

Editores:
Marcelo Coutinho Picanço
Mayara Cristina Lopes
Gerson Adriano Silva

TÓPICOS DE MANEJO INTEGRADO DE PRAGAS I

UFV

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa – Campus Viçosa**

T674
2021

Tópicos de manejo integrado de pragas I [recurso eletrônico] / editores Marcelo Coutinho Picanço, Mayara Cristina Lopes [e] Gerson Adriano Silva e vários autores -- Viçosa, MG : UFV, Departamento de Entomologia, 2021.

1 livro eletrônico (338 p.)

Disponível em: <http://www.protecaodeplantas.ufv.br/>

Inclui bibliografia.

ISBN 978-65-88874-02-8

1. Pragas – Controle integrado. 2. Inseticidas. 3. Insetos como transmissores de doenças das plantas. 4. Produtos químicos agrícolas – Aplicação. 5. Pragas urbanas. 6. Fungos entomopatogênicos. I. Picanço, Marcelo Coutinho, 1958-. II. Lopes, Mayara Cristina, 1989-. III. Silva, Gerson Adriano, 1979-. IV. Universidade Federal de Viçosa. Centro de Ciências Biológicas e da Saúde. Departamento de Entomologia.

CDD 22. ed. 632.9517

Bibliotecária responsável: Alice Regina Pinto Pires CRB6 2523

Agradecimentos

As instituições a que pertencem os pesquisadores que são autores dos capítulos desse livro, pelo suporte e apoio a cada um de nós.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo apoio à pós-graduação e à pesquisa no Brasil, pelos recursos e bolsas concedidos aos pesquisadores que são autores dos capítulos desse livro. Recursos esses que foram essenciais para a geração do conhecimento contido nesse livro.

A Pós-graduação *Lato Sensu* em Proteção de Plantas da Universidade Federal de Viçosa e ao Mestrado Profissional em Defesa Sanitária Vegetal da Universidade Federal de Viçosa pelo apoio para a produção e publicação deste livro.

Prefácio

Este livro foi idealizado para que os assuntos de seus capítulos fossem apresentados no I Workshop de Manejo Integrado de Pragas. Esse evento foi realizado de forma gratuita e online de 17 a 20 de novembro de 2021 e ele teve 1.343 inscritos de todas as regiões do Brasil e de vários países do mundo. As transmissões das sete mesas redondas desse Workshop tiveram mais de 2.500 (cerca de 850 por mesa redonda) no canal do YouTube do Grupo de Estudos em Entomologia da UFV – Insectum da Universidade Federal de Viçosa.

Este livro e o I Workshop de Manejo Integrado de Pragas fizeram parte das atividades da disciplina de pós-graduação ENT 670 (Manejo Integrado de Pragas) da Universidade Federal de Viçosa. Os capítulos desse livro têm como autores 35 pesquisadores pertencentes a onze instituições públicas e privadas.

Autores

Adryel Kayro Oliveira Adorno Laurindo: Universidade Federal de Jataí, Programa de Pós-graduação em Agronomia, Jataí, GO.

Alírio Felipe Alves Netto: Universidade Federal de Viçosa, Programa de Pós-graduação em Entomologia, Viçosa, MG.

Alisson Franco Torres da Silva: Universidade Federal do Piauí, Programa de Pós Graduação em Ciências Agrárias, Bom Jesus, PI.

Camila Oliveira Santos: Universidade Federal de Viçosa, Programa de Pós-graduação em Entomologia, Viçosa, MG.

Carlos Luiz Vieira: Universidade do Estado de Mato Grosso, Programa de Pós-graduação em Ambiente e Sistema de Produção Agrícola, Tangará da Serra, MT.

Carolina de Oliveira Soares: Universidade Federal de Viçosa, Programa de Pós-graduação em Entomologia, Viçosa, MG.

Daniel Maciel Marques: Universidade Federal de Viçosa, Programa de Pós-graduação em Entomologia, Viçosa, MG.

Douglas da Silva Ferreira: Universidade Federal de Viçosa, Programa de Pós-graduação em Entomologia, Viçosa, MG.

Eliseu José Guedes Pereira: Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Entomologia, Viçosa, MG.

Everaldo Antônio Lopes: Universidade Federal de Viçosa - Campus Rio Paranaíba, Instituto de Ciências Agrárias, Rio Paranaíba, MG.

Felipe Silva Oliveira: Universidade Federal do Ceará, Programa de Pós-graduação em Agronomia, Fortaleza, CE.

Fernanda de Aguiar Coelho: Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal, Diamantina, MG.

Francisco Cláudio Lopes de Freitas: Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Agronomia, Viçosa, MG.

Gabriel Henrique Pio: Universidade Federal de Viçosa, Programa de Pós-graduação em Entomologia, Viçosa, MG.

Gerson Adriano Silva: Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, Campos dos Goytacazes, RJ.

Jéssica Letícia Abreu Martins: Universidade Federal de Viçosa, Programa de Pós-graduação em Entomologia, Viçosa, MG.

Jhersyka da Silva Paes: Universidade Federal de Viçosa, Programa de Pós-graduação em Entomologia, Viçosa, MG.

Juliana Giovannini Medeiros: Universidade Federal do Tocantins, Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal, Gurupi, TO.

Juliana Lopes dos Santos: Universidade Federal do Tocantins, Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal, Gurupi, TO.

Laís Viana Paes Mendonça: Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal, Campos dos Goytacazes, RJ.

Leandro Bacci: Universidade Federal de Sergipe, Departamento de Engenharia Agrícola, Aracaju, SE.

Luana Lima Melo: Universidade Federal do Ceará, Programa de Pós-graduação em Agronomia, Fortaleza, CE.

Marcelo Coutinho Picanço: Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Entomologia, Viçosa, MG.

Mateus de Castro Matos: Universidade Federal do Ceará, Programa de Pós-graduação em Agronomia, Fortaleza, CE.

Mayara Barreto de Souza Arantes: Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal, Campos dos Goytacazes, RJ.

Mayara Cristina Lopes: Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Entomologia, Viçosa, MG.

Mayara Moledo Picanço: Universidade Federal de Viçosa, Programa de Pós-graduação em Entomologia, Viçosa, MG.

Mônica Carvalho de Sá: Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal, Diamantina, MG.

Pedro Inocência Silveira: Universidade Federal de Viçosa, Programa de Pós-graduação em Entomologia, Viçosa, MG.

Renata Cordeiro dos Santos: Universidade Federal de Viçosa, Programa de Pós-graduação em Entomologia, Viçosa, MG.

Richard Ian Samuels: Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, Campos dos Goytacazes, RJ.

Robert Lorrán Rodrigues Gandra: Universidade Federal de Viçosa, Programa de Pós-graduação em Entomologia, Viçosa, MG.

Rodrigo Soares Ramos: Provivi, Inc., Nova Mutum, MT.

Royner Josue Ortiz Rojas: Universidade Federal de Viçosa, Programa de Pós-graduação em Entomologia, Viçosa, MG.

Tarcísio Visintin da Silva Galdino: Sumitomo Chemical do Brasil, Mogi Mirim, SP.

Sumário

Resumo	1
Abstract	2
Capítulo 1 Misturas de inseticidas e acaricidas	3
Capítulo 2 Uso de óleos e siliconados no controle de pragas	54
Capítulo 3 Uso de atraentes, repelentes e desalojantes em programas de manejo integrado de pragas	85
Capítulo 4 Tecnologia de aplicação de inseticidas e acaricidas	137
Capítulo 5 Uso de fungos entomopatogênicos no controle de pragas	200
Capítulo 6 Manejo integrado de pragas urbanas	249
Capítulo 7 Manejo integrado de insetos e ácaros vetores de fitopatógenos	302

RESUMO

Este livro possui sete capítulos. O primeiro é sobre misturas de inseticidas e acaricidas e nele é abordado os seus tipos, vantagens e limitações, grupos de pesticidas, impactos sobre as pragas, saúde humana e insetos benéficos, legislação no Brasil e critérios de seleção de seus componentes. O segundo trata sobre as propriedades, uso, toxicidade, limitações e legislação do uso de óleos e siliconados no controle de pragas. O terceiro aborda sobre semioquímicos, atraentes, repelentes e desalojantes e seus usos na tomada de decisão e controle de pragas. O quarto é sobre a tecnologia de aplicação de inseticidas e acaricidas e nele é abordado os métodos, equipamentos, calibração e influência do ambiente nestas aplicações. No quinto é abordada a classificação, mecanismos de ação, fatores favoráveis, tecnologia de aplicação, interações endofíticas, principais espécies e produção *on farm* e industrial de fungos entomopatogênicos. No sexto é abordado sobre os problemas, identificação, bioecologia, fatores favoráveis, pontos críticos de controle, tomada de decisão e métodos de controle de pragas em ambientes urbanos. Já o sétimo é sobre insetos e ácaros vetores de fitopatógenos e nele são descritos os principais grupos destas pragas, formas de transmissão, dinâmica espaço-temporal, tomada de decisão e métodos de controle.

ABSTRACT

This book has seven chapters. The first is about mixtures of insecticides and acaricides and it addresses their types, advantages and limitations, pesticide groups, impacts on pests, human health and beneficial insects, legislation in Brazil and selection criteria for their components. The second deals with the properties, use, toxicity, limitations and legislation on the use of oils and silicones in pest control. The third deals with semiochemicals, attractants, repellants and dislodging agents and their uses in decision-making and pest control. The fourth is about the application technology of insecticides and acaricides and it addresses the methods, equipment, calibration and influence of the environment on these applications. The fifth deals with classification, mechanisms of action, favorable factors, application technology, endophytic interactions, main species and on-farm and industrial production of entomopathogenic fungi. The sixth deals with problems, identification, bioecology, favorable factors, critical control points, decision-making and pest control methods in urban environments. The seventh is about insects and mites vectors of phytopathogens and it describes the main groups of these pests, transmission forms, spatiotemporal dynamics, decision-making and control methods.

CAPÍTULO 1

MISTURAS DE INSETICIDAS E ACARICIDAS

Juliana L. Santos, Royner J.O. Rojas, Gabriel H. Pio, Alírio F. Alves Netto, Tarcísio V.S. Galdino, Marcelo C. Picanço

1. Introdução

Nas misturas de pesticidas são aplicados conjuntamente dois ou mais produtos no controle das pragas (Cloyd 2011). As misturas podem ser comerciais ou de tanque. As misturas comerciais são feitas por empresas especializadas que registram as mesmas nos órgãos federais e estaduais seguindo a legislação sobre o assunto. Já as misturas de tanque são feitas na própria propriedade e nelas também são aplicados conjuntamente dois ou mais produtos no controle das pragas (Gazziero 2015, Das 2014).

No Brasil, 97% dos produtores rurais usam misturas no controle de pragas, doenças e plantas daninhas (Gazziero 2015). O uso de misturas de pesticidas se deve a ela reduzir os custos de aplicação, as vantagens operacionais e a possibilidade de se

atingir múltiplos alvos de controle. Entretanto, o uso de misturas pode causar efeitos adversos como o aumento dos riscos ecotoxicológicos dos produtos aplicados, a fitotoxicidade e a baixa eficiência de controle das pragas (Cloyd 2011).

Apesar da ampla utilização de misturas de pesticidas nos cultivos é pequeno o conhecimento nesta área, sobretudo quando se trata de misturas de inseticidas e acaricidas. Na maioria das vezes nas misturas de tanque os produtos são selecionados sem o uso de critérios mais adequados o que faz com essas aplicações não tenham um bom controle das pragas e tenham impactos negativos no ambiente e aumentem os riscos à saúde das pessoas. Neste contexto, é muito importante para os técnicos, pesquisadores e produtores rurais a reunião do conhecimento existente sobre este assunto. Assim, visando preencher parte da lacuna do conhecimento, esse capítulo de livro tem o objeto de reunir o conhecimento atual sobre o uso das misturas de inseticidas e acaricidas no controle de pragas nos cultivos.

2. Tipos de misturas

Para o manejo de pragas na agricultura são usados dois tipos de misturas, uma é a mistura de tanque que consiste em colocar diferentes fitossanitários no mesmo recipiente para aplicar (Gazziero 2015), e a outra é a mistura de diferentes ingredientes ativos num mesmo produto comercial, esses ingredientes ativos podem ter efeito inseticida ou acaricida, com diferentes modos de ação e reagindo de diferentes maneiras contra o organismo alvo (Yu 2014). As misturas são feitas pelos produtores, geralmente com o objetivo de atingir múltiplos alvos.

2.1. Misturas comerciais

Muitas vezes os inseticidas e acaricidas são utilizados nos processos agrícolas com a função única de matar as pragas, porém, os inseticidas e acaricidas cumprem um papel maior de proteger os cultivos contra os insetos e ácaros pragas, atuando com diferentes mecanismos além da eliminação.

Foi feito um levantamento com as principais culturas e suas principais pragas, para sabermos a composição dos produtos comerciais, se são misturas comerciais ou produtos isolados. Esses dados estão disponíveis na Tabela 1.1.

Tabela 1.1. Produtos comerciais (em mistura ou não) registrados Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento para uso no Brasil para o controle de pragas importantes nos cultivos de algodão, batata, café, citros, maçã, melão, milho, soja e tomate.

Cultura	Praga	Nº total de produtos	Tipo de produto (%)	
			Mistura	Não mistura
Algodão	<i>Anthonomus grandis</i>	124	16,94	83,06
	<i>Heliothis virescens</i>	147	10,20	89,80
Batata	<i>Diabrotica speciosa</i>	85	23,53	76,47
	<i>Hypothenemus hampei</i>	28	21,43	78,57
Café	<i>Leucoptera coffeella</i>	153	13,07	86,93
	<i>Phyllocoptruta oleivora</i>	115	5,22	94,78
Maçã	<i>Anastrepha fruterculus</i>	25	4,00	96,00
	<i>Lyriomyza huidobrensis</i>	20	25,00	75,00
Milho	<i>Dalbulus maidis</i>	31	29,03	70,97
	<i>Spodoptera frugiperda</i>	243	10,29	89,71
Soja	<i>Crysodeixis includens</i>	24	29,17	70,83
	<i>Nezara viridula</i>	92	21,74	78,26
Tomate	<i>Bemisia tabaci</i>	90	10,00	90,00
	<i>Tuta absoluta</i>	139	11,51	88,49

Fonte: MAPA (2021).

Nesse levantamento foram levantados todos os produtos comerciais cadastrados no MAPA, para os cultivos de algodão, batata, café, citros, maçã, melão, milho, soja e tomate e registradas para suas respectivas principais pragas (Tabela 1.1). Cerca de 15% de todos os produtos comerciais registrados são misturas comerciais, e para algumas culturas como milho e soja, cerca de 30% são misturas comerciais, principalmente devido à grande utilização de misturas no tratamento de sementes (Tabela 1.1).

Na agricultura é importante observar os tipos de produtos comerciais e sua composição utilizada para o cultivo, pois a quantidade de ingredientes ativos influencia no processo de ação dos inseticidas e acaricidas. Existem dois tipos de ingredientes, os ativos e os inertes, sendo que os ingredientes inertes não cumprem a função de combate a pragas, fazendo com que a escolha de composição para o cultivo seja baseada nos ingredientes ativos (Yu 2014).

2.2. Misturas de tanque

A legislação brasileira no decreto nº 4.074 no ano 2002 define as misturas de tanque como “associação de agrotóxicos e afins no tanque do equipamento aplicador, imediatamente antes da aplicação”. As misturas de tanque são comuns no Brasil, 97 % dos produtores aplicam mais de um produto misturado na agricultura devido às suas vantagens. Mas é fundamental saber que misturar fitossanitários é uma técnica bem complexa, podem acontecer diversas situações que afetam a economia do produtor, por isso é recomendável fazer as misturas com a ajuda de um profissional da área (Gazziero 2015). A seguir serão apresentados alguns aspectos a se levar em conta na hora de realizar uma mistura de tanque.

2.2.1. Compatibilidade das substâncias

Existem dois tipos de incompatibilidade de substâncias, a incompatibilidade química e a física. A primeira é quando um produto reduz a eficiência do outro, conhecido como antagonismo (Gazziero 2015) e a segunda é quando os produtos não se misturam

adequadamente fazendo com que a mistura fique heterogênea e possa ser visivelmente observada, além disso pode ocorrer a formação de cristais, aglomerados ou flocos (Della Vechia et al. 2017). Por isso, antes de fazer uma mistura é importante saber se existe literatura sobre o que se quer fazer, ou fazer pré-misturas para ver se são observadas anomalias visíveis. (Gazziero 2015).

2.2.2. Ordem das misturas de tanque

Normalmente nas misturas se usam diferentes produtos além de acaricidas e inseticidas, como por exemplo: fungicidas, fertilizantes, herbicidas e adjuvantes que estão em diferentes tipos de formulações, afetando a diluição se não são misturados na ordem correta. A seguir, é apresentado a ordem de realização das misturas de tanque:

1. Pacotes solúveis em água.
2. Formulações secas: grânulos dispersíveis em água (WG) e pó molhável (WP).
3. Sulfato de amônio, adicionar só sulfato de amônio líquido ou seco.
4. Agentes antideriva secos ou sólidos.

5. Agentes de compatibilidade e antiespumantes. Aguardar 2-3 minutos antes de colocar os próximos produtos.
6. Formulações líquidas dispersas: adicionar formulações líquidas como suspensão concentrada (SC), fluidos (F ou FL), suspo-emulsão (SE), emulsão óleo em água (EW), suspensão de encapsulado (CS).
7. Retardantes de deriva à base de polímeros antes das formulações concentrado emulsionável (EC). Isso permite que o polímero absorva mais água disponível e evite aglomerar-se.
8. Formulações líquidas concentradas como concentrado emulsionável (EC) (esses produtos à base de óleo ou solvente requerem mais tempo para se dispersarem), soluções, dispersão oleosa (OD) e soluções e concentrado solúvel (S ou SL)
9. Adjuvantes.
10. Adicionar micronutrientes e fertilizantes líquidos como zinco, boro, manganês, fertilizantes, cobre e ácidos (Whitford et al. 2012).

3. Vantagens e limitações do uso de misturas

3. 1. Vantagens do uso de misturas

Em seguida serão apresentadas algumas das vantagens que se tem quando as misturas são utilizadas com critério técnico.

Uma das principais vantagens é a econômica devido a ser mais barato para o produtor fazer uma aplicação de vários fitossanitários de uma vez, porque assim se aproveita o maquinário, o trabalhador e a água num mesmo momento fazendo uma redução de custos de manejo de pragas (Gazziero 2015, Das 2014).

3.1.1. Redução do custo de aplicação

Em termos médios, cerca de 70% dos custos de controle das pragas é gasto com produtos (inseticidas, acaricidas e adjuvantes). Por outro lado, em média cerca de 30% desses custos é devido a aplicação dos produtos. Portanto, em termos médios quando se aplica a mistura de dois produtos se economiza cerca de 15% ($30\% \div 2$ produtos) do custo de controle da praga. A economia proporcionada pelo uso de misturas de pesticidas depende da topografia do terreno do cultivo, modalidade de aplicação dos produtos e tipo de cultura (Figura 1.1).

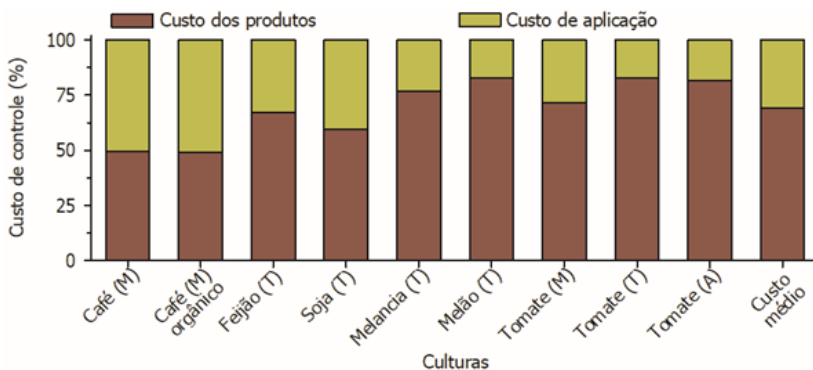


Figura 1.1. Custo dos produtos e de sua aplicação para o controle de pragas em cultivos de café (convencional e orgânico), feijão, soja, melancia, melão e tomate usando pulverização manual (M), por trator (T) ou avião (A). Fontes: Fernandes et al. (2011), Pereira et al. (2017), Moura et al. (2018), Costa et al. (2019), Arcanjo et al. (2021) e Neves (2021).

Em terrenos de topografia mais inclinada as aplicações de pesticidas são manuais e o gasto de mão de obra é maior. Isso é o que acontece com os cultivos de café convencional e orgânico em regiões de montanha, onde cerca de 50% dos custos de controle das pragas é devido a aplicação dos produtos. Nessa situação, quando se aplica a mistura de dois produtos se economiza cerca de 25% ($50\% \div 2$ produtos) do custo de controle da praga (Figura 1.1).

Em aplicações manuais de inseticidas e acaricidas o custo de aplicação é o mais elevado. Já em aplicações com trator o custo de aplicação é o menor. Por outro lado, em aplicações usando avião o custo de controle é um pouco maior do que aquele quando se usa trator. Portanto, em situações em que se usa aplicações manuais (como acontece com os pequenos agricultores) o uso de misturas possibilita maior economia do que para agricultores que usam trator ou avião nessas aplicações (Figura 1.1).

O tipo de cultura influencia também a economia proporcionada pelo uso de misturas. Em cultivos de plantas produtoras de grãos como soja e feijão os inseticidas e acaricidas usados possuem menor preço e nesta situação o custo de aplicação está entre 30 a 40% do custo de controle da praga. Portanto, nos cultivos de plantas produtoras de grãos quando se aplica a mistura de dois produtos se economiza cerca de 15 a 20% do custo de controle da praga. Já em cultivos de hortaliças e fruteiras como tomate, melancia e melão o custo de aplicação está entre 20% do custo de controle da praga. Portanto, em cultivos de hortaliças e fruteiras quando se aplica a mistura de dois produtos se economiza cerca de 10% do custo de controle da praga (Figura 1.1).

3.1.2. Facilidades operacionais

Esta vantagem tem a ver com a vantagem econômica, porque se as misturas ajudam a parte operacional vão a reduzir os custos operacionais. As misturas auxiliam ao produtor, uma vez que caso ele aplique misturas ao invés de apenas um produto por vez, ele fará menos aplicações, o que implica na possibilidade de cobrir uma maior área do cultivo em menor tempo, além disso o maquinário terá menos desgaste mecânico e a pessoas encarregadas da parte operacional da fazenda vão passar menos tempo trabalhando (Gazziero 2015).

3.1.3. Manejo da resistência das pragas aos inseticidas e acaricidas

Outra vantagem é a diminuição da resistência dos organismos alvo, porque quando se misturam ingredientes ativos com diferentes modos de ação, se está atacando aos organismos por vias diferentes levando-o a morte evitando a pressão de seleção de organismos resistentes, ou seja, evitando passar genes de resistência de geração em geração a um ingrediente ativo (Robertson et al. 2007).

3.1.4. Preservação do ambiente

O mundo está passando por um momento difícil na questão ambiental, o recurso hídrico é limitado e a contaminação por emissões de dióxido de carbono (CO²) aumenta pela queima de hidrocarbonetos (Proclima 2021). Quando se aplicam misturas, o número de aplicações de produtos fitossanitários é reduzido, portanto se diminui a emissão de CO² e se poupa água. Outro ponto positivo é que ocorre menor compactação do solo, por passar menos vezes com o maquinário (Gazziero 2015).

3.1.5. Preservação da saúde dos trabalhadores

Ao reduzir o número de aplicações, os empregados que trabalham diretamente com a manipulação de agroquímicos se expõem menos a eles, e o risco de intoxicação diminui.

3. 2. Limitações do uso de misturas

3.2.1. Escassez de conhecimento

O conhecimento técnico é fundamental antes de aplicar misturas de produtos comerciais ou misturas de tanque. É necessário saber com clareza o resultado, porque existem probabilidades de ter resultados negativos, como: antagonismo nos ingredientes ativos onde a eficiência diminui (Hernández et al. 2013).

Quando dois ou mais produtos fitossanitários possuem incompatibilidade química ou física através de sua mistura, (Cloyd 2001) o produtor pode ter diversos prejuízos, como a perda dos produtos, desperdício de água e pontas, mangueiras e filtros entupidas. Outra possibilidade que pode acontecer é que produtos se misturem de maneira homogênea, mas após a aplicação podem causar fitotoxicidade nas plantas (injúria) (Cloyd 2001), por isso é importante contar com o assessoramento de um profissional habilitado antes de trabalhar com misturas de produtos fitossanitários na agricultura.

3.2.2. Impacto sobre as populações de inimigos naturais

O controle biológico é aquele que suprime populações de uma praga por meio de inimigos naturais (Hajek & Eilenberg 2018), por isso manter nos cultivos populações de inimigos naturais é importante, e o uso de inseticidas de amplo espectro misturados causa maior dano às populações de inimigos naturais que aplicando os inseticidas separadamente (Lash et al. 2007).

3.2.3. Impacto sobre o ambiente

Os produtos em misturas podem ser mais tóxicos ao meio ambiente do que quando aplicados separadamente, além disso, as misturas acabam sendo mais persistentes no solo, levando um maior tempo para a degradação de suas moléculas (Figura 1.2).

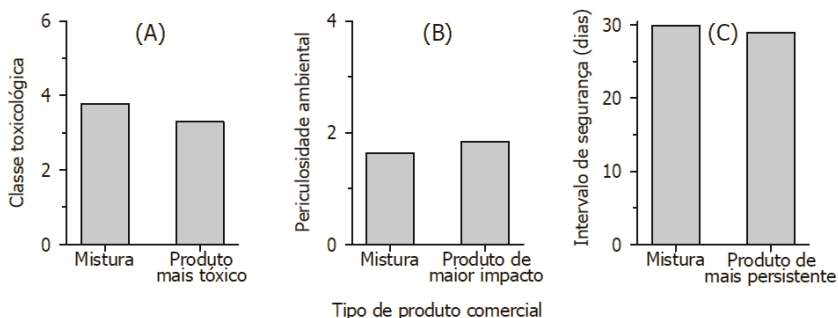


Figura 1.2. Características toxicológicas de misturas registradas no Brasil para controle de insetos e ácaros e do produto da mistura com a pior característica toxicológica: valores médios das (A) classes toxicológicas (1 = extremamente tóxico, 2 = altamente tóxico, 3 = moderadamente tóxico, 4 = pouco tóxico, 5 = improvável de causar dano agudo e 6 = não classificado), (B) classes de periculosidade ambiental (1= altamente perigoso, 2 = muito perigoso, 3 = perigoso e 4 = pouco perigoso) e (C) intervalo de segurança. As culturas e pragas pesquisadas para confecção desta Figura estão listadas na Tabela 1.1. Fonte: MAPA (2021).

3.2.3 Toxicidade dos produtos ao homem

Quando em mistura, os produtos acabam sendo mais tóxicos ao ser humano podendo gerar danos permanentes se expostos a esses produtos com frequência (Hernández et al. 2017) (Figura 1.2).

4. Grupos de pesticidas da mistura

De acordo com o alvo, os pesticidas podem ser classificados como acaricidas (no controle de ácaros), inseticidas (no controle de insetos), fungicidas (no controle de doenças fúngicas) ou herbicidas (no controle de plantas daninhas). As misturas podem conter pesticidas de um ou mais desses grupos. As misturas com apenas um grupo de pesticida contêm dois ou mais acaricidas, dois ou mais inseticidas, dois ou mais fungicidas ou dois ou mais herbicidas. Já as misturas com dois ou mais grupos de pesticidas podem conter inseticidas + herbicidas, inseticidas + fungicidas, ou acaricidas + fungicidas, etc. (Das 2014). Das misturas comerciais registradas no Brasil para o controle de ácaros e insetos 86,57% só contêm acaricidas ou inseticidas, enquanto que 13,43% delas contêm inseticidas + fungicidas. Das misturas comerciais 95,52% contêm dois produtos enquanto que 4,48% delas contêm três produtos (Tabela 1.2).

Tabela 1.2. Grupos químicos das misturas comerciais registradas no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para uso no Brasil no controle de insetos e ácaros. As culturas e pragas pesquisadas para confecção desta Tabela estão listadas na Tabela 1.1.

Grupos químicos	Produtos comerciais registrados no MAPA (%)					
	Benzoiluréias	Carbamatos	Diamidas	Espinosinas	Neonicotinóides	Piretróides
<u>Misturas de dois produtos = 95,52%:</u>						
Avermectinas	1,49%		7,46%			
Carbamatos	4,48%	1,49%			1,49%	2,99%
Diacilhidrazinas				4,48%		
Feniltiouréias						1,49%
Mímicos do hormônio juvenil					1,49%	
Neonicotinóides			2,99%			25,37%
Organofosforados	2,99%					8,96%
Oxadiazinas	1,49%					
Pirazóis	2,99%					1,49%
Piretróides			4,48%			4,48%
Sulfoxaminas						4,48%
Ditiocarbamatos*		1,49%				
Triazóis*			1,49%		5,97%	
<u>Mistura de três produtos (piretróide + pirazol + estrobilurina*) = 4,48%</u>						

* Pesticidas usados na mistura para o controle de doenças fúngicas. Fonte: MAPA (2021).

Além disso, as misturas podem conter inseticidas de um ou mais grupos químicos ou modos de ação. Examinando as misturas comerciais para o controle das principais pragas no Brasil se verifica que 91% das misturas contêm inseticidas ou acaricidas diferentes modos de ação ou grupos químicos. Por outro lado, 9% dessas misturas contêm inseticidas ou acaricidas do mesmo grupo químico e mesmo modo de ação. O grupo de inseticidas com mais produtos registrados em misturas comerciais no Brasil são os piretróides (53,73%), seguido das diamidas (16,42%), benzoiluréias (13,43%) e neonicotinóides (8,96%) (Tabela 1.2).

5. Efeitos das misturas sobre as pragas.

A mistura de pesticidas é uma tática comumente utilizada por produtores, visando um maior controle de artrópodes pragas (insetos e ácaros) encontrados nas lavouras (St. Clair et al. 2020). No entanto, apesar de apresentar benefícios como uma maior mortalidade de pragas, essa prática pode apresentar problemas como antagonismo, incompatibilidade e fitotoxicidade, que devem ser considerados antes da mistura de quaisquer produtos (Cloyd 2009).

Quando em uma mistura, os produtos podem agir de forma imprevisível, podendo resultar ou não, em um melhor controle de pragas (Cloyd 2009). Os inseticidas e acaricidas em mistura, podem agir de três maneiras, podendo ter efeito de: potenciação ou efeito positivo (Das 2014), sinergismo (Cloyd 2010) ou antagonismo (St. Clair et al. 2020).

O efeito de potenciação ocorre quando o efeito combinado dos pesticidas é igual à soma dos efeitos de cada componente quando aplicado separadamente, por exemplo $1+1=2$ (Cloyd 2011, Das 2014). A potenciação causa um aumento do efeito tóxico dos produtos, pois o efeito de um produto é aumentado pelo efeito do outro (Cloyd 2011).

Já o efeito de sinergismo ocorre quando o efeito combinado da mistura é muito maior que a soma dos efeitos dos produtos individualmente, por exemplo $1+1=4$ (St. Clair et al. 2020). Misturas de pesticidas foram consideradas muito eficientes no aumento da toxicidade dos inseticidas no controle de diferentes pragas resistentes em todo o mundo (Khan et al. 2013), quando um produto atuava como sinergista do outro.

Antagonismo ocorre quando na mistura entre produtos, o efeito de um influencia negativamente no efeito do outro. O efeito dos produtos em mistura é menor do que a soma dos efeitos dos produtos quando aplicados separadamente, com isso os produtos demonstram uma eficácia reduzida, por exemplo, $1+1=1$ (Cloyd 2011).

A eficiência do produto, no entanto, pode variar de acordo com a espécie alvo de inseto/ácaro e a sua fisiologia, e também pode variar conforme os mecanismos de resistência da população de pragas (Cloyd 2011, Cloyd 2010).

Apesar da ampla utilização de misturas em campo, é necessário compreender os efeitos das misturas em campo. Existe ainda, a necessidade de determinar quais concentrações de misturas de pesticidas causam efeitos prejudiciais as espécies não-alvo, além de quais interações têm probabilidade de ocorrer (Gazziero 2015).

Muitas vezes, os métodos utilizados para definir o efeito de misturas de agrotóxicos, se baseiam apenas na análise da resposta da mistura e não de cálculos

estatísticos, então não conseguem avaliar adequadamente possíveis efeitos dessa interação, sendo feitas de maneira empírica. O estudo dessas interações é importante para compreender como as misturas afetam os organismos. Além disso, existem métodos mais confiáveis que são aceitos para quantificar os efeitos da interação que ocorre entre os produtos em mistura. A seguir serão apresentados os principais métodos para avaliação dos efeitos das misturas.

5.1. Métodos para avaliação dos efeitos das misturas

5.1.1. Método da análise de ação conjunta

O método mais simples para avaliar os efeitos de uma mistura é a análise de ação conjunta desenvolvida por Sun e Johnson (1960). Para analisar a ação conjunta de dois (ou mais) pesticidas, devem ser determinados os índices de toxicidade reais dos componentes e de sua mistura por curvas de dosagem-mortalidade (Sun & Johnson 1960).

Para definir a toxicidade teórica da mesma mistura é feito o cálculo da porcentagem de cada componente multiplicado pelo seu índice de toxicidade afetiva, portanto é igual à soma dos índices de toxicidade (Sun & Johnson 1960). Então, a toxicidade conjunta (TC) ou coeficiente de co-toxicidade de uma mistura pode ser calculado pela fórmula:

$$TC = \frac{\text{Índice de toxicidade real da mistura}}{\text{Índice teórico de toxicidade da mistura}} \times 100$$

Onde TC é a toxicidade conjunta. Quando o resultado de uma mistura estiver próximo a 100 indica probabilidade de ação semelhante, ou seja, tem efeito de potenciação. Já para ação independente quando a mistura fornece um coeficiente menor que 100, indica ação antagonista (Uma toxicidade significativamente menor do que a do tóxico mais forte da mistura fornecido sozinho, mostra antagonismo). E quando o coeficiente for significativamente acima de 100, fortemente indica sinergismo (Sun & Johnson 1960).

5.1.2. Método do índice de combinação

Outra forma de estabelecer se as misturas são potenciadoras, sinérgicas ou antagônicas, é através do índice de combinação (IC) descrito por Chou & Talalay (1984) que usa o cálculo da CL_{50} (Concentração Letal Média) para determinar o IC (Willmott et al. 2013).

O índice de combinação tem sido amplamente utilizado para determinar as interações toxicológicas de drogas em farmacologia (Chou & Talalay 1984). Também tem sido usado em pesquisas entomológicas para avaliar os efeitos potenciadores, sinérgicos e antagônicos de misturas de pesticidas (Willmott et al. 2013). Esse cálculo também pode ser utilizado para definir o efeito de misturas pesticidas em que os bioensaios de pesticidas individuais não forneceram valores de CL_{50} definitivos, pois, apesar do fato dessas misturas não refletirem seus verdadeiros valores, as tendências de sinergismo, antagonismo e potenciação não irão mudar (Willmott et al. 2013).

Para calcular o índice de combinação é usada a seguinte fórmula:

$$IC_x = \frac{CL_x^{1m}}{CL_x^1} + \frac{CL_x^{2m}}{CL_x^2} + \left(\frac{CL_x^{1m}}{CL_x^1} \times \frac{CL_x^{2m}}{CL_x^2} \right)$$

Onde: CL_x^{1m} e CL_x^{2m} são as doses letais médias dos inseticidas 1 e 2, respectivamente, utilizados na mistura na mortalidade X; CL_x^1 e CL_x^2 são as doses letais médias dos inseticidas 1 e 2, que quando usados sozinhos tem a capacidade de produzir a mesma mortalidade X. Com base no cálculo, um valor de IC <1 indica sinergismo, >1 demonstra antagonismo e =1 corresponde ao efeito aditivo ou de potenciação.

Os valores de CL_{50} variam conforme a espécie praga a ser avaliada, portanto devem ser realizados bioensaios individuais para cada praga alvo da mistura. A Concentração Letal Média é a concentração de uma substância que causa a mortalidade da metade dos indivíduos de uma população e nesse caso pode ser avaliada com concentrações em série para se definir a CL_{50} da população da espécie avaliada (Willmott et al. 2013).

5.1.3. Método das razões de potência

Outro método de calcular é o descrito Ahmad (2004) baseado nas razões de potência.

As razões de potência (RPs) podem ser determinadas dividindo-se os valores de concentração letal (CL) estimadas das misturas, calculados para ação conjunta, e os valores de CL experimentais podem ser observados na forma de bioensaio, onde o percentual de mortalidade é calculado. O valor CL estimado de uma mistura de A e B foi calculado da seguinte forma:

$$RP = CL \text{ Estimada (A+B)} = 1\mu_A / CL (A) + \mu_B / CL (B)$$

Onde μ_A e μ_B representam a proporção do composto A e B na mistura; $\mu_A + \mu_B = 1$.

E como resultados, podemos afirmar que: se $PR = 1$, a mistura é considerada como tendo ação aditiva/potenciadora; se $PR < 1$, mostra uma ação antagônica; e se $RP > 1$, exibe uma ação sinérgica.

5.2. Tipos de efeitos das misturas

5.2.1. Potenciação ou efeito positivo.

A potenciação, adição ou efeito positivo é um dos efeitos que pode ocorrer na mistura de pesticidas. Potenciação envolve o aumento do efeito tóxico de uma mistura de pesticidas, que por si só já são prejudiciais, sobre uma população de artrópodes praga (Cloyd 2011). É a toxicidade total resultante da combinação de dois ou mais pesticidas, ou seja, é igual à soma da toxicidade de cada produto quando aplicado isoladamente, onde o efeito de um é aumentado pelo outro (Petter et al. 2013).

Espera-se que as misturas potencializadoras forneçam um controle equivalente ou melhor em doses de aplicação mais baixas do que as utilizadas normalmente, reduzindo custos e o impacto ambiental (Cloyd 2011). Na literatura existem vários estudos feitos com misturas, demonstrando que algumas misturas têm efeito potencializador no controle de artrópodes-praga.

As combinações dos pesticidas acetamiprido (neonicotinóide), bifenazato, buprofezina (tiadiazinona) e clorfenapir (análogo de pirazol), exibiram atividade de potenciação, pois todas as misturas de pesticidas foram eficazes contra as populações de mosca branca *Bemisia tabaci* Genn.) e ao ácaro rajado *Tetranychus urticae* Koch, com base na porcentagem de mortalidade (Cloyd 2011).

Misturas do inseticida/acaricida abamectina e do fungicida triforine forneceu 95% de controle de ácaro rajado em adultos, larvas e ovos, demonstrando que a mistura foi potencializada pelos componentes (Cloyd 2011).

O controle do Ácaro rajado obtido com a mistura dos acaricidas fenpiroximato (pirazol) e propargita (organossulfur) foi potencializado pela mistura dos pesticidas, onde o controle proporcionado pela mistura foi melhor que os acaricidas aplicados separadamente (Cloyd 2011).

Os piretróides são potencializados pelos inseticidas organofosforados pois estes ligam-se ao sítio ativo da enzima e, assim, inibem as esterases hidrolisantes dos piretróides (Cloyd 2011) e potencializa a ação dos piretróides.

5.2.1. Sinergismo

A ação sinérgica ocorre quando a toxicidade da mistura entre dois ou mais produtos químicos é muito maior do que a soma dos efeitos de cada produto aplicado individualmente (Das 2014). Esse efeito pode ocorrer quando um pesticida influencia ou interfere na desintoxicação metabólica de outro (Cloyd 2011). O sinergismo é observado quando o efeito de controle obtido de uma mistura de pesticidas é muito maior do que o esperado de um efeito aditivo, e o resultado não pode ser previsto pela toxicologia conhecida de cada composto individual (Hernández et al. 2013).

Sinergismo pode ser considerado o aumento da toxicidade de um determinado pesticida quando em mistura pela adição de um pesticida menos ou não tóxico, ou outro composto (não necessariamente pesticida), atuando como um sinergista (Cloyd 2011). Um exemplo disso, é o sinergismo proporcionado pelo óleo mineral usado como adjuvante, que quando adicionado ao inseticida promove o aumento da velocidade de penetração do inseticida na cutícula do inseto, além disso promove também uma melhora na penetração do inseticida na planta.

Para encontrar a ação sinérgica de uma mistura, a concentração do composto de efeito sinérgico deve ser tão baixa que daria pouca ou nenhuma toxicidade quando aplicado sozinho (Sun & Johnson 1960). Na ação sinérgica, o efeito combinado da mistura é significativamente mais forte do que a soma dos efeitos individuais dos produtos (Cloyd 2011).

O sinergismo que ocorre entre os componentes da mistura de pesticidas é benéfico, do ponto de vista do manejo, pelo fato da mortalidade esperada ser alcançada com doses mais baixas dos produtos (St. Clair et al. 2020). Esse fenômeno pode aumentar a eficácia do controle, ao mesmo tempo em que reduz substancialmente o custo e a toxicidade, isso ocorre devido à redução das doses de inseticidas (Cloyd 2011).

Existem na literatura diversos exemplos de misturas sinérgicas, que ocorrem por diferentes causas. Muitos autores já demonstraram o efeito sinérgico de carbamatos e organofosforados com piretróides em artrópodes-praga. Os inseticidas carbamatos metiocarbe, pirimicarbe e oxamil,

mostraram sinergismo através da eficácia (com base no percentual de mortalidade) do inseticida acrinatrina à base de piretróide contra *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) (Cloyd 2011).

Os inseticidas organofosforados podem ser considerados sinergistas úteis para piretróides, pois se ligam ao sítio ativo associado às enzimas esterases que são responsáveis pela desintoxicação de inseticidas à base de piretróides (Cloyd 2011).

O estudo de Khan et al. (2013) demonstrou que a toxicidade de inseticidas bifentrina (piretróide), cipermetrina (piretróide) e deltametrina (piretróide), em alguns casos, pode ser melhorada com a adição de clorpirifós (organofosforado), profenofós (organofosfato), emamectina (avermectina) e fipronil (pirazol), demonstrando efeito sinergista. No entanto, em situação de campo, ao misturar inseticidas, dificilmente o efeito sinergista é encontrado, sendo mais comum encontrar antagonismo (Khan et al. 2013).

5.2.3. Antagonismo

O antagonismo ocorre quando na mistura de dois pesticidas, um interfere no efeito do outro (Hernández et al. 2013). O resultado dessa interação é uma redução do efeito previsto para os compostos individuais que não precisam ser estruturalmente semelhantes, ou seja, o produto em mistura tem menor desempenho do que quando usado individualmente (Hernández et al. 2013). Portanto, o antagonismo pode comprometer a eficácia dos inseticidas e / ou acaricidas em mistura em condições de campo (Cloyd 2011).

O antagonismo pode ocorrer por diferentes causas, um produto químico pode estimular o metabolismo de outro ou de alguma forma interferir em sua absorção (Hernández et al. 2013). Alguns efeitos antagônicos das misturas de pesticidas podem ser explicados por diferentes ligações a receptores com efeitos divergentes e quando a interação ocorre no mesmo local do receptor, isso geralmente resulta em antagonismo (Hernández et al. 2017).

Existem vários estudos feitos com misturas, demonstrando que algumas misturas têm efeito antagonista no controle de artrópodes-praga.

Ao misturar o acaricida bifenazato com os inseticidas clorpirifós (organofosforado), carbaril, metomil e oxamil (carbamatos), estes diminuem a eficácia do bifenazato contra o ácaro rajado (*Tetranychus urticae*) indicando a ocorrência de antagonismo (Cloyd 2011).

O inseticida bifentrina (piretróide) quando em mistura com os inseticidas quando misturado com os inseticidas clorpirifós (organofosforado), profenofós (organofosfato) ou emamectina (avermectina) tem ação antagônica (Khan et al. 2013). Também foi observado efeito antagônico entre as misturas dos inseticidas cipermetrina (piretróide) com clorpirifós (organofosforado) na proporção de 1:1 (Khan et al. 2013).

Diante do exposto acima, podemos afirmar que as misturas antagônicas não devem ser utilizadas, porque além de agravarem o problema ao não controlar as pragas alvo, podem ter efeitos ambientais adversos.

6. Impacto das misturas na seleção de pragas resistentes a inseticidas

A resistência a inseticidas ou acaricidas é uma preocupação para os produtores. A resistência normalmente está associada ao uso contínuo desses produtos com composição química ou modos de ação semelhantes (Cloyd 2010). No manejo da resistência são indicadas medidas que com o objetivo de retardar a seleção de populações de insetos resistentes a inseticidas é a rotação de produtos de diferentes modos de ação e o uso de misturas de pesticidas (Cloyd 2010). Dois ou mais pesticidas em mistura podem alterar a taxa de desenvolvimento de resistência por uma população de pragas, podendo retardar esse processo quando comparado aos pesticidas aplicados separadamente (Cloyd 2010).

A confiabilidade da estratégia do uso de misturas na mitigação da resistência depende de várias suposições, e o uso dessa estratégia ainda é controverso, pois não há comprovações de realmente funcionem, necessitando de estudos que demonstrem de forma quantitativa a eficiência de que essa estratégia pode mitigar a resistência (Cloyd 2010).

7. Impacto das misturas na toxicidade dos pesticidas ao homem

Com grande exposição a diversos defensivos, seja por meio da alimentação, meio ambiente ou pela exposição ocupacional, o impacto das misturas defensivas na saúde dos humanos é enorme (Hernández et al. 2017). A contaminação por pesticidas pode se dar através do contato com a pele, inalação ou ingestão (Nicolopoulou-Stamat et al. 2016).

