas quando estão na fase de maturação. Considerando-se os ramos da planta, há casos em que as folhas novas da ponta são aquelas onde a doença se manifesta, e outras em que a doença só ataca as folhas maduras, mais velhas;
- e) agressividade do patógeno: os patógenos agressivos são aqueles que têm período latente curto (3 a 7 dias), produzem grande quantidade de esporos por lesão, disseminados pelo vento a curta e a longa distância, alta variabilidade patogênica e ataca a cultura numa faixa ampla de temperatura. São exemplos desse tipo de patógeno: a requeima da batata e tomate (*Phytophthora infestans*), míldio-da-vidreira (*Plasmopara viticola*) e a ferrugem-da-soja (*Phakopsora pachyrhizi*). Quando tais tipos de patógenos estão envolvidos, o controle químico da doença torna-se muito difícil. O monitoramento do clima é muito importante no controle dessas doenças;
- f) ineficiência de outros métodos: a resistência genética é a medida mais importante no controle de doenças. Entretanto, nem sempre dispõe-se de variedades resistentes, com boas características agrônomicas. Portanto, na ausência de outros métodos de controle, a opção será pelo controle químico;
- g) disponibilidade de fungicidas eficientes: os fungicidas são produtos químicos que teoricamente matam os fungos (sufixo -ida – matar). Entretanto, há diferenciação entre os grupos e até dentro do mesmo grupo de produtos químicos, em relação à eficiência no controle de doenças. Como exemplo, cita-se a ferrugem-da-soja. No Brasil, os grupos de fungicidas triazóis e estrobilurinas, lançados para o controle da doença, não controlam satisfatoriamente a ferrugem. Até mesmo o grupo carboxamida, lançado mais recentemente, também não tem sido eficiente. Daí na tomada de decisão esse fator ter grande peso na recomendação;
- h) incidência ou severidade: a incidência diz respeito a porcentagem de plantas doentes num talhão, folhas doentes por ramo, frutos doentes numa caixa, tubérculos doentes numa caixa, etc. A severidade diz respeito a área foliar doente em relação à área total da folha, podendo ser expressa em porcentagem. A incidência aplica-se mais a patógenos monocíclicos do solo, e a severidade, para patógenos que atacam a parte aérea das plantas. Há casos como a ferrugem-do-cafeeiro, em que a incidência correlaciona-se com a severidade. Entretanto, para patógenos muito agressivos da parte aérea, não se deve basear na severidade. Por exemplo, para a requeima-da-batata (*Phytophthora infestans*), basear-se na severidade para iniciar o controle químico pode ser muito tarde, pois trata-se de um patógeno muito agressivo. A constatação de 1,0% de severidade nos campos de cultivo, em situação de clima favorável, pode ser muito tarde para o controle da doença;
- i) alvo biológico: define-se por alvo biológico o local na planta onde o patógeno penetra. Por exemplo, para

a ferrugem-do-cafeeiro, o alvo são as faces abaxiais das folhas, onde estão localizados estômatos, em maior número. Para que a doença se manifeste, torna-se necessário que o uredósporo germine e que o tubo germinativo penetre nos estômatos na face inferior. No caso do mofo-branco-do-feijoeiro, o alvo biológico são as flores. Os ascósporos, ao serem ejetados do interior dos ascos, atingem as flores, e aí inicia-se o processo infeccioso. Em se tratando do mal-de-sigatoka, o alvo é a folha velha das plantas. Os ascósporos, ao atingirem essas folhas ainda enroladas, germinam por causa da umidade em seu interior, e a doença irá manifestar-se somente quando a folha estiver na 4ª ou 5ª posição na planta, podendo ser até a 3ª se for sigatoka-negra;

- j) conhecimento do clima favorável: conhecer quais são as condições climáticas favoráveis às doenças constitui um dos pilares da tomada de decisão no controle químico das doenças;
- k) adequação da tecnologia de aplicação à realidade da cultura e à doença visando atingir o alvo biológico;
- l) adoção de estratégia antirresistência, visando aumentar a vida útil dos fungicidas empregados no controle de doenças, notadamente os sistêmicos e estrobilurinas;
- m) tecnologia de aplicação de defensivos. Calibragem das máquinas e bicos adequados (RAMOS; PIO, 2008).

No Quadro 8 encontram-se exemplos de patógenos de plantas que adquiriram resistência em condições de campo.