O uso global dos pesticidas provoca uma exposição contínua aos humanos a apenas um produto ou até mesmo a mistura de diversos, por várias ocasiões em concentrações baixas, com a possibilidade de causar impactos similares, mesmo sendo pertencentes a diferentes grupos químicos (Hernández et al. 2017). Desse modo, o contato por um grande período de tempo a pequenas doses de misturas de defensivos está se apresentando como um panorama mais fiel que acarreta inúmeras interações potenciais entre distintos pesticidas (Hernández et al. 2017).

A quantidade e os grupos de defensivos utilizados na composição de misturas alteram-se com o tempo, tornando assim uma complicação para a avaliação da toxicidade da mistura, uma vez que o mecanismo de toxicidade de alguns grupos de pesticidas ainda é desconhecido (Hernández et al. 2017).

As características toxicológicas das misturas estão demonstradas na Figura 1.2. A classe toxicológica das misturas é bem próxima a classe toxicológica do produto mais tóxico da mistura, ou seja, mesmo a mistura sendo de dois produtos, sua toxicidade não é muito pior do que a toxicidade do produto mais tóxico ao ser humano (Figura 1.2).

Com relação à periculosidade ambiental o resultado é semelhante, onde a mistura mesmo estando muito próxima ao produto de maior impacto ambiental, a mistura acaba sendo pouco menos danosa ao meio ambiente (Figura 1.2).

Na persistência do ambiente, avaliado pelo intervalo de segurança mostra o mesmo padrão, onde a mistura não se difere do produto mais persistente (Figura 1.2).

Esses resultados mostram que devem ser tomados cuidados com relação ao aplicador e ao meio ambiente, pois os produtos em mistura oferecem riscos, além disso, deve se evitar a aplicação de misturas de pesticidas próximo a colheita devido ao maior intervalo de segurança.

8. Impacto das misturas sobre insetos benéficos

Os insetos benéficos são caracterizados por auxiliar positivamente os cultivos, seja atuando como polinizadores ou mesmo fazendo o controle de outros insetos, sendo o caso dos predadores e parasitoides, e também tem os que auxiliam na decomposição da matéria orgânica e ciclagem de nutrientes (Medeiros 2011).

A utilização de mistura de defensivos agrícolas apresentando diferentes modos de ação são capazes de afetar de forma negativa os agentes de controle biológico, quando comparadas a aplicações dos defensivos individualmente (Ahmad 2004). Uma das técnicas utilizadas a fim de aumentar a população de insetos benéficos na área é a utilização da combinação de agentes de controle biológico com produtos fitossanitários, porém isso é apenas possível com a

utilização de produtos que dispõe de alguma seletividade sobre os inimigos naturais (Rigitano & Carvalho 2001). Assim, é fundamental o conhecimento dos produtos a serem aplicados, pensando na ação sobre os inimigos naturais e polinizadores.

9. Legislação no Brasil sobre o uso de misturas

Em tempos atuais a legislação brasileira permite a mistura de tanque utilizando diversos defensivos agrícolas, as quais são muitas utilizadas pela sua praticidade, na década de 80 teve o início das primeiras recomendações técnicas para o uso de misturas em tanque a partir dessas recomendações houve diversas mudanças na legislação as quais podemos observar nesse item 5.

Na década de 1980, as recomendações técnicas publicadas através de empresas e universidades divulgaram indicações sobre as misturas de agrotóxico. A partir do ano de 1985, todas as indicações sobre mistura em tanque foram banidas por instrução do ofício DIPROF/SDSV 198/85, destinado

ao Ministério da Agricultura à ANDEF - Associação Nacional de Defesa Vegetal (Gazziero 2015).

Indicado pela câmara setorial de produtos fitossanitários composta por representantes de setores governamental e não governamental, no dia 30 no mês de maio no ano de 1995, publicou-se a Portaria nº 67 prevê que a prática de mistura de agrotóxicos ou afins em tanque constitui técnica agrônômica utilizada mundialmente com êxito. Levando em consideração que a uso dessa mistura reduz custos da produção, aumenta o espectro de controle de pragas, reduz a contaminação ambiental e o tempo de exposição do trabalhador rural ao agrotóxico, uso indiscriminado de agrotóxicos, propiciando a prescrição em receituário agrônômico. No artigo 2º dispõe que as culturas, materiais ou locais, cuja a mistura em tanque seja indicada, deverão estar incluídos nos registros dos produtos agrotóxicos ou afins a serem misturados. O artigo 3º estabelece que os agrotóxicos ou afins recomendados para mistura em tanque, deverão ser indicados por suas marcas comerciais, incluindo os tipos de

formulações e suas concentrações (Brasil 1995). No entanto essa portaria foi revogada onde a instrução normativa 46 SDA, de 24-7-2002, publicada na página 53 do DOU, Seção 1, de 26-7-2002, estabelece que as empresas titulares de registros de agrotóxicos devem retirar as indicações de misturas em tanque dos rótulos e bulas de seus agrotóxicos, no prazo de 30 dias, contados a partir de 26-7-2002 (Brasil 2002a).

De acordo com o decreto nº 4.074, de 4 de janeiro de 2002, e 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 (Brasil 2002b).

O artigo 1º, inciso XXV, XXXI e XXXIX do referido decreto Nº 4.074, de 4 de janeiro de 2002, entende-se que:

XXV - Mistura em tanque - associação de agrotóxicos e afins no tanque do equipamento aplicador, imediatamente antes da aplicação.

XXXI - Pré-mistura - produto obtido a partir de produto técnico, por intermédio de processos químicos, físicos ou biológicos, destinado exclusivamente à preparação de produtos formulados.

XXXIX - receita ou receituário: prescrição e orientação técnica para utilização de agrotóxico ou afim, por profissional legalmente habilitado.

O Artigo 64 prevê que os agrotóxicos e afins só poderão ser comercializados diretamente ao usuário, mediante apresentação de receituário próprio emitido por profissional legalmente habilitado.

A última alteração realizada na legislação foi através da instrução normativa nº 40, de 11 de outubro de 2018 onde o artigo 2 prevê, parágrafo 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. Parágrafo 2º informações sobre incompatibilidade dos agrotóxicos e afins deverão ser dispostas em campo específico da receita, considerando o contexto da recomendação e advertências específicas para a aplicação (Brasil 2018).

10. Critérios de seleção dos componentes da mistura

A presença de inúmeras pragas, doenças e plantas daninhas no campo de forma simultânea, impulsionam regularmente o uso de mistura de defensivos no tanque, com o intuito de ampliar o espectro de ação da pulverização e reduzir a quantidade de aplicações (Gazziero 2015). Dessa maneira é necessário estabelecer alguns critérios para seleção dos componentes a serem adicionados na mistura.

10.1 Compatibilidade

A compatibilidade química, física e biológica dos defensivos agrícolas, que serão utilizados, é de extrema importância, para prevenção de possíveis problemas decorrentes da mistura (Della Vechia et al. 2017). Essas misturas têm capacidade de ocasionar efeitos sinérgicos, aditivos ou antagônicos, em comparação ao efeito de cada defensivo aplicado de forma isolada (Gazziero 2015).

10.2 Modo de ação

Os modos de ação devem ser observados antes de fazer as misturas de inseticidas. Assim como nas aplicações individuais, as misturas devem conter preferencialmente produtos de diferentes modos de ação, e não somente diferentes grupos químicos, pois diferentes grupos químicos podem ter o mesmo modo de ação (Cloyd 2011). O efeito das misturas de pesticidas é imprevisível devido às diferenças nos seus modos de ação, e seu efeito pode diferir dependendo da população de pragas que se pretende controlar (Cloyd 2011). As misturas podem ter efeito antagônico quando produtos quando modos de ação parecidos são misturados, pois quando a interação ocorre no mesmo local do receptor, isso geralmente resulta em antagonismo (Hernández et al. 2017, Cloyd 2011).

10.3 Seletividade

A seletividade de um defensivo agrícola, é utilizada para demonstrar a sua ineficácia sobre os insetos benéficos presentes no agroecossistema (Blümel 1999). Assim sendo, é necessário avaliar os

efeitos que os pesticidas ocasionam nos insetos benéficos, com o intuito das aplicações não prejudiquem os agentes de controle biológico e polinizadores, e que por outro lado propicie um resultado positivo sobre as pragas alvo (Croft 1990).

10.4 Toxicidade

O conhecimento sobre a toxicidade das misturas possibilita determinar possíveis pontos positivos e negativos para o uso das misturas (Gazziero 2015). A utilização de defensivos com uma menor toxicidade deve ser pensada a fim de gerar uma agricultura que considere conceitos sociais, econômicos e ambientais (Castro 2009).

10.5 Qualidade da água

Antes de realizar uma mistura é fundamental saber as características físico-químicas da água, é necessário ter conhecimento de alguns fatores, como: pH, conteúdo mineral, matéria orgânica, argila e areia. Também é de suma importância saber se existe

ausência ou presença de enxofre, cloro, magnésio e cálcio (Maciel et al. 2020). Por isso, o melhor a se fazer é uma análise físico-química da água de forma a não comprometer a eficiência da aplicação.

11. Considerações finais

Cerca de 97% dos agricultores brasileiros usam misturas de pesticidas para o controle de pragas. Além disso, 14% dos acaricidas e inseticidas registrados no Brasil são misturas. Entretanto, são escassas as informações técnico-científicas sobre o uso de misturas no controle de insetos e ácaros praga. Neste contexto, pouco se conhece sobre as características para a seleção dos inseticidas e acaricidas a serem usados nas misturas. Assim, os efeitos de potenciação, sinergismo e antagonismo dos componentes das misturas precisam ser investigados. Além disso, o impacto das misturas sobre organismos não alvos como os inimigos naturais e polinizadores precisam também necessitam serem estudados.

12. Referências bibliográficas

Ahmad M. (2004). Potentiation/antagonism of deltamethrin and cypermethrins with organophosphate insecticides in the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae). *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 80: 31-42.

Arcanjo L.P., Silva E.M., Araújo T.A., Crespo A.L.B., Santana Jr P.A., Gomes G.B.O., Picanço M.C. (2021). Decision-making systems for management of the invasive pest *Neoleucinodes elegantalis* (Guenée) (Lepidoptera: Crambidae) in commercial tomato crops according to insecticide spray method and plant stage. *Crop Protection*, 140: 105408.

Blümel S., Matthews G.A., Grinstein A., Elad Y. (1999). Pesticides in IPM: selectivity, side-effects, application and resistance problems. In: Rabasse J.M., van Steenis M.J. *Integrated pest and disease management in greenhouse crops*. Dordrecht: Springer, p.150-167.

Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (1995). Portaria n. 67 de 30 de maio de 1995. Diário Oficial da União, Brasília, DF. Acesso em 02/11/2021. Disponível em https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/mapa_sda/1995/prt0067_30_05_1995.html.

Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. (2002a). Instrução Normativa n. 46, de 24 de julho de 2002. Diário Oficial da União, Brasília, DF. Acesso em 02/11/2021. Disponível em https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/mapa_sda/2002/int0046_24_07_2002.html.

Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2002b). Decreto 4074 que regulamenta a Lei 7802 de 11 de julho de 1989. Diário Oficial da União, Brasília, DF. Acesso em 02/11/2021. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2002/d4074.htm#:~:text=Regulamenta%20a%20Lei%20no,e%20embalagens%2C%20o%20registro%2C%20a.

Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2018). Instrução normativa nº 40, de 11 de outubro de 2018. Acesso em 02/11/2021. Disponível em <https://www.agricultura.rs.gov.br/upload/arquivos/201812/07172824-instrucao-normativa-n-40-de-11-de-outubro-de-2018-regras-complementares-a-receita-agronomica-1.pdf>.

Castro V.L.S.S. (2009). Uso de misturas de agrotóxicos na agricultura e suas implicações toxicológicas na saúde. *Journal of the Brazilian Society of Ecotoxicology*, 4: 87-94.

Chou T.C., Talalay P. (1984). Quantitative analysis of dose-effect relationships: the combined effects of multiple drugs or enzyme inhibitors. *Advances in Enzyme Regulation*, 22: 27-55.

Cloyd R.A. (2001). Efficacy of selected insecticides for control of western flower thrips. *Arthropod Management Tests*, 26: 1.

Cloyd R.A. (2009). Getting mixed-up: are greenhouse producers adopting appropriate pesticide mixtures to manage arthropod pests? *HortTechnology*, 19: 638-646.

Cloyd R.A. (2010). Pesticide mixtures and rotations: Are these viable resistance mitigating strategies. *Pest Technology*, 4:14-18.

Cloyd R.A. (2011) Pesticide mixtures. In: Stoytcheva M. (Ed.). *Pesticides - Formulations, effects, fate*. Rijeka: IntechOpen, 809p.

Costa T.L., Sarmiento R.A., Araújo T.A., Pereira P.S., Silva R.S., Lopes M.C., Picanço M.C. (2019). Economic injury levels and sequential sampling plans for *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) biotype B on open-field melon crops. *Crop Protection*, 125: 104887.

Croft B.A. (1990). *Arthropod biological control agents and pesticides*. New York: Wiley. 723p.

Das S.K. (2014). Scope and relevance of using pesticide mixtures in crop protection: a critical review. *International Journal of Environmental Science and Toxicology*, 2(5): 119-123.

Della Vechia J.F. (2017). *Interação entre produtos fitossanitários no manejo de *Brevipalpus yothersi* e *Diaphorina citri* na cultura dos citros*. Jaboticabal: UNESP. 104p. (Dissertação de mestrado).

Fernandes F.L., Picanço M.C., Campos S.O., Bastos C.S., Chediak M., Guedes R.N.C., Silva R.S. (2011). Economic injury level for the coffee berry borer (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) using attractive traps in Brazilian coffee fields. *Journal of Economic Entomology*, 104: 1909-1917.

Gazziero D.L.P. (2015). Misturas de agrotóxicos em tanque nas propriedades agrícolas do Brasil. *Planta Daninha*, 33: 83-92.

Hajek A.E., Eilenberg J. (2018). *Natural enemies: an introduction to biological control*. 2ed. New York: Cambridge University Press, 426p.

Hernández A.F., Gil F., Lacasaña M. (2017). Toxicological interactions of pesticide mixtures: an update. *Archives of Toxicology*, 91: 3211-3223.

Hernández A.F., Parrón T., Tsatsakis A.M., Requena M., Alarcón R., López-Guarnido O. (2013). Toxic effects of pesticide mixtures at a molecular level: their relevance to human health. *Toxicology*, 307: 136-145.

Khan H.A.A., Akram W., Shad S.A., Lee J.J. (2013). Insecticide mixtures could enhance the toxicity of insecticides in a resistant dairy population of *Musca domestica* L. *PloS one*, 8: e60929.

Kolberg D.I.S., Zechmann S., Wildgrube C., Sigalov I., Scherbaum E., Anastassiades M. (2016). Determination of triazole derivative metabolites (TDMs) in fruit and vegetables using the QuPPE method and differential mobility spectrometry (DMS) and survey of the residue situation in organic and conventional produce. *Aspects of Food Control and Animal Health*, 2: 1-32.

Lash H.E., Warnock D.F., Cloyd R.A. (2007). Effect of pesticide mixtures on the survival of the predatory mite *Neoseiulus cucumeris* (Acarina: Phytoseiidae). *Journal of Entomological Science*, 42: 311-319.

Liu T., Diao J., Di S., Zhou Z. (2014). Stereoselective bioaccumulation and metabolite formation of triadimefon in *Tubifex tubifex*. *Environmental Science & Technology*, 48: 6687-6693.

Maciel S., Pereira T., Linhares V. (2020). Qual o pH adequado da água na aplicação de defensivos. Acesso em 07/11/2021. Disponível em <https://www.grupocultivar.com.br/noticias/qual-o-ph-adequado-da-agua-na-aplicacao-de-defensivos>.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2021). AGROFIT. In: Sistema de agrotóxicos fitossanitários. Acesso em: 02/10/2021. Disponível em http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principa_l_agrofit_cons.

Medeiros M.A.D. (2011). Princípios e práticas ecológicas para o manejo de insetos-praga na agricultura. Brasília: Emater-DF, 44p.

Moura M.F., Lopes M.C., Pereira R.R., Parish J.B., Chediak M., Arcanjo L.P, Carmo D.G., Picanço M.C. (2018). Sequential sampling plans and economic injury levels for *Empoasca kraemeri* on common bean crops at different technological levels. *Pest Management Science*, 74: 398-405.

Neves D.V.C. (2021). Decision-making systems for the control of thrips in soybean crops (*Glycine max* (L.) Merrill) using tractor or airplane insecticide applications. Viçosa: UFV. 30p. (Dissertação de mestrado).

Nicolopoulou-Stamati P., Maipas S., Kotampasi C., Stamatis P., Hens L. (2016). Chemical pesticides and human health: the urgent need for a new concept in agriculture. *Frontiers in Public Health*, 4: doi 10.3389/fpubh.2016.00148

Oliveira Jr R.S., Constantin J., Inoue M.H. (2011). *Biologia e manejo de plantas daninhas*. Curitiba: Omnipax, 363 p.

Pereira P.S., Sarmiento R.A., Galdino T.V.S., Lima C.H.O., Santos F.A., Silva J., Santos G.R, Picanço M.C. (2017). Economic injury levels and sequential sampling plans for *Frankliniella schultzei* in watermelon crops. *Pest Management Science*, 73: 1438-1445.

PROCLIMA - Programa Estadual de Mudanças Climáticas do Estado de São Paulo. (2021). Acesso em 08/11/2021. Disponível em <https://cetesb.sp.gov.br/proclima/>.

Qi S., Lümmen P., Nauen R., Casida J.E. (2014). Diamide insecticide target site specificity in the *Heliothis* and *Musca* ryanodine receptors relative to toxicity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62: 4077-4082.

Rigitano R.D.O., Carvalho G.A. (2001). *Toxicologia e seletividade de inseticidas*. Lavras: UFLA/Faepe, 72p.

Robertson J.L., Russel R.M., Preisler H.K., Savin E. (2007). *Bioassay with Arthropods*. 2ed. Boca Raton: CRC, 212p.

St. Clair C.R., Norris E.J., Masloski K.E., Coats J.R., Gassmann A.J. (2020). Evaluation of pyrethroids and organophosphates in insecticide mixtures for management of western corn rootworm larvae. *Pest Management Science*, 76: 3871-3878.

Sun Y.P., Johnson E. (1960). Analysis of joint action of insecticides against house flies. *Journal of Economic Entomology*, 53: 887-892.

Wang W., Taashiu L. (1994). Toxicity of mixtures of several miticides with the fungicide triforine against the two-spotted mite on Roses. *Bulletin of Taichung District Agricultural Improvement Station*, 44: 1-11.

Whitford F., Olds M., Cloyd R., Young B., Linscott D., Deveau J., Reiss J., Patton A., Johnson B., Overley T., Smith K. (2012). Avoid tank mixing errors: A guide to applying the principles of compatibility and mixing sequence. Acesso em 12/10/2021. Disponível em <https://ppp.purdue.edu/ppp-122-avoid-tank-mixing-errors-mobile-files/>.

Willmott A.L., Cloyd R.A., Zhu K.Y. (2013). Efficacy of pesticide mixtures against the western flower thrips (Thysanoptera: Thripidae) under laboratory and greenhouse conditions. *Journal of Economic Entomology*, 106: 247-256.

Yu S.J. (2014). *The Toxicology and Biochemistry of Insecticides*. 2ed. Boca Raton: CRC, 296p.

CAPÍTULO 2

USO DE ÓLEOS E SILICONADOS NO CONTROLE DE PRAGAS

Renata C. Santos, Mayara B.S. Arantes, Mônica C. Sá, Robert L.R. Gandra, Leandro Bacci, Marcelo C. Picanço

1. Introdução

Os insetos são os animais mais numerosos e diversos do planeta. Podem ser encontrados em praticamente todos os ambientes terrestres e na sua maioria são benéficos. No entanto, em ambientes agrícolas eles podem ocasionar danos significativos às culturas (Deutsch et al. 2018). Visando reduzir este problema, muitos produtores utilizam o controle químico por meio de aplicações de inseticidas (Shah et al. 2019). Contudo, na agricultura moderna, além da máxima eficiência no controle, os métodos devem conter também princípios mais sustentáveis (Hazra & Purkait 2019).

O uso dos adjuvantes no controle químico possibilita um manejo mais eficiente e amigável, seja pela redução das doses e/ou frequência de aplicação ou pela potencialização do efeito do produto sobre o

alvo biológico (Kaczmarek et al. 2021). Essa redução no uso deve-se a controles mais efetivos, o que contribui para a diminuição da contaminação ambiental e dos danos a organismos não alvo (Houbraken et al. 2015).

A potencialização do efeito do pesticida com o uso dos adjuvantes pode ocorrer devido: i) ao aumento da taxa de absorção/penetração, ii) a redução da tensão superficial, aumentando a área de contato, iii) a maior retenção e deposição do pesticida, iv) a redução da evaporação da gota, v) a redução da deriva e, vi) aos efeitos diretos na praga, como inseticida.

Dentre os adjuvantes utilizados para o manejo de pragas, os formulados a base de óleos e siliconados se destacam devido a sua multifuncionalidade. Os siliconados são utilizados como adjuvantes (Stevens 1993, Singh et al. 2009) e os óleos, além desta função, também possuem efeito inseticida direto sobre as pragas (Manthey et al. 1989). Conhecer as características, funções, legislações e limitações desses produtos auxiliam na escolha, eficiência e segurança de uso.

Assim, este capítulo reúne informações úteis sobre adjuvantes a base de óleos e siliconados no contexto do manejo integrado de pragas.

2. Adjuvantes

Adjuvantes são substâncias utilizadas com a finalidade de melhorar o desempenho dos pesticidas. Eles podem estar incorporados na formulação do produto ou serem misturados a calda no tanque de pulverização (Stevens 1993, Richards et al. 2017).

Os adjuvantes são classificados em dois grandes grupos: os ativadores e os modificadores de spray. Os ativadores são formulados para melhorar a atividade do ingrediente ativo e os modificadores de spray para melhorar o processo de pulverização (Stevens 1993, Singh et al. 2009, Richards et al. 2017).

Existem diferentes subclassificações para estes grupos, mas de forma geral, a mais aceita, relaciona o composto com a sua função. Assim, os adjuvantes ativadores são categorizados em: surfactantes, óleos vegetais, óleos minerais, siliconados e fertilizantes nitrogenados (Hazen 2000, Penner 2000).

Os surfactantes por sua vez dividem-se em: não-iônicos, catiônicos, aniônicos e anfotéricos. Os adjuvantes formulados a base de óleos e siliconados são considerados também surfactantes por afetarem

as propriedades das superfícies dos líquidos. Já os modificadores de spray são classificados em: antiespumantes; redutores de deriva; reguladores de pH; compatibilizantes e surfactantes que mudam apenas a propriedade física da gota, sem influenciar diretamente a eficiência dos pesticidas; dentre outros (Tu & Randall 2003) (Figura 2.1).

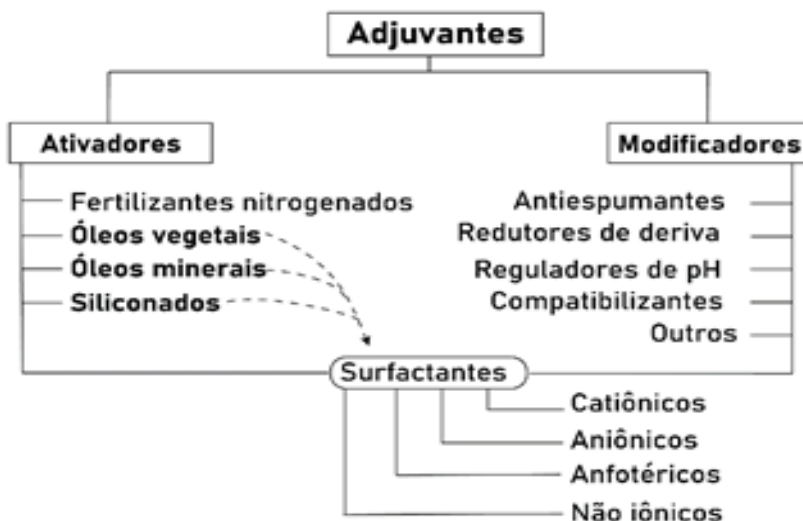


Figura 2.1. Classificação dos adjuvantes de acordo com a função que eles desempenham.

Dentre os adjuvantes utilizados atualmente, os óleos e siliconados se destacam. Os óleos por serem os penetrantes mais antigos dessa categoria e apresentarem amplo espectro de uso. São utilizados tanto na formulação e em adição à calda de pulverização (adjuvante), como no controle direto de insetos (inseticida) (Manthey et al. 1989). Já os siliconados são amplamente utilizados por possibilitar a redução da tensão superficial da água para cerca de 20 dyn/cm², o que proporciona alto espalhamento da calda na superfície foliar e facilita a penetração da calda via estômatos (O'Lenick 2008). Essas características aumentam a permanência do produto nas folhas mesmo após o molhamento pela chuva (Stevens 1993, Singh et al. 2009).

A utilização dos adjuvantes ativadores tem como principais objetivos melhorar a eficácia biológica e química dos produtos aplicados; proporcionar maior qualidade no processo de aplicação, tamanho e espalhamento de gotas; diminuir a lavagem pela chuva e otimizar a deposição e a penetração do produto na folha. Os modificadores de spray por sua vez, proporcionam redução da formação de espuma,

quelatização para sequestro de cátions, redução de deriva, dispersão/homogeneização da calda, correção do pH, entre outros (Tu & Randall 2003).

Como os adjuvantes de formulação não podem ser controlados pelos usuários, nesse capítulo trataremos dos adjuvantes adicionados à calda de pulverização.

2.1. Adjuvantes a base de óleos

A maioria dos adjuvantes a base de óleo é do tipo ativador e pode ser classificada em dois principais grupos: os óleos minerais e vegetais (Figura 2.2). A sua utilização se dá normalmente em condições climáticas de altas temperaturas e baixa umidade e/ou quando as cutículas foliares são espessas (Tu & Randall 2003).

Esses óleos são utilizados para aumentar a absorção/penetração dos pesticidas devido à dissolução de gorduras e membranas celulares presentes nas cutículas das plantas e/ou dos insetos. Além disso, podem ser utilizados como inseticidas de contato (Veja item 3) a depender da recomendação e dosagem adotada (Manthey et al. 1989, Tu & Randall 2003).



Figura 2.2. Classificação dos óleos adjuvantes.

Insetos broqueadores, minadores de folhas ou que possuem camada cerosa espessa, normalmente requerem a utilização de óleos na calda inseticida. Nesses casos, o óleo auxilia na modificação da estrutura lipofílica da cutícula do inseto, aumentando a penetração do ingrediente ativo (Medeiros et al. 2001).

Adicionalmente, o uso dos óleos na calda de pulverização auxilia na redução da deriva, no retardo da evaporação da gota e no espalhamento e adesão dos produtos sobre as superfícies foliares (Oliveira

2011). Isso se deve, em grande parte, à redução da tensão superficial da solução de pulverização (Penner 2000, Tu & Randall 2003).

Ao reduzir a deriva, os adjuvantes a base de óleos atuam como modificadores de spray. No entanto, essas alterações normalmente resultam em maior eficiência de controle. A redução da deriva e a implicação no controle de pragas dependem das propriedades físico-químicas dos óleos, das concentrações dos óleos nas formulações e dos ingredientes inertes (Curran et al. 1999, Hazen 2000, Oliveira 2011). Por exemplo, já foi demonstrado que a porcentagem de ésteres de ácidos graxos e tensoativos afetam o desempenho dos óleos no controle de pragas (Oliveira 2011).

Em um estudo desenvolvido por Muraro et al (2020) avaliou-se o uso de óleos adjuvantes de origem mineral e vegetal associados a inseticida e foi possível observar que, a adição dos óleos aumentou a taxa de mortalidade do inseto-praga. Isso demonstra que mesmo havendo diferenças entre as funções e características dos óleos, ambos foram eficazes no controle da praga.

Os óleos adjuvantes adicionados à calda de pulverização precisam obrigatoriamente ser misturados a surfactantes emulsionantes com o intuito de permitir homogeneidade entre óleo e água, formando assim uma emulsão (Tu & Randall 2003). Os surfactantes emulsionantes podem representar entre 2 a 20% da composição da mistura (Curran et al. 1999, Tu & Randall 2003). A presença do adjuvante surfactante garante ainda melhor desempenho do adjuvante à base de óleo por promover maior redução na tensão superficial da calda de pulverização (Curran et al. 1999, Tu & Randall 2003).

Os óleos minerais são considerados um dos primeiros pesticidas aplicados no setor agrícola. São derivados do petróleo e podem ser classificados em emulsionáveis ou concentrados. Os óleos minerais emulsionáveis apresentam entre 95 e 98% de óleo mineral e até 5% de surfactante, já os óleos minerais concentrados são originados da mistura de um óleo mineral emulsionável com um surfactante, havendo porém, uma maior concentração de surfactantes, que

nesse caso podem variar de 15 a 20% (Curran et al. 1999, Tu & Randall 2003, Oliveira 2011).

Os óleos vegetais podem ser obtidos de grãos de soja, girassol, algodão e canola submetidos aos processos de extração por pressão ou solventes (Tu & Randall 2003). Estes óleos, assim como os minerais, são emulsionáveis, e classificam-se em óleos triglicerídeos ou metilados, podendo ser ou não concentrados, divididos entre óleos triglicerídeos e óleos metilados, apresentando em sua composição de 5 a 20% de surfactantes a depender da classificação do óleo e do tipo de semente utilizado no processo (Tu & Randall 2003, Muraro et al. 2020).

Os óleos triglicerídeos, também chamados de óleos de sementes, são a mistura de um óleo vegetal com um surfactante variando entre 5 e 7%, quando esses óleos são concentrados, a mistura contém de 5 a 20% de surfactantes e o mínimo de 80% de óleo vegetal emulsionável. Os óleos metilados são quimicamente modificados, sendo originados do processo de esterificação metílica de óleos vegetais de sementes, melhorando as características não polares

e lipofílicas desses óleos, garantindo que tenham um desempenho similar ao dos óleos minerais (Curran et al. 1999). Ainda, os óleos metilados apresentam de 80 a 85% de óleo vegetal e de 15 a 20% de surfactantes (Richards et al. 2017).

2.1.1. Características químicas

Os óleos minerais se caracterizam quimicamente por serem constituídos por hidrocarbonetos que apresentam moléculas com diferentes formas: parafínicas, naftênicas, olefínicas e aromáticas. As parafínicas são as principais formas utilizadas como adjuvantes (Hazen 2000, Knowles 2012). Esses óleos são altamente refinados e possuem baixo teor de compostos aromáticos, com presença de constituintes alifáticos e cíclicos (naftenos), podendo existir ainda a ramificação de alquil. As misturas de hidrocarbonetos presentes nesses óleos são observadas no intervalo de C16-C30, com valores de massa molecular relativa (Mr) de 250-400. Essas variações conferem aos hidrocarbonetos diferenças quanto aos tipos estruturais, o que influencia na viscosidade dos óleos (Knowles 2012).

Os óleos vegetais apresentam hidrocarbonetos com cadeias menores que as dos óleos minerais, com intervalo de C16-C18. Durante o processo de purificação desses óleos é necessário que sejam removidas resinas, mucilagens e fosfolipídeos (Hazen 2000). Os óleos vegetais triglicerídeos possuem massa molecular relativa (Mr) superior a 850, variando quanto à composição e insaturação, a depender da origem do óleo. Já os óleos vegetais metilados apresentam massa molecular relativa (Mr) mais baixa, de aproximadamente 300, o que resulta em um óleo com menor viscosidade (Knowles 2012).

2.2. Adjuvantes siliconados

Os adjuvantes siliconados são na maioria ativadores, mas podem atuar apenas como modificadores de spray em alguns casos. Também são categorizados como surfactantes não-iônicos (Penner 2000, Tu & Randall 2003). Os surfactantes não-iônicos apresentam melhor desempenho quando adicionados a pesticidas sistêmicos, auxiliando na penetração do produto na cutícula da planta ou via estômatos (Hazen 2000, O'Lenick 2008).

No trabalho de Stevens (1993 a) ele salienta que a adição de siliconados aumentou a eficiência dos inseticidas ao modificar as características físico-químicas desses produtos e contribuir para um melhor espalhamento e penetração. De acordo com Srinivasan et al. 2008, os siliconados usados como adjuvantes em aplicações de imidacloprido no controle de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) resultam em interação sinérgica, aumentando a eficiência do controle.

Apesar dos adjuvantes siliconados serem mais utilizados no controle de plantas daninhas, eles são os muito utilizados na agricultura por aumentar a eficiência de diversos agroquímicos; incluindo inseticidas, fungicidas, herbicidas e fertilizantes (Mullin et al. 2016). Isso se deve, em grande parte, a maior redução da tensão superficial da mistura quando comparado a outros adjuvantes (O'Lenick 2008). Devido à suas características químicas, os siliconados melhoram o coeficiente de umedecimento de substâncias hidrofóbicas e aumentam a penetração do ingrediente ativo nas plantas (Hazen 2000, Penner

2000, Tu & Randall 2003), reduzindo assim, os efeitos negativos da chuva após a aplicação. A redução da lavagem dos resíduos de pesticidas nas folhas diminui a lixiviação e perda de eficiência do ingrediente ativo (Baratella & Trinchera 2018).

Além de serem utilizados em associação à pesticidas, eles podem ser utilizados na formulação de fungos entomopatogênicos, por permitirem uma melhor adesão de conídios à cutícula hidrofóbica do inseto alvo (Prior & Jollands 1988). Também são adicionados em formulações de fertilizantes foliares para melhorar a eficiência da adesão e cobertura de pulverização de sprays aquosos às superfícies cerosas da folhagem. Adicionalmente, esses adjuvantes aumentam a absorção dos fertilizantes na folhagem tornando a penetração do produto mais eficiente (Stevens 1993).

Além de serem utilizados na agricultura como adjuvante, os siliconados possuem muitas aplicações na indústria farmacêutica, de cosméticos, na fabricação de espuma de poliuretano e na indústria do petróleo, como desemulsificantes e antiespumantes.

Os siliconados, em condições anaeróbicas, são mais seguros ao ambiente por possuírem moléculas de fácil biodegradação. No entanto, quando sofrem adsorção aos minerais presentes no solo, podem ser prejudiciais ao meio ambiente (Ying 2006).

2.2.1. Características químicas

Os adjuvantes siliconados, por serem surfactantes não iônicos, não possuem carga elétrica e por isso são compatíveis com a maioria dos pesticidas, uma vez que não reagem com as suas moléculas. Também são compatíveis com água que possui alta concentração de sais de cálcio e magnésio (“água dura”), por não reagirem com esses sais. Possuem um grupo hidrofóbico constituído por grupos alquifenóis, álcoois graxos e ácidos graxos e um grupo hidrofílico constituído por óxido de etileno polimerizado, álcoois poli-hídricos, ésteres de álcoois polihídricos ou álcoois poliéter (Chow et al. 1989).

A estrutura base dos siliconados deriva de propriedades apolares (hidrofóbicas) à base de silicone (monoalquilsilanos, dialquisilano, hidroxilanos e siloxanos) e é formada por polímeros simples que passam por reações de adição para

formar um copolímero de bloco complexo que pode variar sua configuração e peso molecular (Hazen 2000).

A classificação estrutural dos surfactantes siliconados pode ocorrer de acordo com o grupo hidrofílico que será inserido na molécula de silício da cadeia do polímero siloxano (hidrofóbica). A inserção de um grupo hidrofílico na estrutura hidrofóbica leva a uma estrutura classificada como monofuncional (um grupo hidrofílico). Dois grupos hidrofílicos adicionados nas extremidades do polímero siloxano levam a uma estrutura difuncional, e assim, a inserção de vários grupos hidrofílicos levam a uma estrutura polifuncional, podendo haver outras variações estruturais que surgem da ramificação dos polímeros de siloxano polifuncional (Knoche 1994).

3. Adjuvantes com ação inseticida

Os adjuvantes são popularmente conhecidos como substâncias biologicamente “inertes”, que aumentam a eficácia de pesticidas, onde se encontra o princípio ativo do qual se espera o efeito tóxico (EPA 2021).

No entanto, os adjuvantes além de aumentarem a eficácia do pesticida, podem ser naturalmente tóxicos ou potencializar a toxicidade do pesticida para algumas espécies (Mesnage & Antoniou 2018)) (Figura 2.3). Já foi demonstrada a existência de efeitos tóxicos próprios dos adjuvantes sobre determinados grupos de insetos (Rimaz & Valizadegan 2013). Estes efeitos podem variar de acordo com o estágio de desenvolvimento do organismo alvo e com o adjuvante utilizado, como observado para *Amyelois transitella* (Walker) (Lepidoptera: Pyralidae) em cultivos de nozes na Califórnia. Estes lepdópteros foram mais susceptíveis aos adjuvantes Cohere®, no estágio de desenvolvimento de ovos e neonatas, e Fast Strike®, quando já adultos (Demkovich et al. 2018).

Os adjuvantes à base de óleos (minerais e vegetais) são conhecidos por serem tóxicos a certos grupos de pragas, como cochonilhas, lagartas, pulgões, ácaros, moscas brancas e tripses (Demkovich et al. 2018, MAPA 2021).



Figura 2.3. Ação inseticida e limitações de uso de óleos e siliconados.

Os efeitos tóxicos dos adjuvantes podem ser físicos ou fisiológicos. Alguns insetos atingidos pelo óleo morrem por asfixia, por terem seus espiráculos (por onde realizam as trocas gasosas) obstruídos (Manthey et al. 1989, Taverner et al 2002). As interações entre óleos e a cutícula também podem acarretar mudanças físicas na permeabilidade da mesma, levando à desidratação e dessecação no inseto atingido por este grupo de adjuvantes (Manthey et al. 1989, Taverner et al 2002, Demkovich et al. 2018).

Por outro lado, os óleos saturados de origem mineral possuem compostos tóxicos derivados do petróleo, que causam perturbações fisiológicas. Essas alterações podem afetar a sobrevivência, causar problemas motores devido à interferências no sistema nervoso (Najar-Rodríguez et al. 2008) e modificar o sistema sensorial dos insetos afetando a seleção hospedeira (Taverner et al 2002).

Os óleos vegetais também podem apresentar efeitos na fisiologia dos insetos por possuírem princípios ativos inseticidas próprios. Exemplo disso é o óleo da semente do nim *Azadirachta indica* A. Juss. (Meliaceae) que é rico em azadiractina, molécula reconhecidamente tóxica contra diversas pragas agrícolas (Kumar et al. 2019). Efeitos tóxicos subletais deste óleo também já foram confirmados, tais como: i) alterações da metamorfose das larvas de Lepidoptera, Coleoptera, Diptera e Hymenoptera e; ninfas de Orthoptera e; ii) ação deterrente alimentar em adultos de diversos insetos das ordens Orthoptera, Hemiptera e Coleoptera (Aguiar-Menezes 2005).

4. Limitações de uso

Os adjuvantes possuem diferentes características, apresentando eficácia variada de acordo com a mistura e finalidade para qual é utilizado. Eles também podem agir sinergicamente com inseticidas, aumentando a sua toxicidade a organismos não alvo (p.ex. polinizadores, inimigos naturais e organismos aquáticos) (Rimaz & Valizadegan 2013, Demkovich et al. 2018) (Figura 2.3).

Estudos recentes demonstraram o risco dos adjuvantes siliconados à polinizadores, principalmente às abelhas do gênero *Apis* sp. (Chen et al. 2018). Além de serem altamente tóxicos às abelhas adultas, as larvas indiretamente expostas aos siliconados ficam mais susceptíveis a ação de vírus e outros patógenos, podendo ocasionar mortalidade sinérgica (Laubie et al. 2013).

Outro efeito não alvo relatado para siliconados é a mortalidade causada a inimigos naturais, como o Parasitoide de afídeos *Diaeretiella rapae* M'Intosh, onde o adjuvante tem efeitos letais tanto sozinho, quanto agindo sinergicamente com a molécula inseticida, que perde sua seletividade (Acheampong & Stark 2004).

Além dos danos diretos e indiretos aos insetos, alguns siliconados apresentam toxicidade própria e efeito sinérgico em misturas, acarretando toxicidade a peixes e outros organismos aquáticos, como peixes, moluscos e outros invertebrados (Beixing et al. 2017).

Os adjuvantes também podem causar fitotoxicidade a algumas plantas por meio de alterações físico-químicas causadas na superfície das folhas (Knoche 1994, Jursik et al. 2013), modificando a sua permeabilidade e metabolismo foliar. Estas alterações podem levar a planta a ser mais suscetível à estresses hídricos, acúmulo de espécies reativas de oxigênio e alterações do fotossistema II (Jursik et al. 2013). Devido à possibilidade de toxicidade às plantas, é muito importante seguir as recomendações da bula, não excedendo as doses recomendadas.

5. Produtos registrados

5.1. Adjuvantes registrados

No art. 3º da lei 7.802 DE 11 DE JULHO DE 1989, lê-se o seguinte: “Os agrotóxicos, seus componentes e afins, de acordo com definição do art. 2º desta Lei, só poderão ser produzidos, exportados, importados, comercializados e utilizados, se previamente

registrados em órgão federal, de acordo com as diretrizes e exigências dos órgãos federais responsáveis pelos setores da saúde, do meio ambiente e da agricultura”. Por não falar explicitamente sobre os adjuvantes, e “componentes e afins” não ser totalmente claro, por 28 anos os adjuvantes seguiram a mesma regulamentação dos agrotóxicos.

Em 2017, através dos atos Nº 104, de 20 DE NOVEMBRO DE 2017 e Nº 108, de 28 DE NOVEMBRO DE 2017, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), cancelou a necessidade do registro de produtos exclusivamente adjuvantes. Ficou decidido também que os produtos caracterizados apenas como adjuvantes são produtos de venda livre, sem necessidade de qualquer autorização do MAPA.

Logo, não existem produtos exclusivamente adjuvantes registrados no MAPA. Contudo, existem inúmeros produtos comercializados atualmente.

Com o intuito de minimizar a incerteza sobre a real funcionalidade dos adjuvantes comercializados, o Centro de Engenharia e Automação (CEA) lançou um programa de certificação voluntária de adjuvantes. O programa “Adjuvantes da Pulverização” realiza

ensaios com os adjuvantes para emitir laudos de funcionalidade. O programa conta também com selo oficial de certificação, concedido pelo CEA e Instituto Agrônômico (IAC), órgão da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, sediado em Jundiaí (Campos 2020).

Apesar da venda livre dos adjuvantes, os cuidados no manuseio e utilização destes produtos devem ser mantidos. Dessa forma, a leitura da bula/rótulo desses produtos e o respeito às recomendações são fundamentais para a proteção da saúde humana e do meio ambiente.

5.2 Inseticidas registrados

Os óleos comercializados como inseticidas são categorizados como agrotóxicos e seguem a regulamentação destes.

Os óleos inseticidas são registrados no MAPA e podem ser consultados através do portal Agrofit (http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons). As culturas, alvos biológicos e recomendações de uso de cada produto consta na bula, que deve ser lida e seguida.

Os produtos formulados à base de óleo, atualmente registrados no MAPA, dividem-se em duas categorias, os óleos minerais e os vegetais. Os produtos que têm o óleo mineral como ingrediente ativo, são: Argenfrut RV[®], ORIX[®], Oppa BR EC[®], Miner' Oil[®], Dytrol[®] e Sunspray E[®]. Os produtos à base de óleo vegetal são: Agro-Oil[®], Fersoil[®], Graxol[®], Natur'l Óleo[®], Óleo Vegetal Nortox[®], PREV-AM[®], Quimióleo[®] e Vision[®] (MAPA 2021).

6. Considerações Finais

A classificação dos adjuvantes é feita de acordo com suas características físico-químicas, e conhecê-las nos permite uma melhor tomada de decisão sobre quando e quais adjuvantes utilizar em campo. Essas informações são de suma importância para que as aplicações de pesticidas sejam mais eficientes, levando a menores perdas e riscos sociais e ambientais. Apesar de serem tratados como substâncias inertes por alguns autores, os adjuvantes podem apresentar atividade inseticida, como os adjuvantes siliconados (organosiliconados) que podem ser tóxicos às larvas e adultos de abelhas. Visando o aumento da eficácia dos pesticidas, os

adjuvantes são amplamente utilizados, sendo crescente a quantidade de estudos que buscam conhecer a ação destes adjuvantes individualmente, ou em misturas com outros ingredientes ativos.

6. Referências bibliográficas

Acheampong S., Stark J. (2004). Effects of agricultural adjuvant Sylgard 309 and the insecticide pymetrozine on demographic parameters of the aphid parasitoid, *Diaeretiella rapae*. *Biological Control*, 31: 133-137.

Menezes E.L.A. (2005). Inseticidas botânicos: seus princípios ativos modo de ação e uso agrícola. Seropédica:Embrapa Agrobiologia, 31p.

Baratella V., Trinchera A. (2018). Organosilicone surfactants as innovative irrigation adjuvants: Can they improve water use efficiency and nutrient uptake in crop production? *Agricultural Water Management*, 204: 149-161.

Beixing L., Hua L., Daxia Z., Feng L., Wei M. (2017). Influence of quaternary ammonium and organic silicon adjuvant on insecticidal activity of acetamiprid and environmental toxicity against aquatic organisms. *Chinese Journal of Pesticide Science*, 19: 93-99.

Campos F. (2020). Programa adjuvantes da pulverização lança selo oficial de certificação. Disponível em: <https://www.grupocultivar.com.br/noticias/programa-adjuvantes-da-pulverizacao-lanca-selo-oficial-para-certificar-funcionalidade-de-produtos>. Acesso em 29/09/2021.

Chen J., Fine J.D., Mullin C.A. (2018). Are organosilicon surfactants safe for bees or humans? *Science of the Total Environment*, 612: 415-421.

Chow P.N.P., Grant C.A., Hinshelwood A.M., Simundsson E. (1989). *Adjuvants and Agrochemicals: Volume 1: Mode of action and physiological activity*. Boca Raton: CRC Press. 222p.

Curran W.S., McGlamery M.D., Liebi R.A., Lingenfelter D.D. (1999). *Adjuvants for enhancing herbicide performance*. Pennsylvania: Pennsylvania State University, 12p.

Demkovich M.R., Siegel J.P., Walse S.S., Berenbaum M.R. (2018). Impact of agricultural adjuvants on the toxicity of the diamide insecticides chlorantraniliprole and flubendiamide on different life stages of the navel orangeworm (*Amyelois transitella*). *Journal of Pest Science*, 91: 1127-1136.

Deutsch C.A., Tewksbury J.J., Tigchelaar M., Battisti D.S., Merrill S.C., Huey R.B., Naylor R.L. (2018). Increase in crop losses to insect pests in a warming climate. *Science*, 361: 916-919.

EPA [United States Environmental Protection Agency]. (2021). Basic Information about Pesticide Ingredients. <https://www.epa.gov/ingredients-used-pesticide-products/basic-information-about-pesticideingredients>. Accessed 30 September 2021.

Hazen J.L. (2000). Adjuvants-terminology, classification, and chemistry. *Weed Technology*, 14: 773-784.

Hazra D.K., Purkait A. (2019). Role of pesticide formulations for sustainable crop protection and environment management: A review. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 8: 686-693.

Houbraken M., Senaeve D., Fevery D., Spanoghe P. (2015). Influence of adjuvants on the dissipation of fenpropimorph, pyrimethanil, chlorpyrifos and lindane on the solid/gas interface. *Chemosphere*, 138: 357-363.

Jursik M., Hamouzova K., Andr J., Soukup J. (2013). Effect of different adjuvants on phytotoxicity of flumioxazin to sunflower in different growth stages. *Romanian Agricultural Research*, 30: 365-372.

Kaczmarek D.K., Rzemieniecki T., Gwiazdowska D., Kleiber T., Praczyk T., Pernak J. (2021). Choline-based ionic liquids as adjuvants in pesticide formulation. *Journal of Molecular Liquids*, 327: 114792.

Knoche M. (1994). Organosilicone surfactant performance in agricultural spray application: a review. *Weed Research*, 34: 221-239.

Knowles A. (Ed.). (2012). *Chemistry and technology of agrochemical formulations*. Dordrecht: Springer Science & Business Media, 440p.

Kumar R., Kranthi S., Nagrare V. S., Monga D., Kranthi K. R., Rao N., Singh A. (2019). Insecticidal activity of botanical oils and other neem-based derivatives against whitefly, *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae) on cotton. *International Journal of Tropical Insect Science*, 39: 203-210.

Laubie B., Bonnafous E., Desjardin V., Germain P., Fleury E., (2013). Silicone-based surfactant degradation in aqueous media. *Science of the Total Environment*, 454: 199–205.

Manthey F.A., Nalewaja J.D., Krenek M.R., EF Group. (1989). Epicuticular wax solubility in petroleum solvents relative to herbicide phytotoxicity. In *Pesticide formulations and application systems: International Aspects 9th Volume*. ASTM International.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. (2021). Agrofit. Disponível em: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons!/ap_produto_form_detalhe_cons?p_id_produto_formulado_tecnico=17081&p_tipo_janela=NEW. Acesso em 15/10/2021.

Mesnage R., Antoniou M.N. (2018). Ignoring adjuvant toxicity falsifies the safety profile of commercial pesticides. *Frontiers in Public Health*, 5: doi: 10.3389/fpubh.2017.00361.

Medeiros F.A., Bleicher E., Menezes J.B. (2001). Efeito do óleo mineral e do detergente neutro na eficiência de controle da mosca-branca por betacyfluthrin, dimethoato e methomyl no meloeiro. *Horticultura Brasileira*, 19: 74-76.

Muraro D.S., Swarowsky A., Luchese E.F., Cocco P., Carvalho I.R., Aguiar A.C.M., Caye M., Szareski V.J., Melo A.A. (2020). Influence of adjuvants in the association with insecticide in the control of *Euschistus heros* in soybean crop. *Research, Society and Development*, 9: e4009119421.

Mullin C.A., Fine J.D., Reynolds R.D., Frazier M.T. (2016). Toxicological risks of agrochemical spray adjuvants: organosilicone surfactants may not be safe. *Frontiers in Public Health*, 4: doi.org/10.3389/fpubh.2016.00092.

Najar-Rodríguez A.J., Lavidis N.A., Mensah R.K., Walter G.H. (2008). The toxicological effects of petroleum spray oils on insects – Evidence for an alternative mode of action and possible new control options. *Food and Chemical Toxicology*, 46: 3003-3014.

O'Lenick T. (2008). Surfactant vs. Silicone Surfactant. *Cosmetics e Toiletries*. Disponível em <https://www.cosmeticsandtoiletries.com/cosmetic-ingredients/cleansing/news/21845474/surfactant-vs-silicone-surfactant>. Acesso em 05/12/2021.

Oliveira R.B.D. (2011). Caracterização funcional de adjuvantes em soluções aquosas. Faculdade de Ciências Agrônômicas da Unesp - Campus de Botucatu. 122p. (Tese de doutorado).

Penner D. (2000). Activator adjuvants. *Weed Technology*, 14: 785-791.

Prior C., Jollands P., Le Patourel G. (1988). Infectivity of oil and water formulations of *Beauveria bassiana* (Deuteromycotina: Hyphomycetes) to the cocoa weevil pest *Pantorhytes plutus* (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Invertebrate Pathology*, 52: 66-72.

Rimaz V., Valizadegan O. (2013). Toxicity of agricultural adjuvant citogate oil and the insecticide pymetrozine to the cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* L. (Hemiptera: Aphididae) and its parasitoid, *Diaeretiella rapae* M. (hymenoptera:aphidiidae). Egyptian Journal of Biological Pest Control, 23: 221-225.

Shah F.M., Razaq M., Ali Q., Shad S.A., Aslam M., Hardy I.C. (2019). Field evaluation of synthetic and neem-derived alternative insecticides in developing action thresholds against cauliflower pests. Scientific Reports, 9: 1-13.

Singh M., Sharma S.D., Singh S. (2009). Effect of Adjuvants and their Concentration on Rainfastness of Glyphosate. Indian Journal of Weed Science, 41: 199-206.

Srinivasan R., Hoy M.A., Singh R., Rogers M.E. (2008). Laboratory and field evaluations of Silwet L-77 and kinetic alone and in combination with imidacloprid and abamectin for the management of the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae). Florida Entomologist, 91: 87-100.

Stevens P.J. (1993). Organosilicone surfactants as adjuvants for agrochemicals. Pesticide Science, 38: 103-122.

Taverner P., Beattie A., Watson D., Stevens M., Rae D., Spooner-Hart R. (2002). Drowning or just waving? A perspective on the ways petroleum-derived oils kill arthropod pests of plants. In: Beattie G.A.C, Watson D.M., Stevens M.L., Rae D.J., Spooner-Hart R.N. (Eds.). Spray oils beyond 2000: Sustainable pest and disease management. , ed by, Sydney: University of Western Sydney, p.78-88.

Tu M., Randall J.M. (2003). Adjuvants. TU, M. et al. Weed control methods handbook the nature conservancy. Davis: TNC, 1-24.

Ying G.G. (2006). Fate, behavior and effects of surfactants and their degradation products in the environment. Environment international, 32: 417-431.

CAPÍTULO 3

USO DE ATRAENTES, REPELENTES E DESALOJANTES EM PROGRAMAS DE MANEJO INTEGRADO DE PRAGAS

Juliana G. Medeiros, Douglas S. Ferreira, Mateus C. Matos, Eliseu J.G. Pereira, Mayara C. Lopes

1. Introdução

O uso de atraentes, repelentes e desalojantes é uma alternativa à crescente demanda do público por agentes de controle de pragas com maior especificidade e menor toxidez (Ezzat et al. 2020). Os atraentes mais ativos podem ser eficazes em concentrações infinitesimais e chegar a longas distâncias, como os atraentes sexuais (Wyatt 2003). Esse e outros atraentes, repelentes e desalojantes são úteis para controle de pragas (Vandermoten et al. 2012).

A inserção desses agentes no Manejo Integrado de Pragas (MIP) tem sido, principalmente, pelo uso dos semioquímicos que são substâncias químicas sinalizadoras usadas para transportar informações entre organismos vivos, promovendo mudanças em

seu comportamento (Blomquist & Vogt 2003, Wyatt 2003, Petroski et al. 2005). Eles são emitidos por um indivíduo e causam uma resposta em outro (comunicação) (Wyatt 2003).

Um dos comportamentos resposta a esses sinais químicos podem ser a atração ou a repelência. Os termos atraentes, repelentes e desalojantes são, resumidamente, métodos de manipulação do comportamento dos insetos utilizados no MIP (Wallingford et al. 2017).

Com esse método, os semioquímicos que atraem ou repelem os insetos podem ser usados para auxiliar na manutenção das populações de pragas abaixo dos níveis de dano econômico (Smart et al. 2014).

A utilização desses agentes apresenta algumas vantagens, como a diminuição das aplicações de inseticidas, reduzindo o nível de intoxicações de trabalhadores rurais e o teor de resíduos químicos nos produtos agrícolas e nos ecossistemas (Navarro-Silva et al. 2009, Ezzat et al. 2020). Dessa forma, este capítulo descreve algumas das maneiras pelas quais os atraentes, repelentes e desalojantes têm sido utilizados no MIP até o momento, usando exemplos selecionados.

2. Semioquímicos

Os insetos vivem em um ambiente cercado por muitas informações, como a luz, o som, o odor, o gosto, a temperatura, a umidade, a pressão atmosférica, ou até mesmo o fotoperíodo (Gullan & Cranston 2012). Todas essas informações estão dentro da estrutura de comunicação dos insetos e, de certa forma, grande parte dessa comunicação se dá através do uso de semioquímicos (Matthews & Matthews 2009).

Os semioquímicos são um grupo de compostos orgânicos produzidos e usados por animais e plantas para se comunicar, isto é, modificam o comportamento de outros seres vivos (Blomquist & Vogt 2003, Wyatt 2003, Petroski et al. 2005). O termo semioquímico é derivado da palavra grega "*semion*" que significa sinal (Petroski et al. 2005). Esses sinais químicos apresentam grande especificidade na comunicação entre o emissor-receptor e diferem nos seus pesos moleculares de acordo com sua cadeia de carbono (Ezzat et al. 2020). Os semioquímicos estão presentes em quantidades muito diminutas e podem ser instáveis em diferentes temperaturas ou na presença de luz (por exemplo, aldeídos poliinsaturados) (Wyatt 2003).

Os semioquímicos podem ser divididos em: (1) feromônios que são substâncias produzidas por um inseto para atrair membros de sua própria espécie ou notificar membros de sua própria espécie que o perigo está presente (um alarme) e (2) aleloquímicos que são usados para comunicação entre indivíduos pertencentes a espécies diferentes, como plantas e insetos ou plantas e outras plantas (Figura 3.1) (Petroski et al. 2005, Gullan & Cranston 2012).

3. Feromônios

O termo feromônio é obtido de duas palavras gregas, "*pherein*", que denota transportar, e "*horman*", que denota excitar (Wyatt 2003). Muitos insetos secretam feromônios e constantemente usam essas pistas químicas para encontrar parceiros, comida, oviposição e locais de hibernação (Blomquist & Vogt 2003, Wyatt 2003, Petroski et al. 2005).

Feromônios foram originalmente definidos como substâncias secretadas externamente por um indivíduo e recebidas por um segundo indivíduo da mesma espécie em que eles liberam uma reação específica, por exemplo, um comportamento imediato (feromônio desencadeador) ou processo de desenvolvimento de mudanças fisiológicas a longo prazo (feromônio indutor) (Wyatt 2003, Gullan & Cranston 2012).

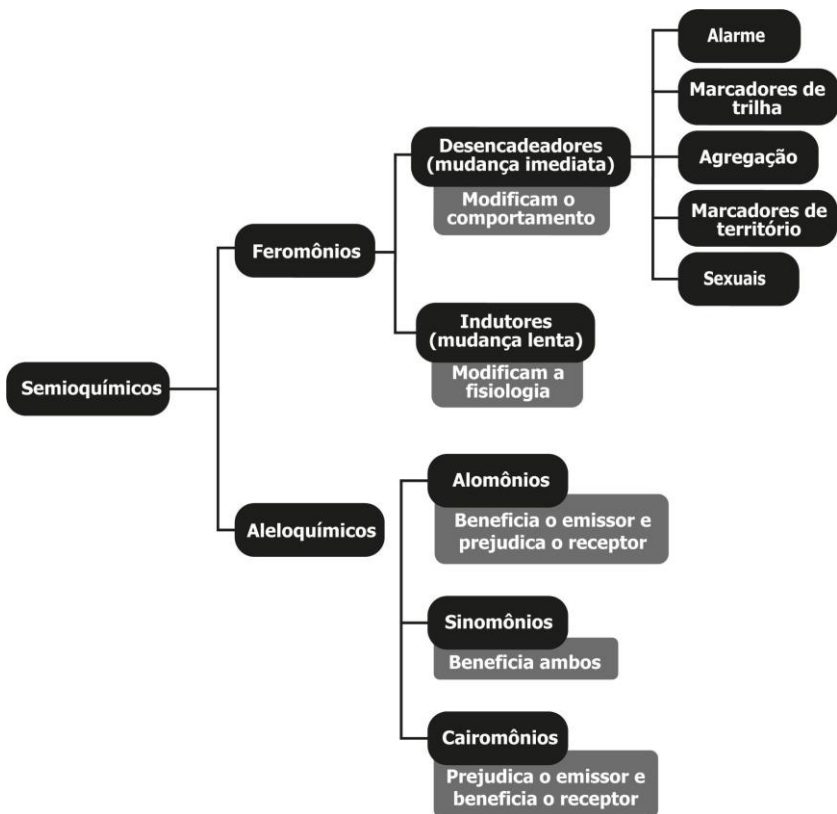


Figura 3.1. Classificação dos semioquímicos.

Os feromônios são predominantemente voláteis, mas algumas vezes são substâncias químicas líquidas de contato (Wyatt 2003, Petroski et al. 2005). Todos são produzidos por glândulas exócrinas (secretam para fora do corpo) derivadas de células epidérmicas (Wyatt 2003). Os feromônios podem ser liberados sobre a superfície da cutícula ou a partir de estruturas dérmicas específicas (Blomquist & Vogt 2003, Wyatt 2003).

Neste capítulo, será abordada uma classificação adicional de feromônios baseada em cinco categorias de comportamento, associadas com o sexo, agregação, território, formação de trilha e alarme. No entanto, existem outras classificações de feromônios.

3.1. Feromônios sexuais

Os feromônios sexuais são substâncias liberadas frequentemente para atração do parceiro sexual (comunicação à distância) (Blomquist & Vogt 2003). É uma forma de comunicação muito comum entre os machos e as fêmeas de insetos da mesma espécie (Wyatt 2003). A produção e a liberação desses

feromônios tendem a ser de exclusividade das fêmeas, porém existem algumas exceções de machos de Lepidoptera e Mecoptera que liberam esses feromônios à distância para atrair a fêmea (Gullan & Cranston 2012).

O feromônio volátil liberado pelo inseto estimula comportamentos característicos no grupo de indivíduos do sexo oposto da mesma espécie que estejam dentro do alcance da faixa odorífera (Wyatt 2003). O primeiro feromônio sexual a ser identificado foi o Bombicol (Figura 3.2A), (E, Z) - 10, 12 - hexadecadien-1-ol (Butenandt et al. 1959) do bicho-da-seda, *Bombyx mori* Linnaeu (Lepidoptera: Bombycidae). A confecção dessa descoberta durou cerca de 20 anos e exigiu meio milhão de abdomens de fêmeas (Blomquist & Vogt 2003). Desde então, o bicho-da-seda foi alvo de muitos estudos, em que foi possível compreender o comportamento de localização da fêmea através dos feromônios sexuais (Figura 3.2B).

Os feromônios sexuais dos insetos, juntamente aos de agregação, são os mais estudados por serem úteis no cenário do manejo de pragas (Blomquist & Vogt 2003, Komala et al. 2021). A ocorrência dos feromônios sexuais foi confirmada em cerca de doze ordens de insetos (Arioli et al. 2013).



Figura 3.2. (A) Estrutura do bombicol, feromônio sexual do bicho-da-seda. (B) Localização de uma fêmea emissora de feromônio por um macho de mariposa, seguindo o rastro em direção contrária à do vento).

Os estudos com feromônios sexuais de insetos seguem duas linhas de pesquisas. A primeira, objetiva atrair os insetos para a fonte emissora de feromônio, agindo como atraentes, em que os feromônios são utilizados para o monitoramento populacional ou para a coleta massal de insetos (Arioli et al. 2013, Blassioli-Moraes et al. 2019). A segunda, procura interromper ou dificultar o encontro entre machos e fêmeas, consistindo na técnica denominada "interrupção de acasalamento" ou confusão sexual (Blassioli-Moraes et al. 2019).

As armadilhas de feromônio sexual de monitoramento de insetos são geralmente utilizadas para três finalidades: identificar a presença de insetos, conhecer as suas flutuações populacionais e conferir se existe a necessidade de aplicar medidas de controle (Arioli et al. 2013). Contudo, só é viável a inclusão de feromônios sexuais nos programas de manejo integrado de pragas quando esses feromônios estão disponíveis comercialmente (Arioli et al. 2013). Os benefícios do uso de armadilhas de feromônio é que qualquer pessoa pode realizar a amostragem e promover capturas seletivas (Arioli et al. 2013).

A coleta massal de insetos utiliza grande número de armadilhas de feromônio sexual sintético, com a finalidade de atrair e capturar os insetos para manter a sua população abaixo do nível de dano econômico (Howse et al. 1998). O grande problema é que essas armadilhas só capturam os machos atraídos pelo feromônio sexual, raramente capturam as fêmeas, que são as que realizam posturas, originando lagartas, que são as responsáveis pelos danos nos cultivos (Arioli et al. 2013).

O método de interrupção do acasalamento procura interferir nos processos ou nos mecanismos fisiológicos, dificultando a localização das fêmeas pelos machos para o acasalamento, desorientando-os pela liberação de feromônio sexual sintético no ambiente (Arioli et al. 2013). Quando comparado ao controle por pulverização de inseticidas, a técnica de interrupção de acasalamento com feromônios sexuais sintéticos apresenta inúmeras vantagens, pois essas substâncias não apresentam toxicidade, não deixam resíduos nos frutos, têm seletividade aos inimigos naturais e causam reduzido risco de intoxicação às outras espécies (Blassioli-Moraes et al. 2019).

As principais dificuldades para a difusão dessa tecnologia hoje no Brasil são os resultados inconsistentes que decorrem principalmente do alto nível de incidência populacional das pragas-alvo nos cultivos, sobretudo nos pomares e o maior custo desse método quando comparado com a pulverização de inseticidas sintéticos (Arioli et al. 2013, Blassioli-Moraes et al. 2019). O controle por interrupção de acasalamento com feromônios sexuais sintéticos se torna viável em culturas de maior valor comercial, como as frutíferas (Arioli et al. 2013).

No Brasil, o uso de feromônios sexuais na agricultura está crescendo a cada ano, mas os avanços no seu uso não são generalizados, apesar de seus sucessos (Blassioli-Moraes et al. 2019). No caso de monitoramento para determinar densidades populacionais, um exemplo é o feromônio sexual do percevejo marrom, que pode ser usado para monitorá-lo em campos de soja (Borges et al. 2011). O uso do feromônio deste percevejo é mais eficiente para o seu monitoramento do que a técnica comumente utilizada, o pano de batida (Blassioli-Moraes et al. 2019, Borges

et al. 2011). No Rio Grande do Sul, os feromônios das mariposas orientais, *Grapholita molesta* (Lepidoptera: Tortricidae) são utilizados para seu controle por meio da técnica de interrupção do acasalamento em macieira (Padilha et al. 2018). Essa técnica também é usada para mariposas pragas da videira da família Pyralidae (Oliveira et al. 2014).

3.2. Feromônios de agregação

Os feromônios de agregação são substâncias liberadas para a manutenção de indivíduos em sociedade, colonização de habitats e agregação (Blassioli-Moraes et al. 2019). Essa liberação de feromônio provoca nos insetos de ambos os sexos da mesma espécie o comportamento aglomeração ao redor dessa fonte de feromônio (Freitas 2009, Blassioli-Moraes et al. 2019).

O comportamento de agregação pode trazer alguns potenciais benefícios, como a proteção contra predadores, a utilização máxima de uma fonte de alimento escassa, a superação da resistência de um hospedeiro, ou a coesão dos insetos sociais e a

possibilidade de acasalamento (Navarro et al. 2002, Freitas 2009). Ao contrário do que ocorre com os feromônios sexuais, ambos os sexos podem produzir e ter um comportamento-resposta ao feromônio de agregação (Blassioli-Moraes et al. 2019).

Os feromônios de agregação podem ser encontrados em seis ordens de insetos: Coleoptera, Hemiptera, Hymenoptera, Blattodea, Diptera e Orthoptera (Gulan & Cranston 2012). Um exemplo é o feromônio liberado pelo besouro *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae), praga-chave de pós colheita do trigo no Brasil, também pode atacar arroz, cevada e aveia (Moreira et al. 2005). Para ambos os sexos de *R. dominica*, o feromônio de agregação é a mistura de componentes (E)-2- metil-2-pentenoato de 1-metilbutila e (E)-2,4-dimetil-2-pentenoato de 1-metilbutila (Navarro et al. 2002, Moreira et al. 2005).

Os feromônios de agregação também podem ser sintetizados e utilizados em armadilhas de monitoramento ou coleta massal, com as mesmas finalidades dos feromônios sexuais: identificar a

presença de insetos, conhecer as suas flutuações populacionais e conferir se existe a necessidade de aplicar medidas de controle (Navarro et al. 2002, Freitas 2009, Arioli et al. 2013).

Um grande exemplo do uso de feromônios de agregação no MIP, é o bicudo-do-algodoeiro (*Anthonomus grandis*). Os machos de *A. grandis*, produzem quatro compostos usados como feromônios de agregação: (1) dois álcoois (Z) -isopropenil-1-metilciclobutanoetanol e (Z) -2- (3,3-Dimetil) -ciclohexilidenetanol e (2) dois aldeídos, (Z) -2- (3,3-Dimetil) -ciclohexilidenoetanol e (E) - (3,3-Dimetil) -ciclohexilidenoacetaldeído (Francke & Dettner 2005). Este feromônio atrai machos e fêmeas e tem sido comercializado em todo o mundo para monitorar e controlar o bicudo-do-algodoeiro (Blassioli-Moraes et al. 2019).

3.3. Feromônios marcadores de território

Os feromônios de marcação de território são substâncias químicas (ou uma mistura de compostos) depositadas numa área específica de ocupação do

inseto, minimizando ou até evitando encontros indesejáveis e agressivos (Navarro et al. 2002). Há estudos de marcação de território em formigas operárias dos gêneros *Atta* e *Acromyrmex*, onde foram demonstradas a utilização da glândula de Dufour como estrutura responsável pela produção do feromônio marcador de território (Evershed & Morgan 1981, Silva 2012). Ao reconhecer as pistas químicas de marcação de território de um inseto de outra espécie, o inseto receptor muda seu comportamento evitando a área de estímulo (Silva 2012).

3.4. Feromônios marcadores de trilha

Os feromônios de trilha são compostos químicos ou uma mistura de substâncias depositada sobre a superfície por um emissor, e detectadas por outros indivíduos da mesma espécie (receptores), para indicar uma fonte de alimento ou um novo local de moradia onde a colônia deverá se estabelecer (Gulan & Cranston 2012). Esses feromônios são indispensáveis para a orientação das atividades de campo, as trilhas são pistas químicas temporárias,

capazes de guiar o fluxo dos insetos em relação à fonte estimulante (Gulan & Cranston 2012). Esse comportamento de seguir a trilha marcada quimicamente é comumente conhecido em formigas, por exemplo: *Atta texana* (Tumlinson et al. 1971), *A. cephalotes* (Riley et al. 1974), *A. robusta* (Oliveira 1975), *A. laevigata* e *A. bisphaerica* (Oliveira et al. 1990) produzem o 4-metil-pirrol-2-carboxilato de metila como um dos componentes do seu feromônio de trilha.

3.5. Feromônios de alarme

Os feromônios de alarme são substâncias liberadas pelos insetos para fuga, como os pulgões, e agressão, principalmente por insetos sociais (Gulan & Cranston 2012). São substâncias muito voláteis, como o acetato de isoamila liberado pelas abelhas operárias de *Apis mellifera* (L.) (Hymenoptera: Apidae) quando estão em perigo (Wyatt 2003). Através desse feromônio, elas estimulam o comportamento de defesa das demais operárias, passando a atacar o inimigo (Wyatt 2003).

4. Aleloquímicos

Aleloquímico foi definido por Whittaker (1970) como uma substância não nutritiva produzida por indivíduos de uma espécie e que exerce influência na biologia, no comportamento, na sanidade e conseqüentemente no crescimento da população de outra espécie. São substâncias de extrema importância para a compreensão das diferentes interações inseto-planta e atuam diretamente no processo de busca por alimento dos insetos.

Os aleloquímicos são subdivididos de acordo com os resultados obtidos da interação que o composto aleloquímico promoveu, podendo ser alomônios, cairomônios ou sinomônios (Dicke & Sabelis 1988) (Figura 3.3).

São classificados como cairomônios aqueles compostos que conferem apenas ao indivíduo receptor algum benefício, já os alomônios são compostos que conferem apenas ao emissor algum benefício. Enquanto que o sinomônio é um composto que confere benefícios para o emissor e para o receptor.

Nas interações inseto-planta os mais importantes são os cairomônios e os alomônios, enquanto que os sinomônios norteiam as interações tritróficas e interações de polinização.



Figura 3.3. Representação esquemática dos critérios biológicos de classificação dos aleloquímicos.

Os alomônios são classificados como repelentes, estimulantes locomotores, supressantes e deterrentes. Um alomônio é considerado repelente quando induz o organismo receptor a se movimentar em direção oposta ao emissor; estimulante locomotor quando induz o organismo a se dispersar com maior rapidez da área ou se movimentar aceleradamente; supressantes quando inibem o início da alimentação ou da oviposição; deterrentes quando impedem a continuidade da alimentação (fagodeterrente) ou da oviposição (ovideterrente).

Devido a capacidade dos alomônios de repelir, inibir ou prejudicar o receptor, nas relações entre plantas e herbívoros esses alomônios acabam afetando o vigor, a longevidade e a interação dos herbívoros com seus predadores. Exemplos de compostos alomônios são taninos, tomatina, saponinas.

Em efeito oposto aos Alomônios os Cairomônios dão benefício ao receptor. Os cairomônios podem ser classificados em atraentes arrestantes, excitantes e estimulantes. São considerados atraentes quando induzem os receptores a se deslocarem na direção do emissor; considerados arrestantes quando induzem o organismo receptor a se agregarem ou diminuir a locomoção; excitantes/incitantes quando induzem o organismo a iniciar alimentação por meio de mordida ou picada de prova ou a iniciar a oviposição; estimulantes quando induzem o organismo a continuar se alimentando (fagoestimulante) ou ovipositando (oviestimulante).

Uma diversidade de cairomônios podem ser sintetizados por plantas e são capazes de regular a

seleção do hospedeiro por insetos herbívoros. Alguns feromônios sexuais de uma espécie são considerados cairomônios para outras, que é um exemplo comum que acontece com parasitoides que ao perceberem a emissão do feromônio sexual do hospedeiro sabem que o hospedeiro está em fase de reprodução e conseqüentemente haverá ovos para o parasitoide.

Já os compostos denominados sinomônios são produzidos por um organismo e provoca reação comportamental ou fisiológica positiva tanto para aquele organismo que emite quanto para o organismo que é receptor.

Os sinomônios são comumente associados a polinização e ao recrutamento de inimigos naturais por parte dos emissores. Um exemplo de recrutamento de inimigos naturais é a emissão do composto volátil isotiocianato de alila nas brássicas que atrai o parasitoide *Diaretiella rapae*, que parasita afídeos de brassicas (Read et al. 1970).

5. Atraentes, Repelentes e Desalojantes

5.1. Atraentes

A utilização de diferentes técnicas aplicadas para o controle de pragas contribui para a diminuição da aplicação de inseticidas. O uso de semioquímicos são cada vez mais usados como material atraente em culturas comerciais na forma de armadilhas tanto de captura massal quanto monitoramento populacional ou ambos.

Os insetos herbívoros reconhecem e localizam suas plantas hospedeiras por meio da detecção de misturas de compostos características de voláteis emitidas por elas (Webster et al. 2010). A utilização de compostos das plantas como pistas visuais que simulem a planta hospedeira, feromônios sexuais e de agregação com objetivo de promover a atração do inseto são técnicas de uso de atraentes no manejo integrado de pragas.

A adoção de semioquímicos no Manejo Integrado de Pragas através do desenvolvimento de substâncias atraentes que auxiliem no monitoramento populacional e em armadilhas de captura massal são

alternativas que podem promover a redução do uso de inseticidas, diminuição dos custos de produção e um menor impacto ao meio ambiente.

5.1.1. Tipos de atraentes

Os atraentes podem ser divididos em atraentes físicos (Estimulantes visuais) e atraentes químicos (voláteis do hospedeiro, feromônios de agregação e sexuais, fagoestimulantes e oviestimulantes) (Cook et al. 2007).

É sabido que geralmente os insetos herbívoros localizam e reconhecem suas respectivas plantas hospedeiras por meio da detecção de misturas características de voláteis emitidas por estas plantas (Webster et al. 2010). Um exemplo dessa atração por voláteis do hospedeiro é o afídeo *Toxoptera aurantii* Boyer (Hemiptera: Aphididae) que é atraído por voláteis liberados por plantas de *Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze (Theaceae) (Han et al. 2012).

É válido ressaltar que, um determinado grupo de compostos voláteis pode ser atraente ou repelente dependendo do contexto em que estejam inseridos.

Um exemplo, é o afídeo *Aphis fabae* (Scopoli, 1763) (Hemiptera: Aphididae) que é atraído pelo conjunto de compostos emitidos por sua planta hospedeira, *Vicia faba* (Fabaceae) porém quando os compostos da planta hospedeira foram apresentados isoladamente causaram repelência, ou seja, não foram reconhecidos pelo afídeo como pertencentes à planta hospedeira (Webster et al. 2010).

Algumas plantas são atrativas para os inimigos naturais por fornecerem alimentos como pólen, néctar, presas alternativas e abrigo. Silveira et al. (2003) observaram que as plantas espontâneas como as asteráceas Picão-preto (*Bidens pilosa*) e losna-branca (*Parthenium hysterophorus*), e as Amatantáceas Caruru (*Amaranthus sp*) e apaga-fogo (*Alternanthera ficoidea*) podem fornecer pólen, abrigo e também presas alternativas como tripes não-pragas, para a manutenção e sobrevivência de predadores do gênero *Orius Wolff* (Hemiptera: Anthocoridae).

Feromônios sexuais como atraentes também são amplamente utilizados como o caso de *Anthonomus rubi* (Herbst, 1795) (Coleoptera: Curculionidae),

praga na cultura do morango na Europa, na qual o feromônio sexual foi utilizado em armadilhas. As capturas realizadas pelas armadilhas foram detectadas com pelo menos uma semana de antecedência do aparecimento dos primeiros danos causados na plantação, e propiciam um conhecimento importante a respeito da época de aplicação de inseticidas, prevenindo prejuízos (Cross et al. 2006).

No Brasil, é possível adquirir diversos semioquímicos sintéticos para o manejo integrado de pragas. Um exemplo do uso de feromônios sexual sintético é usado no controle do moleque-dabananeira, *Cosmopolites sordidus* (Germar, 1824) (Coleoptera: Curculionidae), comercialmente conhecido como Cosmolure® é utilizado como substância atraente na técnica de coleta massal desta praga (Tinzaara et al. 2007).

O uso de feromônios de agregação no controle de pragas também já é conhecido como no caso do uso de Rhynchophorol® (feromônio de agregação sintético), associado a iscas de cana de açúcar, também é utilizado para monitorar e realizar a coleta

massal da praga-chave dos coqueiros, a broca *Rhynchophorus palmarum* (Linnaeus, 1758) (Coleoptera: Curculionidae) (Navarro et al. 2002). Essa tecnologia reduz a população da praga a um nível que não causa danos econômicos.

Exemplo de uso de atrativos alimentares é a estratégia utilizada para monitoramento da mosca-das-frutas, por meio do uso de armadilhas contendo atrativos alimentares como hidrolisado proteico, sucos de fruta, melaços e vinagres (Aluja 1994).

5.2. Repelentes

Com a intenção de resistir a danos causados por herbivoria ou evitar que seja atacada a planta produz aleloquímicos (alomônios) que podem produzir uma defesa do tipo constitutiva ou induzida. Os alomônios como anteriormente descrito, podem ter ação repelente.

Define-se repelente como substâncias que agem localmente ou por uma certa distância, evitando que um artrópode voe em direção, pouse ou morda

qualquer tipo de superfície (Blackwell et al. 2003, Choochote et al. 2007).

As plantas naturalmente produzem muitos compostos voláteis, e dentre esses compostos poucos possuem ação repelente. Dentre os que possuem ação repelente destacam-se os hidrocarbonetos voláteis emitidos por folhas de variedades resistentes de plantas.

Os efeitos de repelência de uma planta também influenciam diretamente nas plantas adjacentes alguns estudos como o conduzido por Zakir et al. (2013) mostra que a presença de uma de uma planta atacada por *Spodoptera littoralis* e sua consequente produção de voláteis de plantas induzidos por herbívoros foram capazes de causar redução dos danos em plantas adjacentes e afetar a oviposição dos insetos nela.

Além dos voláteis repelentes que a própria planta já produz para se defender de possíveis ataques, ainda podem ser empregados na agricultura a utilização de derivados botânicos como óleos e extratos de outras

espécies vegetais, evitando assim que a planta seja alvo de ataques de insetos fitófagos.

5.2.1. Tipos de repelentes

Os repelentes podem ser divididos em distrações visuais, voláteis de plantas não hospedeiras, Feromônios anti-agregação e feromônio de alarme, deterrentes de alimentação (fagodeterrentes) e deterrentes de oviposição (ovideterrentes) (Cook et al. 2007).

Distrações visuais: Quando o inseto não consegue identificar a planta hospedeira devido a modificações visuais como adoção de palhada de arroz para cobertura do solo e uso de consórcios com outras plantas não-hospedeiras aumentando a diversidade e diminuindo identificação imediata da planta hospedeira visualmente.

Voláteis de plantas não-hospedeiras: A adoção de consórcios com plantas não hospedeiras como espécies aromáticas que dificultam o inseto encontrar a planta hospedeira ou a emissão dos voláteis das

outras plantas promovem a movimentação da praga no sentido contrário ao do hospedeiro.

Feromônios anti-agregação e Feromônios de alarme: A presença de algum desses feromônios na área promove o deslocamento de indivíduos da mesma espécie do local.

Deterrentes de alimentação (fagodeterrentes) e de oviposição (ovideterrentes): Quando há uma picada de prova para iniciar a alimentação ou um reconhecimento da superfície da planta para oviposição esses compostos deterrentes impedem a continuidade da alimentação (fagodeterrente) ou da oviposição (ovideterrente), esses compostos são exemplos de alomônios.

5.3. Desalojantes

Compostos com efeito desalojante atuam como irritantes de insetos, resultando em maior movimentação, promovendo contato mais rapidamente com o inseticida aplicado e com os inimigos naturais presentes na cultura (Bellettine et al. 2005, Oliveira et al. 2006).

Uma das tentativas de enfatizar o MIP, através da melhoria da eficiência de produtos químicos, é a utilização de produtos de efeito desalojantes associados aos inseticidas (Guerreiro et al. 1997).

5.3.1. Tipos de desalojantes

Produtos comerciais à base de enxofre são vendidos como desalojantes, devido principalmente a liberação de gases sulfídricos, para uso consorciado aos inseticidas para promover uma maior eficiência da pulverização.

Em estudo conduzido por Guerreiro et al. (2013) obteve resultados que a mistura de enxofre com inseticidas promoveu maior eficiência no controle de *Spodoptera frugiperda*. Outros estudos semelhantes foram conduzidos na cultura do milho para controle de *Dichelops melacanthus* entretanto não promoveram resultados significativos (Guerreiro et al. 2017).

Se faz necessário mais estudos sobre o uso do enxofre e de outros agentes com potencial desalojante para uso na agricultura.

6. Uso de semioquímicos na tomada de decisão em MIP

O MIP é dividido em etapas, sendo a primeira etapa a diagnose. A segunda etapa é a tomada de decisão, onde por meio de monitoramento, realizado por um plano de amostragem pré-determinado, convencional ou sequencial, é identificada a densidade de um inseto-praga e/ou inimigo natural. Com base nestes dados é tomada a decisão importante para a terceira etapa, de controle ou não controle. Dentro da segunda etapa, a de tomada de decisão, é importante que o plano de amostragem escolhido para o monitoramento, seja preciso, confiável e barato (Picanço et al. 2010), para estimar corretamente a densidade de uma população de insetos em uma cultura, resultando em uma tomada de decisão, de controle ou não controle, correta. O monitoramento é o ato de vistoriar uma cultura, utilizando um plano de amostragem, previamente selecionado, para poder identificar a presença de uma praga e poder verificar se a mesma atingiu o seu nível de controle. Com o monitoramento, identifica-se a presença de um

inseto-alvo em uma região ou o melhor momento para realizar algum método de controle (tomada de decisão), que reduz o número de aplicações de produtos organosintéticos, reduzindo gastos. Existem diversas técnicas de amostragem utilizadas no monitoramento. O uso de semioquímicos em armadilhas dá a possibilidade de diminuir o número de horas necessárias de mão de obra em campo, cortando custos.

Armadilhas são instrumentos de plástico, as quais são utilizadas na tomada de decisão, ao atrair e coletar indivíduos-pragas, indicando sua presença em campo ou densidade de uma população, podendo assim nortear uma tomada de decisão (Zarbin et al. 2009), assim como podem ser utilizadas como método de controle, ao realizar coleta-massal de insetos (Picanço et al. 2010). As armadilhas devem ser confeccionadas com intuito de atrair e não permitir a saída dos insetos, e preferencialmente, ser seletiva ao inseto praga.

6.1. Uso de armadilhas para monitoramento

No caso de monitoramento, é muito utilizado feromônios sexuais sintéticos em armadilhas, tornando-as extremamente atrativas e específicas para uma espécie (Zarbin et al. 2009, Smart et al. 2014).

Dentro das limitações provindas do uso de semioquímicos para o monitoramento é a utilização de feromônios sexuais, a qual está ligada a atração de apenas um sexo, normalmente machos, podendo assim, dependendo do inseto-alvo, não ser uma amostra de valor compatível com a densidade da população total presente em campo. Outra limitação para a utilização de semioquímicos para o monitoramento é a disponibilidade produtos no mercado brasileiro, em especial de feromônios sintéticos, os quais disponíveis no site AgroFit (MAPA 2021), em sua maioria para a ordem Lepidoptera, apesar da existência de pesquisas do uso de semioquímicos para o monitoramento da população de insetos da ordem Coleoptera e Hemiptera. A importância agrônômica da ordem Lepidoptera, em

diversas culturas, aparenta ser o motivo pela demanda de estudos e produtos registrados no país.

Um exemplo do uso de semioquímicos em armadilhas para monitoramento da densidade de populações é no caso do bicho mineiro, *Leucoptera coffeella*, que é a principal praga de café (*Coffea sp.*) no Brasil e uma das principais pragas de café no mundo (Bacca et al. 2008). O uso de planos de amostragem permite a estimativa da densidade da população do Bicho mineiro, permitindo assim a tomada de decisão de controle ou de não controle da praga. Podem ser utilizados os planos de amostragem convencional ou planos de amostragem sequencial, mas esses planos de amostragem necessitam uma alta quantidade de folhas para determinar a porcentagem de folhas danificadas, exigindo um grande esforço para a obtenção destas amostras e levando a demora e alto custo deste processo (Bacca et al. 2008).

Armadilhas com atrativos, com a utilização de feromônios sexuais sintéticos, podem ser utilizadas para a amostragem de certos insetos-pragas, pois

pode ser um método rápido e fácil de usar (Howse et al. 1998). O uso desta técnica para o Bicho Mineiro do café é possível porque seu feromônio sexual é conhecido (5,9-dimetilpentadecano) e o número de machos coletados em uma armadilha com feromônio pode ser corretamente relacionado com a densidade total da praga, conferindo uma praticidade e confiabilidade na obtenção dos dados relacionados ao dano realizado pela praga (Francke & Dettner 2005).

Bacca e associados, em 2008, determinaram por análise, que a quantidade ótima de armadilhas é 8 por 30 hectares ou 1 armadilha por 4 hectares, pois além de permitir um menor gasto material pela baixa quantidade de armadilhas, também facilita o monitoramento, assim diminuindo a quantidade de horas para realizar o procedimento e baixando os custos com este plano de amostragem. Em relação ao posicionamento, as armadilhas devem estar posicionadas a 110 metros, a 45° e 177 metros, a 135°. Este posicionamento é considerado ótimo, sem atuar como confundimento sexual, atraindo assim os machos para a armadilha, resultando na obtenção de

amostras representativas da densidade da população de bicho-mineiro na área analisada (Bacca et al. 2008).

6.2. Uso de armadilhas para coleta massal

Em relação ao uso de armadilhas para coleta massal, os mais utilizados são os feromônios de agregação, tornando estas armadilhas específicas para uma espécie, assim como atrativas aos dois gêneros da espécie (Zarbin et al. 2009, Smart et al. 2014).

A atração de machos e fêmeas para a coleta massal pode ser realizada por feromônios de agregação, assim como aleloquímicos, para redução da densidade populacional em uma cultura. A maioria do uso em armadilha costuma estar ligado ao manejo de insetos das ordens Coleoptera e Diptera.

Uma das limitações para a utilização de semioquímicos para a coleta massal é a falta da disponibilidade destes produtos no mercado brasileiro, em especial de feromônios sintéticos, os quais disponíveis no site AgroFit (MAPA 2021), em sua

maioria para a ordem Coleoptera e Diptera, apesar da existência de pesquisas do uso de semioquímicos para a coleta massal da população de insetos de outras ordens.

Um exemplo do uso de semioquímicos na etapa de tomada de decisão em MIP é o *Cosmopolites sordidus*, conhecido como moleque-da-bananeira (Coleoptera). Este inseto é uma das principais pragas da bananeira (*Musa sp.*) no mundo. Sabe-se que voláteis do rizoma da planta atraem o inseto (caïromônio) na fase adulta. Este adulto vai ao encontro do alimento, e ao encontrá-lo, o inseto libera o feromônio de agregação, o qual atrai fêmeas e machos para a fonte de alimento (Gold et al. 2001). Este coleóptero apresenta no estágio larval a fase que causa danos econômicos, danificando o rizoma e o pseudocaule da bananeira, diminuindo a produtividade total (Dassou et al. 2015). No Brasil, o feromônio *sordidum* é liberado para uso em monitoramento e coleta massal do moleque-da-bananeira para a cultura da bananeira (MAPA 2021). Contudo, na maioria dos cultivos no Brasil o uso deste feromônio é inviável pelo custo e indisponibilidade no mercado. Dessa forma, são mais utilizadas as armadilhas feitas com o rizoma, sendo as estilo queijo ou telha as mais utilizadas,

fazendo uso dos cairomônios naturais liberados pelo rizoma da bananeira para a realização da coleta massal. A utilização de armadilhas com feromônio e o atrativo alimentar, aliado ao controle cultural, apresenta um manejo preventivo de danos do moleque-da-bananeira, a cultura em questão (Gold et al. 2001).

7. Uso de semioquímicos no controle de pragas

Os semioquímicos podem ser utilizados tanto na tomada de decisão, quanto na etapa de métodos de controle de pragas, como será visto a seguir:

7.1. Confusão sexual

A técnica de confundimento sexual consiste na liberação de feromônio sexual em uma cultura, conferindo o confundimento ao macho e assim atrapalhando a localização das fêmeas desta espécie. É uma técnica utilizada principalmente com a ordem Lepidoptera.

Como exemplo do uso de semioquímicos para confusão sexual de insetos, é a utilização da confusão sexual em Mariposas-orientais em São Paulo e no Sul do Brasil.

7.2. “Push-pull”

O termo “push-pull” significa afastar-atrair. As estratégias de “push-pull” envolvem a manipulação comportamental de pragas e seus inimigos naturais por meio da integração de pistas visuais e semioquímicas ou sinais que funcionam por mecanismos não tóxicos (Cook et al. 2007, Pickett et al. 2014). Esses estímulos tornam a cultura de interesse econômico pouco atraente ou inadequada para as pragas (push), enquanto os atrai para uma fonte atraente (puxar) de onde as pragas são posteriormente removidas (Cook et al. 2007).

A produção de milho e sorgo na África Subsaariana (sul e oriental), são frequentemente infestadas por brocas do colmo (*Diatraea saccharalis*), para proteger suas culturas, milhares de agricultores usam as estratégias de “push-pull” (Cook et al. 2007, Pickett et al. 2014). As estratégias envolvem o uso combinado de culturas intercalares e culturas-armadilha (Cook et al. 2007). As brocas do caule são repelidas das lavouras por consórcios não hospedeiros repelentes, capim melaço (*Melinis minutiflora*),

desmodium de folha prateada (*Desmodium uncinatum*) ou desmodium de folha verde (*Desmodium intortum*) (push), e são concentradas em plantas armadilhas atraentes, principalmente grama Napier (*Pennisetum purpureum*) ou grama Sudão (*Sorghum vulgare sudanense*) (puxar) (Cook et al. 2007).