Há inúmeros fungos fitopatogênicos que apresentam potencial de desenvolvimento de resistência a fungicidas: mildio-da-videira - *Plasmopara viticola*; podridão-parda-do-pêssego - *Monilinia fructicola*; sigatoka-negra - *Mycosphaerella figiensis*

Quadro 8 - Relatos de ocorrência de resistência de fungos e bactérias fitopatogênicos aos fungicidas

Planta hospedeira	Patógeno	Fungicida
Pimentão	<i>Xanthomonas campestris</i>	Base de cobre
Tomate	<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>tomato</i>	Base de cobre
Mamão	<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	Tiofanato metílico
Cevada	<i>Drechslera teres</i>	Triadimenol
Hortaliças e ornamentais	<i>Botrytis cinerea</i>	Tiofanato metílico
Tomate e batata	<i>Phytophthora infestans</i>	Metalaxyl
Soja	<i>Phakopsora pachyrhizi</i>	Grupo de fungicidas triazóis, estrobilurinas e carboxamidas

Fonte: FRAC (2020).

da banana; sarna-da-macieira - *Venturia inaequalis*; mildio-pulverulento-do-trigo - *Blumeria graminis tritici*; brusone do arroz e trigo - *Magnaporthe grisea*; mofo-cinzento da roseira e morango - *Botrytis cinerea*; requeimas da batata e do tomate - *Phytophthora infestans*.

Estratégias antirresistência

Para evitar que mutantes de fungos resistentes aos fungicidas surjam na população, recomenda-se a utilização de estratégias denominadas antirresistência (ZAMBOLIM, 2019b). A redução do risco e o surgimento de resistência na população de fungos no campo implicam no emprego de fungicidas multissítios, misturas de multissítios com os de modos de ação específicos (sistêmicos), misturas de produtos com modos de ação específicos com estrobilurinas e de misturas de produtos com modos de ação específicos com estrobilurinas e multissítios (ferrugem-da-soja). Ressalta-se que as medidas de controle cultural são extremamente importantes quando se emprega fungicidas com mecanismos de ação específicos.

Mutantes de fungos resistentes já fazem parte da população nos campos de cultivo. Quando se emprega fungicidas com modo de ação específico continuamente, com o mesmo mecanismo de ação, ocorre pressão de seleção de tal maneira que os mutantes resistentes passam a predominar na população. Daí o defensivo falha no controle da doença.

Em virtude desses fatos é que o número de aplicação de fungicidas sistêmicos deve ser limitado, na estação de crescimento da cultura a duas e no máximo três aplicações, desde que sejam empregados mecanismos de ação diferentes ou mistura de modo de ação específico com estrobilurinas ou com multissítios.

Os fatores considerados de risco inerentes ao surgimento da resistência dos fungos aos fungicidas com modos de ação específicos são: alta pressão de seleção – uso contínuo de fungicidas com o mesmo mecanismo de ação; resistência ao fungicida do tipo monogênica; curto período de geração do fungo como *Phytophthora infestans*; alta competitividade dos isolados resistentes e condições favoráveis ao desenvolvimento da doença.

Os fatores de risco relacionados com o manejo do produto incluem: longo e desfavorável período de exposição ao produto (grande número de aplicações, aplicações tardias); uso de fungicidas sistêmicos isoladamente (ausência de misturas ou alternância de produtos); overdose de um fungicida sistêmico e área muito extensa tratada com fungicidas com o mesmo mecanismo de ação (ZAMBOLIM, 2019c).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sistema de PI surgiu na Europa por exigência dos consumidores que buscam consumir alimentos seguros para toda comunidade com respeito ao meio ambiente e aos trabalhadores rurais. Se toda

a atividade agrícola deve visar lucro para um sustento duradouro, deve respeitar as normas e leis de cada país. Entrementes, o uso racional de agrotóxicos e a produção de alimentos seguros estão intrinsecamente relacionados na maioria das condições brasileiras de agricultura tropical e de produção familiar ou técnico-intensiva. A PI, desde sua concepção original, baseou-se nos preceitos da “Organização Internacional de Luta Biológica” (OILB, 1969), publicados na Europa, e na própria pesquisa e desenvolvimento do MIP que se seguiu em todo o mundo, gerando resultados que visam convergir arranjos produtivos racionalmente ordenados, sempre que possível em forma de sistemas agroecológicos, holísticos e integrativos ao longo da cadeia produtiva.

Assim a PI-Brasil é um sistema nacional que busca ponderar normas e BPA, por um sistema de pontuação de itens proibidos, obrigatórios e recomendados. A PI-Brasil é oficialmente promovida pelo MAPA por meio do Programa Brasil Certificado e todas as marcas-conceitos e princípios atrelados. Considerando a tendência dos sistemas monitorados e certificados abordarem desde o histórico das áreas de plantio, a avaliação do agroecossistema como um todo, a amostragem e o monitoramento de pragas, o controle biológico, até o monitoramento do clima e a tomada de decisão por parte dos produtores em suas tecnologias de uso cada vez mais intensivo, partes preponderantes das melhores práticas do MIP, o sistema de PI deve atender os clamores internacionais no emprego mais racional dos pesticidas.

Ademais, a rotina de análise de resíduos, aliada às práticas de rastreabilidade e auditoria, interna e externa, contribui para o atendimento ao código florestal, às leis ambientais e de segurança do trabalhador rural, concomitante à produção duradoura de alimentos inócuos e saudáveis.

REFERÊNCIAS

- ABNT. **O que é certificação e como obtê-la**. Rio de Janeiro: ABNT, 2014. Disponível em: <http://www.abnt.org.br/certificacao/o-que-e>. Acesso em: 25 out. 2020.
- AENDA. **Notícias - imprensa**. São Paulo: AENDA, 2019. 48p. Disponível em: https://www.aenda.org.br/noticia_imprensa/. Acesso em: março 2021.
- ALMEIDA, F.S. Controle de ervas. In: IAPAR. **Plantio Direto no estado do Paraná**. Londrina: IAPAR, 1981. p.101-138. (IAPAR. Circular, n. 23).
- ALTIERI, M.A. **Biodiversity and pest management in agroecosystems**. New York: Haworth Press, 1994.185p.
- ALVES, E.B.; OMOTO, C.; FRANCO, C.R. Resistência cruzada entre o dicofol e outros acaricidas em *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) (Acari: Tenuipalpidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v.29, n.4, p.765-771, dez. 2000.
- ANDRIGUETO, J.R. *et al.* Produção Integrada de Frutas e Sistema Agropecuário de Produção Integrada no Brasil. In: ZAMBOLIM, L. *et al.* (org.). **Produção Integrada no Brasil**: agropecuária sustentável alimentos seguros. Brasília, DF: MAPA, 2008/2009. cap.2, p.31-58.
- BRASIL. Decreto nº 4.074, de 4 de janeiro de 2002. Regulamenta a Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989, que 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 União**, Brasília, DF, 8 jan. 2002. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2002/d4074.htm. Acesso em: 25 out. 2020.
- BRASIL. Lei nº 7.802, de 11 de julho 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 União**, Brasília, DF, 12 jul. 1989. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l7802.htm. Acesso em: 25 out. 2020.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 20, de 27 de setembro de 2001. Aprova as Diretrizes Gerais para a Produção Integrada de Frutas - DGPIF e as Normas Técnicas Gerais para a Produção Integrada de Frutas - NTGPIF. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 15 out. 2001.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 27, de 30 de agosto de 2010. Estabelece as diretrizes gerais com vistas a fixar preceitos e orientações para os programas e projetos que fomentem e desenvolvam a Produção Integrada Agropecuária (PI-Brasil), sem prejuízo das demais disposições regulamentadoras. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 31 ago. 2010.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Política Agrícola. **Projeções do agronegócio: Brasil 2018/19 a 2028/29 - projeções de longo prazo**. Brasília, DF: MAPA, 2019. 107p. Disponível em: http://www.sapc.embrapa.br/arquivos/consorcio/informe_estadistico/Projecao_do_Agronegocio_2018_2019_a_2028_29.pdf. Acesso em: 25 out. 2020.
- BUHLER, D.D.; LIEBMAN, M.; OBRYCKI, J.J. Theoretical and practical challenges to an IPM approach to weed management. **Weed Science**, v.48, n.3, p.274-280, June 2000.
- CHARUDATTAN, R. Biological control of weeds by means of plant pathogens: significance for integrated weed management in modern agro-ecology. **BioControl**, v.46, n.2, p.229-260, June 2001.
- CROW, J.F. Genetics of insect resistance to chemicals. **Annual Review of Entomology**, v.2, p.227-246, 1957.
- EDGE, V.E.; JAMES, D.G. Organo-tin resistance in *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) in Australia. **Journal of Economic Entomology**, v.79, n.6, p.1477-1483, Dec. 1986.
- FERGUSON-KOLMES, L.A.; SCOTT, J.G.; DENNEHY, T.J. Dicofol resistance in *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae): cross-resistance and pharmacokinetics. **Journal of Economic Entomology**, v.84, n.1, p.41-48, Feb. 1991.