Outro exemplo promissor, é o controle da praga *Sitona lineatus* na cultura do feijão, através do uso de óleo de Neem (*Azadirachta indica*) como repelente, combinado a armadilhas, contendo feromônio (Smart et al. 1994).

As estratégias de “push-pull” direcionadas a insetos-praga estão sendo desenvolvidas em todas as principais áreas do manejo de pragas. Contudo, seu uso apresenta limitações para adoção, pois requer sistemas de monitoramento e decisão, e os custos operacionais podem ser mais altos do que o uso exclusivo de inseticidas (Cook et al. 2007). Além disso, a eficácia variável e o conhecimento incompleto da estratégia, resulta em aceitação limitada dos produtores (Cook et al. 2007).

7.3. Atração de inimigos naturais

A diversificação vegetal tende a favorecer o controle biológico natural na medida em que se inclui plantas que forneçam os recursos que promovam a atração e manutenção dos inimigos naturais, principalmente adultos de parasitoides e de espécies de predadores de pragas agrícolas, desta forma o controle biológico natural é mais eficaz em sistemas diversificados do que em monocultivos (Landis et al. 2000).

Entre os benefícios proporcionados por essas plantas associadas está a uma oferta de recursos vitais para a reprodução dos inimigos naturais, dentre eles abrigo, sítios de acasalamento e oviposição ou hibernação, alternativas de alimento como pólen, néctar, presas ou hospedeiros alternativos. Por exemplo o manejo de plantas espontâneas para fins de controle biológico conservativo em agroecossistemas, pois fornecem recursos e condições que permitem a sobrevivência, crescimento e reprodução do inimigo natural, mesmo quando suas presas são escassas ou ausentes (Venzon et al. 2019).

Em específico o consórcio de café com plantas de cobertura é uma estratégia viável o aumento da disponibilidade de alimento alternativo, refúgios e microclima favorável para predadores e parasitoides, aumentando sua sobrevivência e desempenho e, portanto, resultando em maior eficácia no controle de pragas (Venzon et al. 2006, Amaral et al. 2010, Rosado et al. 2021).

8. Considerações Finais

A principal aplicação de semioquímicos em Programas de Manejo Integrado de Pragas, até o momento, tem sido em sistemas de monitoramento de pragas, onde semioquímicos são usados como iscas atraentes para atrair insetos para armadilhas.

Contudo, conseguir reduções nas populações de pragas com semioquímicos, com a captura massal, tem sido mais desafiador aos pesquisadores. Os semioquímicos voláteis são difíceis de aplicar em grandes áreas de cultivo de uma forma que sua liberação se estenda ao longo de toda a safra e, mesmo com as melhores formulações, as reduções

nas infestações de insetos muitas vezes não são fortes o suficiente para evitar que as pragas entrem em grandes áreas de plantas hospedeiras presentes nos sistemas agrícolas.

No entanto, a utilização das plantas atrativas ou repelentes parece uma maneira promissora de entregar semioquímicos no campo e tem sido feita com sucesso pelo sistema "push-pull" que usa plantas companheiras.

A comercialização mundial destes produtos chega a ser toneladas de feromônios por ano, principalmente com as frutíferas temperadas da Europa como maçã e uva sendo tratadas com feromônios visando a confusão sexual. A atual situação no Brasil com o uso em larga escala dos semioquímicos ainda está no início, abrindo espaço para um mercado potencial para seu uso na agricultura.

Ainda há muito a ser aprendido sobre os processos de defesa de plantas. No futuro, é provável que o melhoramento de safras permita o desenvolvimento de cultivares de safras melhoradas que conseguem responder ao ataque de pragas

ativando o metabolismo de defesa apropriado, que pode incluir a produção de metabólitos secundários de antibióticos, bem como de semioquímicos voláteis.

Referências bibliográficas

Aluja M. (1994). Bionomics and management of *Anastrepha*. Annual review of entomology, 39: 155-178.

Amaral D.S., Venzon M., Pallini A., Lima P.C., De Souza O. (2010). A diversificação da vegetação reduz o ataque do bicho-mineiro-do-cafeeiro *Leucoptera coffeella* (Guérin-mèneville) (Lepidoptera: Lyonetiidae)? Neotropical Entomology, 39: 543-548.

Arioli C.J., Botton M., Mafra-Neto A., Molinari F., Borges R., Pastori P.L. (2013). Feromônios sexuais no manejo de insetos-praga na fruticultura de clima temperado. Florianópolis: Epagri. 58p. (Epagri. Boletim Técnico, 159).

Bacca T., Lima E.R., Picanço M.C., Guedes R.N.C., Viana J.H.M. (2006). Optimum spacing of pheromone traps for monitoring the coffee leaf miner *Leucoptera coffeella*. Entomologia experimentalis et applicata, 119: 39-45.

Bacca T., Lima E.R., Picanço M.C., Guedes R.N.C., Viana J.H.M. (2008). Sampling plan for the coffee leaf miner *Leucoptera coffeella* with sex pheromone traps. Journal of Applied Entomology, 132: 430-438.

Bellettine S., Mieko N., Bellettini T., Harada M.M., Bianchini C.C., Montanhani S., Montanhani A. (2005). Doses de enxofre associadas a inseticida em pulverização no controle do bicudo *Anthonomus grandis* Boheman, 1843 no algodoeiro. In: Congresso Brasileiro De Algodão, 5, Salvador. Anais. Campina Grande: EMBRAPA-CNPA.

Blackwell A., Stuart A., Estambale B.B., (2003). The repellent and antifeedant activity of Myrica Gale oil against *Aedes aegypti* mosquitoes and its enhancement by the addition of salicylic acid.

Blassioli-Moraes M.C., Laumann R.A., Michereff M.F., Borges M. (2019). Semiochemicals for integrated pest management. In: Vaz Júnior S. (Ed.) Sustainable Agrochemistry. Springer, Cham, p.85-112.

Blomquist G.J., Vogt R.G. (2003). The biosynthesis and detection of pheromones and plant volatiles. In: Blomquist G.J., Vogt R.G. (Eds.). Insect pheromone biochemistry and molecular biology. Elsevier, p.3-18.

Borges M., Moraes M.C.B., Peixoto M.F., Pires C.S.S., Sujii E.R., Laumann R.A. (2011). Monitoring the Neotropical brown stink bug *Euschistus heros* (F.) (Hemiptera: Pentatomidae) with pheromone-baited traps in soybean fields. Journal of Applied Entomology, 135: 68-80.

Choochote W., Chaithong U., Kamsuk K., Jitpakdi A., Tippawangkosol P., Tuetun B., Champakaew D., Pitasawat B. (2007). Repellent activity of selected

essential oils against *Aedes aegypti*. *Fitoterapia*, 78: 359-364.

Cook S.M., Khan Z.R., Pickett J.A. (2007). The use of push-pull strategies in integrated pest management. *Annual Review of Entomology*, 52: 375-400.

Cross J.V., Hesketh H., Jay C.N., Hall D.R., Innocenzi P.J., Farman D.I., Burgess C.M. (2006). Exploiting the aggregation pheromone of strawberry blossom weevil *Anthonomus rubi* Herbst (Coleoptera: Curculionidae): Part 1. Development of lure and trap. *Crop Protection*, 25: 144-154.

Dassou A.G., Carval D., Dépigny S., Fansi G., Tixier P. (2015). Ant abundance and *Cosmopolites sordidus* damage in plantain fields as affected by intercropping. *Biological Control*, 81: 51-57.

Dicke M., Sabelis M. W. (1988). Infochemical terminology: based on cost-benefit analysis rather than origin of compounds?. *Functional ecology*, 131-139.

Evershed R.P., Morgan E.D. (1981). Chemical investigations of the Dufour gland contents of Attini ants. *Insect Biochemistry*, 11: 343-351.

Ezzat S.M., Jeevanandam J., Egbuna C., Merghany R.M., Akram M., Daniyal M., Nisar J., Sharif A. (2020). Semiochemicals: A green approach to pest and disease control. In *Natural Remedies for Pest, Disease and Weed Control*. Academic Press, p.81-89.

Francke W., Dettner K. (2005). Chemical signalling in beetles. In: Schulz S (Ed.) Topics in current chemistry 240. Springer, Heidelberg, p.85-166.

Freitas J.D.D. (2009). Síntese de feromônios de Curculionídeos de interesse econômico. UFAL, Maceió, 214p. (Tese de doutorado).

Gold C.S., Pena J.E., Karamura E.B. (2001). Biology and integrated pest management for the banana weevil *Cosmopolites sordidus* (Germar) (Coleoptera: Curculionidae). Integrated Pest Management Reviews, 6: 79-155.

Guerreiro J. C., Camolese P. H., & Busoli A. C. (2013). Eficiência de inseticidas associados a enxofre no controle de *Spodoptera frugiperda* em milho convencional. Scientia Agraria Paranaensis, 12: 275-285.

Guerreiro J.C., Passos M.A.A., Fernandes M.G., Fabiano L.A., Busolil A.C. (1997). Eficiência de controle de *Spodoptera frugiperda* em milho, através de inseticidas com ou sem a adição de enxofre como produto bioirritante das lagartas. In: Congresso Brasileiro De Entomologia, 16., Salvador. Resumos: Sociedade Entomológica do Brasil/ EMBRAPA-CNPMP, p.181-182.

Guerreiro J.C., Silva G.B., Azevedo A.P., Espessato R.R., Padovan A.T., Leite F., Ferreira Filho, P.J. (2017). Control of *Dichelops melacanthus* with insecticides associated with sulphur applied in

different times in corn. Scientific Electronic Archives, 10: 67-74.

Guerreiro J.C., Veronezzi F., Randrade L.L., Busoli A.C., Barbosa J.C., Berti Filho E. (2005). Distribuição espacial do predador *Doru luteipes* (Scudder, 1876) (Dermaptera: Forficulidae) na cultura do milho. Revista Científica Eletrônica de Agronomia, 7: 1-11.

Gullan P.J., Cranston P.S. (2012). Os insetos: um resumo de entomologia. 4ed. Roca, 480p.

Han B., Zhang Q.H., Byers J.A. (2012). Attraction of the tea aphid, *Toxoptera aurantii*, to combinations of volatiles and colors related to tea plants. Entomologia Experimentalis et Applicata, 144: 258-269.

Howse P.E., Stevens I.D.R., Jones O.T. Insect pheromones and their use in pest management. London: Chapman and Hall, 1998. 370p.

Komala G., Manda R.R., Seram D. (2021). Role of semiochemicals in integrated pest management. International Journal of Entomology Research, 6: 247-253.

Landis D.A., Wratten S.D., Gurr G.M. (2000). Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. Annual review of entomology, 45: 175-201.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2021). Agrofit. Acesso em 14/11/2021. Disponível em

http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principa_l_agrofit_cons

Matthews R.W., Matthews J.R. (2009). Insect behavior. 2ed. Springer Science & Business Media. 514p.

Moreira M.A.B., Zarbin P.H.G., Coracini M.D.A. (2005). Feromônios associados aos coleópteros-praga de produtos armazenados. *Química nova*, 28: 472-477.

Navarro D.M.D.A.F., Murta M.M., Duarte A.G., Lima I.S.D., Nascimento R.R.D., Sant'Ana A.E.G. (2002). Practical aspects concerning the use of Rhyncophorol, the aggregation pheromone of *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Curculionidae) in the control of coconut pests: analysis of its field performance. *Química Nova*, 25: 32-36.

Navarro-Silva M.A., Marques F.A., Duque L.J.E. (2009). Review of semiochemicals that mediate the oviposition of mosquitoes: a possible sustainable tool for the control and monitoring of Culicidae. *Revista Brasileira de Entomologia*, 53: 1-6.

Oliveira C.M., Auad A.M., Mendes S.M., Frizzas M.R. (2014). Crop losses and the economic impact of insect pests on Brazilian agriculture. *Crop Protection*, 56: 50-54.

Oliveira J.S. (1975). Estudos dos feromônios de *Atta sexdens rubropilosa* e *Atta robusta*. UFRJ, Rio de Janeiro. 92p. (Tese de doutorado).

Oliveira J.S., Martinez O.M.M., Carnieri M., Vilela E.F., Reis H.O. (1990). Componentes do feromônio de trilha das formigas cortadeiras *Atta sexdens rubropilosa* e *Atta bisphaerica* Forel (Formicidae: Attini). Anais da Sociedade Entomológica do Brasil, Jaboticabal, 19: 143-154.

Oliveira M.G., Neves M.B., Trecha C.O., Cunha U.S., Grützmacher A.D., Martins J.F.S., Porto M.P. (2006). Efeito de espinosade sob diferentes dosagens e da associação de enxofre com inseticidas no controle da lagarta-do-cartucho em milho de várzea. In: Reunião Técnica Anual De Milho, 53. Atas e resumos. Pelotas: Embrapa Clima Temperado.

Padilha A.C., Arioli C.J., Boff M.I.C., Rosa J.M., Botton M. (2018). Traps and baits for luring *Grapholita molesta* (Busck) adults in mating disruption-treated apple orchards. Neotropical entomology, 47: 152-159.

Petroski R.J., Tellez M.R., Behle R.W. (Eds.). (2005). Semiochemicals in pest and weed control. American Chemical Society, p. 1-7.

Picanço M.C., Gonring A.H.R., Oliveira I.D. (2010). Manejo integrado de pragas. Viçosa, MG: UFV.

Pickett J.A., Woodcock C.M., Midega C.A., Khan Z.R. (2014). Push-pull farming systems. Current opinion in biotechnology, 26: 125-132.

Read D.P., Feeny P.P., Root R.B. (1970). Habitat selection by the aphid parasite *Diaeretiella rapae* (Hymenoptera: Braconidae) and hyperparasite

Charips brassicae (Hymenoptera: Cynipidae). The Canadian Entomologist, 102: 1567-1578.

Riley R.G., Silverstein R.M., Carroll B., Carroll R. (1974). Methyl 4-methylpyrrole-2-carboxylate: a volatile trail pheromone from the leaf-cutting ant, *Atta cephalotes*. Journal of insect physiology, 20: 651-654.

Rosado M.C., de Araújo G.J., Pallini A., Venzon M. (2021). Cover crop intercropping increases biological control in coffee crops. Biological Control, 160: 104675.

Silva S.S. (2012). Comportamento de territorialidade em *Acromyrmex subterraneus subterraneus* Forel, 1893 (Hymenoptera: Formicidae). UENF, Macaé - RJ. (Tese de doutorado).

Silveira L.C.P., Bueno V.H.P., Pierre L.S.R., Mendes S.M. (2003). Plantas cultivadas e invasoras como habitat para predadores do gênero *Orius* (Wolff) (Heteroptera: Anthocoridae). Bragantia, Campinas, 62: 261-265.

Smart L.E., Aradottir G.I., Bruce T.J.A. (2014). Role of semiochemicals in integrated pest management. In: Integrated pest management. Academic Press. p.93-109.

Smart L.E., Blight M.M., Pickett J.A., Pye B.J. (1994). Development of field strategies incorporating semiochemicals for the control of the pea and bean weevil, *Sitona lineatus* L. Crop Protection, 13: 127-135.

Tinzaara W., Gold C.S., Dicke M., Van Huis A., Ragama P.E. (2007). Host plant odours enhance the responses of adult banana weevil to the synthetic aggregation pheromone Cosmolure+®. *International Journal of Pest Management*, 53: 127-137.

Tumlinson J.H., Silverstein R.M., Moser J.C., Brownlee R.G., Ruth J.M. (1971). Identification of the trail pheromone of a leaf-cutting ant, *Atta texana*. *Nature*, 234: 348-349.

Vandermoten S., Mescher M.C., Francis F., Haubruge E., Verheggen F.J. (2012). Aphid alarm pheromone: an overview of current knowledge on biosynthesis and functions. *Insect biochemistry and molecular biology*, 42: 155–163.

Venzon M., Amara, D.S.S.L., Togni P.H.B., Chiguachi, J.A. M. (2019). Interactions of natural enemies with non-cultivated plants. In: *Natural Enemies of Insect Pests in Neotropical Agroecosystems*. Springer, Cham, p. 15-26.

Venzon M., Rosado M. C., Euzébio D.E., Souza, B., Schoereder J.H. (2006). Suitability of leguminous cover crop pollens as food source for the green lacewing *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae). *Neotropical Entomology*, 35: 371-376.

Wallingford A.K., Cha D.H., Linn Jr C.E., Wolfen M.S., Loeb G.M. (2017). Robust manipulations of pest insect behavior using repellents and practical application for integrated pest management. *Environmental Entomology*, 46: 1041-1050.

Webster B., Bruce T., Pickett J., Hardie J. (2010). Volatiles functioning as host cues in a blend become nonhost cues when presented alone to the black bean aphid. *Animal Behaviour*, 79: 451-457.

Whittaker R.H. (1970). The biochemical ecology of higher plants. *Chemical ecology*, 3: 43-70.

Wyatt T.D. (2003). Pheromones and animal behaviour: communication by smell and taste. Cambridge University Press. 391p.

Zakir A., Bengtsson M., Sadek M.M., Hansson B.S., Witzgall P., Anderson P. (2013). Specific response to herbivore-induced de novo synthesized plant volatiles provides reliable information for host plant selection in a moth. *Journal of Experimental Biology*, 216: 3257-3263.

Zarbin P.H., Rodrigues M.A., Lima E.R. (2009). Feromônios de insetos: tecnologia e desafios para uma agricultura competitiva no Brasil. *Química Nova*, 32: 722-731.

CAPÍTULO 4

TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE INSETICIDAS E ACARICIDAS

*Jhersyka S. Paes, Carolina O. Soares, Carlos L. Vieira,
Francisco C.L. Freitas, Gerson A. Silva*

1. Introdução

São vários os equipamentos e técnicas para aplicação de pesticidas utilizados para o controle de uma ampla gama de organismos que causam perdas quantitativas e qualitativas na agricultura, como insetos praga, ácaros, patógenos e plantas daninhas, além de um amplo portfólio de produtos químicos como inseticidas, acaricidas, fungicidas e herbicidas, os quais devem estar associados a outros meios para o controle, de forma econômica e sustentável.

Para a aplicação correta de inseticidas e acaricidas, assim como de outras pragas e patógenos que afetam as plantas, é necessário colocar o ingrediente ativo no alvo desejado, de forma direta, quando o produto é aplicado diretamente no alvo biológico, ou indiretamente, quando a aplicação é

realizada sobre outra superfície, para posteriormente, atingi-lo. Para que isso ocorra, é necessário que a tecnologia de aplicação seja adequada, de modo a atingir o alvo com eficiência máxima para manter a praga sob controle, bem como, evitar a contaminação de áreas e organismos não alvo, haja vista que alguns pesticidas são constituídos de substâncias altamente tóxicas e podem causar danos para alguns seres vivos e ao meio ambiente.

Aspectos como o conhecimento sobre a fase mais susceptível da praga ajuda a decidir o momento de aplicação da medida de controle e a técnica a ser empregada para aplicação da mesma, que depende da localização, mobilidade e do tamanho da praga. O mecanismo de ação do pesticida, sua toxicidade relativa e outras propriedades físico-químicas ajudam a decidir as precauções no manuseio. Além disso o conhecimento do equipamento é importante para desenvolver habilidade de operação desejada, selecionar e estimar o número e tipo de equipamentos necessários para tratar a cultura em tempo mínimo e otimizar o uso do equipamento (Matthews 2008).

Portanto, a seleção adequada do equipamento de aplicação, o conhecimento do comportamento das pragas e os métodos de aplicação dos inseticidas e acaricidas é de grande importância para o sucesso no controle das pragas. Entretanto, apesar do portfólio de inseticidas e acaricidas para uso na agricultura, são poucos os profissionais especializados em tecnologia de aplicação, bem como o de trabalhos científicos relacionados à tecnologia de aplicação de inseticidas e acaricidas.

Neste sentido, é evidente que o grande avanço tecnológico ocorrido nas últimas décadas e que ainda está por vir. Faz se necessário conhecimentos dos princípios básicos da tecnologia de aplicação, especificamente de inseticidas e acaricidas, tendo em vista que informações sobre esse tema é escasso na literatura. Aqui, tem-se o desafio de disseminar essas informações para que cheguem aos profissionais que atuam na aplicação propriamente dita, os quais necessitam de treinamento e conscientização sobre a aplicação correta de inseticidas e acaricidas.

Este capítulo traz informações atualizadas e confiáveis sobre tecnologia de aplicação de inseticidas e acaricidas, abordando os princípios básicos, os avanços e os desafios a serem superados, de modo a atender estudantes, profissionais e produtores.

2. Principais métodos de aplicação de inseticidas e acaricidas

Os métodos de aplicação podem ser agrupados de diversas formas a depender do estado físico do pesticida a ser aplicado (sólido, líquido ou gasoso), do equipamento utilizado, dentre outros. Aqui, optou-se por fazer esta divisão em tratamento de sementes, aplicação no solo através da aplicação de inseticidas granulados no sulco de semeadura e da água de irrigação (aspersão e gotejamento) e via pulverização, agrupando-se as técnicas de acordo com a ação do inseticida ou acaricida utilizado e com o local de aplicação destes.

2.1. Tratamento de sementes

O tratamento de sementes é uma técnica de caráter preventivo, utilizada com o objetivo de evitar perdas ocasionadas por pragas subterrâneas e da parte aérea da planta, que danificam as sementes e as plantas no estágio inicial de desenvolvimento, além de protegê-las durante o processo de armazenamento. Assim, garantem um bom estabelecimento inicial de plântulas, otimizando o potencial de produtivo da lavoura (Balardin et al. 2011, Ludwig et al. 2011, Pereira et al. 2011).

Atualmente, duas formas de se realizar o tratamento de sementes são empregadas, o Tratamento Convencional (*on farm*) e o Tratamento Industrial de sementes (TIS) (Del Bem Junior 2017). O Tratamento Convencional é o método mais utilizado pelos agricultores. É comumente realizado na própria propriedade antes da semeadura, por isso é chamado de "*on farm*". Este método apresenta menor custo em relação ao TIS, pois a aplicação do produto é realizada de acordo com a necessidade do produtor, através da recomendação de um responsável técnico (Nunes 2016, Del Bem Junior 2017).

O tratamento *on farm*, demanda a utilização de equipamentos específicos para a mistura dos ingredientes ativos e inoculantes. Estes equipamentos podem variar desde tambores e betoneiras, a máquinas movidas por energia elétrica ou pela tomada de potência (TDP) de tratores, nas quais um sistema de rosca sem fim realiza a mistura (Henning et al. 2010).

Tratamento industrial de sementes (TIS) consiste na combinação de diversos produtos como fungicidas, inseticidas, acaricidas, nematicidas, entre outros, por empresas que produzem e comercializam as sementes já tratadas, por isso a denominação de tratamento industrial (França-Neto et al. 2015, Peske et al. 2018). Dentre as vantagens do TIS, destacam-se o “film coating” que consiste na aplicação de produtos de recobrimento por polímeros sintéticos que revestem a semente. Além de protegê-las, elas têm seu desempenho no campo potencializado (Platzen 2012, Parisi & Medina 2013, Piccinin et al. 2013, Nunes 2016). Normalmente, essa modalidade de tratamento visa mais a proteção da semente no armazenamento.

Enquanto que o “*on farm*”, atua de forma complementar e tem como objetivo a proteção da semente no solo e o controle de pragas de início de ciclo.

Os equipamentos de aplicação via TIS, asseguram a realização da cobertura completa das sementes durante o tratamento, com doses precisas dos produtos (França-Neto et al. 2015). São utilizados sistemas de fracionamento do volume líquido em gotas, balanças para medir o fluxo das sementes, bombas de alta precisão, ensaque automatizado, uso de sistemas de fluxo contínuo e por batelada que garantem a produção de sementes com alta qualidade (Nunes & Baudet 2011, Nunes 2016).

O tratamento de sementes além dos benefícios supracitados, diminui a aplicação de defensivos agrícolas, não confere impacto negativo a organismos não-alvo (Brustolin 2011, Vieira et al. 2013). Além disso, a exposição do solo a aplicação de pesticidas, quando comparado aos outros métodos de aplicação que aqui serão citados como inseticidas no sulco de semeadura, ou por pulverizações, é minimizada (Silva

1998). Assim, o uso de sementes certificadas aliado a aplicação de produtos fitossanitários adequados é fundamental para seu bom desempenho em campo.

2.2. Aplicação de inseticidas e acaricidas no solo

2.2.1. Inseticidas granulados no sulco de semeadura ou transplante

Uma alternativa que tem se mostrado eficiente para o manejo de pragas subterrâneas, insetos e ácaros sugadores e também larvas de insetos desfolhadores, é a aplicação de inseticidas granulados nos sulcos de semeadura, principalmente em sistemas de Plantio Direto, onde estas pragas diretamente ligadas ao solo, acabam se beneficiando com as condições proporcionadas por esse sistema de plantio (Ávila & Gomez 2003).

Considerando-se as características desse tipo de aplicação, uma das vantagens dos inseticidas granulados, é que estes, dependendo da formulação, podem controlar a velocidade de liberação do

ingrediente ativo, prolongando assim, sua ação residual no sistema (Contiero et al. 2018). Durante a elaboração desses inseticidas, diversos materiais podem ser utilizados para ajudar na adesão do ingrediente ativo, silicatos, argila, gesso, resíduos vegetais triturados e homogeneizados, dentre outros.

Em termos práticos, os inseticidas granulados são considerados alternativas viáveis, pois apresentam algumas vantagens como, redução no risco de contaminação do operador, principalmente por inalação em relação às formulações em pó, haja visto que o ingrediente ativo se encontra em uma partícula sólida em forma de grânulos (Contiero et al. 2018, De Azevedo & Freire 2006), com tamanho dimensão normalmente 0,25 e 2,0 mm e com alta densidade. São relatados estudos com a aplicação deste tipo de inseticida na cultura da soja, café, milho, cana-de-açúcar, dentre outros.

A aplicação destes formulados é realizada com o auxílio de granuladeiras, que podem ser manuais, tipo matraca, à tração animal ou tratorizadas, que atuam simultaneamente à adubação. As granuladeiras

normalmente são compostas por um compartimento com agitador mecânico, onde os grânulos são armazenados, e um regulador de saída, que possibilita a distribuição uniforme dos grânulos (Matthews 1979, Matuo 1990).

2.2.2. Diluídos na água de irrigação

Com a finalidade de proporcionar uma aplicação uniforme, foram desenvolvidos os métodos de aplicação de inseticidas via irrigação, comumente chamado de insetigação ou quimigação, uma alternativa que quando comparada às demais técnicas tornou-se mais eficiente e econômica, pois maximiza a utilização do equipamento de irrigação e reduz-se os custos de aplicação dos pesticidas (Brito & Pinto 2008, Ghidui et al. 2012). Os principais métodos de aplicação de pesticidas via irrigação são gotejamento e aspersão, que aqui serão descritos.

Dentre as vantagens da utilização desses sistemas, pode-se destacar a uniformidade de distribuição, medido pelo Coeficiente de Uniformidade (CU), que determina a eficiência da aplicação. Quando

aplicados via pivô-central apresentam alta uniformidade (CU aproximadamente 80%), enquanto no sistema de gotejamento esse coeficiente pode atingir até 90% (Bernardo 1995; Baldin et al. 2013). Ademais, pode-se citar a redução na compactação do solo e dos custos, pois não há necessidade de máquinas para a aplicação dos insumos, o risco de contaminação do operador é reduzido, uma vez que o inseticida é diluído na água de irrigação.

Vale destacar que a aplicação de inseticidas tanto por aspersão, quanto por gotejamento apresentam maior flexibilidade de aplicação, pois a aplicação pode ser realizada independentemente da altura das plantas e do fechamento do vão entre as fileiras, apresentando maior eficiência em relação aos métodos convencionais (Ghidiu 2012, Baldin et al. 2013).

As aplicações via gotejamento são para inseticidas sistêmicos, com a aplicação visando diretamente o solo. Já as aplicações via aspersão, são para inseticidas sistêmicos ou de contato, podendo ser aplicados tanto no solo, quanto na superfície foliar

(Threadgill 1991). A escolha do tipo de aplicação e inseticida a ser utilizado vai depender da época de aplicação, do tipo de praga a ser controlada e do clima da região (Costa et al. 1994). Em locais mais úmidos, e que as raízes excedem a área atingida pelo bulbo úmido formado pelo gotejamento, indica-se a aplicação via aspersão, a fim de assegurar que os inseticidas sejam absorvidos pela planta (Viana 1994).

As principais exigências para que a aplicações de inseticidas via água de irrigação sejam eficientes são o dimensionamento, a instalação e operação dos sistemas de irrigação e de injeção. Desta forma, a lâmina d'água e o produto serão uniformemente distribuídos.

Gotejamento

A irrigação por gotejamento compreende os sistemas onde a aplicação da água e de produtos químicos é realizada na forma de gotas por uma fonte pontual, denominado gotejador. Esses gotejadores operam com pressões que variam entre 50 a 200 kPa e vazões na ordem de 0,5 a 12 L h⁻¹ (Testezlaf 2011).

Quando utilizado o sistema de gotejadores ou linhas de gotejamento, pequenos volumes do produto são aplicados juntamente com a água de irrigação na forma de gotas, na região das raízes da planta, aplicando-se o produto no solo, minimizando-se as perdas e aumentando os valores de eficiência quando comparado ao sistema de aspersão.

Aspersão

Na irrigação por aspersão, a quantidade de água presente no solo antes da irrigação influencia a profundidade que a irrigação irá atingir. Em solo seco, a profundidade de penetração da água e a do inseticida será menor que em solo úmido. Os inseticidas na água de irrigação por aspersão podem ser aplicados tanto no solo quanto nas folhas das plantas, enquanto que os sistemas de irrigação por gotejamento só permitem aplicar o inseticida no solo (Viana 1994).

Existem diferentes sistemas de irrigação por aspersão, destacando-se os sistemas autopropelido, o Convencional e o pivô central.

Os pesticidas são incorporados à água de irrigação por meio de injetores específicos, de forma semelhante à realizada para aplicação de fertilizantes (fertirrigação), que podem ser acionados por energia externa ou pela energia do próprio sistema de irrigação.

Os pesticidas são incorporados à água de irrigação por meio de injetores específicos, de forma semelhante à realizada para aplicação de fertilizantes (fertirrigação), que podem ser acionados por energia externa ou pela energia do próprio sistema de irrigação.

Os injetores acionados por energia externa são compostos por um depósito contendo o pesticida diluído em água e uma bomba que vai injetar a calda no sistema de irrigação. Vale ressaltar que a pressão gerada pela bomba tem que ser maior que a do sistema de irrigação e o controle da vazão da injeção é mais preciso.

Os injetores com acionamento com energia do sistema de irrigação utilizam diferenciais de pressão existentes no sistema ou provocados por meio da

instalação de registros ou sistema venturi que limitam o curso da água na linha principal, que forçam a passagem de parte água por um depósito fechado que suporte a pressão do sistema, contendo o pesticida. Neste caso, a concentração do depósito decresce com o tempo de injeção.

O sistema é de fácil instalação e baixo custo, entretanto a concentração no depósito decresce exponencialmente com o tempo, reduzindo a concentração da calda aplicada no final da aplicação.

Na aplicação de pesticidas via água de irrigação, deve-se ter o cuidado para que não ocorra o retorno ou refluxo da solução para as fontes de água. Para tal, deve-se instalar válvulas que impeçam o retorno da calda caso ocorra interrupção no funcionamento do sistema por motivos diversos, como queda na energia elétrica, além de deixar o sistema funcionando ou um período tempo após a aplicação do pesticida, de modo a remover os resíduos das tubulações.

2.2 Parte aérea da planta

2.2.1 Via líquida – Pulverização

O principal método de aplicação de inseticidas e acaricidas na parte aérea da planta é feita por via líquida, pulverização. Pulverização é o ato ou efeito de fracionar o líquido em gotas. A aplicação de inseticida e acaricidas na parte aérea da planta tem como alvo biológico as espécies pragas que acatam a parte aérea da planta.

A maioria dos inseticidas sistêmicos transloca-se apenas para cima nas plantas (de forma ascendente), ou seja, via xilema. Sendo absorvido pelas raízes (quando aplicado ao solo) e transportado para as folhas, como os carbamatos e neonicotinoides. Esta propriedade permite a aplicação de compostos via solo. Muito raros são os inseticidas com translocação via floema, das folhas desenvolvidas para novas folhas, frutos e raízes.

Os produtos utilizados na pulverização, tem pouca ou não tem a capacidade de absorção e translocação na planta tratada. Os compostos

efetivamente transferidos pelo floema são interessantes, porque as plantas podem ser protegidas por mais tempo após uma única pulverização, pois os inseticidas transferidos das folhas tratadas para as folhas jovens seriam menos lavados pela chuva e menos afetados por condições climáticas. Alguns estudos demonstram que sulfona de aldicarbe e vamidotiom (Oliveira & Rigitano 1991) tem propriedades que indicam translocar pelo floema. No entanto, esses pesticidas são altamente tóxicos para mamíferos, levando a restrições ao seu uso.

Visando isso, a aplicação é voltada a atingir os indivíduos ou a área que eles caminham e alimentam da superfície tratada. Um dos grandes desafios enfrentados pela aplicação de inseticidas e acaricidas por pulverização é superar barreiras impostas por características e comportamentos das espécies pragas, nos quais destacam-se: corpo de pequeno tamanho; ficar na parte abaxial da folha; estar no interior de folhas, caules e frutos; ter corpo com camada cerosa, dentre outras. Como também, o desafio de tratar plantas que possuem um

revestimento de cera nas folhas, plantas com porte alto, plantas com diferentes arquiteturas, plantas com grande volume de vegetação.

O alvo principal é a fase do ciclo de vida em que o inseto é praga, as demais fases são alvos secundários. No entanto, nem sempre o alvo principal é de fácil acesso, como exemplo as moscas das frutas, com a fase praga (larval) dentro do fruto. Assim, é necessário levar em consideração a fase do ciclo de vida em que o inseto fica mais exposto à aplicação, nesse caso os adultos de moscas das frutas.

Penetração foliar

A eficiência da pulverização sobre as folhas é diretamente dependente da capacidade dos compostos penetrarem nas folhas. No entanto, estas são cobertas por uma fina camada cutícula cerosa. A penetração de pesticidas nas folhas também pode variar dependendo das espécies de plantas. Em geral, a superfície da folha das monocotiledôneas é mais suscetível à penetração de pesticidas.

Adjuvantes

A penetração foliar de pesticidas pode ser bastante influenciada com a adição de adjuvantes às caldas de pulverização ou às formulações de pesticidas.

Os adjuvantes são “substâncias ou compostos adicionados à formulação do defensivo agrícola ou à calda no tanque do pulverizador para aumentar a eficiência do produto ou modificar propriedades da solução visando viabilizar a eficácia de pesticidas, facilitar a aplicação e a segurança no processo de aplicação”. Podem atuar nas diferentes etapas da aplicação, desde a melhoria na qualidade da água usada na aplicação, interação entre o pesticida e o alvo e no espectro de gotas produzido, reduzindo perdas por deriva.

Há diversas formas de classificação de adjuvantes. Entretanto, uma das mais utilizadas é a que leva em conta a funcionalidade destes, dividindo-os em dois grupos; i) modificadores das propriedades físico-químicas da calda (compatibilidade, estabilidade, solubilidade, formação de espuma,

redutores de deriva, reguladores de pH/tamponantes e sequestro de íons/quelantes) e ii) ativadores, estes interferem no processo de reação com o alvo (retenção, adesão, molhamento, espalhamento, penetrante e umectante) (Raetano & Chechetto 2019).

No caso da aplicação de inseticidas e acaricidas, merece destaque os surfactantes, que são compostos orgânicos que possuem uma parte de sua molécula polar ou hidrofílica (com afinidade com água) e outra apolar ou lipofílica (com afinidade com óleo) e têm a função de reduzir a tensão superficial da solução, diminuindo a força de atração entre suas moléculas, o que possibilita maior contato das gotas de pulverização com a superfície cerosa, tanto da folha quanto de espécies praga, como mosca branca (*Bemisia tabaci*) e cochonilhas.

Os surfactantes possibilitam também que substâncias hidrofílicas, como a água, sejam compatíveis com substâncias hidrofóbicas, como o óleo, possibilitando que formulações apolares sejam aplicadas utilizando água como veículo e também, que produtos polares sejam aplicados usando substâncias apolares como veículo, como é o caso da aplicação de

defensivos agrícolas utilizando óleo como substituto a água.

Na aplicação via líquida na parte aérea da planta, o uso de adjuvantes como óleo mineral influencia na translocação translaminar. Proporcionando vantagens a calda por permite que a absorção se dê de forma mais rápida pela folha o que facilita o atingimento do alvo e potencializa o controle de insetos e ácaros localizados na face abaxial de folhas e de indivíduos que ficam em minas.

Tamanho de gotas

Em um processo de pulverização as gotas formadas e que carregam o inseticida ou o acaricida, são distribuídas em tamanhos diferentes, podendo apresentar espectro de gotas extremamente finas a espectro com gotas extremamente grossas.

Para cada alvo biológico existe uma faixa ótima de tamanho de gotas que apresenta maior cobertura e maior eficácia de controle, no caso de insetos e ácaros, segundo a classificação do tamanho de gotas produzidas pelas pontas de pulverizadores, gotas finas a médias são os tamanhos ideais para produtos com ação por contato. O tamanho das gotas pode ser

manipulado com a utilização de diferentes pontas de pulverização e pela variação da pressão do sistema.

As gotas mais finas, de modo geral, penetram melhor no dossel e depositam-se melhor sobre superfícies verticalizadas ou estreitas. No entanto, em condições meteorológicas adversas, como temperaturas elevadas, baixa umidade relativa do ar e ventos fortes, é alto o potencial de deriva e de evaporação da gota, de modo a dificultar que essa venha atingir o alvo.

Já gotas grossas (mais pesadas e com menor superfície específica), são menos propensas à deriva e evaporação, entretanto, apresentam menor penetração no dossel, baixa cobertura e são mais propensas ao escorrimento. Com isso, possuem baixa eficiência para inseticidas e acaricidas, por dificuldade de atingir o alvo e baixa cobertura, especialmente, se estes estiverem localizados em partes das plantas difíceis de serem atingidos. Assim, a importância do tamanho de gotas aumenta com a dificuldade de atingir o alvo.

2.2.2 Equipamentos

Os equipamentos utilizados nas aplicações de inseticidas e acaricidas podem ser classificados de acordo com o sistema de formação de gotas (hidráulico, pneumático e hidropneumáticos) e com o transporte (manual, tratorizado e aéreos) (Matuo 1990).

Pulverização hidráulica

Em pulverizadores hidráulicos, a formação das gotas se dá através do líquido pressurizado e direcionado para um orifício de seção reduzida. O aumento da pressão do sistema produz gotas de menor diâmetro.

Pulverizador costal manual

São pulverizadores com reservatório pequeno, normalmente com capacidade entre 15 e 20 litros. A pressurização do sistema pode ser realizada por bombas acionadas manualmente pelo operador (costal manual) ou por meio de bombas elétricas acionadas por baterias recarregáveis dispostas no pulverizador

(Figura 4.1). Estes equipamentos são recomendados para aplicação de inseticidas e acaricidas em pequenas áreas, aplicações localizadas ou de uso domésticos. Pois o acionamento da pressão é feito pelo operador como também o direcionamento do jato e a passada de cadenciamento da velocidade de aplicação, tendo como consequência a falta de uniformidade e variação na dose aplicada.



Figura 4.1. Pulverizador costal manual. Foto: Francisco Cláudio Lopes de Freitas.

Pulverizadores de barra

Podem ser: pulverizadores montados no sistema de engate dos três pontos do trator (Figura 4.2) e de arrasto.

Os pulverizadores montados são ligados ao sistema hidráulico do trator e o de arrasto são ligados a barra de tração do trator. Pulverizadores de barra montados, normalmente são equipados com barras de 12 a 16 metros de comprimento. Pulverizadores de arrasto, são equipados com barras de 18 a 24 metros de comprimento e operam em velocidades de 6 a 10 km/hora.



Figura 4.2. Pulverizadores de barra para acoplamento ao engate de três pontos do trator Foto: Francisco Cláudio Lopes de Freitas.

Pulverizadores autopropelidos

São máquinas agrícolas com grande capacidade de carga e alto rendimento operacional. Conseguem desenvolver velocidades entre 15 a 30 km/h durante as pulverizações e 70 km/h no translado. As barras de pulverização chegam a medir entre 20 até 35 metros de comprimento.

Possuem controladores eletrônicos de vazão, onde com mudanças na velocidade de trabalho implicam na necessidade de alterar a pressão para manter constante o volume de calda aplicado. Assim, mesmo que o equipamento mantenha o volume de calda constante, independente da velocidade de trabalho, essa alteração na velocidade deve ser a menor possível, para evitar padrão de gotas indesejado.

Pulverizador costal carriola

É um pulverizador costal manual adaptado sobre estrutura com uma ou duas rodas, cuja pressão de trabalho é obtida com o giro da roda. Um dispositivo semelhante a uma catraca de bicicleta permite manter um volume de calda praticamente constante, caso haja alteração na velocidade de trabalho, haverá

também alteração na pressão, o que mantém constante o volume de calda aplicado.

Esse tipo de pulverizador não necessita ser carregado nas costas, nem acionar a alavanca de pressão manualmente, como no costal tradicional, o que permite maior capacidade operacional, maior uniformidade de aplicação e menor esforço do operador, a depender da posição do aplicador, pode obter menor exposição do trabalhador à calda aplicada, visto que o mesmo irá posicionar-se a frente da faixa aplicada.

Pulverizador estacionário

São compostos por uma bomba, normalmente de pistão, que pode ser acionada manualmente (pulverizador capeta) (Figura 4.3A), ou por motores (Figura 4.3B) elétricos ou a gasolina que succiona a calda a ser pulverizada do depósito. A distribuição da calda na lavoura é realizada por meio de mangueira com comprimento que varia de 20 a 50 metros, onde é acoplado um sistema com gatilho e lança de pulverização (Figura 4.3C e 4.3D).



Figura 4.3. Pulverizadores estacionários com (A) acionamento manual e (B) motorizado; (C e D) lança com extensor para reduzir a exposição do aplicador. Foto: Francisco Cláudio Lopes de Freitas.

Aéreo

O uso de aeronaves na pulverização apresenta a vantagem de ter grande capacidade operacional, pulverização em grandes áreas (avião e helicóptero) em um curto tempo. Além de evitar a compactação do solo e injúrias na cultura como também evita as perdas por amassamento de plantas da cultura.

Necessita de um volume reduzido de calda, normalmente, menores que 40 litros por hectare. E aproveita melhor as janelas no tempo.

Aviões

São aviões monoplanos ou biplanos projetados especificamente para a finalidade. Tendo barras de pulverização hidráulicas ou centrífuga, de comprimento de aproximadamente 70% do tamanho da envergadura das asas da aeronave. E precisa de cerca de 400 metros para realizar o processo de decolar e aterrissar.

Helicóptero

São aeronaves tripuladas que podem ser equipadas com sistema de pulverização. Possuem a vantagem de não ter a necessidade de uma grande área para realizar os processos de decolagem e aterrissagem.

Aeronaves remotamente pilotadas

As aeronaves remotamente pilotadas (RPA's), também conhecidas como "Drones", são controlados remotamente, constituem de um sistema de navegação, um pequeno reservatório (até 30 Litros) e sistema de pulverização. O uso limita-se em pequenas áreas, uso localizados de plantas com acesso restrito e dificultado e de alvos georreferenciados.

Pulverização pneumática

Os pulverizadores pneumáticos, também conhecido por atomizadores, podem ser costais motorizado e do tipo canhão. Nos atomizadores as gotas são fracionadas e transportadas com assistência do ar. A penetração da calda na massa vegetal é melhor. E é mais elevado o número de gotas por cm^2 . O que favorece a obtenção de eficácia nos tratamentos com alvos menores e com volume grande de massa vegetativa. Recomendado para culturas anuais ou arbustiva de difícil acesso e porte alto.

Pulverizador hidropneumático

São também conhecidos como atomizadores tipo cortina de ar. Utilizam do sistema hidráulico para fragmentação e o pneumático para o transporte das gotas. Há variados ajustes no direcionamento dos bicos e na regulagem, dependente da arquitetura da cultura utilizada. Recomendado para culturas perenes.

4. Regulagem e Calibração dos equipamentos

Um dos maiores cuidados da Tecnologia de Aplicação de Inseticidas é o controle da deriva, que requer como ponto chave para uma boa aplicação a regulagem e a calibração correta dos equipamentos para a aplicação dos pesticidas (Contiero et al. 2018). A crescente preocupação com a contaminação ambiental e do homem, ressalta a necessidade de tecnologias cada vez mais eficazes para a aplicação direta ao alvo, para isso, são necessários alguns cuidados em relação aos equipamentos, que aqui serão descritos. Antes de iniciar o processo de calibração deve-se fazer a regulagem dos equipamentos a serem utilizados (Contiero et al., 2018).

O primeiro passo para uma aplicação eficaz, é realização da inspeção do equipamento de aplicação, por meio de um *checklist*, visando identificar possíveis problemas no funcionamento e estado de conservação dos componentes do pulverizador, como vazamentos nas tubulações, adequação do estado de conservação dos filtros, manômetro, sistema de regulagem de pressão e, principalmente, adequação e estado de conservação das pontas de pulverização, por meio da checagem da uniformidade de vazão das mesmas ao longo da barra e, caso estejam com coeficiente de variação acima de 10%, estas devem ser substituídas.