- FLECK, N.G.; RIZZARDI, M.A.; AGOSTINETTO, D. Nível de dano econômico como critério para tomada de decisão no controle de guanxuma em soja. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v.20, n.3, p.421-429, 2002.
- FONTES, J.R.A. et al. **Manejo Integrado de Plantas Daninhas**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2003. 48p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 103).
- FRAC. **List of first confirmed cases of plant pathogenic organisms resistant to disease control agents**. ed.rev. Basel, Suíça: FRAC, 2020. 76p. Disponível em: https://www.frac.info/docs/default-source/publications/list-of-resistant-plant-pathogens/list-of-first-confirmed-cases-of-plant-pathogenic-organisms-resistant-to-disease-control-agents_05_2020.pdf?sfvrsn=7073499a_2. Acesso em: 25 out. 2020.
- GRIGORI, P. **Afinal, o Brasil é o maior consumidor de agrotóxico do mundo?** Rio de Janeiro: FIOCRUZ-CEE, 2019. Disponível em: <https://cee.fiocruz.br/?q=node/1002>. Acesso em: 25 out. 2020.
- HARTLEY, C.J. et al. Amplification of DNA from preserved specimens shows blowflies were preadapted for the rapid evolution of insecticide resistance. **The Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America**, Washington, v.103, n.23, p.8757-8762, June 2006.
- HERBICIDE RESISTANCE ACTION COMMITTEE. **International Herbicide-Resistant Weed Database**. [S.l.]: WeedScience.org, 2021. Disponível em: <http://weedscience.org/Home.aspx>. Acesso em: 25 out. 2020.
- HOLM, L.G. et al. **The world's worst weeds: distribution and biology**. Honolulu: University Press of Hawaii, 1977. 610p.
- HOLT, J.S.; LEBARON, H.M. Significance and distribution of herbicide resistance. **Weed Technology**, Champaign, v.4, n.1, p.141-149, Mar. 1990.
- IBAMA. **Boletins anuais de produção, importação, exportação e vendas de agrotóxicos no Brasil**. Brasília, DF: IBAMA, 2021. Disponível em: http://www.ibama.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=594&Itemid=5. Acesso em: 29 jul. 2021.
- INMETRO. Portaria nº 433, de 23 de novembro de 2011. Aprova a revisão dos Requisitos de Avaliação da Conformidade para Produção Integrada Agropecuária – PI Brasil, disponibilizados no sítio www.inmetro.gov.br. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, p.106, 24 nov. 2011. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC001761.pdf>. Acesso em: 25 out. 2020.
- IRAC. **Prevention and management of insecticide resistance in vectors of public health importance**. 2.ed. [S.l.]: IRAC, 2011. 71p. Disponível em: https://irac-online.org/content/uploads/VM-Layout-v2.6_LR.pdf. Acesso em: 25 out. 2020.
- IWASSAKI, L.A. et al. Estratégias de controle do ácaro rajado (*Tetranychus urticae* koch): comparação entre sistemas de produção convencional e Produção Integrada de Morango (PIMO). In: SEMINÁRIO BRASILEIRO DE PRODUÇÃO INTEGRADA DE FRUTAS, 11.; SEMINÁRIO SOBRE SISTEMA AGROPECUÁRIO DE PRODUÇÃO INTEGRADA, 3., 2009, Petrolina. **Anais [...]**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido: Valexport, 2009. Tema: Produção Integrada: base de sustentabilidade para a agropecuária brasileira. 1 CD-ROM.
- KOGAN, M.; BAJWA, W.I. Manejo Integrado de Pragas: uma realidade mundial? **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v.28, n.1, p.1-25, mar. 1999.
- MACIEL-ZAMBOLIM, E. et al. Produção Integrada de Café. In: ZAMBOLIM, L. et al. (org.). **Produção Integrada no Brasil: agropecuária sustentável alimentos seguros**. Brasília, DF: MAPA, 2008/2009. cap.13, p.341-443.
- MUNFORD, J.D.; NORTON, G.A. Economics of decision making in pest management. **Annual Review of Entomology**, v.29, p.157-174, 1984.
- NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; ZUCCHI, R.A. **Entomologia econômica**. São Paulo: Livrocere, 1981. 314p.
- NORGAARD, R.B. The economics of improving pesticide use. **Annual Review of Entomology**, v.21, p.45-60, 1976.
- OILB (ed.). **Introduction a la lutte intégrée en vergers de pommiers**. [S.l.]: DGRST, 1969. 64 p. Broch. 1
- OMOTO, C. Resistência de *Brevipalpus phoenicis* (Acari: Tenuipalpidae) aos produtos químicos na citricultura. In: OLIVEIRA, C.A.L. de; DONADIO, L.C. (ed.). **Leprose dos citros**. Jaboticabal: FUNEP, 1995. p.179-188.
- OPPENORTH, F.J. Biochemistry and genetics of insecticide resistance. In: KERKUT, G.A.; GILBERT, L.I. (ed.). **Comprehensive insect physiology, biochemistry and pharmacology**. Oxford: Pergamon, 1985. v.12, p.731-773.
- OPPENORTH, F.J. Biochemistry of insecticide resistance. **Pesticide Biochemistry Physiology**, v.22, n.2, p.187-193, Oct. 1984.
- PAPA, G. Manejo Integrado de Pragas. In: ZAMBOLIM, L. et al. (ed.). **O que engenheiros agrônomos devem saber para orientar o uso de produtos fitossanitários**. 3.ed. Viçosa, MG: UFV, 2008. cap.6, p.225-257.
- PEDIGO, L.P.; HUTCHINS, S.H.; HIGLEY, L.G. Economic injury levels in theory and practice. **Annual Review Entomology**, v.31, p.341-368, 1986.
- PEREIRA FILHO, I.A.; BORGHI, E. **Sementes de milho: nova safra, novas cultivares e continua a dominância dos transgênicos**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2020. 59p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 251).
- PICANÇO, M.C. **Manejo Integrado de Pragas**. Viçosa, MG: UFV, 2020. 144p.
- PICANÇO, M.C. et al. Manejo Integrado de Pragas. In: ZAMBOLIM, L.; SILVA, A.A. da; PICANÇO, M.C. (ed.). **O que engenheiros agrônomos devem saber para orientar o uso de produtos fitossanitários**. 4.ed. Viçosa, MG: UFV, 2014. cap.11, p.389-436.
- PIMPRALE, S.S. et al. Increased susceptibility of pyrethroid-resistant tobacco budworm (Lepidoptera: Noctuidae) to chlorfenapyr. **Journal of Economic Entomology**, v.90, n.1, p.49-54, Feb. 1997.
- PORTOCARRERO, M.A.; KOSOSKI, A.R. Alimentos seguros: uma política de governo. In: ZAMBOLIM, L. et al. (org.). **Produção Integrada no Brasil: agropecuária sustentável alimentos seguros**. Brasília, DF: MAPA, 2008/2009. cap.1, p.11-29.
- POTTER, H. **Por hectare, Brasil não é país que mais usa agroquímicos**. [S.l.]: DW Brasil, 2018. Disponível em: <https://www.dw.com/pt-br/por-hectare-brasil-n%C3%A3o-%C3%A9-pa%C3%ADs-que-mais-usa-agroqu%C3%ADmicos/a-4442985#:~:text=O%20presidente%20da%20Bayer%20no,Brasil%20%C3%A9%20um%20grande%20produtor.&text=%22H%C3%A1%20>