Após a constatação do funcionamento adequado do pulverizador, inicia-se a etapa de regulagem e calibração do sistema. A regulagem consiste em preparar o equipamento para a realização da calibração em função das condições operacionais como velocidade deslocamento, que vai depender do equipamento utilizado e das condições do terreno, de ajuste da pressão de trabalho em função da faixa recomendada pelo fabricante das pontas de pulverização e do tamanho de gota desejado. A

escolha das pontas de pulverização é realizada na regulagem do sistema e deve ser realizada com base na vazão planejada para se atender o volume de calda e no espectro de gotas produzido, conforme Tabela 4.1.

Calibração está relacionada à determinação da quantidade do defensivo a ser colocada no tanque do pulverizador, que será realizada a partir da determinação do volume de calda ou taxa de aplicação e da dose do pesticida, que normalmente é recomendada em L/ha. Entretanto, há casos em que a dose dos inseticidas ou acaricidas é recomendada com base na diluição no tanque do pulverizador, normalmente, considerando a dose do pesticida para cada 100 Litros de calda, que será discutida mais adiante para pulverizadores hidropneumáticos.

O tamanho da gota deverá ser escolhido de acordo com o alvo a ser atingido e produto a ser aplicado. Para inseticidas aplicados no solo, em que não há necessidade de uma cobertura elevada, pode-se usar gotas grossas à ultra grossas. Entretanto, para inseticidas e acaricidas aplicados na parte aérea da planta, o espectro de gotas vai depender da localização da praga e da translocação do pesticida na planta.

Tabela 4.1. Espectro de gotas e vazão de diferentes pontas de pulverização em função da pressão de trabalho e o volume de calda gerado em função da velocidade de trabalho. Fonte: Adaptado de HYPRO (2005).

Faixa de pressão (bar)	Ponta e filtro	Tamanho das gotas a 3 bar	Pressão (bar)	Vazão (L/min)	Taxa de aplicação (L/ha)* em função da velocidade de deslocamento			
					4 km/h	8 km/h	10 km/h	12 km/h
1-8	ULD05F120	Muito grossa	1	1,155	346,5	173,3	138,6	115,5
2-6	DB05F120	Muito grossa	1,5	1,414	424,2	212,1	169,7	141,4
1-7	LD05F80	Grossa	2	1,633	489,9	245	196	163,3
1-7	LD05F110	Grossa	2,5	1,826	547,8	273,9	219,1	182,6
1-5	TR05F80	Média	3	2,000	600	300	240	200
2-4	05F80	Média	4,5	2,449	734,7	367,4	293,9	244,9
1-5	TR05F110	Fina	6	2,828	848,5	424,3	339,4	282,8

*50 cm de espaçamento entre bicos.

Para pragas localizadas na parte inferior da planta ou na parte interna do dossel, há necessidade de maior penetração das gotas e neste caso, indica-se gotas finas ou médias, enquanto, que quando a localização da praga é favorável, como a lagarta do cartucho na cultura do milho e/ou quando o inseticida é absorvido e possui translocação na planta, mesmo que baixa, pode-se usar gotas médias e em alguns casos, gotas grossas mediante o uso de surfactantes para quebrar a tensão superficial da calda com a folha e melhorar o espalhamento da gota. Para inseticidas sistêmicos recomenda-se a aplicação com gotas grossas ou muito grossas, com pelo menos 20 gotas/cm², enquanto para inseticidas de contato são deve-se fazer aplicação com gotas médias ou finas, com pelo menos 40 gotas/cm².

É imprescindível a escolha correta das pontas de pulverização, e o ajuste correto do espaçamento entre estas, a altura da barra e o ângulo de abertura do jato produzido pela ponta, pois a combinação correta desses três fatores é que vai proporcionar uma boa

uniformidade de distribuição da pulverização ao longo da barra de pulverização.

A velocidade de deslocamento do pulverizador é outro aspecto importante na aplicação de pesticidas. Velocidades muito altas podem gerar problemas com oscilação na barra e perda de uniformidade de distribuição, enquanto que velocidades muito baixas prejudicam o rendimento operacional. A velocidade ideal vai depender uniformidade do terreno, das condições ambientais e do equipamento de pulverização. Pulverizadores de barra acoplados no engate de três pontos do trator vão operar na faixa de 5 a 8 k/h, enquanto que pulverizadores autopropelidos, que possuem sistema de suspensão independente para as rodas e controle automático de altura de barra, podem operar até 30 km/h.

4.1. Calibração de pulverizador costal

Dentre as diversas maneiras de se calibrar o pulverizador costal, destaca-se o método de determinação do volume de calda para uma área conhecida. Assim, primeiramente deve-se demarcar

uma área 100 m², que pode ser de 10 m x 10 m ou 25 m x 4 m, na área a ser pulverizada e, posteriormente, esgotar toda a água do pulverizador, inclusive a bomba e mangueiras. Em seguida, deve-se abastecer o pulverizador com um volume de água conhecido, 5,0 L por exemplo. O pulverizador deve ser colocado nas costas ajustando-se as alças, de forma a pulverizar toda a área demarcada com pressão e velocidade de caminhamento uniforme. Após estes procedimentos, deve-se quantificar a água que restou no tanque do pulverizador, inclusive na bomba e mangueira, para que seja determinado o volume gasto. Caso tenha sobrado 2,0 L no pulverizador, indica que foram gastos 3,0 litros para pulverizar os 100 m². Neste caso, multiplica-se o valor gasto (3,0 L) por 100 e tem-se o volume de calda gasto para 1,0 hectare, ou seja, 300 L/ha. Recomenda-se repetir a operação.

A partir do volume de calda, determina-se a quantidade do pesticida a ser colocado no tanque. Supondo que o tanque tem capacidade para 20,0 litros e a dose do inseticida a ser aplicado é de 1,5 L/ha,

deve-se verificar quantos tanques serão necessários para pulverizar a área. No caso, como o volume aplicado é de 300 L/ha, serão necessários 15 tanques de 20 litros, ou seja, deve-se dividir a dose de 1,5 litros a ser aplicada em um hectare por 15, de modo a colocar 0,15 L ou 150 mL do inseticida por tanque.

Caso volume de calda ou taxa de aplicação obtido esteja fora da faixa desejada, deve-se substituir a(s) ponta(s) de pulverização por outra com vazão compatível com a desejada, sem alterar o tamanho de gotas planejado e se a houver necessidade de troca das pontas, deve-se repetir o procedimento de calibração.

4.2. Calibração de Pulverizador de barras tratorizado

É necessário que durante o processo de regulagem, seja levado em conta a velocidade de trabalho para pulverizadores sem sistemas eletrônicos de controle de vazão ou a faixa de velocidade para pulverizadores com controladores eletrônicos de vazão, como os autopropelidos, a cobertura do alvo, o

volume de calda e do espectro de gotas utilizados, para posteriormente escolher uma ponta de pulverização que gere a vazão e o espectro de gotas desejado dentro da faixa de pressão especificada pelo fabricante. Feito isso, regula-se a altura de barra em função da altura do alvo que se deseja atingir, ou seja, a parte superior do dossel ou a superfície do solo. Ressaltando a uniformidade de distribuição adequada ao longo da barra é dependente da combinação entre a altura de barra, distância entre bicos e o ângulo de abertura do jato produzido pela ponta de pulverização.

É importante ressaltar que durante o processo de regulagem deve-se fazer um *checklist* do funcionamento do pulverizador, averiguando se diversos aspectos, como vazamentos, adequação e estado de conservação dos filtros, funcionamento do sistema de ajuste de pressão, manômetro e as pontas pulverização. Feito isso, parte-se para a calibração que é a etapa que vai definir a quantidade do pesticida a ser colocada no tanque do pulverizador.

Recomenda-se ligar a tomada de potência do trator (TDP) e manter o motor na rotação

correspondente 540 rpm na TDP, que vai variar com o modelo do trator. A seguir, deve-se regular a pressão de trabalho com o pulverizador funcionando na rotação estabelecida e colocar uma marcha no trator compatível com a velocidade escolhida. Com a área demarcada, deve-se percorrer a distância na rotação estabelecida e cronometrar o tempo gasto. Com o trator parado, na mesma rotação, deve-se coletar o volume de líquido de uma das pontas de pulverização, no tempo que foi gasto para aplicação na área de teste, verificando-se a vazão das pontas de pulverização.

Caso a velocidade do trator não esteja compatível com as condições do terreno, a alteração na velocidade do trator deve ser realizada através da marcha e não pela alteração na rotação do motor e, após realizada a alteração da velocidade, deve-se fazer a calibração novamente (Contiero et al. 2018).

Exemplo: Deseja-se aplicar o inseticida "I" na dose de 2,0 L/ha na cultura da soja utilizando um pulverizador com tanque de 800 L e barra com 28 bicos espaçados de 0,50m. No processo de calibração,

o trator gastou 25 segundos para percorrer 50,0 metros e o volume coletado em uma das pontas de pulverização nos 25 segundos (verificar antes da calibração se a vazão das pontas ao longo da barra está uniforme), com o pulverizador parado e na rotação correspondente a 540 RPM na TDP, foi de 0,550 L. Qual a quantidade do inseticida a ser colocada no tanque do pulverizador?

Área aplicada = (nº de bicos x espaçamento entre bicos) x Distância percorrida

Exemplo:

Área aplicada = (28 bicos x 0,50m) x 50m = 700 m².

Vazão da barra = nº de bicos x vazão bico (L) = 28 bicos x 0,550 L = 15,4 L.

Se em 700 m² foram gastos 15,4 L; em 10.000 m² serão gastos 220 L.

Logo, o **volume de calda** será de 220 L/ha.

Se em 220 L são colocados 2,0 L (dose indicada em bula) do Inseticida "I", .

em 800 L serão colocados **7,27 L** do Inseticida "I".

4.3. Calibração do turbopulverizador ou hidropneumáticos

Como esse tipo de pulverizador é utilizado para aplicações em espécies arbóreas, como cafezais e pomares de citros, deve-se determinar a faixa de pulverização, que é correspondente ao espaçamento entre as linhas plantio. Assim deve-se abastecer o pulverizador com água marcando-se o nível no tanque e calcular quantos metros precisam ser pulverizados para cobrir uma área de 100 m² através da divisão de 100 pela faixa de pulverização medida.

No trator, deve-se manter a rotação necessária no motor para proporcionar 540 rpm na TDP, que varia entre os modelos de tratores, e escolher a marcha que proporcione a velocidade adequada para que o ar gerado e a calda atinjam adequadamente no alvo. Nesta etapa, é necessário avaliar a cobertura do alvo, a fim de ajuste do processo de calibração (Contiero et al. 2018). A cobertura do alvo é avaliada de acordo com a densidade de gotas por cm² na folha, com a metodologia do papel hidrossensível que avalia a

distribuição do volume pulverizado por meio da cobertura de gotas (Roman, 2010).

Após ligar a tomada de potência e acelerar o motor até a rotação correspondente a 540 rpm, deve-se ajustar os defletores e o direcionamento dos bicos de forma que a cortina de ar fique voltada à planta e não haja desperdício da calda. Esse ajuste pode ser realizado colocando-se uma haste de madeira em cada lado, paralela à fileira da cultura, com fitas de tecido dispostas nas hastes, para se proceder a regulagem.

Deve-se iniciar o movimento do trator no mínimo 5 metros antes do ponto marcado, pulverizando as plantas marcadas, e posteriormente, medindo-se a quantidade de água necessária para reabastecer o tanque do pulverizador de modo a atingir o volume inicial, marcado anteriormente, no medidor de volume do tanque, normalmente uma mangueira transparente (Andef, 2013). Vale ressaltar que o tanque deve ser colocado na mesma posição, de preferência nivelado, para que os volumes antes e depois da pulverização sejam os mesmos.

É necessário ler a bula do pesticida e verificar se o volume de calda ou taxa de aplicação está dentro dos limites recomendados. Caso não esteja, deve-se mudar a ponta para uma de vazão maior ou menor, de acordo com a recomendação, repetindo-se o procedimento de calibração (Andef 2013, Contiero et al. 2018).

Nessa modalidade de aplicação, o volume de calda necessário para promover a cobertura do alvo varia muito e é dependente do volume do dossel da cultura, que varia com a cultura e com a idade da planta. Diante disso, é comum a recomendação da dose em do pesticida com base na concentração, normalmente, em mL por 100 litros de água. Assim, se a dose de um inseticida ou acaricida for de 200 mL para cada 100 litros de calda e se a capacidade do tanque do pulverizador for de 600 litros, deve-se colocar 1,20 L do pesticida por tanque.

Atualmente, têm-se adotado o volume de calda com base volume da copa que é calculado com base na equação 1, com aplicação de 20 a 30 litros para cada 1.000 m³ de copa. A determinação é realizada

pelo TRV (*Tree Row Volume*), que determina o volume do dossel da cultura por há em função do diâmetro e comprimento da copa de cada árvore e a distância entre as linhas de plantio (Mewes 2009). Equação 1:

$$\text{TRV} = \frac{\mathbf{H} \times \mathbf{L} \times \mathbf{10000}}{\mathbf{D}}$$

Em que:

TRV = Volume da copa das árvores (m³/ha).

H = Altura da copa das árvores (m).

L = Largura da copa das árvores (m).

D = Distância entre linhas (m).

A partir do volume de calda, determina-se a vazão desejada para a ponta de pulverização, com base na equação 2:

$$\text{vazão bico (L/min)} = \frac{\text{Vol. calda} \times \text{vel (km/h)} \times \text{esp. fil. (m)}}{600 \times \text{n}^{\circ} \text{ de bicos}}$$

Exemplo: Supondo que um pomar de laranja com feiras espaçadas de 6,0 m, possui copas com altura de 3,5m e 3,0 m de largura e que um pulverizador hidropneumático com 10 pontas de pulverização (cinco de cada lado) está operando a 5,0 km/h. Qual é a vazão da ponta de pulverização para se aplicar o

volume de calda equivalente a 30 L/m³ de copa com gotas médias?

$$\text{TRV} = \frac{3,5 \times 3,0 \times 10.000}{6,0}$$

$$\text{TRV} = 17.500 \text{ m}^3.$$

Logo, **Volume de calda** = 30L para cada 1.000 m³, em 17.500 m³ = 525 L/ha.

Cálculo da vazão do bico:

A vazão de cada ponta de pulverização contida nos bicos dos pulverizadores hidropneumáticos pode ser obtida por meio da equação 3,

$$\text{Vazão da ponta} \left(\frac{\text{L}}{\text{min}} \right) = \frac{Q \times V \times D}{600 \times N^{\circ} \text{ bicos}} \quad \text{Equação 3}$$

Em que:

Q = Volume de calda (L/ha).

V = Velocidade (m=km/h).

D = Distância ou espaçamento entre fileiras (m).

N = Número de bicos nos dois lados do pulverizador.

Portanto,

$$\text{Vazão da ponta} = \frac{525 \text{ L/ha} \times 5,0 \text{ km/h} \times 6,0 \text{ m}}{600 \times 12 \text{ bicos}} = 2,188 \text{ L/min}$$

Para a correta escolha da ponta de pulverização, deve-se consultar o catálogo uma ponta que produza gotas médias na vazão de 2,188 L/min e regular o pulverizador na pressão estabelecida para esta vazão.

4.4. Calibração de aeronaves

A eficiência na aplicação de inseticidas está diretamente relacionada ao tipo de aeronave escolhida para aplicação. A extensão das asas, a velocidade do voo e seus deslocamentos aerodinâmicos, são fatores que interferem no rendimento da operação, isto em função do alvo almejado. O principal objetivo com a pulverização utilizando aeronaves é a deposição uniforme das gotas sobre as plantas, assim, deve-se determinar a altura de vôo sabendo-se que vôos muito próximos ao solo ou topo da cultura podem ocasionar desvios na deposição das gotas de pulverização (Andef 2013).

O ângulo dos bicos de pulverização nas barras, também é um fator importante no processo de aplicação. A fim de minimizar o fenômeno de deriva, de forma geral, para aeronaves semelhantes ao modelo IPANEMA, recomenda-se a utilização de 40 a 42 bicos para cultivos anuais, com variação nos ângulos de 90° a 180° em relação a linha do voo ou, mais bicos para aeronaves maiores (Andef 2013). Há no mercado grande disponibilidade de pontas de pulverização e a escolha deve ser baseada de modo no espectro de gotas desejado em função da cobertura do alvo e das condições climáticas no momento da aplicação, na vazão desejada em função do volume de calda a ser aplicado e na velocidade de deslocamento da aeronave.

O método mais comum para a calibração da vazão em aeronaves é a determinação direta do consumo de calda. Para isto, a aeronave deve ser abastecida com um volume conhecido de líquido para realizar uma aplicação com tempo determinado (por exemplo, 2 minutos de aplicação na pressão recomendada). Após o retorno da aeronave o volume gasto deve ser calculado através do reabastecimento até o volume inicial antes do voo, visando o cálculo da vazão em litros por minuto (Andef 2013).

5. Influência do ambiente na aplicação de inseticidas e acaricidas.

Dentre os fatores que afetam a aplicação de pesticidas, destaca-se as condições ambientais, sendo que o vento, a temperatura e a umidade relativa do ar, são fatores meteorológicos que atuam diretamente na pulverização.

Temperaturas elevadas associadas a baixa umidade do ar, favorecem a evaporação da gota gerada na pulverização, influenciando o “tempo de vida”, que é determinado pelo tempo de evaporação total do líquido presente na gota, dessa forma a gota evapora antes de atingir o alvo (Christofolletti 1999, Garrido et al. 2016), conforme fica evidenciado na Tabela 4.2, em que se observa redução na distância de queda de gotas com a elevação da temperatura de 20 para 30°C e redução da umidade relativa do ar de 80 para 50%., sendo que o tempo de extinção e a distância de queda são mais afetados nas gotas de menor diâmetro. Por isso, em condições de temperatura muito elevadas deve-se optar por gotas de maiores diâmetros ou suspender a aplicação, para evitar grandes perdas por deriva e, ou volatilização.

Tabela 4.2. Tempo de vida e distância de queda de gotas de diferentes tamanhos em diferentes temperaturas (T) e umidades relativas do ar (UR).
Fonte: Adaptado de Matthews 2000.

Diâmetro inicial (m)	T= 20°C; UR = 80% T seco - T úmido = 2,2°C		T= 30°C; UR = 50% T seco - T úmido = 7,7°C	
	Tempo até extinção (s)	Distância de queda (m)	Tempo até extinção (s)	Distância de queda (m)
50	14	5,0	4	0,15
100	57	8,5	16	2,4
200	227	136,4	65	39,0

5.1 Velocidade e direção do vento

A ação negativa dos ventos está associada diretamente com a velocidade em que, uma gota aquosa perde peso ou permanece mais tempo em suspensão no ar (De Azevedo & Freire 2006). O vento é o principal componente para a deriva ou arraste gotas na aplicação de pesticidas. Sendo, portanto, imprescindível o monitoramento da velocidade e a direção do vento durante a aplicação de pesticidas por meio de pulverização. Sendo que, os rótulos dos produtos muitas das vezes trazem apenas avisos gerais sobre o evento (Fishel & Ferrell 2010).

A quantidade de deriva na pulverização aumenta significativamente com o aumento da velocidade do vento. A condição adequada para pulverizações ocorre com a velocidade de 3,0 a 10,0 km/h (Tabela 4.3) e podem ser medidas por meio de equipamentos como anemômetros. Entretanto, em condições de campo, pode-se ter uma ideia das condições do vento, por meio de movimento da fumaça no ar ou da movimentação de folhagens e galhos (Andef 2004).

Tabela 4.3. Condições de vento e recomendações de pulverização. Fonte: Adaptado de ANDEF 2004.

Velocidade do vento	Descrição	Sinais Visíveis	Pulverização
Até 2 Km/h	Calmo	Fumaça sobe verticalmente	Recomendado apenas com gotas grossas ou muito grossas
2 a 3 Km/h	Quase calmo	A fumaça é indicada	
3 a 7 Km/h	Brisa leve	As folhas oscilam. Sente-se o vento na face	Ideal para pulverização
7 a 10 Km/h	Vento leve	Folhas e ramos finos em constante movimento	Recomendado apenas com técnicas de redução de deriva
10 a 15 Km/h	Vento moderado	Movimentos de galhos, poeira e pedaços de papel são levados	Impróprio para pulverizar

Velocidade do vento acima de 15 km/h pode ocasionar elevados volumes de deriva a favor do vento, com elevadas concentrações perto do alvo e menores concentrações mais a favor do vento. As altas velocidades é a principal causa de deriva e desperdício de produto no local de destino. Ventos entre 7 km/h e 10 km/h tendo direção constante geralmente são os melhores para pulverização, devido promover deposição de gotículas ideal e menor potencial de deriva. Baixa velocidade do vento menos de 5km/h tende a estar associada à direção imprevisível do vento e muito pouca turbulência, a menos que existam térmicas (Tepper 2012, Andef 2004).

A ausência de vento, associada à formação de uma camada de ar quente junto ao solo, sendo retida por uma camada superior mais fria gera o fenômeno conhecido como inversão térmica. Esse evento ocorre principalmente ao amanhecer e ao entardecer e pode ser percebido quando há presença de partículas de fumaça, poeira e pulverizações suspensa a muito tempo no ar. Nessa situação as partículas do produto não conseguem ser depositadas em quantidade e alvo

escolhido, tornando ineficiente a ação dos pesticidas e ocasionando riscos e danos ao ambiente e, ainda trazer problemas, pois as gotas podem ser arrastadas a longas distâncias para alvos não desejados.

5.2 Temperatura

A temperatura do ar em que os pesticidas são pulverizados e a temperatura da superfície sobre a qual os pesticidas são aplicados exerce grande importância no processo de aplicação via pulverização. A temperatura do ar e da superfície tem influência direta na aplicação de pesticidas e na taxa de volatilização dos pesticidas aplicados via solo, e nos aplicados via superfície das plantas.

O aumento da temperatura ocasiona a diminuição da umidade relativa do ar e, portanto, aumenta a taxa de evaporação das gotículas de pesticidas aplicados, especialmente, naqueles com maior potencial de volatilização, que é dado pela pressão de vapor. Quanto maior a pressão de vapor mais propenso é o defensivo à evaporação. Em geral, pesticidas com pressão de vapor maior que 10^{-4} mm Hg são considerados voláteis e maior que 10^{-3} mm Hg muito voláteis (Ross & Lembi 1999).

A relação entre temperatura da superfície e a do ar acima da superfície, também é muito importante. Isso é ocasionado devido a estabilidade da atmosfera, afetando o potencial de aumento e diluição dos pesticidas transportados pelo ar ou de permanecerem concentrados próximo à superfície (Contiero et al. 2018).

A temperatura exerce interferência nas aplicações de pesticidas, temperaturas elevadas ocasiona o aumento do potencial de evaporação das gotas das pulverizações, assim não atingindo o alvo. A velocidade de evaporação das gotas de água é duplicada caso a temperatura aumente de 10° C para 20° C ou de 20° C para 30° C, (Contiero et al. 2018), a partir daí as aplicações de pesticidas via pulverizações devem ser evitadas.

Entretanto temperaturas superiores a 30 °C podem provocar estresse nas plantas, impedindo a absorção e a translocação dos defensivos. De outra forma, pulverizações realizadas com temperaturas abaixo de 10 °C pode ser prejudicial a absorção e a translocação dos pesticidas (Tepper 2012, Contiero et al. 2018). Conforme a temperatura aumenta:

- As gotas de pesticidas evaporam mais rápido, isso devido que o ar quente pode reter mais umidade do que o ar frio;
- Geralmente ocorre o aumento de turbulência devido a atmosfera se tornar mais instável;
- Os pesticidas voláteis no solo e nas superfícies das plantas evaporam mais rápido com o aumento da temperatura;

A escolha do horário de aplicação de pesticidas é de suma importância, tendo em vista que os horários de menor temperatura do ar, os inimigos naturais se movimentam menos, portanto, menos expostos aos pesticidas (Picanço et al. 2010).

O período dito ideal para aplicação de pesticidas é o final da tarde, tendo em vista que a temperatura é baixa e o pesticida poderá sofrer degradação durante a noite e no período da manhã quando os inimigos naturais estão em baixa atividade. O período da manhã tem uma situação intermediária de menor impacto, quando comparado com período da tarde, e os das horas mais quentes do dia que é considerado período de maior impacto (Picanço et al. 2010).

5.3 Umidade relativa do ar

A umidade relativa do ar exerce basicamente as mesmas interferências que ocorre com a temperatura. Quando menor for a umidade, maior será o potencial de perdas de gotas por evaporação. Quando a umidade do ar está baixa, ocorre menor absorção e translocação dos produtos aplicados. Sendo assim, o ideal é que a umidade relativa do ar esteja acima de 60% para obtenção de excelentes resultados na aplicação (Tepper 2012, Contiero et al. 2018), conforme fica evidenciado na Tabela 4.2, que demonstra a redução do tempo de vida da gota com a redução da UR de 80 para 50%, a qual está associada à elevação da temperatura de 20 para 30 °C.

A quantidade de vapor d'água no ar, assim com o a temperatura e a velocidade do vento mudam ao longo do dia, onde se observa que melhores condições para aplicação de pesticidas ocorrem normalmente no período da noite e no início da manhã, especialmente, para produtos cuja formulação possua elevado potencial de evaporação e possibilidade de causar danos às culturas vizinhas e ao meio ambiente.

Entretanto, é preciso levar em conta outros fatores como a relação do horário de aplicação com a eficiência do produto, o comportamento do alvo biológico e de inimigos naturais nos diferentes horários do dia e, ainda, a urgência para se realizar a aplicação. Neste caso, deve-se buscar condições que potencializem a redução da deriva, como uso de pontas de pulverização que produzam espectro de gotas de maior diâmetro, adjuvantes redutores de deriva e adequação de equipamentos.

Referências bibliográficas

ANDEF - Associação Nacional de Defesa Fitossanitária (2004). Manual de tecnologia de aplicação. Campinas: Linea Creativa, 96p.

ANDEF - Associação Nacional De Defesa Fitossanitária (2013). Manual de tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários. São Paulo: Línea Creativa, 76p.

Ávila C.J., Gomez S.A. (2003). Efeito de inseticidas aplicados nas sementes e no sulco de semeadura, na presença do coró-da-soja, *Phyllophaga cuyabana*. Dourados: Embrapa, 28p.

Balardin R.S., Silva F.D.L., Debona D., Corte G.D., Favera D.D., Tormen N.R. (2011). Tratamento de sementes com fungicidas e inseticidas como redutores dos efeitos do estresse hídrico em plantas de soja. *Ciência Rural*, 41: 1120-1126.

Baldin E.L., Fujihara R.T., Souza A.R., Kronka A.Z., Negrisoli E. (2013). Tópicos especiais em proteção de plantas. Botucatu: FEPAF, 164p.

Bernardo S. (1995). Manual de irrigação. 6ed. Viçosa: UFV, 657p.

Brito R.A.L., Pinto J.M. (2008). Aplicação de produtos químicos via irrigação (Quimigação). In: Albuquerque P.E.P., Durães F.O.M. (Eds.). *Uso e Manejo de Irrigação*. Brasília: EMBRAPA, p. 421-447.

Brustolin C., Bianco R., Neves P.M.O.J. (2011). Inseticidas em pré e pós-emergência do milho (*Zea mays* L.), associados ao tratamento de sementes, sobre *Dichelops melacanthus* (Dallas)(Hemiptera: Pentatomidae). *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 10(3): 215-223.

Christofolletti J.C. (1999). Considerações sobre a deriva nas pulverizações agrícolas e seu controle. 4ed. São Paulo: Teejet South América, 15p.

Contiero R.L., Biffe D.F., Catapan V. (2018). Tecnologia de Aplicação. In: Brandão Filho J., Freitas P.S.L., Berian Los G.R. (Eds.). *Hortaliças-fruto*. Maringá: EDUEM, p.401-449.

Costa E.D., Vieira R.F., Viana P.A. (1994). Quimigação: aplicação de produtos químicos e biológicos via irrigação. Brasília: EMBRAPA, 315p.

De Azevedo F.R., Freire F. (2006). Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas. 102ed. Fortaleza: EMBRAPA AGROINDÚSTRIA TROPICAL, 48p.

Del Bem Junior L. (2017). Avaliação qualitativa de métodos de tratamento de sementes de soja. Botucatu: UNESP. 68p. (Dissertação de mestrado).

Fishel F.M., Ferrell J.A. (2010). Managing pesticide drift. EDIS, 232ed. Gainesville-FL: University of Florida, 1-15p.

França-Neto J.B., Henning A.A., Krzyzanowski F.C., Henning F.A., Lorini I. (2015). Adoção do tratamento industrial de sementes de soja no Brasil, safra 2014/15. Informativo ABRANTES, 25: 26-29.

Garrido L.D.R., Hoffmann A., Silveira S.V. (2016). Produção integrada de uva para processamento: manejo de pragas e doenças. 4ed. Brasília: EMBRAPA, 85p.

Ghidiu G., Kuhar T., Palumbo J., Schuster D. (2012). Drip chemigation of insecticides as a pest management tool in vegetable production. Journal of Integrated Pest Management, 3: E1-E5.

Henning A., Franca Neto J.B., Krzyzanowski F., Lorini I. (2010). Importância do tratamento de sementes de soja com fungicidas na safra 2010/2011, ano de "La Nina"-Série Sementes. Londrina: Embrapa Soja- CNPSO. 7p.

HYPRO - Catálogo de pontas Pontas de Pulverização (2005). Acesso em 12/10/2021. Disponível em <https://apoiotecnet.com.br/assets/upload/files/Hypro-pontas.pdf>.

Ludwig M.P., Lucca Filho O.A., Baudet L., Dutra L.M. C., Avelar S.A.G., Crizel R.L. (2011). Qualidade de sementes de soja armazenadas após recobrimento com aminoácido, polímero, fungicida e inseticida. *Revista Brasileira de Sementes*, 33: 395-406.

Matthews G.A. (2000). *Pesticide application methods*. London: Longman, 432p.

Matthews G. (2008). *Pesticide application methods*. 3ed. Imperial College London: UK, 426p.

Matthews G.A. (1979). *Pesticide application methods*. Longman: London-US. 334p.

Matuo T. (1990). *Técnicas de Aplicação de Defensivos Agrícolas*. Jaboticabal-SP: Funep, 140p.

Mewes W.L.C. (2009). *Pulverização pneumática no controle de insetos-pragas em áreas reflorestadas com eucalipto*. Viçosa: UFV. 15p. (Tese de Doutorado).

Nunes J.C., Baudet L. (2011). Tratamento de sementes industrial. *Revista Cultivar: Caderno Técnico*, 57p.

Nunes J.D.S. (2016). Tratamento de sementes de soja como um processo industrial no Brasil. *Seed News*, 20:26-32.

Oliveira P.C., Rigitano R.L.O. (1991). Translocação e degradação do inseticida vamidotiom em plantas de trigo (*Triticum aestivum* L.) e feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). *Ciência e Prática*, 15: 331-428.

Parisi J.J.D., Medina P.F. (2013). Tratamento de sementes. Campinas-SP: Instituto Agrônômico de Campinas, 7p.

Pereira C.E., Oliveira J.A., Guimarães R.M., Vieira A.R., Evangelista J.R.E., Oliveira G.E. (2011). Tratamento fungicida e peliculização de sementes de soja submetidas ao armazenamento. *Ciência e Agrotecnologia*, 35: 158-164.

Peske S.T., Braga L.O., Souza A. (2018). Benefícios e obtenção de sementes de alta qualidade. *Seed News*, 14.5: 22-28.

Picanço M.C., Gonring A.H.R., Oliveira, I.D. (2010). Manejo integrado de pragas. Viçosa, MG: UFV.

Piccinin G.G., Braccini A.L., Dan L.G.M., Bazo G.L., Lima, L.H.S. (2013). Influência do armazenamento na qualidade fisiológica de sementes de soja tratadas com inseticidas. *Ambiência*, 9: 289-298.

Platzen H. (2012). Ferramentas modernas para o tratamento de sementes. *Seed News*, 16: 10-11.

Raetano C.G., Chechetto R.G. (2019). Adjuvantes e Formulações. Tecnologia de aplicação para culturas anuais. Botucatu-SP: FEPAF, 2: 29-47.

Roman R.A.A. (2010). Estudo das características de tamanho de gotas de bicos de pulverização de energia centrífuga e hidráulica na cultura do algodoeiro. Jaboticabal: Unesp. 108p. (Dissertação de mestrado).

Ross M.A., Lembi C.A. (1999). Applied weed science. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2ed. 452p.

Silva M.T.B. (1998). Inseticidas na proteção de sementes e plantas. Seed News, Pelotas, 2: 26-27.

Tepper G. (2012). Weather essentials for pesticide application. Grains Research & Development Corporation, 28p.

Testezlaf R. (2011). Irrigação: métodos, sistemas e aplicações. Campinas: FEAGRI-UNICAMP, 203p.

Threadgill E.D. (1991). Advances in irrigation, fertigation and chemigation. In: Expert Consultation on Fertigation, Chemigation. Cairo: Proceedings..., p.8-11.

Viana P.A. (1994). Insetigação. In: Costa E.F., Vieira R.F., Viana P.A. (Eds.). Aplicação de produtos químicos e biológicos via irrigação. Brasília: Embrapa-SPI, p.249-268.

Vieira A.C., Sismeiro M.N.S., Visentini A., Tura G.M., Fazam J.C., Silva J.E.P., Passini A., Roggia S. (2013). Densidade de pragas e inimigos naturais em resposta ao tratamento de sementes de soja com inseticidas. In: VIII Jornada Acadêmica da Embrapa Soja. Resumos expandidos... Londrina: Embrapa Soja, p.32-36.

CAPÍTULO 5

USO DE FUNGOS ENTOMOPATOGÊNICOS NO CONTROLE DE PRAGAS

Jéssica L.A. Martins, Alisson F.T. Silva, Felipe S. Oliveira, Laís V.P. Mendonça, Richard I. Samuels, Mayara C. Lopes

1. Introdução

Os fungos são organismos vivos que estão classificados em um Reino próprio. Podem ser uni ou pluricelulares, eucariontes e heterotróficos, obtendo alimento por saprofitismo, parasitismo ou associações simbióticas com outros seres vivos. Em sua maioria, possuem células desprovidas de flagelos e outras estruturas de locomoção.

As espécies multicelulares formam filamentos alongados denominados hifas que penetram a superfície onde eles estão instalados. Estas hifas podem continuar colonizando a superfície individualmente na forma de filamento ou podem se juntar em grupos de hifas formando uma estrutura

chamada micélio (Castro et al. 2020). É através das hifas que os fungos filamentosos conseguem obter o seu alimento.

Alguns destes fungos podem colonizar o corpo de insetos ou outros artrópodes para a obtenção de alimento. Durante este processo são produzidas substâncias enzimáticas que facilitam a penetração das hifas no tegumento dos insetos, fazendo a degradação de tecidos e favorecendo a entrada das hifas pelos espaços gerados (Roberts & Krasnoff 1998). Estes fungos são denominados entomopatogênicos e, hoje estão sendo cada dia mais utilizados nas atividades agrícolas para o manejo de pragas. Até o momento não se tem conhecimento de que os fungos entomopatogênicos utilizados na agricultura possam causar problemas à saúde humana.

A colonização do corpo dos insetos ou artrópodes pelos fungos entomopatogênicos se dá a partir da instalação dos esporos na epicutícula, a germinação e desenvolvimento com a completa colonização do corpo, levando à morte do hospedeiro.

Posteriormente, as hifas “brotam” do corpo do hospedeiro e produzem novos esporos para que o ciclo se reinicie (Samson 2013).

Durante todo o ciclo de vida dos fungos existem alguns fatores ambientais que são extremamente importantes, como temperatura, umidade e radiação ultravioleta. Também são produzidos alguns metabólitos secundários que participam de todo o processo de colonização.

Cada vez mais se torna necessário o desenvolvimento de tecnologias com grande potencial no controle de pragas, mas que não sejam danosas ao meio ambiente. Sabe-se que a infestação de pragas na lavoura é uma das grandes limitações, pois pode causar altas perdas na produção (Oerke et al. 1994).

Há um aumento no uso de controle químico, porém as perdas no campo ainda continuam e isso pode ser explicado pela resistência adquirida por algumas pragas pelo produto utilizado. O controle biológico vem ressurgindo como uma opção que pode ser tão eficiente quanto outros métodos de controle e

que podem ser utilizados no manejo integrado de pragas (Sharma et al. 2020).

Os fungos entomopatogênicos são uma alternativa que já vem sendo utilizada e já possui muitos casos de sucesso. Não possuem restrição quanto à cultura a ser aplicada, são seguros para organismos benéficos, têm alto desempenho e não deixam resíduos no meio ambiente.

No entanto novas pesquisas devem ser feitas para que se possa desenvolver ambientes adequados para a criação destes fungos em laboratórios para que quando aplicados no campo tenham o máximo de eficiência possível.

Além de relacionar os casos de sucesso utilizando fungos entomopatogênicos, é importante se atentar aos processos produtivos envolvidos. Todos os procedimentos industriais associados precisam passar por minuciosas etapas de verificação, de modo a se garantir um produto final livre de contaminantes e virulento.

Todos estes pontos relativos ao mecanismo de ação, aplicação em campo, processo de produção e

caracterização dos fungos serão abordados ao longo deste capítulo, onde serão discutidos os desafios e oportunidades para ampliar a utilização desta estratégia de controle, em especial, no Brasil.

2. Classificação de fungos

Existe uma grande variedade de fungos, dentre eles estão os fungos entomopatogênicos. São assim classificados todos os fungos capazes de causar a morte ou doenças em insetos. A obtenção de alimento pelos fungos é bastante variável, sendo que alguns são saprofíticos, obtendo o seu alimento a partir de matéria orgânica em decomposição e outros fazem associação com organismos vivos para adquirir o alimento. No geral, as células fúngicas não possuem flagelos ou outras estruturas propulsoras, fazendo com que a sua dispersão se dê, principalmente, por meio do vento, da água ou ainda por agentes dispersores. Existem casos de espécies de fungos entomopatogênicos que possuem mecanismos de ejeção dos esporos que facilitam a sua propagação. Algumas espécies de fungos entomopatogênicos são capazes de estabelecer relações com artrópodes, podendo ser positivas ou negativas para estes.

2.1 Classificação Taxonômica dos Fungos

Os fungos podem ser organismos unicelulares, como as leveduras que não formam hifas, ou multicelulares, como os que crescem formando estruturas tubulares (hifas) e posteriormente estas hifas se juntam em feixes para originar o micélio. São eucariontes apresentando funções variadas na natureza. Dentre estas funções, temos a de parasitismo, onde o fungo pode se apresentar como agente causador de patologias em insetos, por exemplo. Fato este conhecido pela primeira vez no ano de 1835 pelo italiano Agostino Bassi, estudando a infecção do bicho-da-seda por um fungo denominado na época de *Botrytis bassiana*, por Giuseppe Gabriel Balsamo-Crivelli.

Em 1911 Jean Beauverie realizou mais estudos e, no ano seguinte, Jean Paul Vuillemin denominou a espécie *Beauveria bassiana*. A classificação taxonômica dos fungos parasitas de artrópodes é baseada em características morfológicas. Em caso de identificação de entomopatógenos em cadáveres deve-se colocar em locais que favoreçam o desenvolvimento dos fungos para depois proceder com a identificação.

Uma outra forma de identificação é através dos propágulos sexuais ou assexuais, como por exemplo, no caso de Entomophthorales que são reconhecidos através da forma dos esporos primários. Neste caso, temos apenas uma identificação genérica, já que só é possível uma identificação correta através da conidiogênese. No caso dos Ascomycetos e Deuteromycetos a identificação através dos esporos se torna ainda mais difícil, já que eles possuem mais de uma forma de esporos (Samson 2013). A identificação através de conidióforos é a que pode oferecer uma real segurança em fungos entomopatogênicos.

2.2 Fungos entomopatogênicos usados no controle biológico

Existem quatro grupos principais de fungos entomopatogênicos, são: *Cordyceps* e seus estados conidiais aliados '*Isaria*' (anamorfos); Entomophthorales; Laboulbeniales e as espécies de fungos oportunistas *Cladosporium* e *Penicillium*. Além destes grupos citados anteriormente, podemos incluir

os Tricomycetos, pois os mesmos possuem algumas espécies que podem se apresentar como letais (Sweeney 1981, Moss e Descals 1986). Já o gênero de basidiomicetos *Septobasidium*, apesar de parasitar insetos escamados, foi excluído do grupo dos entomopatogênicos pela classificação feita por Couch (1938), acreditando que os mesmos possuam uma relação de simbiose com os organismos parasitados. Isso mostra que nem sempre a penetração das hifas na cutícula do hospedeiro representa uma infecção. As principais espécies de fungos usadas no controle biológico de pragas de insetos são *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana* e *Beauveria brongniartii* (Maina et al. 2018).

Entre os hospedeiros dos fungos entomopatogênicos estão os afídeos, gafanhotos, mosca branca, besouros, tripes, ácaros e lagartas. Os fungos são organismos capazes de colonizar várias espécies de artrópodes e ácaros, podendo causar epizootias frequentes em condições naturais favoráveis (Castro et al. 2020). O grupo de hospedeiros de *M. anisopliae* contém insetos das

ordens Symphyla, Orthoptera, Dermaptera, Isoptera, Homoptera, Hemiptera, Diptera, Coleoptera, Hymenoptera, Siphonaptera e Lepidoptera (Goettel et al. 1990).

2.3 Segurança para a saúde humana

A capacidade dos fungos em produzir toxinas que podem causar problemas aos mamíferos não traz grandes preocupações durante o emprego de fungos entomopatogênicos na agricultura. A presença de metabólitos produzidos por fungos em produtos comerciais não deve ser encarada como uma preocupação, pois a quantidade de toxinas presentes nestes produtos comerciais à base de fungos, não são altas o suficiente para causar problemas ao organismo do homem ou ao meio ambiente. São raras as infecções humanas com fungos entomopatogênicos, além do mais o diagnóstico da espécie causadora da infecção pode ser inconclusivo devido às dificuldades de identificação das espécies e linhagens destes fungos (Mendes 2020) Para a segurança dos usuários e meio ambiente, os produtos comerciais para serem

registrados precisam trazer informações como a identificação do agente e de suas propriedades biológicas, o comportamento de deslocamento no ambiente, capacidade de ação sobre organismos não alvos, efeitos sobre vertebrados aquáticos e terrestres (Zimmermann 2007).

3. Mecanismo de ação e infecção

3.1 Modo de ação

A forma característica de infecção dos fungos é através do tegumento do hospedeiro, pois dificilmente eles penetram por orifícios como a boca, ânus, espiráculos ou qualquer outro orifício no corpo do inseto (St. Leger 1991). Ao contrário dos outros microrganismos patogênicos como vírus e bactérias que infectam seus hospedeiros por meio da ingestão. O processo de infecção pelos fungos se dá inicialmente com a fixação do esporo na cutícula do hospedeiro, posteriormente há a germinação, podendo haver ou não, a formação de apressórios, seguida da penetração através da cutícula, depois o rompimento das barreiras de defesa imunológica do hospedeiro

com o crescimento das hifas ou blastóporos no interior do corpo e, por último causam a morte do hospedeiro (Zimmermann 2007).

Em seguida emergem do corpo do indivíduo morto, formam conídios na superfície da epicutícula e reinicia o seu ciclo com a formação de novos conídios, podendo infectar novos hospedeiros. A penetração do fungo através da cutícula do inseto se dá de forma mecânica (força física) e química. Os fungos secretam enzimas que facilitam este processo, por exemplo proteases, quitinases e lipases (Hajek & Leger 1994).

3.2 Produção de metabólitos

Durante o processo de infecção dos fungos são produzidas substâncias tóxicas biologicamente ativas, denominadas metabólitos secundários, que podem apresentar função antibiótica contra outros microrganismos ou com capacidade de aumentar a eficiência e colonização do organismo hospedeiro e facilitam a sobrevivência dos fungos (Roberts & Krasnoff 1998). Dentre estes metabólitos estão as destruxinas, produzidas pelo fungo *M. anisopliae* que

foram classificadas como uma das toxinas mais importantes produzidas pelos fungos (Mora et al. 2016). Roberts e Krasnoff, (1998) resumem as atividades mais importantes das destruxinas em efeitos sobre os insetos e relação com a virulência, efeitos em diferentes células e linhas celulares. Além das destruxinas, os fungos ainda podem produzir efrapeptinas, oosporinas e outros peptídeos tóxicos. No caso das destruxinas A, B e E são consideradas capazes de causar paralisia aguda nos músculos de insetos (Castro et al. 2020).

As efrapeptinas são um grupo de peptídeos tóxicos que inibem ATPases, responsáveis pela regulação do gradiente de prótons do mesêntero de insetos, além de afetar o seu sistema imunitário. A beauvericina é um peptídeo que causa um desequilíbrio iônico e altera o pH das camadas de lipídios nas membranas do inseto hospedeiro. A oosporina é responsável pela inibição dos mecanismos de defesa do inseto hospedeiro, já a bassianina é mais um peptídeo tóxico responsável pela inibição da ATPases (Castro et al. 2020).

3.3 Efeito dos fatores ambientais

Os fatores ambientais que mais podem interferir nas ações dos fungos são a temperatura, umidade e radiação solar. Estes fatores podem interferir na biologia dos fungos e, conseqüentemente, modificar a capacidade de infecção dos mesmos. É conhecido que a temperatura pode afetar a germinação dos esporos e o desenvolvimento dos fungos. Para Milner et al. (2003) a faixa de temperatura para que *M. anisopliae* possa se desenvolver é entre 25 e 35,8 °C, sendo que a faixa ótima para germinação e crescimento varia de 25 e 30,8 °C.