uma % 20 m % C 3 % A 1 % 2 0
percep % C 3 % A 7 % C 3 % A 3 % 2 0
de, gosta % 20 do % 20 uso % 20 de % 20
agroqu % C 3 % A Dmicos. Acesso em: 25 out.
2020.

RAMOS, H.H.; PIO, L.C. Tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários. In: ZAMBOLIM, L. *et al.* (ed.). **O que engenheiros agrônomos devem saber para orientar o uso de produtos fitossanitários**. 3.ed. Viçosa, MG: UFV, 2008. cap.7, p.155-224.

RUESINK, W.G. Analysis and modeling in pest management. In: METECALF, R.L.; LUCKMANN, W.H. (ed.). **Introduction to insect pest management**. New York: John Wiley, 1975. p.353-376.

SATO, M.E. **Resistência é um sério problema para a agricultura**. [S.l.]: Infobibos, 2009. Disponível em: http://www.infobibos.com.br/Artigos/2009_2/Resistencia/Index.htm. Acesso em: 25 out. 2020.

SATO, M.E. *et al.* Abamectin resistance in *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae): selection, cross-resistance and stability of resistance. **Neotropical Entomology**, v.34, n.6, p.991-998, Nov./Dec. 2005.

SCHUMANN, G.L.; D'ARCY, C.J. Chemicals to protect plants: pesticides. In: SCHUMANN, G.L.; D'ARCY, C.J. **Hungry planet:**

stories of plant diseases. St. Paul, MN: APS Press, 2012. cap.8.

SILVA, A.A. da; LANGARO, A.C.; FERREIRA, E.A. Resistência de plantas daninhas a herbicidas. In: ZAMBOLIM, L. (ed.). **O que engenheiros agrônomos devem saber para orientar corretamente o uso de produtos fitossanitários**. 5. ed. ampl. Viçosa, MG: UFV, 2019. cap.9, p.429-461.

STERN, V.M. *et al.* The integration of chemical and biological control of the spotted alfalfa aphid: the integrated control concept. **Hilgardia**, v.29, n.2, p.81-101, Oct. 1959.

VARGAS, L. *et al.* **Resistência de plantas daninhas a herbicidas**. Viçosa, MG: Jard, 1999. 131p.

VICTÓRIO FILHO, R. Estratégias de manejo de plantas daninhas. In: ZAMBOLIM, L. *et al.* (ed.). **O que engenheiros agrônomos devem saber para orientar o uso de produtos fitossanitários**. Viçosa, MG: UFV, 2008. cap.9, p.397-464.

ZADOKS, J.C.; SCHEIN, R.D. **Epidemiology and plant disease management**. New York: Oxford University Press, 1979. 427p.

ZAMBOLIM, L. Manejo Integrado de Doenças de Plantas. In: ZAMBOLIM, L. (ed.). **O que engenheiros agrônomos devem saber**

para orientar corretamente o uso de produtos fitossanitários. 5. ed. ampl. Viçosa, MG: UFV, 2019a. cap.5, p.247-299.

ZAMBOLIM, L. Resistência de fungos a fungicidas. In: ZAMBOLIM, L. *et al.* (ed.). **O que engenheiros agrônomos devem saber para orientar o uso de produtos fitossanitários**. 3.ed. Viçosa, MG: UFV, 2008. cap.8, p.359-395.

ZAMBOLIM, L. Resistência de fungos a fungicidas inibidores da biossíntese do ergosterol e da succinato desidrogenase. In: ZAMBOLIM, L. (ed.). **O que engenheiros agrônomos devem saber para orientar corretamente o uso de produtos fitossanitários**. 5. ed. ampl. Viçosa, MG: UFV, 2019b. cap.8, p.373-427.

ZAMBOLIM, L. Vulnerabilidade no controle químico da ferrugem-asiática da soja com o emprego de fungicidas sistêmicos de mecanismo de ação específico. In: ZAMBOLIM, L. (ed.). **O que engenheiros agrônomos devem saber para orientar corretamente o uso de produtos fitossanitários**. 5. ed. ampl. Viçosa, MG: UFV, 2019c. cap.7, p.325-372.

ZAMBOLIM, L. *et al.* Produção Integrada da Batata. In: ZAMBOLIM, L. *et al.* (org.). **Produção Integrada no Brasil: agropecuária sustentável alimentos seguros**. Brasília, DF: MAPA, 2008/2009. cap.11, p.261-328.

Plantas Alimentícias Não Convencionais

Acesse www.epamig.br em publicações disponíveis e baixe gratuitamente estas cartilhas.

EPAMIG AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO MINAS GERAIS GOVERNO DIFERENTE. ESTADO EFICIENTE.

INSTRUÇÕES AOS AUTORES

INTRODUÇÃO

O Informe Agropecuário é uma publicação seriada, periódica, trimestral, de caráter técnico-científico. 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, universidades, escolas federais e/ou estaduais de ensino agropecuário, produtores rurais, empresários e demais interessados. É peça importante para 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 e Informação Tecnológica da EPAMIG e pela Comissão Editorial de Publicações e Informação Tecnológica, 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 no pen-drive ou por e-mail, no programa Microsoft Word, fonte Arial, corpo 12, espaçamento entrelinhas 1,5, parágrafo automático, justificado, em páginas formato A4 (21,0 x 29,7cm).

As tabelas e 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 uma tabela/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 crédito do autor. Enviar os arquivos originais das câmeras digitais em JPG fora do Word. O uso de imagens de pessoas identificáveis não pertencentes ao quadro da EPAMIG e não sendo autores do artigo, só será permitido mediante envio de Autorização de Uso de Imagem, devidamente assinada. As fotografias digitalizadas devem ter resolução mínima de 300 DPIs no formato mínimo de 15 x 10 cm na extensão JPG.

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.

Mapas desenvolvidos por meio de softwares ou capturados na internet devem ser enviados em PDF ou JPG.

PRAZOS E ENTREGA DOS ARTIGOS

Os autores 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 de Português e pela Normalização. A não observância a essas normas trará as seguintes implicações:

- a) os autores convidados pela Empresa terão seus trabalhos excluídos da edição;
- b) os autores 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 no pen-drive ou por e-mail, já revisados tecnicamente, 120 dias antes da data prevista para circular a revista. Não serão aceitos artigos entregues fora desse prazo ou após o início da revisão de português 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:

- a) **título (português/inglês):** deve ser claro, conciso e indicar a ideia central do artigo, podendo ser acrescido de subtítulo. Devem-se evitar abreviaturas, parênteses, fórmulas e nomes científicos que dificultem a sua compreensão;
- b) **nome do(s) autor(es):** deve ser completo com entrada pelo prenome, acrescido de 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, epamigsul@epamig.br;
- c) **resumo/abstract:** constitui um texto conciso, com dados relevantes sobre o conteúdo do artigo. Deve conter de 100 a 250 palavras;
- d) **palavras-chave/keywords:** logo após o resumo, devem constar palavras ou expressões que representem o conteúdo do artigo, com iniciais maiúsculas e separadas por ponto. Não devem ser utilizadas palavras já contidas no título do artigo e expressões com mais de três palavras;
- e) **texto:** deve ser constituído de: Introdução, Desenvolvimento e Considerações finais. A Introdução deve ser breve e focar o objetivo do artigo;
- f) **agradecimento:** elemento opcional;
- g) **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.

CURSOS SUPERIORES

EPAMIG

Conhecimento teórico e prático em um só lugar.

EPAMIG ASCOM - DEZ/21

EPAMIG ITAC

Instituto Técnico Agropecuária e Cooperativismo

Agropecuária de Precisão



EPAMIG ILCT

Instituto de Laticínios Cândido Tostes

Tecnologia em Laticínios



Com a inclusão dos institutos da EPAMIG na rede de ensino superior do Estado de Minas Gerais, ficou ainda mais fácil você se tornar um profissional de ponta, alinhado com as necessidades do mercado em pesquisa e desenvolvimento de tecnologias para o campo.

Acesse e conheça os cursos:

www.epamig.br



AGRICULTURA,
PECUÁRIA E
ABASTECIMENTO



MINAS
GERAIS

GOVERNO
DIFERENTE.
ESTADO
EFICIENTE.





Cafecultura do Cerrado

Este livro, de 564 páginas, reúne o que há de mais atual em informações tecnológicas específicas para a cafeicultura do Cerrado, traz uma abordagem do histórico do cultivo nesta região, com destaque em todas as etapas do processo produtivo e informações fundamentais para a gestão eficiente de propriedades cafeeiras.

Publicações - Categorias



Novidades



Livro
Cafecultura do Cerrado

Boletim Técnico
BT 110 – Solo, adubação, produção e incidência do mal-do-Panamá em bananeira "Prata-Anã"

Digital
IA 314 (D) – Tecnologias pós-colheita: inovações e desafios

Digital
IA 313 (D) – Avanços tecnológicos na irrigação

Informe Agropecuário
IA 314 – Tecnologias pós-colheita: inovações e desafios

Livro
Cochonilhas do cafeeiro no Brasil e seus inimigos naturais: uma síntese

A Livraria Epamig foi reestruturada para maior acessibilidade do público e ampliar a visibilidade das publicações da pesquisa agropecuária. Com um novo layout que facilita a navegação, traz comodidades para os clientes como a opção de pagamento pelo Pix.

Confira na Livraria Epamig a Revista Informe Agropecuário também em versão digital, a partir da edição de nº 300!

www.livrariaepamig.com.br