No que diz respeito a umidade, Walstad et al. (1970) afirmam que experimentos realizados com *M. anisopliae* alcançaram a melhor germinação a uma umidade de 100 % com uma taxa de germinação menor a 92,5 % de UR e não houve germinação a 85% de UR. Outro fator ambiental que apresenta grande importância, tanto quanto temperatura e umidade, é a radiação solar. Devido à alta suscetibilidade dos conídios à radiação solar (UV), alguns fatores podem ajudar a melhorar a sua resistência, como a presença de proteínas, acúmulo de carotenoides, pigmentos diversos ou acúmulo de metabólitos secundários.

4. O papel de enzimas na virulência dos fungos

Para ultrapassar a barreira físico-química existente nos insetos, que é o tegumento, há a liberação de enzimas, que é a estratégia utilizada por esses organismos (Alves 1998).

Devido a cutícula possuir diferentes compostos, estes fungos liberam diferentes enzimas com ações distintas. Esta camada protetora dos insetos é composta por proteínas, quitinas e lipídios, logo essas enzimas fúngicas terão que degradar essas moléculas (Melo & Azevedo 2000).

O fungo necessita da ação conjunta dessas enzimas para que possa agir de maneira mais eficiente na quebra dessas camadas protetoras. Cerca de 60 % da cutícula destes organismos é formada por proteínas e 30 % por quitina, por isso a liberação de enzimas proteases auxiliam na virulência. (St. Leger et al. 1988a).

Outro mecanismo que auxilia a penetração do fungo no tegumento do inseto, é a força física. Na qual alguns fungos, como por exemplo *M. anisopliae*, há a formação do apressório, após a germinação do esporo,

que junto com a ação das enzimas ajudam na penetração devido ao contato físico com a cutícula do inseto. (St. Leger et al. 1991). Contudo, no caso do fungo *Nomuraea rileyi* não há a formação do apressório, ou seja, não tem um mecanismo físico, e sim a liberação de enzimas, que vão facilitar a infecção e de uma massa mucilaginosa que auxilia na aderência do mesmo na superfície do inseto (Alves 1998).

4.1 Proteases

As proteases têm grande influência na virulência dos fungos, pois na primeira fase de penetração essas enzimas auxiliam na desintegração das proteínas que compõem a cutícula. Além disso, assim como as quitinases, as proteases convertem os componentes da cutícula em fonte nutritiva para favorecer o crescimento do fungo. (Alves 1998).

Em estudo no cultivo de *M. anisopliae*, verificou-se que havia duas enzimas com ação na cutícula dos insetos, onde uma possuía atividade do tipo-subtilisina denominada Pr1 e tipo-tripsina denominada Pr2. Segundo St. Leger et al. (1988), a enzima Pr1 tem

uma maior importância na degradação do tegumento do hospedeiro através da solubilização da proteína. A enzima tipo-tripsina tem o papel de indução da enzima tipo-subtilisina, e isso é reforçado por Gillespie et al. (1998), que mostraram que a enzima Pr2 é produzida antes da Pr1, podendo ter um papel de auxílio na degradação das proteínas cuticulares.

4.2 Quitinases

A quitina possui uma cadeia de poli-N-acetilglicosamina, que é o principal componente estrutural das paredes celulares dos fungos entomopatogênicos bem como cutícula dos insetos. Dessa forma, os fungos precisaram desenvolver enzimas capazes de penetrar essa barreira.

As quitinases têm a função de hidrolisar quitina de forma que promovam aquisição de nutrientes pelos fungos para serem absorvidos e metabolizados. Para que ocorra a atividade quitinolítica é necessário a ocorrência primeiro da atividade proteolítica, pois sabe-se que a cutícula possui uma camada proteica recobrando a quitina (St. Leger et al. 1996).

Em estudos com *M. anisopliae* foi observado que a cutícula funcionava como indutor da síntese de quitina enquanto a glicose, como mecanismo repressor. Dessa forma há um mecanismo de regulação dessas enzimas (Moreira 1998).

O gene *chit2* quando expresso em uma grande quantidade pelo *M. anisopliae*, faz com que este fungo tenha uma maior eficiência na infecção do hospedeiro, e quando não há expressão deste gene terá uma menor patogenicidade deste fungo. Este gene é importante, pois quando é expresso causa uma super-expressão da quitinase (Boldo et al. 2009).

4.3 Lipases

A epicutícula do inseto é formada por camadas hidrofóbicas de lipídios, ésteres e ácidos graxos que funcionam como uma barreira de proteção para o inseto. Logo é necessário a produção de enzimas capazes de ultrapassar essa camada e conseguir a penetração do tegumento.

A enzima lipase, secretada pelo fungo, além de hidrolisar a barreira lipídica, tem a função de fornecer

nutrientes para o fungo entomopatogênico (Silva et al. 2010). Portanto, a lipase tem função importante tanto na penetração do hospedeiro, como também na quebra de mecanismos de defesa dos insetos (Silva et al. 2010).

A secreção destas enzimas pode variar de acordo com alguns fatores abióticos como temperatura, pH, fonte de carbono e nitrogênio. Silva et al. (2010) mostrou que dependendo do substrato utilizado, essa produção e concentração podem variar devido a esse recurso possuir mais ou menos lipídio disponível. Em *M. anisopliae*, a produção de lipase foi maior em óleo de arroz, óleo de soja, azeite de oliva, óleo de girassol, óleo de gergelim e gordura de soja hidrogenada.

Em *B. bassiana*, a atividade da enzima lipase é bem maior do que as enzimas proteases e quitinases. E essa atividade lipolítica, segundo Kaur e Padjama (2009), contribui para a evolução da relação entre parasitas e hospedeiros e se tornando mais eficientes contra a grande diversidade de insetos.

5. Fatores que afetam a eficácia dos fungos entomopatogênicos

A virulência dos fungos entomopatogênicos difere muito dependendo do ambiente, no laboratório sua eficácia geralmente é alta, devido à ausência ou redução de fatores que causam estresse.

No campo, os fungos entomopatogênicos estão expostos a esses fatores que podem afetar a sua eficácia e impactar na escolha do propágulo do fungo a ser utilizado no controle de pragas (Ortiz-Urquiza et al. 2015). Blastosporos, escleródios e conídios submersos são mais hidrofílicos, enquanto conídios aéreos são mais hidrofóbicos (Jackson et al. 2010). Desta forma, a escolha do propágulo a ser usado deve ser em função do inseto-alvo e do ambiente onde o fungo será aplicado.

A patogenicidade, virulência, persistência e viabilidade dos fungos entomopatogênicos podem ser afetados por fatores abióticos.

5.1 Fatores abióticos

Os fatores abióticos são aqueles relacionados ao ambiente: Radiação UV (UV-A e UV-B), temperatura, umidade ou escassez de nutrientes (C, N, P e Fe). Esses fatores se interrelacionam (Ortiz-Urquiza et al. 2015). A aplicação de defensivos agrícolas pode afetar esses fungos também, mas é um fator abiótico que depende da intervenção humana.

5.1.1. Radiação ultravioleta

A radiação ultravioleta (UV) que chega à Terra é composta por 95 % de UV-A (400-315 nm) e 5 % de UV-B (315-280 nm). O espectro UV-B é o que mais causa danos para os fungos entomopatogênicos, em relação ao UV-A. Ambos podem causar danos a nível molecular, como mutações e falhas na transcrição, e também a geração de espécies reativas de oxigênio, que causam danos nos componentes celulares, como proteínas, lipídios, DNA, etc. (Ortiz-Urquiza et al. 2015, Kaiser et al. 2019).

Os conídios são os propágulos dos fungos com mais relatos de danos devido a radiação UV. Quando

expostos à luz solar, esses propágulos podem ficar inviáveis. Além disso, a radiação UV pode causar efeitos subletais como redução da velocidade de germinação e conseqüentemente da virulência, os quais contribuem para a redução da fonte de inóculo e da propagação dos fungos entomopatogênicos, reduzindo a eficácia destes no controle de pragas (Braga et al. 2015).

5.1.2. Temperatura

A maioria dos fungos entomopatogênicos se desenvolve melhor na faixa de temperatura entre 23 °C e 28 °C e o crescimento deles reduz a partir de 30 °C, podendo parar de se desenvolver em temperaturas acima de 34 °C (Jackson et al. 2010). A variação de temperatura pode causar desbalanço osmótico e geração de espécies reativas de oxigênio (estresse oxidativo) (Ortiz-Urquiza et al. 2015).

5.1.3. Umidade

A umidade é um fator essencial para a germinação dos esporos do fungo, portanto,

ambientes com baixa umidade podem reduzir a sua taxa de germinação, impedindo a infecção destes no corpo dos insetos. Por outro lado, a alta umidade é um problema para a longevidade dos conídios no ambiente, assim como no armazenamento de biopesticidas à base dessas estruturas de fungos entomopatogênicos, visto que ocasiona na sua germinação, diminuindo o tempo de prateleira destes produtos e conseqüentemente sua eficácia posteriormente no campo.

5.1.4. Nutrientes

Assim como a umidade, a presença de nutrientes é essencial para que ocorra a germinação do fungo (Jackson et al. 2010).

5.2 Defesas do inseto hospedeiro

Além dos fatores abióticos, fatores do inseto-hospedeiro também afetam os fungos entomopatogênicos, como defesas do hospedeiro, melanização, febre comportamental, compostos

antimicrobianos e competição por nutrientes (C, N, P e Fe) (Ortiz-Urquiza & Keyhani 2015).

Ao infectar o inseto hospedeiro, o fungo passa por determinados obstáculos para se estabelecer. O primeiro contato do fungo com o inseto é pela epicutícula deste, a primeira barreira física contra patógenos, um ambiente inapropriado para o fungo, devido à baixa umidade, escassez de nutrientes e a presença de peptídeos antimicrobianos e espécies reativas de oxigênio (Ortiz-Urquiza & Keyhani 2015, Qu & Wang 2018).

Ao passar por toda a cutícula, o fungo enfrenta os mecanismos de defesa imune do inseto-hospedeiro, que consiste em um sistema inato (Qu & Wang 2018). Esses mecanismos se dividem em imunidade humoral e celular. A imunidade humoral consiste em rotas de sinalização específicas, como a produção de peptídeos antimicrobianos (PAMs), melanização e produção de espécies reativas de oxigênio (Valanne et al. 2011). A melanização é uma resposta local às injúrias sofridas pelo inseto e à entrada de patógenos e consiste na síntese de melanina. A melanina se liga às moléculas

da superfície do fungo, inibindo o crescimento deste e pode causar a morte do patógeno (Nakhleh et al. 2017). Para que isso ocorra, a cascata de fenoloxidase deve ser ativada nas células epidérmicas do inseto. A imunidade celular consiste na atividade dos hemócitos, células que circulam na hemolinfa dos insetos e são responsáveis pelas defesas celulares como nodulação, fagocitose e encapsulamento (Nakhleh et al. 2017).

Mediante infecção, os insetos podem tentar aumentar sua temperatura devido ao fenômeno da termorregulação, conhecido também como febre comportamental. Esse aumento na temperatura dos insetos afeta o fungo entomopatogênico, dificultando o estabelecimento deste organismo e aumentando a sobrevivência do inseto infectado (Sangbaramou et al. 2018).

6. Métodos para melhorar a virulência enfrentando estresse abiótico

6.1 Engenharia genética

A manipulação genética é um dos mecanismos utilizados para melhorar a virulência dos fungos entomopatogênicos e sua tolerância a fatores abióticos (Zhao et al. 2016). Para isso, vias metabólicas e a expressão gênica dos isolados a serem melhorados devem ser bem conhecidas.

Essa manipulação é feita visando o aumento da produção de enzimas que atuam reparando os danos causados por estresses abióticos. Esse aumento pode ser obtido por meio da superexpressão de genes que regulam a atividade dessas enzimas e da produção de outras proteínas e substâncias relacionadas ao reparo desses danos (Zhao et al. 2016).

A radiação UV-B nos fungos entomopatogênicos causa danos no DNA, como a formação de lesões conhecidas como ciclobutanos de pirimidina (CPDs). Muitos fungos produzem fotoliase, uma enzima que

repara os danos causados pela radiação UV no DNA, atuando sobre os CPDs (Kavakli et al. 2019).

Além de causar danos no DNA, a radiação UV induz a produção de espécies reativas de oxigênio nos fungos. Esse dano pode ser revertido com a ação da enzima superóxido dismutase (SOD) que detoxifica esses radicais livres, aumentando a tolerância desses organismos à radiação UV. Desta forma, a superexpressão do gene que regula a atividade destas enzimas pode tornar os fungos entomopatogênicos modificados mais tolerantes ao estresse causado pela radiação UV, em especial a radiação UV-B (Lovett et al. 2018).

Outra forma de aumentar a tolerância desses fungos a fatores abióticos é por meio de pigmentos na superfície celular do conídio (Lovett et al. 2018). Pigmentos são importantes fotoprotetores naturais, como a melanina e a melanina-DHN, as quais também aumentam a tolerância dos fungos ao estresse osmótico e térmico (Tseng et al. 2014).

A superexpressão dos genes que regulam a produção das proteínas de choque-térmico (PCTs)

resulta em fungos entomopatogênicos mais termotolerantes (Liao et al. 2013).

Outro mecanismo genético muito utilizado para a melhoria desses fungos é a transgenia, que consiste na transferência de um gene de um determinado organismo para o DNA de outro organismo. Genes que regulam a produção de tirosinase (uma precursora da síntese de melanina) em *Aspergillus fumigatus* foram inseridos em *B. bassiana* e foi observada maior tolerância deste transgênico à radiação UV (Shang et al. 2012).

6.2 O papel de formulações

Um das formulações de fungos entomopatogênicos mais utilizadas são as com base em água ou óleo. Muitos trabalhos na literatura mostram que os óleos, tanto minerais quanto vegetais (emulsionáveis ou não) são mais promissores para proteger os conídios dos fungos de fatores abióticos como radiação UV e temperaturas muito elevadas, por exemplo.

6.3 Proteção cruzada ou Resistência cruzada

A proteção cruzada é um método de melhoramento que consiste em submeter o organismo a um tipo de estresse subletal, podendo este ser oxidativo, térmico, osmótico, nutricional ou proveniente de radiação UV (Miranda-Hernandez et al. 2016). Neste método, o fungo é exposto a um tipo de estresse leve, podendo desenvolver tolerância à níveis mais altos do mesmo estresse e também a outros tipos de estresse (Zhang et al. 2018). Conídios livres de *M. robertsii*, *B. bassiana* e *C. javanica* apresentaram aumento na resistência ao estresse osmótico quando submetidos a pulsos oxidantes (Castillo-Minjarez et al. 2019).

7. Metodologia de aplicação de fungos entomopatogênicos

Segundo Matthews (1992), há diferentes tipos de formulações de bioinseticidas que podem ser aplicados, por exemplo, de forma seca: em pó, grânulos e iscas e também aqueles que podem ser aplicados sob a forma de pulverização, onde nesse

caso pode usar suspensões miscíveis em óleo, pó molhável, dispersões oleosas e para aplicação a ultra baixo volume.

A aplicação de fungos juntamente com óleos, podem apresentar vantagens e desvantagens, por isso é importante se observar e analisar as condições onde esses bioinseticidas serão aplicados para se obter o maior rendimento possível.

Segundo Alves & Farias (2010), óleos vegetais podem ser usados em cultivos orgânicos, são mais viscosos dando assim maior aderência, não são inflamáveis e apresentam menos evaporação, porém caso sua umidade estiver acima de 10% podem germinar após algum tempo, devido a quantidade de nutrientes presentes nos óleos.

Por outro lado, fungos suspensos em óleos minerais não germinarão com umidade acima de 10%, pois possuem nutrientes bem abaixo em relação a óleos vegetais. Contudo, não podem ser usados em cultivos orgânicos, são inflamáveis e evaporam rapidamente.

Para a aplicação propriamente dita, este produto poderá ser diluído no campo no tanque do pulverizador, onde em seguida ocorre a etapa de atomização, que é a formação de gotas do produto, neste caso são utilizados atomizadores rotativos ou pneumáticos.

Os produtos são transportados por corrente de ar até se depositarem no ponto desejado. Após o contato ocorre interação entre o produto e o inseto-praga, onde vai ocorrer a ação biológica (Steinke & Gilles 1995). Dependendo das condições em que foi aplicado (temperatura, umidade, vento, etc) pode-se ter uma maior ou menor eficiência da aplicação.

8. Interações endofíticas

8.1 Fungos entomopatogênicos como endofíticos

Além de infectar os insetos, os fungos entomopatogênicos podem exercer outras funções ecológicas, como o endofitismo, que é a colonização de tecidos vegetais por esses fungos. A aplicação desta função ecológica na agricultura pode ser promissora, já que esses fungos como endofíticos

podem aumentar o metabolismo secundário das plantas; promover imunidade e o crescimento vegetal, além de atuar também sobre fitopatógenos (Jaber & Ownley 2018).

Além desses benefícios promovidos na planta, o endofitismo pode atuar como um escape dos fungos entomopatogênicos aos fatores abióticos que afetam sua atividade no campo e ser utilizados no MIP.

8.2 Mortalidade de insetos-praga em plantas inoculadas com fungos entomopatogênicos

Muitos pesquisadores relatam a mortalidade de insetos que se alimentam de plantas inoculadas com fungos entomopatogênicos (Silva et al. 2020). No entanto, os mecanismos pelos quais essa mortalidade ocorre ainda não estão elucidados.

Em pesquisas recentes tem sido proposto que a mortalidade observada nos insetos alimentados com plantas inoculadas com esses fungos é causada indiretamente pelo fungo entomopatogênico (Vega 2018), visto que a esporulação do fungo não foi observada nos insetos infectados.

Desta forma, Vega (2018) propôs possíveis mecanismos pelos quais a morte dos insetos nessas interações pode ocorrer: produção de metabólitos secundários de defesa da planta induzida pelo fungo endofítico; metabólitos secundários do fungo; ingestão de hifas do fungo por meio do consumo de tecido vegetal inoculado; e consumo de esporos do fungo, o que seria menos provável, pois esporular no interior da planta não seria adequado para o fungo.

8.3 Métodos de aplicação

O endofitismo dos fungos entomopatogênicos ainda não é explorado comercialmente e se encontra em fase de pesquisa. A aplicação dos fungos entomopatogênicos na agricultura envolve parâmetros técnicos, conhecimento dos fatores ambientais e da biologia do fungo a ser utilizado. Logo, todos esses conhecimentos devem ser considerados ao testar isolados com potencial endofítico para uso no campo.

A escolha do método de aplicação de isolados endofíticos deve ser em função do inseto alvo, do isolado do fungo, do material vegetal a ser inoculado

e do ambiente. Os métodos mais comuns são: pulverização foliar, imersão de raízes, revestimento de sementes, imersão de sementes, embebição de sementes e *soil drenching*. Na literatura é possível encontrar variações desses métodos devido ao uso de metodologias diferentes e adaptadas para as espécies testadas (Mantzoukas et al. 2015, Ramírez-Rodríguez & Sánchez-Peña 2016).

Para a inoculação desses isolados é preparada uma suspensão conidial com concentração conhecida e previamente determinada. Após a inoculação, é importante verificar se o fungo se estabeleceu na planta, indicando o sucesso do método aplicado. Para isso, técnicas de confirmação do estabelecimento do fungo na planta são executadas. Essas técnicas se dividem em técnicas dependentes de meio de cultura (ex.: uso de meio seletivo) e técnicas moleculares. Para uma confirmação mais precisa pode-se utilizar as duas técnicas (Garrido-Jurado et al. 2016, McKinnon et al. 2017).

Por meio das técnicas de confirmação é possível verificar a persistência dos fungos entomopatogênicos

endofíticos na planta. A persistência desses fungos é de extrema importância para a sua aplicação. É interessante que o fungo permaneça na planta pelo máximo de tempo possível, fornecendo à planta os benefícios anteriormente mencionados (Garrido-Jurado et al. 2016).

9. Fungos entomopatogênicos usadas para controle de pragas no Brasil

9.1 Produtos registrados

Ao se avaliar os produtos registrados no controle de pragas atualmente utilizados no Brasil, nós encontramos cerca de 80 produtos liberados para uso (BioInsumos 2020). Dentre estes produtos, as classificações quanto à classe toxicológica são bem variáveis, bem como o grupo de pragas com potencial de controle. Dentre os gêneros de fungos mais utilizados no controle de pragas, temos o *Metarhizium* e *Beauveria* (Maina et al. 2018).

Estes fungos apresentam alto potencial de controle, e amplo espectro de ação, o que favorece o manejo de pragas, visto que um só produto é capaz

de controlar mais de uma espécie de insetos. Este ponto é crucial para se determinar a eficiência de controle, haja visto que a planta sofre injúrias de diferentes tipos de organismos simultaneamente, e controlar uma gama de pragas favorece o desenvolvimento da cultura.

9.2 Recomendações de uso para pragas

Atualmente, existem produtos à base de fungos bastante diversificados para o controle de pragas. De acordo com o portfólio da Koppert, os seguintes produtos possuem potencial inseticida, sendo eles:

Boveril Cana: produto à base de *Beauveria bassiana* com uso registrado para Bicudo-da-cana (*Sphenophorus levis*), ácaro rajado (*Tetranychus urticae*), Moleque da bananeira (*Cosmopolites sordidus*), Mosca-branca (*Bemisia tabaci* raça B) e Cigarrinha do milho (*Daubulus maidis*).

Boveril Evo: produto à base de *Beauveria bassiana* com uso registrado para Broca-do-café (*Hypothenemus hampei*), Mosca-branca (*Bemisia tabaci*), Percevejo-marrom (*Euchistus heros*).

Boveril: fungo *Beauveria bassiana* usado no controle de ácaro-rajado (*Tetranychus urticae*), Gorgulho-do-eucalipto (*Gonipterus scutellatus*), Broca-do-café (*Hypothenemus hampei*) e Mosca-branca (*Bemisia tabaci*).

Challenger: fungo *Isaria fumosorosea* usado no controle de Psilídeo do citros (*Diaphorina citri*) e *Helicoverpa armigera*.

Octane: produto formulado com *Isaria fumosorosea* registrado para controle de Cigarrinha do milho (*Dalbulus maidis*) lagarta *Helicoverpa armigera* e Psilídio (*Diaphorina citri*).

Metarril: produto à base de *Metarhizium anisopliae* recomendado para controle de Cigarrinha da raiz (*Mahanarva fimbriolata*).

Estes são apenas alguns exemplos de produtos atualmente comercializados no Brasil direcionados ao controle de pragas. Vale ressaltar que uma das principais características de produtos à base de fungos diz respeito ao seu amplo espectro de ação e aplicabilidade em diversas culturas visando o controle de uma mesma praga.

Sua interação com outras formas de controle também é um fator levantado como crucial para a eficiência desta estratégia de controle e sua expansão no mercado.

10. Produção “on farm” x produção industrial de fungos entomopatogênicos

10.1 Produção industrial

Em virtude do ganho de popularidade do uso de fungos entomopatogênicos, a sua produção em escala industrial se expandiu nas últimas décadas. Quando se pensa em produção de fungos, encontrar uma forma única para produção é um desafio, haja visto que para se obter um grande volume de produção, é necessário combinar a produção em meio líquido (em biorreatores), a produção em meio sólido (para favorecer os fungos filamentosos) e também uma possível combinação de ambos (Kassa et al. 2008).

Ao se realizar a combinação das duas formas de produção, tem-se um melhor e mais estável resultado para a produção de conídios. De acordo com Gouli et al. (2013), ao se utilizar no primeiro momento a

produção de fungos por cultivo submerso é possível se obter uma grande biomassa do material que, posteriormente, ao ser transferida para o meio sólido, poderá fornecer um material estável e com conídios ativos. Além disso, Posada-Flórez et al. (2008) reportou que uma das alternativas para produção em meio sólido, é o uso de grãos da agroindústria, tais como o arroz, trigo e milho. Esta matéria-prima é de fácil obtenção e geralmente possui baixo valor agregado.

10.2 Processo de produção on farm e seus riscos

O processo de produção *on farm*, assim como no processo industrial, pode contar com a utilização de produtos do setor agrícola comumente utilizados, por exemplo, na alimentação humana. Alguns dos principais recursos utilizados neste processo são como trigo, arroz, lentilha e milho (Bhadauria et al. 2012.)

No entanto, para um processo seguro, não se deve levar em consideração apenas a disponibilidade do recurso e o seu valor de aquisição, haja visto que os parâmetros de qualidade e segurança associados

ao material precisam passar por rigoroso controle.

Ao se pensar na produção “on farm”, ou seja, aquela realizada diretamente na fazenda, deve-se levar em conta diversos fatores que podem prejudicar a qualidade do produto final. Valicente et. al (2018), relatam os riscos ao se realizar este tipo de multiplicação em locais não adequados e com mão de obra não especializada.

Diversos microrganismos oportunistas acabam se beneficiando das altas concentrações de carboidratos e outras substâncias favoráveis ao metabolismo deles e aumentam exponencialmente sua população, afetando o desenvolvimento dos fungos de interesse. Além da baixa eficiência no controle de pragas por meio destes produtos formulados sem critérios de controle, os funcionários e demais envolvidos na manipulação podem adquirir doenças graves.

11. Considerações finais

Considerando todos os pontos favoráveis apresentados pelos fungos entomopatogênicos como agentes de controle de pragas, é razoável supor que o

seu uso deve ser continuamente incentivado e os estudos sobre sua aplicabilidade igualmente explorados. Além disso, devem ser considerados também os pontos relativos à segurança na produção dos microbiológicos, de maneira a se garantir a segurança da aplicação e manutenção da eficácia em campo.

12. Referências bibliográficas

Alves R.T., Faria M. (2010). Pequeno manual sobre fungos entomopatogênicos. Planaltina (DF), Embrapa Cerrados, p. 26-31.

Alves S. B. (1998). Fungos entomopatogênicos. In: controle microbiano de insetos, Alves, S. B. Editor. Fundação de estudos agrários luiz de queiroz – fealq – piracicaba/sp. p. 289-371.

Bhadauria B.P., Puri, S.M.I.T.A., Singh P.K. (2012). Mass production of entomopathogenic fungi using agricultural products. Bioscan, 7: 229-232.

Bioinsumos (2021). Acesso em: 28/09/2021. Disponível em: https://play.google.com/store/apps/details?id=br.embrapa.bioinsumos&hl=en_US&gl=US.

Boldo J.T., Junges A., Do Amaral K.B., Staats C.C., Vainstein M.H., Schrank A. (2009). Endochitinase

CHI2 of the biocontrol fungus *Metarhizium anisopliae* affects its virulence toward the cotton stainer bug *Dysdercus peruvianus*. *Curr. Genet.* 55: 551–560.

Braga G.U.L., Rangel D.E.N., Fernandes É.K.K., Flint S.D., Roberts, D.W. (2015). Molecular and physiological effects of environmental UV radiation on fungal conidia. *Current Genetics*, 61: 405–425.

Castillo-Minjarez J.M, Garza-López P.M., Barrios-González, J., Loera O. (2019). Free conidia of entomopathogenic fungi modify quality traits by changing glutathione levels after an oxidant stimulus. *Biological Control*, 137: 104011.

Castro M.E.B., Ribeiro B.M., Craveiro S.R., Inglis, P.W., Valicente, F.H. (2020). Controle de artrópodes-praga com vírus entomopatogênicos. Embrapa Milho e Sorgo-Capítulo em livro científico (ALICE).

Couch, J.N (1938). O gênero *Septobasidium*. O gênero *Septobasidium*.

Garrido-Jurado I., Landa B.B., Quesada-Moraga, E. (2016). Detection and quantification of the entomopathogenic fungal endophyte *Beauveria bassiana* in plants by nested and quantitative PCR. In *Microbial-Based Biopesticides*. Human Press, New York, p. 161-166

Gillespie J.P., Bateman R., Charnley A.K. (1998). Role of cuticle-degrading proteases in the virulence of *metarhizium* spp. For the desert locust, *schistocerca*

gregaria. *Journal of invertebrate pathology*, 71: 128-137.

Goettel, M.S., Poprawski, T.J., Vandenberg, J.D., Li, Z., Roberts, D.W. (1990). Safety to nontarget invertebrates of fungal biocontrol agents. In: Laird, M., Lacey, L.A., Davidson, E.W., editors. *Safety of microbial insecticides*. Boca Raton, CA: CRC Press. p. 209-232.

Gouli, V.V., Provost C., Gouli S., Skinner, M. (2013). Productivity of different species of entomopathogenic fungi based on one type of technology. *Journal of Agricultural Technology*, 3: 571-580.

Hajek, A.E., St. Leger, R.J. (1994). Interactions between fungal pathogens and insect hosts. *Annual review of entomology*, 39: 293-322.

Jaber, L.R., Ownley, B.H. (2018). Can we use entomopathogenic fungi as endophytes for dual biological control of insect pests and plant pathogens? *Biological Control*, 116: 36-45).

Jackson, M.A., Dunlap, C.A., Jaronski, S.T. (2010). Ecological considerations in producing and formulating fungal entomopathogens for use in insect biocontrol. *BioControl*, 55: 129-145.

Kaiser D., Bacher S., Mène-Saffrané L., Grabenweger G. (2019). Efficiency of natural substances to protect *Beauveria bassiana* conidia from UV radiation. *Pest Management Science*, 75: 556-563.

Kassa A., Brownbridge M., Parker B. L., Skinner M., Gouli V., Gouli S., Hata T. (2008). Whey for mass production of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae*. *Mycological Research*, 112: 583-591.

Kaur K., padjama V. (2009). Relationships among activities of extracellular enzyme production and virulence against *helicoverpa armigera* in *beauveria bassiana*. *Journal of basic microbiology*, 49: 264-274.

Kavakli I.H., Ozturk N., Gul S. (2019). DNA repair by photolyases. In *Advances in Protein Chemistry and Structural Biology*, 115: 1-19.

Liao, X., Lu, H.-L., Fang, W., St. Leger, R.J. (2013). Overexpression of a *Metarhizium robertsii* HSP25 gene increases thermotolerance and survival in soil. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 98: 777-783.

Lovett B., St. Leger R. J. (2018). Genetically engineering better fungal biopesticides. *Pest management science*, 74: 781-789.

Maina, U.M., Galadima, I.B., Gambo, F.M., Zakaria, D. (2018). A review on the use of entomopathogenic fungi in the management of insect pests of field crops. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 6: 27-32.

Mantzoukas S., Chondrogiannis C., Grammatikopoulos G. (2015). Effect of three endophytic entomopathogens on sweet sorghum and on the larvae of the stalk borer *Sesamia nonagrioides*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 154:78-87.

Matthews G.A. (1992). Pesticide application methods. 2nd ed. New York: Longman Scientific & Technical. Harlow, Essex. p. 405.

McKinnon A.C., Saari, S., Moran-Diez, M.E., Meyling, N.V., Raad M., Glare, T.R. (2017). *Beauveria bassiana* as an endophyte: a critical review on associated methodology and biocontrol potential. *BioControl*, 6: 1-17.

Melo I.S., Azevedo J.I. (2000) controle biológico. Jaguariúna.sp: Embrapa meio ambiente, 388 p.

Mendes, L. L. (2020). Eficácia do uso de fungos entomopatogênicos no controle de artrópodes ectoparasitas vetores de agentes infecciosos para humanos.

Milner R. J., Lozano L. B., Driver F., Hunter, D. (2003). A comparative study of two Mexican isolates with an Australian isolate of *Metarhizium anisopliae* var. *acridum*—strain characterisation, temperature profile and virulence for wingless grasshopper, *Phaulacridium vittatum*. *BioControl*, 48: 335-348.

Miranda-Hernández F., Garza-López P., Loera, O. (2016). Cellular signaling in cross protection: An alternative to improve mycopesticides. *Biological Control*, 103: 196-203.

Mora, M.A. E., Castilho, A.M.C., Fraga, M.E. (2016). Fungos entomopatogênicos: enzimas, toxinas e fatores que afetam a diversidade. *Rev Bras Prod Agroind*, 18 : 335-49.

Moreira C.A. (1998). Regulação da secreção de proteínas do entomopatogênico *metarhizium anisopliae*. Departamento de biologia celular do instituto de ciências biológicas da universidade de Brasília, Brasília, D. F. (Dissertação de mestrado).

Moss, S.T., Descals, E. (1986). A previously undescribed stage in the life cycle of *Harpellales* (Trichomycetes). *Mycologia*, 78 : 213-222.

Nakhleh J., El Moussawi L., Osta M. A. (2017). The Melanization Response in Insect Immunity. *Insect Immunity*, 83-109.

Oerke E.C., Dehne H.W., Schoenbeck F., Weber A. (1994) Crop production and crop protection: estimated losses in major food and cash crops. Elsevier Science publishers B.V, Amsterdam

Ortiz-Urquiza A., Keyhani N. O. (2015). Stress response signaling and virulence: insights from entomopathogenic fungi. *Current Genetics*, 61: 239-249.

Ortiz-Urquiza A., Keyhani NO (2015) Action on the surface: entomopathogenic fungi versus the insect cuticle. *Insects* 4:357-374.

Posada-Flórez, F.J. (2008). Production of *Beauveria bassiana* fungal spores on rice to control the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei*, in Colombia. *Journal of Insect Science*, 8:, 41-43.

Qu, S., & Wang, S. (2018). Interaction of entomopathogenic fungi with the host immune system. *Developmental & Comparative Immunology*, 83: 96-103.

Ramírez-Rodríguez D., Sánchez-Peña S. (2016). Endophytic *Beauveria bassiana* in *Zea mays*: pathogenicity against larvae of fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*. *Southwestern Entomologist* 41:875–878.

Roberts D.W., S.B. Krasnoff. (1998) Toxinas e enzimas de fungos entomopatogênicos. In: Controle Microbiano De Insetos. (Sérgio Batista Alves, ed.), Biblioteca De Ciências Agrárias Luiz De Queiroz. Vol. 4, 1163 pp.

Roberts, D. W., Gupta S. C., St. Leger, R. J. (1992). Metabolite production by entomopathogenic fungi. *Pesquisa agropecuária brasileira*. 27: 325-347.

Samson, R.A., Evans, H. C., & Latgé, J.P. (2013). *Atlas of entomopathogenic fungi*. Springer Science & Business Media.

Sangbaramou, R., Camara, I., Huang, X., Shen, J., Tan, S., & Shi, W. (2018). Behavioral thermoregulation in *Locusta migratoria manilensis* (Orthoptera: Acrididae) in response to the entomopathogenic fungus, *Beauveria bassiana*. *PLOS ONE*, 13: e0206816.

Shang Y., Duan Z., Huang W., Gao Q., Wang C. Improving UV resistance and virulence of *Beauveria*

bassiana by genetic engineering with an exogenous tyrosinase gene. J Invertebr Pathol 109:105–109.

Sharma A., Srivastava A., Shukla A. K., Srivastava K., Srivastava A. K., Saxena A. K. (2020). Entomopathogenic Fungi: A Potential Source for Biological Control of Insect Pests. In Phytobiomes: Current Insights and Future Vistas p.225-250.

Silva W., Santi L., Scharank A., Vainstein M. (2010). *Metarhizium anisopliae* lipolytic activity plays a pivotal role in *rhipicephalus* (boophilus) microplus infection. Fungal biol 144:10–1

Silva, A.C.L., Silva, G.A., Abib, P.H.N., Carolino, A.T., Samuels, R.I. (2020). Endophytic colonization of tomato plants by the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* for controlling the South American tomato pinworm, *Tuta absoluta*. CABI Agriculture and Bioscience, 1(1).

St. Leger R.J., Durrands P.K., Cooper R.M., Charnley A.K. (1988). Regulation of production of proteolytic enzymes by entomopathogenic fungus *metarhizium anisopliaea*. Archives microbiology. 150: 413-416.

St. Leger R.J., Josh I.; Bidochka M.J., Roberts D.W. (1996). Construction of an improved mycoinsecticide overexpressing a toxic protease. Proc. Natl. Acad. Sei. Usa. p. 183-212.

St. Leger R.J., Roberts D.W., Staples R.C. (1991). A model to explain differentiation of appressoria by

germlings of *metarhizium anisopliae*. Journal of Invertebrated Pathology. p. 299-310

Steinke W.E., Giles D.K. (1995). Delivery systems for biorational agents. In: Biorational pest control agents: formulation and delivery. Washington: American chemical society, p. 80-94.

Sweeney, A.W. (1981). An undescribed species of *Smittium* (Trichomycetes) pathogenic to mosquito larvae in Australia. Transactions of the British Mycological Society, 77: 55-60.

Tseng, M.N., Chung, C.L., & Tzean, S.-S. (2014). Mechanisms relevant to the enhanced virulence of a dihydroxynaphthalene-melanin metabolically engineered entomopathogen. PLoS ONE, 9: e90473.

Valanne S., Wang, J.H., Rämét M. (2011). The Drosophila toll signaling pathway. The Journal of Immunology, 186: 649-656.

Valicente F.H., Lana U.D.P., Pereira A.C.P., Martins, J. L. A., & Tavares, A. N. G. (2018). Riscos à Produção de Biopesticida à Base de *Bacillus thuringiensis*. Circ Técnica EMBRAPA Milho e Sorgo. Sete Lagoas.

Vega, F.E. (2018). The use of fungal entomopathogens as endophytes in biological control: a review. In Mycologia. 110: 4-30.

Walstad J. D., Anderson R. F., & Stambaugh W. J. (1970). Effects of environmental conditions on two species of muscardine fungi (*Beauveria bassiana* and

Metarhizium anisopliae). Journal of Invertebrate pathology, 16 :221-226.

Zhang, X., St. Leger, R. J., & Fang, W. (2018). Stress-induced pyruvate accumulation contributes to cross protection in a fungus. Environmental Microbiology, 20(3), 1158–1169.

Zhao H., Lovett B., Fang W. (2016). Genetically engineering entomopathogenic fungi. Advances in genetics, 94: 137-163.

Zimmermann G. (2007). Review on safety of the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae*. Biocontrol Science and Technology, 17: 879-920.

CAPÍTULO 6

MANEJO INTEGRADO DE PRAGAS URBANAS

Mayara M. Picanço, Adryel Kayro O.A. Laurindo, Luana L. Melo, Rodrigo S. Ramos, Gerson A. Silva

1. Introdução

A urbanização e destruição dos ambientes naturais contribuiu grandemente para os surtos de pragas urbanas que temos hoje. A forma que vivemos, casas aconchegantes que nos protege das intempéries climáticas, são locais adequados para vários outros seres vivos. Apesar dos avanços tecnológicos, dos materiais e sanitizantes modernos temos invasões e visitas constantes de pragas urbanas (Von Zuben et al. 2006, Dhang 2011, 2014).

Esses animais possuem alta capacidade reprodutiva e conseguem se adaptar ao ambiente doméstico, utilizando tudo o que estiver disponível para eles. Causam grande incomodo, uma vez que, além do dano visível aos bens de consumo podem trazer consigo outros visitantes invisíveis que podem ocasionar doenças em humanos e animais (Zorzenon 2002).

Existem muitos inseticidas sintéticos que prometem “exterminar” esses organismos indesejáveis, mas por conta do seu uso exacerbado sem rotação com outros ou sem as práticas de prevenção corretamente aplicadas o resultado é ruim e pouco duradouro. Já foi observado o desenvolvimento de resistência a inseticidas em baratas, moscas e mosquitos. Como o uso indevido e excessivo de pesticidas em aplicações em residências e empresas, a exposição de humanos aos pesticidas se tornou uma grande preocupação (Dhang 2011, 2014). Assim, a dependência de pesticidas tornou-se uma estratégia fracassada e, juntamente com a descoberta dos efeitos nocivos dos pesticidas, sentiu-se a necessidade de novos métodos (Von Zuben et al. 2006, Dhang 2011, 2014).

O manejo integrado de pragas (MIP) foi desenvolvido para fornecer a solução mais aceitável para os problemas de pragas. O MIP é definido como a seleção, integração e implementação do controle de pragas com base nas consequências econômicas, ecológicas e sociológicas previstas (Landis &

Dumroese 2014). Embora esse conceito tenha sido desenvolvido para a agricultura, ele também é muito adequado para o controle de pragas urbanas. O MIP emprega julgamento humano ao controle de pragas, é um método em que a inspeção, o monitoramento e os métodos físicos e culturais desempenham papéis mais importantes do que o controle químico (Landis & Dumroese 2014). Os programas de manejo de pragas urbanas visam manter as populações de pragas em níveis abaixo do nível de dano, sempre com menor uso possível de sanitizantes (Smith & Whitman 2007).

Nesse capítulo discorreremos sobre um programa de manejo integrado de pragas urbanas. Nele será abordado os problemas causados pelas pragas em ambientes urbanos, os fatores que influenciam o seu ataque, os pontos críticos de controle, sistema de tomada de decisão de controle e os métodos de controle por esses organismos.

2. Problemas causados por pragas em ambientes urbanos

As pragas urbanas causam vários desconfortos aos humanos, pois competem conosco por vários recursos, água, alimento, abrigo e devido à facilidade de acesso causam problemas desde consumo de alimentos, destruição de objetos, a doenças e por conta disso precisamos controlar essas pragas (Biehler 2013, Dhang 2011).

O país enfrenta uma série de doenças tropicais transmitidas por mosquitos, como malária, Zika vírus, Chikungunya, dengue e febre amarela. Diversas espécies de Culicidae são encontradas em áreas urbanas do Brasil. Enquanto a maioria das espécies não tem nenhuma importância para a saúde pública, as espécies exóticas *Culex quinquefasciatus*, *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus* chamaram a atenção das autoridades de saúde pública e programas de manejo (Zorzenon 2002, Vale & Prezoto 2019). A espécie *Aedes aegypti* é a principal transmissora da dengue, febre amarela, Chikungunya e Zika vírus (Zorzenon 2002, Vale & Prezoto 2019).

As moscas são responsáveis por transmitir patógenos aos humanos e animais, por se alimentarem de fezes, lixo e outros materiais em decomposição (Chaiwong et al. 2012).

As baratas além de serem veículos de disseminação de patógenos, existe também a preocupação por conta da atração de predadores naturais, como escorpiões (Zorzenon 2002). No verão, por conta da alta temperatura e umidade em decorrência das chuvas, podemos observar o aumento de baratas que por consequência o aumento de acidentes com escorpiões (Pinto et al. 2007).

As formigas causam problemas pois algumas podem fazer ninhos nas edificações dentro de aparelhos eletrônicos, causando danos. Além disso, como outras pragas, podem ser veículos de patógenos e em ambientes hospitalares a vigilância tem que ser mais intensiva (Fernandes et al. 2016).

Uma outra praga preocupante são os roedores. Que além de serem especialistas em competir pelos nossos recursos podem transmitir algumas doenças como, por exemplo, a leptospirose (Brasil 2002, Vale & Prezoto 2019). Por essas e outras razões já citadas é de suma importância o monitoramento e controle dessas pragas.

3. Fatores que influenciam o ataque de pragas em ambientes urbanos

A ocorrência dessas pragas é o resultado comum das condições climáticas favoráveis disponíveis para que esses organismos possam habitar e se reproduzir, falha na gestão de resíduos sólidos, o aumento da agricultura urbana, má gestão da água, métodos de armazenamento de água inadequados, alta densidade populacional humana, a falta de educação e as características biológicas dessas pragas potencialmente sinantrópicas que favorecem sua reprodução (Bonney et al. 2008, Jones 2015, New 2015). Para realizar um bom manejo das pragas urbanas é necessário que as medidas de controle reduzam o *acesso* destes organismos a *água*, *alimento* e à *abrigo* (regra dos 4A's).

4. Pontos críticos de controle das pragas em ambientes urbanos

Os pontos críticos no controle de pragas urbanas estão ligados a falta de vistoria e higiene nos locais urbanos. Uma vez feito o monitoramento e avaliações dos locais propícios para ocorrência dessas pragas, medidas preventivas podem ser empregadas e caso

estejam presentes o controle curativo precoce será mais efetivo, visto que a população da praga estará baixa (Bonnefoy et al. 2008, Jones 2015, New 2015).

5. Sistema de tomada de decisão de controle

A tomada de decisão segue três níveis, sendo eles nível mínimo, em que não tem emergência e nem é possível visualizar a praga apenas por meio de utilização de armadilhas com atrativo; nível médio é possível visualizar os sinais das pragas, porém não é possível visualizar a praga ainda; e nível máximo é possível visualizar a praga constantemente, sendo necessário o uso do praguicida adequado para diminuir a população da praga a níveis aceitáveis (Smith & Whitman 2007).

Deve-se levar em consideração também os riscos à saúde que essas pragas podem causar, em especial aos animais peçonhentos, que de acordo com o inciso 10 do art. 3º da Portaria MS/GM nº 1.172, de junho de 2004 a vigilância, o monitoramento, a captura e a eliminação competem ao município (Brasil 2009).

Para a tomada de decisão é necessário realizar os planos de amostragem por meio de monitoramentos para acompanhar a dinâmica da população das pragas, identificando as pragas, a localização e a época de infestação, para determinação dos índices de tomada de decisão e posterior controle (Picanço et al. 2014).

Esses monitoramentos em sua maioria ocorrem por meio da utilização de armadilhas com atrativos, como é o caso das moscas e mosquitos, utilizando fitas adesivas ou MosquiTRAP para mosquitos (Resende et al. 2010). Já para outras pragas, como por exemplo os ratos, o monitoramento ocorre por meio da presença ou ausência da praga, realizando busca ativa e limpeza do ambiente, mapeando toda a área de infestação para realização do controle para manter a população baixa (Brasil 2002).

No caso dos mosquitos o índice pode ser obtido pelo percentual de imóveis positivos com larvas ou pelo índice médio de fêmeas aladas (IMFA) capturadas em armadilhas, onde o IMFA ideal seria menor que 0,3 e o percentual de larvas menor que 1% (Brasil 2009).

Para monitoramento de escorpião também ocorre busca ativa pela praga com o objetivo de identificar a espécie e a limpeza do ambiente, porém essa busca deve ser feita por profissionais em grupos de duas pessoas para remover entulhos, troncos, utilizando equipamento de proteção individual (EPI). A determinação dos níveis de infestação é obtida dividindo-se o número de residência (unidade domiciliar) em que foram encontrados escorpiões (vivos ou mortos) pelo número total de residências avaliadas, o valor da divisão deve ser multiplicado por 100 para que o resultado seja expresso em porcentagem. Infestação igual a zero é classificada como baixa; de 1 a 25% média; 26 a 50% alta e acima de 50% altíssima (Brasil 2009).

6. Métodos de controle das pragas em ambientes urbanos

O manejo integrado de pragas (MIP) é a base do planejamento de um bom programa de monitoramento de praga, para um controle eficiente e efetivo, por possuir vários métodos de controle,

complementando, reduzindo ou substituindo o uso de sanitizantes sintéticos, o que favorece os ecossistemas, reduz os custos e os problemas relacionados a resistência dos insetos (Dias & Farias 2019).

O manejo integrado se baseia em métodos culturais, biológicos e químicos, por exemplo, utilização de armadilhas, uso de telas em portas e janelas, conhecimento dos principais inimigos naturais, uso de inseticidas seletivos, e para que o MIP tenha resultados satisfatórios é necessário seguir algumas etapas: 1) detecção do problema e identificação das espécies envolvidas; 2) monitoramento das populações e relação com o tempo e o clima; 3) decisão e implementação das medidas de controle (cultural, biológico e químico) e 4) monitoramento permanente de manutenção (Prado 2003).

6.1. Prevenção da ocorrência de pragas em ambientes urbanos

O método preventivo é essencial para reduzir a densidade da população da praga, de modo a controlar às condições que favorecem o desenvolvimento dessas pragas, como a água, alimento, abrigo e acesso, sendo esse processo conhecido como plano de eliminação dos 4 As (Von Zuben et al. 2006).

Para evitar o fornecimento de alimentos é necessário realizar o descarte correto e regular dos resíduos domésticos, manter as lixeiras limpas e tampadas, pois os resíduos orgânicos servirão de alimento para às pragas, fechar corretamente sacos plásticos, proteger os alimentos, colocando em vasilhas fechadas, limpeza periódica da caixa de gordura (Von Zuben et al. 2006, Iqbal et al. 2014, Dias & Silva 2019).

A restrição ao acesso ocorre por meio de telamento de portas e janelas, vedação de borracha nas portas, uso de ralos que abrem e fecham para impedir a entrada da praga, inspecionar interruptores de luz, canalizações pluviais, saídas de telefone e

sempre trocar as tampas das tomadas e interruptores quebrados (Von Zuben et al. 2006, Bonnefoy et al. 2008, Dias & Silva 2019).

Em relação a eliminação de abrigos temos algumas soluções como uso de silicone em frestas de tábuas, mesas, armários. Realizar a limpeza sob a geladeira e fogão, e sempre trocar tomadas e interruptores quebrados que podem servir de acesso e abrigo (Robinson 2005, Von Zuben et al. 2006, Bonnefoy et al. 2008, Dias & Silva 2019).

Para eliminar fontes de água é necessário que tanto os poços, caixas d'água e outros reservatórios estejam bem fechados, para evitar que a praga tenha acesso a água. A eliminação de fontes de água se torna ainda mais importante para o controle de mosquitos, que utilizam da água para completar seu ciclo e a eliminação desses focos é de suma importância, como descarte correto de pneus e lixos, colocar areia em vasos de plantas, drenagem de calhas para evitar o acúmulo de água (Bonnefoy et al. 2008, Brasil 2009).

6.2. Legislação sobre o controle de pragas em ambientes urbanos

As pragas urbanas ou fauna sinantrópica nociva, são animais que infestam áreas urbanas e causam transtornos econômicos ou ambientais, além de apresentar risco a saúde pública. Segundo o Processo Ibama n.º 020012.005076/2005-90 no Art. 1º e 2º regulamenta os critérios de manejo e controle destas. A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) na Resolução RDC nº 52, de 22 de outubro de 2009 defini o controle de pragas urbanas e vetores como um conjunto de ações preventivas e curativas de monitoramento ou aplicação, ou ambos, visando impedir de modo integrado que vetores e pragas urbanas tenham acesso e infestem o ambiente. O controle das pragas urbanas é realizado por métodos mecânicos, físicos, biológico e químico (Prado 2003).

Os produtos químicos de uso urbano são regulamentados pela ANVISA e classificados como produtos saneantes desinfetantes na legislação. A lei 6.360/1976 regulamenta os inseticidas para controle e prevenção de insetos e raticidas no controle de roedores em edificações e áreas públicas urbanas. Produtos estes que não ofereça risco ao homem ou

animais domésticos. No Brasil raticidas de toxicidade aguda são proibidos sua comercialização e uso, entretanto no comércio ilegal ainda é possível adquirir esses produtos, na maioria das vezes, estes produtos são inseticidas utilizados na agricultura para o manejo de insetos-pragas.

6.3. Controle de mosquitos

Os Mosquitos (Culicidae) são insetos alados e podem percorrer distâncias de até dois quilômetros em busca de recursos. distintos. Esses insetos continuam sendo uma das principais pragas urbanas no Brasil (Gomes et al. 2005, Tauil 2002).

Os adultos são terrestres e possuem hábitos alimentares diferentes. Os machos são fitófagos, ou seja, se alimentam da seiva das plantas, durante esse processo algumas plantas são polinizadas (Reiter 2007, Bonnefoy et al. 2008). Já as fêmeas são hematófagas, se alimentam de sangue de animais, principalmente mamíferos e aves (Forattini 2002, Puggioli et al. 2017).

O sangue é essencial para a maturação dos ovos das fêmeas. Uma vez fecundada, após se alimentar, as fêmeas irão realizar a postura dos ovos na superfície da água em locais, ou no caso dos mosquitos gênero *Aedes* em bordas de recipientes que tenham fontes de água. Esses ovos possuem proteção contra dessecação e podem permanecer viáveis fora da água por até 500 dias (Forattini 2002, Puggioli et al. 2017). É por esse motivo que observamos um aumento de mosquitos alguns dias após ter chovido. As larvas são aquáticas e por meio de um tubo (sifão) são capazes de respirar na superfície d'água (Forattini 2002 Puggioli et al. 2017).

As larvas de *Aedes* são fotossensíveis, por esse motivo devemos verificar os locais com água parada, como reservatórios de água utilizando lanternas. Ao jogar a luz as larvas se movimentam bastante tentando fugir da luz (Forattini 2002, Puggioli et al. 2017). Ainda na água, as larvas se transformam em pupas e após esse período o exoesqueleto é rompido e o adulto terrestre liberado. A duração do desenvolvimento de ovo a adulto desses insetos é em torno de 10 a 14 dias e as fêmeas podem viver cerca de 1 a 2 meses (Forattini 2002, Puggioli et al. 2017).

6.3.1. Controle comportamental

Este método tem como objetivo mudar o comportamento do mosquito, por meio de atrativos ou repelentes sintéticos e/ou naturais. Dos repelentes sintéticos temos o DEET (N,N-dietil-m-toluamida), DMP (dimetilftalato), DEPA na forma de cremes, loções e aerossóis, porém os consumidores preferem repelentes naturais à base de plantas (Andrade 2008, Possel 2019).

Os atrativos sintéticos de oviposição (*AtrAedes*) são utilizados em armadilhas MosquiTRAP, para as fêmeas de *Aedes* com o objetivo de determinar o nível de controle e o uso de repelentes é para diminuir a quantidade de mosquitos e picadas (Braga & Valle 2007, Resende et al. 2010).

6.3.2 Controle genético

O controle genético, no caso dos mosquitos, ocorre por meio da liberação de machos com gene letal, induzindo letalidade nos organismos portadores do gene. A população de adultos é reduzida, uma vez que estes saem a procura de fêmeas para copular, ocorrendo a transmissão do patógeno (Oliveira et al. 2011).

Essa linhagem de *Aedes aegypti* é conhecida como OX513A, que carrega um gene artificial para impedir que sua prole se desenvolva, aumentando os níveis do ativador transcricional tetraciclina, causando a mortalidade por toxicidade (Alphey & Andreasen 2002, Oliveira et al. 2011).

6.3.3 Controle físico

É o mais indicado e pode ser considerado um método preventivo, por identificar e eliminar os criadouros de mosquitos, interrompendo seu ciclo. Esse método consiste na eliminação e destinação adequada de lixos e pneus, encher os pratos de vasos com areia para evitar acúmulo de água, colocar telas de proteção em caixas d'água, ralos, portas e janelas, drenar água das calhas e manter elas limpas (Brasil 2009).

Para que esse método seja eficaz e tenha uma longa duração a população precisa participar, para eliminar todos os possíveis criadouros e reduzir drasticamente a população de mosquitos, sem a necessidade de utilizar outros métodos de controle (Braga & Valle 2007).

6.3.4 Controle biológico

O controle biológico de mosquitos utiliza inimigos naturais como predadores e microrganismos entomopatogênicos. Os predadores geralmente usados são os *Toxorhynchites* (Culicidae), crustaceos Copépodos da ordem Cyclopoida, e *Gambusia affinis* e *Poecilia reticulata*, todos os predadores citados se alimentam das larvas dos mosquitos (Collins & Blackwell 2014, Marten & Reid 2007, Braga & Valle 2007).

Os micro-organismos entomopatogênicos utilizados no controle biológico dessa praga são a bactéria *Bacillus thuringiensis israelenses*, que atua na degradação do intestino do mosquito, levando a morte (Lacey 2007); o biolarvicida spinosad, produzido da fermentação aeróbica do *Sacharopolyspora spinosa*, um actinomiceto de solo (Mertz & Yao 2018); e os fungos *Lagenidium giganteum* e *Metarhizium anisopliae* no controle de larvas, causando a degeneração dos tecidos e a morte das larvas (Scholte et al. 2004). Recentemente foi disponibilizado para comercialização uma armadilha (MatAedes, Mosquittec Controle de Mosquitos LTDA) para controle biológico de mosquitos adultos a base de *M. anisopliae*.

Além disso temos a bactéria *Wolbachia* que é usada no controle das doenças transmitidas por mosquitos do gênero *Aedes*. O objetivo é substituir a população natural dos mosquitos do pela população infectada por *Wolbachia*, reduzindo a expectativa de vida do mosquito em até 50% (Sinkins 2004, Moreira et al. 2009). As fêmeas infectadas com a bactéria, independente de cruzar com machos infectados ou não, sempre vão gerar proles com a bactéria e fêmeas sem a *Wolbachia* ao cruzar com machos infectados não geram descendentes (Sinkins 2004, Moreira et al. 2009).

6.3.5 Controle químico convencional

Dentro dos grupos dos larvicidas temos os análogos de hormônios juvenis (piriproxifeno), inibidores da síntese de quitina do grupo das benzoilureas (diflubenzuron e novaluron) e o grupo dos organofosforados (termefós) (Chamberlain 1975, WHO 2005).

Para controle residual e espacial de adulto os ingredientes ativos disponíveis são dos grupos dos organofosforados (fenitrothion e malathion), piretróides (deltamethrina, cipermetrina e permetrina) e carbamatos (bendiocarb e propoxur) sendo aplicados nas paredes em ambientes internos ou por nebulização em ambientes externos, quando não é possível a utilização de larvicidas (WHO 2005, Bonnefoy et al. 2008).

6.3.6 Controle químico alternativo

Os óleos essenciais extraídos das plantas *Annona coriacea*, *Vanillosmopsis arborea*, *Lippia sidoides*, *Cymbopogon winterianus*, *Ageratum conyzoides*, *Cymbopogon citratus*, *Ocimum gratissimum* tem se mostrado promissores para o controle de larvas do mosquito da dengue (Furtado et al. 2005, Dill et al. 2012).

Um outro método alternativo é a utilização de detergente neutro no combate de larvas de mosquitos. Estudos apontam concentrações mínimas de 5 ml do detergente controlam até 100% das larvas nas

primeiras 12 horas. Isso acontece pois o detergente neutro possui na sua composição tensoativo aniônico, promovendo a quebra da tensão superficial, além de interagir com o sifão seroso das larvas, impedindo sua respiração (Lopes et al. 2017).

6.4. Controle de moscas

Dentre às moscas de maior importância estão as moscas domésticas (*Musca domestica*) e as moscas varejeiras (*Dermatobia hominis*). Essas moscas apresentam ciclo de vida curto, são holometábolos, ou seja, apresentam metamorfose completa, com fase de ovo, larva, pupa e adulta (Capinera 2008).

De 8 a 20 dias após a copulação ocorre a oviposição, em que as fêmeas podem depositar mais de 500 ovos durante a sua vida, em cinco ou seis posturas, em grupos variando entre 75 e 150 ovos (Sanchez-Arroyo & Capinera 2014). As larvas eclodem entre 12 e 24 horas após a oviposição, dependendo da temperatura, elas começam a se alimentar rapidamente dos substratos em que estão depositadas, com duração de três a sete dias para

passar da fase larval até a fase de pupa, nesta fase elas preferem temperaturas mais baixas quando comparadas a fase larval (Dias & Silva 2019). A fase de pupa dura cerca de três a quatro semanas (McGavin 2000).

6.4.1 Controle físico e mecânico

Esse tipo de método consiste em impedir o ciclo das moscas, como também servir de técnica de amostragem no caso das armadilhas. Temos como medidas de controle físico a proteção de porta e janelas por meio telas de proteção, armadilhas de choque, luminosas e adesivas e o uso de armadilhas com atrativos (Teixeira et al. 2008, Dias & Farias 2019).

6.4.2 Controle biológico

Devido ao aumento da resistência das moscas aos inseticidas sintéticos, o uso do controle biológico (predadores, parasitoides e microrganismos entomopatogênicos) se mostrou como uma alternativa para o controle de moscas. Dentre os predadores de

dípteros imaturos temos aracnídeos do grupo dos Pseudoscorpionida e insetos das famílias Hydrophilidae, Histeridae, Labiduridae, Anthocoridae e Formicidae; dos parasitóides temos as famílias Braconidae, Diapriidae, Pteromalidae (Sanchez-Arroyo & Capinera 2014).

Os parasitóides da família Pteromalidae possuem grande importância no parasitismo das moscas sinantrópicas, em que conforme aumenta a população de moscas, a mortalidade causada pelo parasita também aumenta e se a população diminui, o parasitismo também diminui (Rueda & Axtell 1985.).

Em relação aos microrganismos entomopatogênicos, como os fungos, vírus e bactérias, as espécies e gêneros mais importantes são os *Metarhizium anisopliae*, *Aschersonia*, *Beauveria bassiana*, *Entomophthora*, *Bacillus thuringiensis* var *israelenses* e *kurstaki* e a *Brevibacillus laterosporus* (De Mari 2006). As bactérias *B. thuringiensis* e a *B. laterosporus*, produzem uma toxina que causa paralisia intestinal, interrompendo na alimentação das larvas (Zimmer et al. 2013).

O vírus da hipertrofia das glândulas salivares é uma alternativa no controle biológico, sendo ele responsável por reduzir a fertilidade da fêmea de *M. domestica*, interferindo no acasalamento e na produção de ovos, além de mudar a morfologia das glândulas, onde grande parte dos vírus utilizam dessa rota para proliferarem (Lietze et al. 2007, Kariithi et al. 2017, Molina Palacios et al. 2021).

6.4.3 Controle químico convencional

O controle das moscas é feito pelo uso de adulticidas e larvicidas, sendo os adulticidas utilizados para controle de moscas quando a infestação é maior que o nível tolerável, já os larvicidas são preferenciais por serem seletivos e evitar o desenvolvimento das larvas (Rodrigueiro et al. 2002)

No caso de residência o uso de aerossóis com piretrina, pode ser eficaz para o controle de uma pequena quantidade de moscas, como também o uso de iscas granulares (Metomil, Espinosade e Imidacloprid) que devem estar presentes nos locais de pouso das moscas e distantes dos animais e pessoas

(Bonney et al. 2008, Iqbal et al. 2014). O uso de atrativos alimentares com inseticidas e armadilhas com atrativos pode ser uma boa forma de controle em pequenas infestações, já que este último método tem como prioridade o monitoramento (Alves 2010, Dias & Farias 2019).

É importante ressaltar que o uso de atrativos em ambientes fechados não é recomendado devido ao forte odor, sendo necessário o uso de ventilação para que ocorra as trocas gasosas no ambiente interno de pelo menos cinco vezes ao dia (Bonney et al. 2008).

6.4.4 Controle químico alternativo

No controle alternativo de moscas pode ser utilizado extratos de origem vegetal que tem se mostrado uma alternativa eficaz. É um método interessante devido ao seu baixo custo, fácil utilização e obtenção e pelo baixo impacto ao meio ambiente, possuindo substâncias repelentes, inseticidas e inibidoras de oviposição, como também por possuir baixa toxicidade, devido à baixa concentração dos

compostos químicos, rápida biodegradação, múltiplos modos de ação e seletividade (Monnerat et al. 2007).

As espécies vegetais com ação inseticida que podem ser utilizadas são o nim (*Azadirachta indica*), o cinamomo (*Melia azedarach*), fumo (*Nicotiana tabacum*), e algumas espécies do gênero *Trichilia* (Possel, 2019). Temos também alguns métodos caseiros propostas pela Monnerat et al. (2007), como o uso alho, cravo-da-índia, pimenta-do-reino, canela e arruda.

6.5 Controle de baratas

Nas áreas urbanas as duas principais espécies de barata que estão presentes são a barata alemã (*Blattella germanica*) e a americana (*Periplaneta americana*), conhecidas também como barata de cozinha e esgoto, respectivamente (Von Zuben et al. 2006, Dhang 2014). Ambas são insetos noturnos e quando são vistos durante o dia pode significar que a população está grande (Mariconi 1999, Lopes 2005).

A barata alemã possui uma coloração marrom-pálida e mede em torno de 1,3 cm de comprimento. O

nome popular, barata de cozinha, é devido ao local o qual são mais encontradas, entretanto podem habitar qualquer parte aquecida e escura dos domicílios (Appel & Smith 2002, Lopes 2005).

Já a barata americana é mais escura e maior, medindo cerca de 4,8 cm de comprimento quando adulta, e coloração vermelho-amarronzada (Bonney et al. 2008, Appel & Smith 2002). Seu nome popular, barata de esgoto, revela onde são encontradas em abundância, e além do esgoto podem ser encontradas em restaurantes, prédios públicos, garagens, ou qualquer outro local oportuno que seja escuro, quente e úmido (Von Zuben et al. 2006, Bonney et al. 2008).

6.5.1 Controle mecânico

O controle mecânico é obtido por meio de eliminação do abrigo e acesso, por meio de vedação de fendas e frestas com silicone, rebocar buracos das paredes, utilizar vedação nas portas que dão acesso a área externa, manter as tampas das tomadas bem justas e trocá-las quando necessário, utilizar ralos de

cozinha e banheiro que possa abrir e fechar, de modo a impedir a entrada de inseto (Von Zuben et al. 2006).

6.5.2 Controle biológico

Ocorre por meio de predadores naturais, como lagartixas, formigas, besouros, algumas espécies de parasitóides e por meio de microrganismos entomopatogênicos (Lopes 2005, Bonnefoy et al. 2008).

O uso e o desenvolvimento do controle microbiano para pragas urbanas são muito inferiores quando comparado ao manejo na área agrícola, deste modo são poucos os microrganismos utilizados para controle de baratas, como também pela sua ação lenta no controle desses insetos (Lopes 2005).

Dos grupos de microrganismos entomopatogênicos temos alguns grupos de vírus das famílias Parvoviridae, Iridoviridae e Poxviridae; protozoários, tais como *Gregarina blattarum*, *Endamoeba blattae*, *Hexamita periplanetae*, *Nyctotherus ovalis* e *Nephridiophaga blattellae*, este último parasita os túbulos de Malpighi do inseto;

bactérias como os *Bacillus* sp., que induzem a desintegração citoplasmática das células epiteliais do mesêntero e proctodeu; nematóides da espécie *Blatticola blattae* e os gêneros *Steinernema* e *Heterorhabditis*; e fungos como *Aspergillus westerdijkiae*, *Beauveria bassiana*, *Beauveria brongniartii*, *Metarhizium anisopliae*, *Verticillium lecanii*, *Paecilomyces fumosoroseus* e *Paecilomyces farinosus* (Tsai & Cahill 1970, Evans & Shapiro 1997, Zukowski & Bajan 1997, Kleespies et al. 1999, Serra-Freire 1999, Radek & Fabel 2000, Han et al. 2000, Lopes 2005).

6.5.3 Controle químico convencional

Há muitos produtos registrados no mercado domissanitário para o controle de baratas, onde os principais compostos são dos grupos dos piretróides, organofosforados e carbamatos, em sua maioria de ação neurotóxica, porém a sua eficiência vai depender das condições sanitárias do local e é preciso tomar muito cuidado, pois esses inseticidas agem sobre os mamíferos (Lopes 2005).

Há produtos na forma de iscas sólida, pó e gel, porém o uso de iscas sozinho não é eficiente, por isso é necessário um bom programa de manejo integrado (Bonnefoy et al. 2008).

O uso de reguladores de crescimento é uma boa alternativa, por possuírem baixa toxicidade aos mamíferos, interferindo no desenvolvimento e na reprodução dos insetos, porém sua ação é lenta, com presença de apenas 8% do total de formulações no mercado (Lopes 2005, Bonnefoy et al. 2008).

6.5.4 Controle químico alternativo

São métodos baratos e fáceis, utilizando extratos vegetais ou outras receitas caseiras com finalidade de repelência, tais como o uso de nim (*Azadirachta indica*), mamona (*Ricinus communis*), louro (*Laurus nobilis*), eucalipto (*Corymbia citriodora*) e jambolão (*Syzygium cumini*) (Vicente 2014).

Temos também a mistura de algumas substâncias com o objetivo de formar um inseticida natural, que em sua maioria estão presentes nas nossas cozinhas, tais como; três colheres de queijo ralado, açúcar e

cebola ralada, duas colheres de trigo e 200g de ácido bórico; uma colher de farinha de trigo, uma cebola picada e 100 gramas de ácido bórico (Suiter 2009).

6.6 Controle de formigas

As formigas são insetos sociais, algumas espécies são consideradas pragas agrícolas, florestais e urbanas. As formigas do gênero *Solenopsis*, conhecidas como lava-pés, são responsáveis pela maioria dos acidentes nas áreas urbanas. Além dos problemas que já comentamos, essas formigas possuem peçonha e quando perturbadas são agressivas (Fernandes et al. 2016). As principais espécies desse gênero são *Solenopsis saevissima* (Pitts et al. 2005) e *Solenopsis invicta* (Bueno e Campos-Farinha 1999).

6.6.1 Controle biológico

Os predadores libélulas, aranhas, lagartos, pássaros e outros gerais são associados com inimigos naturais das formigas, principalmente cortadeiras. Ademais, tem desenvolvido pesquisas utilizando microrganismos no controle destas com resultados

satisfatórios, como o uso dos fungos *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* *Paecilomyces farinosus*, da bactéria *Bacillus thuringiensis* e além do microsporídeo *Thelohania solenopsae* (Williams & Deshazo 2004, Loureiro & Monteiro 2005, Castilhos-Fortes et al. 2010). O controle biológico pode ser realizado também moscas parasitóides do gênero *Pseudacteon*, família Phoridae.

6.6.3 Controle químico convencional

No controle químico tradicionalmente tem se utilizado inseticidas convencionais, como inseticidas de contato. A aplicação destes inseticidas tem mostrado resultados não satisfatórios. Pois, essa prática é uma barreira temporária atingindo apenas operarias, não eliminando a colônia, podendo acentuar fragmentação da colônia e aumentar a infestação (Von Zuben et al. 2006).

Os produtos químicos para áreas externas nas formulações de aerossóis, pós químicos, gel com princípio ativos de acefato, abamectina, bendicarbe, bifentrin, deltametrina, diazinon, isofenphos, e iscas

com ácido bórico, fenoxicarbe, hidrametilno, piriproxifeno (Kemp et al. 2000, Cerioni 2010). Além de, para áreas internas com princípio ativos de clorpirifós, permetrina, resmetrina e abamectina para aerossóis, pós químicos, gel e iscas com fipronil, sulfluramida. Dentre os grupos de inseticidas, os pertencentes aos organofosforados são extremamente tóxicos a formigas lava-pé (Kemp et al. 2000; Araujo et al; 2016). No entanto, a utilização de iscas toxicas é mais eficiente no controle de formigas urbanas, pois as operarias carregam para colônia as iscas e através da troca de alimentos (trofalaxia) com indivíduos presentes no ninho ocorre a distribuição do alimento contaminado, potencializando o controle (Campos-Farinha & Bueno 2004, Von Zuben et al. 2006).

6.6.4. Controle químico alternativo

Dentre as medidas caseiras pode-se colocar pedaços de limão seco, fumo picado, cravo da Índia, coentro nos lugares mais frequentados por ela, como cantos dos armários e pia. O cheiro forte repele as formigas. Outra medida é a utilização de solução

caseira para a formiga lava-pé preparar uma solução de 10% água sanitária sobre o ninho. Para demais formigas domésticas preparar uma solução 1:1 água + detergente e injetar nas frestas azulejos portas e paredes. Estas medidas devem ser adotadas sempre que detectado a presença das formigas (Von Zuben et al. 2006).

6.7 Controle de escorpiões

Os escorpiões são aracnídeos peçonhentos facilmente identificáveis pela sua cauda com ferrão na extremidade e seu pedipalpos bem desenvolvidos (Brasil 2009, Brazil 2010, Costa 2011). A maioria dos acidentes com escorpiões no Brasil estão relacionados a espécies do gênero *Tityus*. A espécie *Tityus serrulatus* (escorpião amarelo) é a principal espécie do gênero, por conta da sua ampla distribuição no país e veneno com alta toxicidade. Além disso, o escorpião amarelo se reproduz por partenogênese, uma fêmea é capaz de gerar cerca de 40 filhotes por ano (Brasil 2009, Brazil 2010, Costa 2011). Possuem hábitos noturnos e conseguem se abrigar em locais diversos.

São predadores e são capazes de sobreviver até 6 meses sem se alimentar (Brasil 2009, Brazil 2010, Costa 2011).

6.7.1 Controle biológico

Adoção de práticas nas áreas urbanas para conservação dos principais inimigos naturais do escorpião são fundamentais para se obter equilíbrio populacional, e assim evitar grandes proliferações no ambiente. Dentre esses agentes de controle destacam-se aves de hábitos noturnos (corujas e joão-bobo), lagartos, sapos, e algumas aves domésticas como gansos e galinhas (Brasil 2009, Brazil 2010, Costa 2011).

6.7.2 Controle químico convencional

Há controvérsias em relação ao controle químico, principalmente por conta das características intrínsecas dos escorpiões, pois estes podem permanecer no abrigo por longos períodos e ao detectarem a presença de moléculas nocivas fecham os estigmas pulmonares. Além de resultar na

ineficácia dos produtos, pode ocorrer o desalojamento desses animais para locais não tratados e aumentar o risco de acidentes (Brasil 2009, Brazil 2010, Costa 2011).

Não há no mercado produtos para usos domésticos. No entanto, há produtos registrados pelo Ministério da Saúde (MS) e pela ANVISA para a comercialização somente para empresas especializadas e licenciadas. Os produtos existentes no mercado levam em conta os mecanismos de proteção da praga, sendo a molécula microencapsulada com eficiência no controle (Brasil 2009, Brazil 2010, Costa 2011, Syngenta 2021).

6.8 Controle de roedores

Dentre os roedores destacam-se três espécies de importância sanitária *Rattus norvegicus* (ratazana), *Rattus rattus* (rato preto ou rato de telhado) e *Mus musculus domesticus* (camundongo), em torno de quarenta e cinco doenças humanas podem ser transmitidas esses roedores (sendo transmitidas direta e indiretamente e por intermédio de vetores),

entre as doenças mais preocupante podemos citar a leptospirose e o hantavírus (Brasil 2002, Vale & Prezoto 2019).

O tamanho dos roedores na fase adulta pode variar de 8 a 27 cm e sua coloração de pelagem pode ir do vermelho acastanhado ao preto acinzentado. Possuem estrutura corporal de delgado musculoso a robusto corpulento. Possuem alto poder de reprodução e maturação bem rápida, não passando dos 90 dias. Período médio de gestação próximo a 20 dias (Bonney et al. 2008, Dhang 2011, Vale & Prezoto 2019). Extremamente adaptados a qualquer situação desfavorável que encontrem, são onívoros com preferencias cerealista ou vegetariana, salvo a ratazana que tem preferência por carnes. São predadores entre si e muito territoriais defendendo seus nichos até a morte (Bonney et al. 2008, Dhang 2011, Vale & Prezoto 2019).

O controle de roedores ser efetivo é necessário identificar, quantificar, localizar e compreender o comportamento deste no ambiente. Logo, as medidas de controle a serem adotadas englobam um conjunto

de práticas que visam na eliminação dos roedores e na modificação do ambiente (Bonney et al. 2008, Dhang 2011, Vale & Prezoto 2019). Entretanto, os métodos mais utilizados podem ser divididos em dois grupos; antiratização, que compreende em modificar as características do local para evitar proliferação; e métodos desratização, que adota medidas para eliminação dos ratos (Bonney et al. 2008, Dhang 2011, Vale & Prezoto 2019).

6.8.1 Controle mecânico e físico

O controle mecânico é realizado pelo uso de ratoeiras, armadilhas adesivas ou gaiolas. O seu uso é recomendado principalmente para camundongos, devido seu comportamento curioso. Os dispositivos devem ser distribuídos nas trilhas ou pontos de passagem dos roedores, deve-se realizar a inspeção diariamente. (Brasil 2002, Von Zuben et al. 2006).

Outros métodos de controle mecânico que causa fuga dos roedores dos locais infestados são o uso de ultrassom que utiliza o princípio de frequência altíssima, entre 10 e 20.000 hertz, a qual afeta os

roedores, mas não ao homem (Brasil 2002). O aparelho eletromagnético é eficiente no raio de quatro metros, em que cria um campo eletromagnético concêntrico no piso e primeiras camadas do solo causando aos roedores distúrbios, como tonturas, náuseas e mal-estar. No entanto, afeta igualmente o ser humana e animais domésticos (Brasil 2002).

6.8.3 Controle biológico

Na área rurais existem alguns predadores associados ao controle de pequenos roedores como algumas aves de rapina, pequenos carnívoros (raposa, gatos, lagartos) e ofídios (cobras). Entretanto, na área urbana o controle biológico não é efetivo, pois há baixa disponibilidade de agentes de controle, sendo o mais atuante o gato doméstico (Brasil 2002).

6.6.4. Controle químico convencional

O controle químico é o método mais adotado para eliminação de infestações, a partir de substâncias sintéticas ou naturais que causa a morte quando ingerido, denominados de rodenticidas (raticidas)

(Brasil, 2002). Estes são classificados quanto a velocidade do efeito em; ação lenta (intoxicação crônica) e ação rápida (intoxicação agudo). No Brasil, os raticidas agudos são proibidos pela legislação vigente, são os popularmente conhecidos como “chumbinho” (Brasil 2002, Von Zuben et al. 2006). Sendo permitido apenas os crônicos, os quais tem ação anticoagulantes, agem por inibição da síntese de protrombina, esses podem ser derivados de dois grupos os indandiônicos e os hidroxycumarínicos, sendo este último mais utilizado no Brasil e no mundo (Brasil 2002, Von Zuben et al. 2006).

Os hidroxycumarínicos são divididos em dois subgrupos, segundo sua forma de ação, sendo estes os de dose múltipla (primeira geração) e os de dose única (segunda geração). Os hidroxycumarínicos de dose múltipla apresentam baixa toxicidade e efeito acumulativo, sendo necessário sucessivas ingestões para ocasionara a morte. Os ratos morrem entre dois a sete dias após a após a ingestão letal, principais ingredientes ativos do grupo são o cumaclo, cumafeno, cumatetralil, difacinona e clorofacinona (Brasil 2002, Von Zuben et al. 2006, Bonnefoy et al. 2008, Dhang 2011).

Os hidroxycumarínicos de dose única surgiram após casos de resistência aos raticidas de dose múltipla, apresenta maior toxicidade, necessária a ingestão de uma dose, causam a morte do roedor entre três e sete dias de sua ingestão, principais ingredientes ativos do grupo são o difencoum, brodifaoum, bromadiolon, flocoumafen e difetialone (Brasil 2002, Von Zuben et al. 2006, Bonnefoy et al. 2008, Dhang 2011). Deve-se ter muito cuidado no uso de raticidas, pois o manejo inadequado pode levar ao “efeito bumerangue”, que consiste na elevação da população inicial, ao invés da diminuição (Brasil 2002, Von Zuben et al. 2006, Bonnefoy et al. 2008, Dhang 2011).

No mercado encontra-se raticidas com diferentes formulações, sendo as mais comuns as formulações pós de contato e blocos impermeáveis. Independente da formulação, deve-se aplicar os raticidas em locais de trilha, perto de tocas, esconderijos e lugares frequentados por roedores, em quantidade suficiente para que o maior número de indivíduos tenha acesso. Caso seja necessário, deve-se realizar reaplicações oito dias após a primeira aplicação (Brasil 2002, Von Zuben et al. 2006, Bonnefoy et al. 2008, Dhang 2011).

6.8.4 Controle químico alternativo

A utilização de medidas caseiras é considerada uma tática ideal devido a facilidade de adoção, praticidade e abaixo risco de contaminação ao homem. Assim, podem ser produzidas iscas caseiras, a partir da mistura de ingredientes de fácil aquisição, a seguir será descrito algumas receitas; receita um, misturar gesso em pó, farinha de trigo (1/3 partes), raspa de queijo ou farinha de peixe; ou 25 gramas de carbonato de bário, 30 gramas de farinha de trigo ou de milho e água; receita dois, confeccionar bolinhos a partir de farinha de trigo com cal virgem ou banana amassada e cimento. Estas iscas devem ser colocadas em locais estratégicos, como nas trilhas e próximas às tocas dos ratos.

7. Considerações finais

É imprescindível para a saúde pública o controle das pragas urbanas, visto que além de danos materiais podem causar sérios problemas de saúde aos humanos e animais domésticos. Dessa forma, a melhor solução é a adoção de um programa de manejo

integrado de pragas urbanas que deve ser compatível com a realidade do local, efetivo, de baixo custo, fácil utilização e ter baixo impacto ao meio ambiente e a saúde humana.

8. Referências bibliográficas

Alves C.M. (2010). Manejo de *Musca domestica* em indústria de alimentos. São Leopoldo: Unisinos. 59p. (Dissertação em Biologia).

Andrade C.F.S. (2008). Repelentes de mosquitos – Base técnica para avaliação. Campinas: Unicamp. 9p.

ANVISA. (2009). Resolução-rdc nº 52. Dispõe sobre o funcionamento de empresas especializadas na prestação de serviço de controle de vetores e pragas urbanas e dá outras providências. Diário oficial da união.

Appel A.G, Smith L.M. (2002). Biology and management of the smokybrown cockroach. Annual Review of Entomology, 47: 33-55.

Araújo T.A.D., Picanço M.C., Ferreira D.D.O., Campos J. N., Arcanjo L.D.P., Silva G. A. (2017). Toxicity and residual effects of insecticides on *Ascia monuste* and predator *Solenopsis saevissima*. Pest Management Science, 73: 2259-2266.

Biehler D.D. (2013). Pests in the city: Flies, bedbugs, cockroaches, and rats. Washington: University of Washington. 360p.

Bonnefoy X., Kampen H., Sweeney K. (2008). Public health significance of urban pests. Copenhagen: WHO regional office for Europe. 345p.

Braga I., Valle D. (2007). *Aedes aegypti*: inseticidas, mecanismos de ação e resistência. Epidemiologia e serviços de saúde, 16: 179-293.

Brasil. (1976). Lei nº 6.360. Dispõe sobre a Vigilância Sanitária a que ficam sujeitos os medicamentos, as drogas, os insumos farmacêuticos e correlatos, cosméticos, saneantes e outros produtos, e dá outras providências. Diário oficial da união.

Brasil. (2002). Manual de controle de roedores. Brasília: Ministério da saúde. 66p.

Brasil. (2009). Manual de controle de escorpiões. Brasília: Ministério da saúde. 74p.

Brazil T.K., Porto T.J. (2010). Os escorpiões. Salvador: Edufba. 90p.

Campos-Farinha A.C.E., Bueno O.C. (2004). Formigas urbanas: comportamento e controle. Biológico, 66: 47-48.

Capinera J.L. (2008). Housefly, *Musca domestica* L. (Diptera: Muscidae). In: Capinera J.L. (Eds.). Encyclopedia of Entomology. Dordrecht: Springer. p.1877-1880.

Cerioni E.D.M. (2010). Hidrametilnona e ácido bórico no controle de formigas urbanas. Rio Claro: Unesp. 34p. (TCC em Entomologia Urbana).

Chamberlain W. (1975). Insect growth regulating agents for control of arthropods of medical and veterinary importance. Journal of Medical Entomology, 12: 395-400.

Collins L.E., Blackwell A. (2014). The biology of Toxorhynchites mosquitoes and their potential as biocontrol agents. Biocontrol News and Information, 21:105N-116N.

Costa B.C. (2011). Fatores e risco para acidentes com escorpiões: uma revisão de literatura. Governador Valadares: UFMG. 24p. (TCC em Atenção Básica em Saúde da Família).

De Mari A.I. (2006) Utilização de fungos entomopatogênicos para o controle biológico da *Stomoxys calcitrans* e *Musca domestica* em estábulos na região de Blumenau – SC. Blumenau: FURB. 58p. (Dissertação em Engenharia Ambiental).

Dhang P. (Ed.). (2011). Urban pest management: an environmental perspective. Cambridge: CABI. 281p.

Dhang P. (Ed.). (2014). Urban insect pests: sustainable management strategies. Cambridge: CABI. 260p.

Dias L.S., Farias L.C. (2019). A mosca doméstica, sua importância e controle. In: Guimarães R.B., Dias L.S., Dias S.S. Ambiente e saúde: pensar, aplicar e agir. 1ed. Tupã: ANAP. p.47-80.

Dill E.M., Pereira M.J.B., Costa M.S. (2012). Efeito residual do estrato de *Annona coriacea* sobre *Aedes aegypti*. Arquivos do Instituto Biológico, 79: 595-602.

Evans H., Shapiro M. (1997). Viruses. Lacey L.A. (Ed.). In Manual of techniques in insect pathology. 1ed. San Diego: Academic Press. p.17-53.

Forattini O.P. (2002). Culicidologia médica: identificação, biologia e epidemiologia. São Paulo: EDUSP. 549p.

Furtado R.F., de Lima M.G., Neto M.A., Bezerra, J.N., Silva, M.G.D.V. (2005). Atividade larvicida de óleos essenciais contra *Aedes aegypti* L. (Diptera: Culicidae). Neotropical Entomology, 34: 843-847.

Gomes A.D.C., de Souza J.M., Bergamaschi D.P., dos Santos J.L., Andrade V.R., Leite O.F., Rangel O., de Souza S.S., Guimarães N.S, de Lima V.L. (2005). Anthropophilic activity of *Aedes aegypti* and of *Aedes albopictus* in area under control and surveillance. Revista de Saúde Pública, 39: 206-210.

Han W., Jieun C., Chaesik L., Hyunwook C., Keunshik B., Jihyeok C., Chinam S. (2000). Insecticidal effect of *Baccilus* sp. isolate on *Periplaneta americana*. Korean Journal of Entomology, 30: 275-282.

Iqbal W., Malik M.F., Sarwar, M.K., Azam I., Iram N., Rashda A. (2014). Role of housefly (*Musca domestica*, Diptera; Muscidae) as a disease vector; a review. Journal Entomology and Zoology Studies, 2: 159-163.

Jones R. (2015). House guests, house pests: a natural history of animals in the home. London: Bloomsbury publishing. 356p.

Kariithi H.M., Yao X., Yu F., Teal P.E., Verhoeven C.P., Boucias D.G. (2017). Responses of the housefly, *Musca domestica*, to the hytrosavirus replication: Impacts on host's vitellogenesis and immunity. Frontiers in Microbiology, 8: 583.

Kemp S.F., DeShazo R.D., Moffitt J.E., Williams DF., Buhner W.A. (2000). Expanding habitat of the imported fire ant (*Solenopsis invicta*): a public health concern. Journal of Allergy and Clinical Immunology, 4: 683-691.

Kleespies R.G., Tidona C.A., Darai G. (1999). Characterization of a new Iridovirus isolated from crickets and investigations on the host range. Journal of invertebrate pathology, 73: 84-90.

Lacey L.A. (2007). *Bacillus thuringiensis* serovariety *israelensis* and *Bacillus sphaericus* for mosquito control. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 23: 133-163.

Landis T.D., Dumroese R.K. (2014). Integrated pest management-an overview and update. *Forest Nursery Notes*, 4: 16-26.

Lietze V.U., Geden C.J., Blackburn P., Boucias D.G. (2007). Effects of salivary gland hypertrophy virus on the reproductive behavior of the housefly, *Musca domestica*. *Applied and Environmental Microbiology*, 73: 6811-6818.

Lopes R. B. (2005). Controle de *Blattella germanica* com *Metarhizium anisopliae* e inseticidas reguladores de crescimento. Piracicaba: ESALQ/USP. 137p. (Tese em Ciências).

Lopes T.S., Júnior E.O.C., Cocco D.D.A. (2017). O uso do detergente como larvicida alternativo no controle às larvas do *Aedes aegypti*. *Revista Getec*, 6: 167-176.

Mariconi F.A.M. (1999). As baratas. In: Mariconi F.A.M. (Ed.). *Insetos e outros invasores de residências*. Piracicaba: FEALQ. p.13-34.

Marten G., Reid J. (2007). Cyclopoid copepods. *The American Mosquito Control Association*, 23: 65-92.

McGavin G.C. (2000). Insects, spiders and other terrestrial arthropods. Washington: Smithsonian Handbooks. 256p.

Monnerat R., Soares C.M., Santos M.A., Oliveira C., Cardoso C., Praça L.B., Paganela M.B. (2007). Implantação de um programa de ações integradas para controle do mosquito da dengue em São Sebastião. Brasília: Embrapa. 23p.

Moreira L.A., Iturbe-Ormaetxe I., Jeffery J.A., Lu G., Pyke A.T., Hedges L.M., O'Neill S.L. (2009). A *Wolbachia* symbiont in *Aedes aegypti* limits infection with dengue, Chikungunya, and *Plasmodium*. *Cell*, 139: 1268-1278.

New T.R. (2015). Insect conservation and urban environments. Dordrecht: Springer. 244p.

Oliveira S.D.L., Carvalho D.O., Capurro M.L. (2011). Mosquito transgênico: do paper para a realidade. *Revista da Biologia*, 6: 38-43.

Palacios D.M., Júnior J.G.S., Fausto A.M., Gambellini G., Burand J. (2021). The effect of the hypertrophy virus (MdSGHV) on the ultrastructure of the salivary glands of *Musca domestica* (Diptera: Muscidae). *Journal of Insect Science*, 21:1-9.

Picanço M.C., Galdino T.V.S., Silva R.S., Benevenuto J.S., Bacci L., Pereira R.R., Dionizio M.D. (2014). Manejo integrado de pragas. In: Zambolim Z., Silva A.A., Picanço M.C. (Eds.). O que Engenheiros Agrônomos devem saber para orientar o uso de produtos fitossanitários. 1ed. Viçosa: UFV. p.389-436.

Possel R.D. (2019). Atividade inseticida e repelente de plantas do cerrado no controle alternativo do mosquito *Aedes Aegypti*. Gurupi: UFT. 106p. (Dissertação em Biotecnologia)

Prado A.P.P. (2003). Controle das principais espécies de moscas nas áreas urbanas. *Biológico*, 65: 95-97

Puggioli A., Carrieri M., Dindo M.L., Medici A., Lees R.S., Gilles J.R.L., Bellini R. (2017). Development of *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) larvae under different laboratory conditions. *Journal of Medical Entomology*, 54: 142-149.

Radek R., Fabel P.A. (2000) New entomopoxivirus from a cockroach: light and electron microscopy. *Journal of Invertebrate Pathology*, 75: 19-27.

Reiter P. (2007). Oviposition, dispersal, and survival in *Aedes aegypti*: implications for the efficacy of control strategies. *Vector-Borne and Zoonotic Diseases*, 7: 261-273.

Resende M.C.D., Silva I.M.D., Eiras Á.E. (2010). Avaliação da operacionalidade da armadilha MosquiTRAP no monitoramento de *Aedes aegypti*. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, 19: 329-338.

Robinson W.H. (2005). Urban insects and arachnids: A handbook of urban entomology. New York: Cambridge University Press. 472p.

Rodrigueiro R.J.B., Barbosa R., Albino L.F.T. (2002). Programa integrado no controle de moscas e parasitas externos na criação de poedeiras comerciais. Viçosa: Editora UFV. 68p.

Rueda L.M., Axtell R.C. (1985). Comparison of hymenopterous parasites of house fly, *Musca domestica* (Diptera: Muscidae), pupae in different livestock and poultry production systems. *Environmental Entomology*, 14: 217-222.

Sanchez-Arroyo H., Capinera J.L. (2014). House fly, *Musca domestica* Linnaeus (Insecta: Diptera: Muscidae). Florida: IFAS Extension, University of Florida. 9p.

Scholte E., Knols B.G., Samson R.A., Takken W. (2004). Entomopathogenic fungi for mosquito control: A review. *Journal of Insect Science*, 4: 19.

Serra-Freire N.M. (1999). Protozoários parasitos de baratas. *Vetores Pragas*, 5: 16-19.

Sinkins S. (2004). *Wolbachia* and cytoplasmic incompatibility in mosquitoes. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, 34: 723-729.

Smith E.H., Whitman R.C. (2007). Field guide to structural pests. Fairfax: National Pest Management Associated. 764p.

Suiter H.N. (2009). Receitas de inseticidas naturais. Acesso em: 25 set. 2021. Disponível em: www.recantodasletras.com.br/artigos/1709784.

Syngenta PPM. (2021). Acesso em: 1 out. 2021. Disponível em: syngentappm.com.br.

Tauil P.L (2002). Aspectos críticos do controle do dengue no Brasil. *Cadernos de Saúde Pública*, 18: 867-871.

Teixeira A.F.M., Amaro Filho A.A., Quintaes B.R., Santos E.C.L.D., Surliuga G.C. (2008). Controle de mosca doméstica em área de disposição de resíduos sólidos no Brasil. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 13: 365-370.

Tsai Y.H., Cahill K.M. (1970). Parasites of the german cockroach (*Blattella germanica* L.) in New York city. *The Journal of Parasitology*, 56: 375-377.

Vale C.A., Prezoto F. (2019). Fauna urbana: quem vive aqui?. *Ces Revista*, 33: 119-146.

Vicente R.R. (2014). Avaliação da repelência de extratos vegetais sobre a barata *Periplaneta americana* (L.) visando controle alternativo de pragas e a redução de impactos ambientais. Medianeira: UTFPR. 30p. (TCC em Gestão Ambiental em Municípios).

Von Zuben A., Almeida M.G.R., Lira E.S. (2006). Manual de controle integrado de pragas. Campinas: Secretaria Municipal de Saúde. 68p.

WHO. (2005). Guidelines for laboratory and field testing of mosquito larvicides. Geneva: World Health Organization. 41p.

Zimmer C.R., de Castro L.L.D., Pires S.M., Menezes A.M.D., Ribeiro P.B., Leite F.P.L. (2013). Efficacy of entomopathogenic bacteria for control of *Musca domestica*. *Journal of Invertebrate Pathology*, 114: 241-244.

Zorzenon F.J. (2002). Noções sobre as principais pragas urbanas. *Biológico*, 64: 231-234

Zukowski K., Bajan C. (1997). Laboratory determination of the activity of insecticidal fungus *Paecilomyces farinosus* in reducing the number of cockroaches (*Blattella germanica* L.). *Roczniki Panstwowego Zakladu Higieny*, 48: 133-138.

CAPÍTULO 7

MANEJO INTEGRADO DE INSETOS E ÁCAROS VETORES DE FITOPATÓGENOS

*Pedro I. Silveira, Camila O. Santos, Daniel M. Marques,
Fernanda A. Coelho, Everaldo A. Lopes, Marcelo C.
Picanço*

1. Introdução

Os insetos e os ácaros são os principais transmissores de fitopatógenos às plantas nos cultivos (Nault 1997). Os principais artrópodes desse grupo são as moscas brancas, cigarrinhas, pulgões, psílídeos, tripses, ácaros e besouros. O ataque dessas pragas causa danos diretos e indiretos às plantas. Os danos diretos são devido à alimentação e a introdução de toxinas nas plantas por esses artrópodes. Já os danos indiretos são devido a esses artrópodes serem vetores de patógenos às plantas (Nault 1997).

Os danos diretos e indiretos dessas pragas reduzem a produtividade e qualidade dos produtos agrícolas. Essas perdas ocorrem devido a mortalidade

e redução do crescimento das plantas, abortamento de flores, frutos e grãos (Matson et al. 1997, Chen & Nan 2015). Devido a esses problemas é necessário que os agricultores realizem o controle dessas pragas. A forma mais eficiente e sustentável de realização de controle desses organismos são os programas de manejo integrado de pragas (Pedigo & Rice 2014). Entretanto, existem poucas informações sobre o manejo integrado de artrópodes vetores de fitopatógenos. Assim, nesta publicação serão abordados componentes de programas de manejo integrado de insetos e ácaros vetores de patógenos às plantas.

2. Principais grupos de pragas vetores de fitopatógenos, danos e doenças transmitidas.

A mosca branca *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) é uma importante praga em inúmeras culturas. No feijoeiro, transmite o *bean golden mosaic virus* (BGMV), *geminivírus* que causa o mosaico dourado, cujos principais sintomas incluem amarelecimento de folhas, aborto de flores,

deformação de vagens, grãos e nanismo de plantas (Souza et al. 2018). Na cultura do tomate, transmite os vírus do encarquilhamento ou rugose severa (*tomato severe rugose virus* - ToSRV) e da clorose (*tomato chlorosis virus* - ToCV). Os sintomas do ToSRV são clorose nas nervuras, rugosidade das folhas, evoluindo para necrose; já os sintomas do ToCV são clorose generalizada e enrolamento das folhas, iniciando pelas baixeiras (Michereff Filho & Inoue-Nagata 2015).

A cigarrinha *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae) transmite mollicutes que induzem enfezamentos na cultura do milho, sendo eles: *Spiroplasma kunkelii* e *Maize bushy stunt phytoplasma* (Oliveira et al. 2002). Plantas enfezadas geralmente são menores, podem perfilhar mais e produzir maior número de espigas, embora de menor tamanho. O enfezamento vermelho associa-se à típica vermelhidão nas margens e pontas das folhas e o pálido caracteriza-se por presença de listras cloróticas que se estendem da base à ponta das folhas, causados pelo fitoplasma e espiroplasma, respectivamente (Sabato et al. 2020).

Na cultura do mamão, cigarrinhas dos gêneros *Empoasca* e *Solanasca* transmitem o *Papaya sticky disease virus* (PSDV), vírus causador da meleira, sendo hoje o maior problema fitossanitário da cultura. Os sintomas da doença incluem lesões necróticas nas bordas das folhas e exsudação de látex de frutos e folhas, que adquirem aspecto melado após oxidação (Gouvea et al. 2018).

O psilídeo *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) é vetor da principal doença dos citros no Brasil e maior ameaça à citricultura mundial, o *greening*, causado pela bactéria *Candidatus Liberibacter* spp. A doença causa amarelecimento assimétrico das folhas, contrastando fortemente com o verde dos ramos não afetados. Com a evolução da doença, ocorre intensa desfolha, secamento e morte de ponteiros, redução e deformação de frutos (Santos Filho et al. 2009).

A broca das palmáceas *Rhynchophorus palmarum* (Coleoptera: Curculionidae), por sua vez, causa prejuízos às culturas do coqueiro e dendezeiro, sendo vetor do nematóide *Bursaphelenchus cocophilus*, que causa a doença do anel vermelho. Os sintomas

externos da doença são caracterizados pela coloração amarelada das folhas basais (posteriormente também das folhas apicais), que irão necrosar e cair, culminando na morte das plantas (Araújo Júnior et al. 2018).

Em hortaliças, os tripses (Thysanoptera: Thripidae) são pragas sugadoras que atuam como vetores de fitopatógenos de relevância econômica. Os tripses dos gêneros *Frankliniella* e *Thrips* são conhecidos pela transmissão de *Tospovirus* em diversas culturas, como por exemplo: *Iris yellow spot virus* (IYSV) que causa a mancha amarela da cebola, em formato de olho, nas folhas e hastes florais, culminando em necrose e morte das plantas (Srinivasan et al. 2012). Transmitem também o *Zucchini lethal chlorosis virus* (ZLCV) em cucurbitáceas, incluindo a abobrinha, pepino e melancia. Esse vírus induz clorose e encurvamento de bordas foliares jovens, necrose de folhas mais velhas e redução do tamanho de plantas (Camelo-García et al. 2015). Além disso, esse grupo de pragas pode transmitir o *Tomato spotted wilt virus* (TSWD), uma

das principais espécies causadoras do vira-cabeça do tomateiro. A doença causa frequente curvatura inicial de ponteiros, com sua posterior clorose e necrose, assim como deformações e manchas anelares nos frutos (Batuman et al. 2020).

Outro importante grupo de pragas sugadoras em hortaliças são os pulgões (Hemiptera: Aphididae). A espécie *Myzus persicae* transmite o *Potato Y virus* (PVY), cujos sintomas incluem lesões cloróticas, clareamento de nervuras e mosaico em forma de bolhas em folhas e anéis necróticos em tubérculos, que compromete a comercialização de batata (Whitworth et al. 2021). Já a espécie de afídeo *Brevicoryne brassica* transmite vírus que causam mosaicos em diversas espécies de brássicas (Moreno et al. 2005).

3. Formas de transmissão de fitopatógenos por insetos

Os insetos da ordem Hemiptera representam o principal grupo taxonômico de vetores de fitopatógenos, sendo responsáveis pela transmissão de

55% dos vírus de plantas reconhecidos pelo Comitê Internacional de Taxonomia de vírus (ICTV) (Hogenhout et al. 2008, Ramos 2021), além de serem importantes vetores de bactérias fitopatogênicas (Bendix & Lewis 2018). Os insetos vetores de vírus incluem os Aphididae (pulgões), Aleyrodidae (mosca branca) e Cicadellidae (cigarrinhas) (Oliveira et al. 2019).

A maior eficiência desses insetos como vetores é explicada pelo seu aparelho bucal, do tipo “picador-sugador”, que possui estiletes em forma de agulha que penetram a célula vegetal sem causar grandes danos, permitindo a inoculação ou aquisição do vírus (Hogenhout et al. 2008). Os pulgões, por exemplo, são responsáveis pela transmissão de cerca de 30% de todas as espécies de vírus de plantas conhecidas e são considerados um dos vetores mais importantes (Oliveira et al. 2019).

Além disso, ácaros das famílias Eriophyidae e Tetranychidae são vetores de vírus vegetais e sugam o conteúdo das células das plantas por meio dos estiletes.

Conhecer o comportamento do fitopatógeno e as interações do vírus-vetor é essencial para entender a eficiência de dada espécie em transmitir o agente, bem como definir estratégias de manejo e controle a fim de reduzir os danos causados pelos patógenos virais (Ramos 2021). De forma simplificada, o processo de transmissão ocorre quando o vetor ao se alimentar da planta infectada, adquire o vírus em seu aparelho bucal e, na sua alimentação subsequente, o patógeno viral será transmitido à planta sadia. Os modos de transmissão, no entanto, são mais complexos e se dividem em três grupos: não persistentes, semipersistentes e persistentes (Nault 1997, Oliveira et al. 2019, Bendix & Lewis 2018).

Nos modos de transmissão não persistente e semipersistente, os fitopatógenos se concentram na parte anterior do canal alimentar do inseto vetor (Ramos 2021). Na transmissão não persistente (ou não circulativa), o vírus se adere ao estilete do aparelho bucal do inseto e pode ser transmitido a uma planta sadia em uma só picada, apenas poucos segundos até minutos após sua aquisição (Casteel & Falk 2016, Ramos 2021). Nesse caso, após picar algumas plantas seguidas, o vetor perde a capacidade

de transmitir o vírus, havendo a necessidade de se alimentar novamente de uma planta infectada, para readquirir o patógeno.

A transmissão semipersistente, por outro lado, ocorre normalmente com cochonilhas vetoras de vírus (Fajardo & Nickel 2019). Para a aquisição e inoculação do vírus são necessários minutos a horas de alimentação, o tempo de retenção varia de horas a alguns dias (3 a 4 dias), o patógeno não está presente na hemolinfa e não se replica no vetor. Já a transmissão persistente ou circulativa, o vetor adquire o fitopatógeno, que, por sua vez, circula em seu organismo, atinge as glândulas salivares e pode se replicar ou não em seus tecidos (Fajardo & Nickel 2019, Ramos 2021). Uma vez adquirido o vírus, o inseto torna-se infectivo por, no mínimo, uma semana.

A transmissão persistente pode ser dividida ainda em circulativa não propagativa, quando o vírus circula no corpo do vetor, mas não se replica e circulativa propagativa, quando o vírus se multiplica em diversos órgãos e glândulas salivares do vetor. Nesse caso, o vetor passa a ser o hospedeiro do vírus (Nault 1997, Hogenhout et al. 2008).

4. Dinâmica espaço-temporal de pragas e dos fitopatógenos transmitidos por elas

As pragas vetoras de fitopatógenos são em sua maioria sugadoras de seiva pertencentes à ordem Hemiptera, incluindo-se pulgões, moscas brancas, cigarrinhas, psílídeos, além dos tripses, que pertencem à ordem Thysanoptera (Nault 1997). A broca das palmáceas, *R. palmarum*, é um besouro (ordem Coleoptera) vetor que possui aparelho bucal do tipo mastigador, diferente dos exemplos anteriores.

De forma geral, pragas sugadoras de seiva vetoras de fitopatógenos são mais ativas em climas quentes, onde as temperaturas são maiores do que 20°C, quando seu ciclo de vida é mais curto e apresentam alto crescimento populacional. A temperatura ideal para esses insetos situa-se entre 24 e 30°C dependendo da espécie (Kennedy & Stroyan 1959, Tsai 1988, Liu & Tsai 2000, Perring et al. 2018). O psílídeo *D. citri* apresenta temperatura ideal de 25 - 26°C concluindo seu ciclo de vida (de ovo até adulto) em 17 dias (Liu & Tsai 2000). O ciclo de vida da mosca branca *B. tabaci* é finalizado em 28 dias na temperatura de 24 - 25°C (Perring et al. 2018),

enquanto o ciclo de vida da cigarrinha *D. maidis* dura 19 dias na temperatura de 26,7°C (Tsai 1998).

Quando as condições ambientais estão desfavoráveis o ciclo de vida desses insetos é bastante afetado. Em algumas espécies, os ovos permanecem sem eclodir em temperaturas baixas e as ninfas possuem maior longevidade, o que geralmente ocorre em temperaturas iguais ou menores a 15°C. Por sua vez, temperaturas superiores a 30°C aumentam a mortalidade de várias espécies, limitando seu crescimento populacional (Kennedy & Stroyan 1959, Tsai 1988, Liu & Tsai 2000, Perring et al. 2018).

As pragas vetoras de fitopatógenos que são sugadoras de seiva preferem plantas e folhas mais jovens para se alimentar. É o caso das moscas brancas, cigarrinhas, psilídeos e pulgões (Van Lenteren & Noldus 1990, Tsai & Liu 2000, Hall 2008, Perring et al. 2018). Por outro lado, pulgões, broca das palmáceas e tripes podem se alimentar em plantas mais velhas. Tripes, por exemplo, atacam flores e frutos. A broca das palmáceas, no entanto, ataca também tecidos jovens, incluindo folhas e tecidos apicais (Kennedy & Stroyan 1959, Reitz 2009, Cysne et al. 2013).

5. Tomada de decisão de controle

Os componentes dos sistemas de tomadas de decisão incluem planos de amostragem, que podem ser convencionais ou sequenciais, e o nível de dano econômico – NDE (Pedigo & Rice 2014, Paes et al. 2019). Tais ferramentas são importantes aliadas aos programas de manejo integrado de pragas (Pedigo & Rice 2014, Silva et al. 2019).

Planos de amostragem são utilizados na avaliação das populações de pragas nas lavouras, enquanto os níveis de dano auxiliam na decisão de controle das pragas. O NDE é determinado de acordo com o inseto praga e a cultura. Quando a densidade da praga é igual ou maior do que o NDE, a decisão de controle deve ser tomada, com o objetivo de evitar que ocorram prejuízos econômicos aos produtores (Pedigo & Rice 2014, Lima et al. 2019, Paes et al. 2019).

A mosca branca *B. tabaci* é importante praga em várias culturas, incluindo a melancia. Um estudo realizado por Lima et al. (2019) descreveu que cerca de 4% do valor da produção em cultivos de melancia é representado pelo controle da mosca branca. Os níveis de dano econômico de *B. tabaci* nos estádios vegetativo e reprodutivo da melancia estão apresentados na Tabela 7.1.

Tabela 7.1. Nível de dano econômico (NDE) de mosca branca *Bemisia tabaci* em diferentes fases de desenvolvimento da melancia em função do nível tecnológico.

Estágio vegetativo		Estágio reprodutivo	
Nível tecnológico	NDE (Nº de adultos folha ⁻¹)	Nível tecnológico	NDE (Nº de adultos folha ⁻¹)
Baixo	0,52	Baixo	1,69
Médio	0,21	Médio	0,69
Alto	0,13	Alto	0,44

Fonte: Lima et al. (2019).

Os autores observaram que plantas de melancia são mais suscetíveis ao ataque na fase vegetativa do que na reprodutiva. Além disso, o plano de amostragem sequencial desenvolvido resultou em menor número de amostras para a tomada de decisão e apresentou decisões similares ao plano de amostragem convencional, com redução de tempo e custo de amostragem em até 92,68% (Lima et al. 2019).

A eficiência dos sistemas de tomada de decisão também foi demonstrada no desenvolvimento do plano de amostragem sequencial e nível de dano econômico da cigarrinha *Empoasca kraemeri* no feijoeiro, em diferentes níveis tecnológicos da cultura (Moura et al. 2018). A cultura tolerou baixas intensidades de ataque desta praga (até 1 praga planta⁻¹) e os níveis de dano econômico variaram entre 0,35 a 0,48 adultos por amostra, dependendo do nível tecnológico adotado (Tabela 7.2).

Os autores relataram economia de tempo de mais de 60% do plano de amostragem sequencial em comparação com o convencional, auxiliando produtores de feijão a tomar decisões adequadas, rápidas e conseqüentemente mais econômicas.

Silva et al. (2019) desenvolveram um plano de amostragem convencional para o tripes *F. schultzei* em cultivos de pimentão. Foram determinadas a unidade de amostragem, a técnica amostral, a distribuição das densidades de frequência das pragas e o número de amostras para a confecção do plano de amostragem. Os autores encontraram que a seção

apical do dossel foi a melhor unidade amostral para a determinação de populações de *F. schultzei* nos campos de pimentão, em todos os estágios de crescimento da planta. A técnica de amostragem selecionada foi o batimento em bandeja de plástico branca (Silva et al. 2019). O número de amostras necessárias para realizar o plano de amostragem foi igual a 61 e a amostragem durou 23 min em campos de 1 ha e 38 min em campos de 5 ha.

Tabela 7.2. Níveis de dano econômico para a cigarrinha *Empoasca kraemeri* em cultivos de feijão em função do nível tecnológico usado na lavoura.

Nível tecnológico	Nível de dano econômico
Baixo	0,48 adultos amostra ⁻¹
Médio	0,39 adultos amostra ⁻¹
Alto	0,35 adultos amostra ⁻¹

Fonte: Moura et al. (2018).

Silva et al. (2017) também desenvolveram plano de amostragem convencional para *F. schultzei* em variedades de alface, com rápido tempo de execução e baixo custo. Os planos de amostragem desenvolvidos podem ser utilizados em plantações em todos os estágios de crescimento, de forma rápida e com decisões precisas (Pedigo & Rice 2014, Silva et al. 2017, Silva et al. 2019).

Para a cultura de pimentão, o plano de amostragem sequencial para *F. schultzei* foi desenvolvido, e resultou em uma decisão correta em 100% das situações e com uma economia de tempo de 70% quando comparado ao plano convencional (Paes et al. 2019). O que possibilita a otimização e redução de esforços para realizar a amostragem de pragas da cultura.

6. Métodos de controle das pragas vetores de fitopatógenos

Os métodos de controle são um dos componentes do manejo integrado de pragas e devem ser selecionados com base em critérios técnicos, com eficiência $\geq 80\%$ (eficácia mínima exigida pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento -

MAPA), econômicos, ecotoxicológicos e sociais. Os métodos de controle de pragas podem ser de uso preventivo, que englobam controle cultural, resistência de plantas, controle biológico natural e controle legislativo. Esses métodos preventivos são particularmente importantes para manejo de insetos vetores de doenças. Já os métodos curativos envolvem o controle químico, controle biológico aumentativo e controle comportamental.

6.1. Controle cultural.

Esse tipo de controle envolve o uso de práticas culturais no controle de pragas. Restos culturais e cultivos abandonados são criatórios de pragas. Por isso, devemos removê-los da lavoura, principalmente no caso de plantas contaminadas com fitopatógenos, que servem de fonte de inóculo para os vetores. Essa técnica é conhecida como roguing, que é o ato de identificar e retirar plantas com características doentes dos campos agrícolas (Rakshit et al. 2019).

Instalar novas lavouras perto de outras mais antigas não é recomendado, pois as novas plantas têm chance de serem infectadas com enfezamentos e viroses, por exemplo. No caso de enfezamentos em

milho, a incidência da doença aumenta em épocas posteriores à semeadura, pois as cigarrinhas infectadas migram para as plantas novas (Costa et al. 2019). Sincronizar o período de plantio das culturas em cada região é altamente recomendado.

A adubação adequada é importante em todas as culturas, pois uma planta bem nutrida se torna menos suscetível às pragas. Porém, é preciso ter cuidado, pois uma adubação excessiva, principalmente rica em nitrogênio, favorece alguns grupos de pragas (Singh & Sood 2017). A época e duração do cultivo influenciam diretamente o manejo das pragas, pois em períodos de maior temperatura do ar e baixa umidade, são maiores os ataques de pragas (Khaliq et al. 2014).

De forma geral, cultivos tardios como em variedades de ciclo longo tendem a ter maior ataque de pragas que aquelas de ciclo curto, pelo tempo de permanência da cultura no campo. Podemos então utilizar as épocas de plantio adequadas e períodos de cultivo menores, para que ocorra menor probabilidade de ataques de pragas.

6.2. Resistência de plantas.

A resistência de plantas para culturas muito atacadas por pragas que transmitem doenças é uma forma de controle eficaz, com menor custo, compatível com outros métodos e de fácil utilização. A resistência a patógenos pode ser naturalmente encontrada em determinada variedade por meio de genes de resistência ou inserida na planta por meio da biotecnologia. Para o feijão, tem-se disponível a cultivar da Embrapa BRS FC401 RMD, a primeira cultivar geneticamente modificada de feijão-comum registrada no mundo com resistência ao vírus causador do mosaico dourado (BGMV) transmitido pela mosca branca (Embrapa 2021).

Para o tomate, existem algumas cultivares resistentes a *Geminivirus* e *Tospovirus*, provenientes de genes de resistência de espécies selvagens de *Solanum*, como a BRS Portinari, BRS Nagai e Serato (Rosa et al. 2019). Cultivares de batata resistentes a viroses também têm sido desenvolvidas na Embrapa, como as variedades BRS F63 Camila, Monalisa e Monte Bonito (Pereira et al. 2018). Híbridos de milho com resistência aos enfezamentos estão disponíveis no mercado, como o 102106, AG5055PRO, P3862H e

DKB 390PRO2 (Cota et al. 2018). Além disso, há também híbridos com resistência (antibiose ou antixenose) ao vetor *D. maidis* (Faria et al. 2021). Locais com alta pressão de cigarrinhas devem utilizar híbridos com resistência aos enfezamentos adaptados a sua região específica, para evitar perdas pela alta incidência dessas doenças (Costa et al. 2019).

6.3. Controle biológico.

É o controle das pragas pelos inimigos naturais. Pode existir nas modalidades controle biológico natural ou conservativo, que é o mais importante e já existente na lavoura. Existe também o controle biológico aplicado ou aumentativo, que são inimigos naturais multiplicados de forma massal em laboratório e liberados em campo a fim de controlar o alvo. Os principais grupos de inimigos naturais são os predadores, parasitoides e entomopatógenos.

A diversificação e consórcio de culturas podem favorecer a ocorrência do controle biológico natural nas lavouras. A diversificação é capaz de reduzir a prevalência de vírus em campos de batata, por meio da ação dos inimigos naturais dos pulgões vetores (Claflin et al. 2017). O uso de faixas de flores para

atração e manutenção de inimigos naturais aliados ao uso equilibrado de inseticidas seletivos são práticas que favorecem a conservação desses organismos (Hatt et al. 2018).

O mercado de controle biológico no Brasil vem crescendo nos últimos anos, com potencial de alcançar 20% ao ano (Embrapa 2019). Pragas e doenças podem ser controladas por meio de seus inimigos naturais, e vários produtos têm sido comercializados no país, com registro no MAPA (Tabela 7.3). Fungos entomopatogênicos como *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae* podem ser utilizados no controle de besouros que transmitem doenças, como a broca das palmáceas, além de cigarrinhas e moscas brancas (Iwanicki et al. 2021). Em cultivos protegidos, inimigos naturais predadores como o percevejo *Orius insidiosus*, o bicho lixeiro *Chrysoperla externa*, e o ácaro predador *Amblyseius tamatavensis* podem ser utilizados contra tripses, pulgões, moscas brancas e ácaros fitófagos (Tabela 7.3). O parasitoide *Tamarixia radiata* também tem sido utilizado com sucesso no controle de ninfas do psilídeo que transmite o greening em citros, *D. citri* (Diniz et al. 2020).

Tabela 7.3. Agentes de controle biológico registrados para o controle de insetos vetores de fitopatógenos nos cultivos no Brasil.

Inimigo natural		Praga alvo
Grupo	Espécie	
Predadores	<i>Orius insidiosus</i>	<i>Frankliniella occidentalis</i>
	<i>Amblyseius tamatavensis</i>	<i>Bemisia tabaci</i>
	<i>Chrysoperla externa*</i>	<i>Myzus persicae</i>
		<i>Bemisia tabaci</i>
Entomopatógenos	<i>Isaria fumosorosea</i>	<i>Aphis gossypii</i>
		<i>Diaphorina citri</i>
		<i>Dalbulus maidis</i>
	<i>Beauveria bassiana</i>	<i>Bemisia tabaci</i>
		<i>Dalbulus maidis</i>
		<i>Diaphorina citri</i>
		<i>Frankliniella occidentalis</i>
<i>Metarhizium anisopliae</i>	<i>Frankliniella schultzei</i>	
	<i>Frankliniella occidentalis</i>	
		<i>Bemisia tabaci</i>

Fonte: MAPA (2021).

6.4. Controle químico.

É o uso de inseticidas e/ou acaricidas no controle dos insetos vetores. Alguns critérios importantes para seleção de produtos é o registro nos órgãos competentes, classe toxicológica, eficiência e seletividade a organismos não-alvo (inimigos naturais). De forma geral, os horários mais frescos são os melhores para aplicações, pois as pragas estão mais expostas, enquanto os inimigos naturais e polinizadores são menos atingidos (Gill & Garg 2014).

Os inseticidas mais utilizados no controle de insetos sugadores têm sido do grupo dos neonicotinoides, tanto em tratamento de sementes quanto em forma pulverizada (Cui et al. 2020). Inseticidas botânicos e de origem natural (azadiractina e espinetoram) também são utilizados no controle de sugadores, além de inseticidas do grupo das sulfoxaminas, que tem modo de ação semelhante aos neonicotinóides (Ricupero et al. 2020). O controle químico de mosca branca, cochonilhas e psílídeos demanda o uso de óleo como adjuvante, por serem

pragas com camada cerosa e que deve ser rompida para que o produto possa ter efeito (Sani et al. 2020). Vários grupos de inseticidas são utilizados no controle da *D. citri*, que são atualmente a forma mais eficaz de controle dessa praga. As misturas de inseticidas são muitas vezes necessárias no manejo de pragas, pois podem reduzir custo e tempo de controle e ampliar o espectro de ação agindo em múltiplos alvos. Porém, é necessário saber se não existe antagonismo entre os produtos da calda (Willmott et al. 2013). Além disso, a rotação de diferentes grupos químicos de inseticidas é importante para prevenir o desenvolvimento de resistência em populações de insetos e/ou ácaros.

6.5. Controle legislativo.

Nesta modalidade de controle, normas legislativas visam evitar ou controlar a dispersão de pragas e patógenos. Vazios sanitários e inspeção de áreas com risco de plantas doentes são exemplos dessas normativas. No caso do greening, transmitido por *D. citri*, a Portaria nº 317, publicada pelo MAPA em

21 de maio de 2021, determina que o produtor deve verificar se existem plantas doentes em sua propriedade, eliminá-las e informar os órgãos responsáveis (Mapa 2021). Inspeções devem ser realizadas e dois relatórios anuais enviados à Secretaria de Agricultura do estado. O descarte das plantas com greening é obrigatório, pois pomares com incidência da doença são grandes ameaças às lavouras vizinhas, comprometendo toda produção da região. O citricultor que não cumprir essas determinações está sujeito à multa.

Outro exemplo é o vazio sanitário do feijão, que deve ser implementado pelo período de 30 dias (entre setembro e outubro) em Minas Gerais, Distrito Federal e Goiás. O objetivo é reduzir a população da mosca branca e das plantas infectadas com doenças (Embrapa 2017). Fiscalizações são realizadas, com multa para o produtor que não seguir as determinações previstas em lei.

6.6. Controle comportamental.

É o uso de substâncias envolvidas na comunicação dos insetos (semioquímicos) para amostragem e/ou controle de pragas. Um dos exemplos dessas substâncias em insetos vetores de doenças é o uso de feromônio de agregação da broca do olho do coqueiro, *R. palmarum*, que pode transmitir o nematoide causador da doença do anel vermelho em coqueiros. O rincoforol (6-Metil-2-hepten-4-ol) pode ser utilizado em armadilhas tanto para monitoramento quanto para controle dos besouros adultos por meio de coleta massal, reduzindo as populações em campo (Torre et al. 2020).

7. Considerações finais.

Os principais insetos vetores de fitopatógenos são pertencentes às ordens Hemiptera, Thysanoptera e Coleoptera. Esses insetos adquirem e transmitem o vírus às plantas no momento da alimentação, sendo as formas de transmissão não persistente, semipersistente e persistente ou circulativa. As pragas vetoras de fitopatógenos atacam e infectam as folhas

de plantas jovens, especialmente em temperaturas entre 24 e 31°C. Planos de amostragem e nível de dano econômico foram elaborados para *Bemisia tabaci*, *Empoasca kraemeri* e *Frankniella schultzei*. O controle de pragas vetoras pode ser feito por meio de controle cultural, utilização de plantas resistentes, controle biológico conservativo ou aumentativo via aplicação de predadores e entomopatógenos, controle químico com uso de neonicotinóides, sulfoxaminas e inseticidas de origem natural, além do controle comportamental e legislativo. Em razão da crescente demanda global por práticas agrícolas mais sustentáveis, estudos sobre níveis de danos de pragas vetoras de fitopatógenos e uso de métodos não químicos de controle são necessários, principalmente em condições tropicais. Além disso, o entendimento das mudanças sazonais nas flutuações populacionais de pragas vetoras e sua relação com o aumento de doenças de plantas deve ser considerado pelos cientistas, principalmente em um provável cenário de mudanças climáticas nas próximas décadas.

8. Referências bibliográficas

Araújo Júnior. J V., Araújo R.G.V., Sabino A.R., Silva Júnior V.A., Dantas P.C., Duarte A.G. (2018). Associação de *Bursaphelenchus cocophilus* ao *Rhynchosporium palmarum* e *Metamasius hemipterus* em plantios de coqueiro no estado de Alagoas. *Revista Ambientale*, 10: 39-47.

Batuman O., Turini T. A., LeStrange M., Stoddard S., Miyao G., Aegerter B. J., Gilbertson R. L. (2020). Development of an IPM strategy for thrips and *Tomato spotted wilt virus* in processing tomatoes in the central valley of California. *Pathogens*, 9: 636.

Bendix C., Lewis J.D. (2018). The enemy within: phloem-limited pathogens. *Molecular Plant Pathology*, 19: 238-254.

Bragard C., Caciagli P., Lemaire O., Lopez-Moya J.J., MacFarlane S., Peters D., Susy P., Torrance L. (2013). Status and prospects of plant virus control through interference with vector transmission. *Annual Review of Phytopathology*, 51: 177-201.

Camelo-García V.M., Lima E.F.B., Rezende J.A.M. (2015). Identification of natural hosts of *Zucchini lethal chlorosis virus*. *Tropical Plant Pathology*, 40: 345-349.

Casteel C.L., Falk B.W. (2016) Plant Virus-Vector Interactions: More Than Just for Virus Transmission. In: Wang A., Zhou X. (Eds.) *Current Research Topics in Plant Virology*. Springer: Cham, p.217-240.

Chen T., Nan Z. (2015). Effects of phytopathogens on plant community dynamics: A review. *Acta Ecologica Sinica*, 35: 177-183.

Claflin S.B., Jones L.E., Thaler J.S., Power A.G. (2017). Crop-dominated landscapes have higher vector-borne plant virus prevalence. *Journal of Applied Ecology*, 54: 1190–1198.

Costa R.V., Silva D.D., Cota L.V., Campos L.J.M., Almeida R.E.M., Bernardes F.P. (2019). Incidence of corn stunt disease in off-season corn hybrids in different sowing seasons. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 54, e00872.

Cota L.V., Silva D.D., Aguiar F.M., Costa R.V. (2018). Resistência de genótipos de milho aos enfezamentos. Embrapa, Circular Técnica 247. 11p.

Cui L., Wang Q., Wang Q., Wang L., Yuan H., Rui C. (2020). Cycloxaprid: a novel cis-nitromethylene neonicotinoid insecticide to control *Bemisia tabaci*. *Pest Management Science*, 76: 1705–1712.

Cysne A.Q., Cruz B.A., Cunha R.N.V., Rocha R.N.C. (2013). Flutuação populacional de *Rhynchophorus palmarum* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) em palmeiras oleíferas no Amazonas. *Acta Amazônica*. 43: 197–202.

Diniz A.J.F., Garcia A.G., Alves G.R., Reigada C., Vieira J.M., Parra J.R.P. (2020). The enemy is outside: releasing the parasitoid *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae) in external sources of HLB inocula to control the Asian citrus psyllid *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae). *Neotropical Entomology*, 49: 250–257.

Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2019). O controle biológico no Brasil tem potencial para crescer 20% ao ano. Acesso em 30/11/2021. Disponível em <https://www.embrapa.br/en/busca-de-noticias/-/noticia/45574867/biological-control-in-brazil-has-potential-to-grow-20-a-year>

Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2021). Feijão resistente ao mosaico-dourado. Circular técnica 91. 26p. Acesso em 27/11/2021. Disponível em <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/222011/1/CNPAF-circ-tec-91.pdf>

Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (2017). Vazio sanitário do feijão começa no dia 20 - Portal Embrapa. Embrapa Arroz e Feijão. Acesso em 30/11/2021. Disponível em <https://www.embrapa.br/en/busca-de-noticias/-/noticia/26838011/vazio-sanitario-do-feijao-comeca-no-dia-20>

Fajardo T., Nickel O. (2019). Transmissão de vírus e controle de viroses em plantas. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 24p.

Faria R.D., Baldin E.L.L., Takaku V.S., Canassa V.F. (2021). Variable levels of antibiosis and/or antixenosis of Bt and non-Bt maize genotypes on *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae). *Arthropod-Plant Interactions*, 15: 457–465.

Gill H.K., Garg H. (2014). Pesticides: Environmental impacts and management strategies. In: Soloneski S. (Ed.). *Pesticides - Toxic aspects*. IntechOpen, p.187-230.

Gouvea R.R., Vitória R.Z., Rosa R., Alves W. D.S., Giuriatto N., Calatroni D., Fanton C., Martins D.S., Queiroz R.B. (2018). Flutuação populacional de cigarrinhas (Hemiptera: Cicadellidae) e ocorrência do vírus da meleira do mamoeiro. VII Simpósio do Papaya Brasileiro. Produção e Sustentabilidade Hídrica. Vitória-ES, Brazil.

Hall D.G. (2004). Biology, History and world status of *Diaphorina citri*. In: I Taller Internacional sobre Huanglongbing de los cítricos (*Candidatus Liberibacter* spp) y el psílido asiático de los cítricos (*Diaphorina citri*). Colpol: Hermosillo, 11p.

Harry K.F., Maramorosch K. (1980). Vectors of plant pathogens. New York: Academic Press, 277p.

Hatt S., Boeraeve F., Artru S., Dufrêne M., Francis F. (2018). Spatial diversification of agroecosystems to enhance biological control and other regulating services: An agroecological perspective. *Science of The Total Environment*, 621: 600–611.

Iwanicki N.S., Mascarin G.M., Moreno S.G., Eilenberg J., Delalibera I. (2021). Development of novel spray-dried and air-dried formulations of *Metarhizium robertsii* blastospores and their virulence against *Dalbulus maidis*. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 105: 7913–7933.

Kennedy J.S., Stroyan H.L.G. (1959). Biology of Aphids. *Annual Review of Entomology*, 4: 139-160.

Khaliq A., Javed M., Sagheer M., Sohail M., Sohail M., Sagheer M. (2014). Environmental effects on insects and their population dynamics. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 2: 1-7.

Kumar S., Bhatnagar A., Kumar M., Singh U., Kumar A. (2019). Efficacy of insecticides as seed treatment against whitefly, *Bemisia tabaci* (Genn.) on potato, *Solanum tuberosum* L. *Annals of Plant Protection Sciences*, 27: 177-180.

Lima C.H., Sarmiento R.A., Pereira P.S., Ribeiro A.V., Souza D.J., Picanço M.C. (2019). Economic injury levels and sequential sampling plans for control decision-making systems of *Bemisia tabaci* biotype B adults in watermelon crops. *Pest Management Science*, 75: 998-1005.

Liu Y.H., Tsai J.H. (2000). Effects of temperature on biology and life table parameters of the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Homoptera: Psyllidae). *Annals of Applied Biology*, 137: 201-206.

Mapa - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. (2021). Portaria nº 317, de 21 de maio de 2021. Acesso em 22/11/2021. Disponível em <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-n-317-de-21-de-maio-de-2021-321773783>

Matson P.A., Parton W.J., Power A.G., Swift, M.J. (1997). Agricultural intensification and ecosystem properties. *Science*, 277: 504-509.

Michereff Filho M., Inoue-Nagata A.K. (2015). Guia para o reconhecimento e manejo da mosca-branca, da geminivirose e da crinivirose na cultura do tomateiro. Brasília: Embrapa Hortaliças, 15p.

Moreno A., Palacios I., Blanc S., Fereres A. (2005). Intracellular salivation is the mechanism involved in the inoculation of *Cauliflower mosaic virus* by its major vectors *Brevicoryne brassicae* and *Myzus persicae*. *Annals of the Entomological Society of America*, 98: 763-769.

Moura M.F., Lopes M.C., Pereira R.R., Parish J.B., Chediak M., Arcanjo L.P., Picanço M.C. (2018). Sequential sampling plans and economic injury levels for *Empoasca kraemeri* on common bean crops at different technological levels. *Pest Management Science*, 74: 398-405.

Nault L.R. (1997). Arthropod transmission of plant viruses: a new synthesis. *Annals of the Entomological Society of America*, 90: 521-541.

Oliveira A.M.E., Cardoso L., Ericsson D.B.C., Sousa Xavier M. A., Bicalho T. F., Xavier, M.A.S., Bicalho T.F., Xavier A.R.E.O. (2019). Interação vírus/vetor para pulgões (Hemiptera: Aphididae) e mosca-branca (Hemiptera: Aleyrodidae). *Caderno de Ciências Agrárias*, 11: 1-12.

Oliveira E., Magalhães P.C., Gomide R.L., Vasconcelos C.A., Souza I.R., Oliveira C.M., Cruz I., Schaffert R.E.

(2002). Growth and nutrition of mollicute-infected maize. *Plant Disease*, 86: 945-949.

Paes J.S., Araújo T.A., Ramos R.S., Soares J.R.S., Araújo V.C., Picanço M.C. (2019). Economic injury level for sequential sampling plan of *Frankliniella schultzei* in bell pepper crops. *Crop Protection*, 123: 30-35.

Pedigo L.P., Rice M.E. (2014). *Entomology and Pest Management*, 6ed. Long Grove: Waveland Press, 784p.

Pereira A.S., Silva G.O., Bertoncini O., Castro C.M., Bortoletto A.C., Hirano E., Azevedo F.Q., Lima M.F., Gomes C.B., Dutra L.F., Suinaga F.A., Carvalho A.D.F., Melo P.E., Lopes C.A, Reisser Junior C., Pinheiro J.B., Medeiros C.A.B., Krolow A.C.R., Castro L.A.S., Nazareno N.R.X. (2018). BRS F63 (Camila): A fresh market potato cultivar, with high yield potential and resistance to virus Y. *Horticultura Brasileira*, 36: 136-140.

Perring T.M., Stansly P.A., Liu T.X., Smith H.A, Andreason S.A. (2018). Whiteflies: Biology, ecology, and management. In: Wakil W., Brust G.E., Perring, T.M. (Eds.), *Sustainable management of arthropod pests of tomato*. Cambridge: Academic Press, p.73-110.

Pinent S.M.J., Carvalho G.S. (1998). Biologia de *Frankliniella schultzei* (Trybom) (Thysanoptera: Thripidae) em tomateiro. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*, 27: 519-524.

Rakshit N., Al Basir F., Banerjee A., Ray S. (2019). Dynamics of plant mosaic disease propagation and the usefulness of roguing as an alternative biological control. *Ecological Complexity*, 38: 15-23.

Ramos A. (2021). Respostas comportamentais da cigarrinha-do-milho, *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae), a plantas infectadas pelo fitoplasma do milho. Piracicaba: ESALQ. 74p. (Tese de doutorado).

Reis E.M., Casa R.T., Bianchin V. (2011). Controle de doenças de plantas pela rotação de culturas. *Summa Phytopathologica*, 37: 85-91.

Reitz S.R. (2009). Biology and ecology of the Western flower thrips (Thysanoptera: Thripidae): The making of a pest. *Florida Entomologist*, 92: 7-13.

Ricupero M., Desneux N., Zappalà L., Biondi A. (2020). Target and non-target impact of systemic insecticides on a polyphagous aphid pest and its parasitoid. *Chemosphere*, 247, 125728.

Rosa A.J.S., Sala F.C., Cardoso J.C. (2019). Performance and selection of tomato cultivars for organic cultivation in greenhouse. *Revista Ceres*, 66: 94-101.

Sabato E.O., Landau E.C., Barros B.A., Oliveira C.M. (2020). Differential transmission of phytoplasma and Spiroplasma to maize caused by variation in the environmental temperature in Brazil. *European Journal of Plant Pathology*, 157: 163-171.

Santos Filho H.P., Barbosa F.F.L., Nascimento A.S. (2009). Greening a mais grave e destrutiva doença dos

citros: nova ameaça à citricultura. Curz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2p.

Shonga E., Getu E. (2021). Efficacy of plant derived and synthetic insecticides against cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* (L.) (Homoptera: Aphididae) and their effect on coccinellid predators. *Ethiopian Journal of Science*, 44: 27–37.

Silva A.R., Silva N.R., Pereira P.S., Sarmiento R.A., Costa T.L., Galdino T.V.S., Picanço M.C. (2017). Sampling plans for the thrips *Frankliniella schultzei* (Thysanoptera: Thripidae) in three lettuce varieties. *Journal of Economic Entomology*, 110: 2490-2496.

Silva E.M.P., Araújo T.A., Ramos R.S., Arcanjo L.P., Carmo D.G., Cavalleri A., Picanço M.C. (2019). Conventional sampling plan for common blossom thrips, *Frankliniella schultzei* (Thysanoptera: Thripidae), in bell pepper. *Journal of Economic Entomology*, 112: 1447-1453.

Singh V., Sood A.K. (2017). Plant Nutrition: A tool for the management of hemipteran insect-pests-A review. *Agricultural Reviews*, 38: 260-270.

Souza T.L.P., Faria J.C., Aragão F.J., Del Peloso M J., Faria L.C., Wendland A., Melo L.C. (2018). Agronomic performance and yield stability of the RNA interference-based *Bean golden mosaic virus*-resistant common bean. *Crop Science*, 58: 579-591.

Srinivasan R., Sundaraj S., Pappu H.R., Diffie S., Riley D.G., Gitaitis R.D. (2012). Transmission of *Iris yellow spot virus* by *Frankliniella fusca* and *Thrips tabaci*

(Thysanoptera: Thripidae). *Journal of Economic Entomology*, 105: 40-47.

Torre R.C.A., Montes-Bazurto L.G., Bustillo-Pardey A.E. (2020). Rate of Release of rhynchophorol pheromone in relation to attraction of *Rhynchophorus palmarum* (L.) (Coleoptera: Dryophthoridae) in oil palm plantations in Colombia. *Journal of Entomological Science*, 55: 487-498.

Tsai J.H. (1988) Bionomics of *Dalbulus maidis* (DeLong and Wolcott), a vector of mollicutes and virus (Homoptera: Cicadellidae). In: Maramorosch K., Raychaudhuri S.P. (Eds.). *Mycoplasma diseases of crops*. New York: Springer, p.209-221.

Van Lenteren J.C., Noldus P.J.J. (1990). Whitefly plant relationships: Behavioural and ecological aspects. In: Lindquist R.K. (Ed.). *Whiteflies: their bionomics, pest status and management*. Andover: Intercept Press, p.47-89.

Waquii J.M., Viana P.A., Cruz I., Jamilton P.S. (1999). Aspectos da biologia da cigarrinha-do-milho, *Dalbulus maidis* (DeLong & Wolcott) (Hemiptera: Cicadellidae), *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*, 28: 413-420.

Whitworth J.L., Gray S.M., Ingram J.T., Hall D.G. (2021). Foliar and tuber symptoms of US potato varieties to multiple strains and isolates of *Potato Virus Y*. *American Journal of Potato Research*, 98: 93-103.

Willmott A.L., Cloyd R.A., Zhu K.Y. (2013). Efficacy of pesticide mixtures against the Western flower thrips (Thysanoptera: Thripidae) under laboratory and greenhouse conditions. *Journal of Economic Entomology*, 106: 247-256.



Este livro possui sete capítulos sobre:

- **Misturas de inseticidas e acaricidas.**
- **Uso de óleos e siliconados no controle de pragas.**
- **Uso de atraentes, repelentes e desalojantes em programas de manejo integrado de pragas.**
- **Tecnologia de aplicação de inseticidas e acaricidas.**
- **Uso de fungos entomopatogênicos no controle de pragas.**
- **Manejo integrado de pragas urbanas .**
- **Manejo integrado de insetos e ácaros vetores de fitopatógenos.**