

**Editores:**

**Marcelo C. Picanço**

**Gerson A. Silva**

**Letícia C. S. Sant'Ana**

**Damaris R. Freitas**

# **TÓPICOS DE MANEJO INTEGRADO DE PRAGAS IV**



**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)**

Tópicos de manejo integrado de pragas IV [livro eletrônico] / editores Marcelo C. Picanço, Gerson A. Silva, Letícia C. S. Sant'Ana, Damaris R. Freitas. -- Viçosa, MG : FUNARBE, 2026.

PDF

Vários autores.

Bibliografia.

ISBN 978-65-81098-05-6

1. Amostragem 2. Inseticidas 3. Pragas - Controle  
4. Pragas agrícolas - Controle I. Picanço, Marcelo C.  
II. Silva, Gerson A. III. Sant'Ana, Letícia C. S. IV.  
Freitas, Damaris R.

26-353687.0

CDD-632.9

**Índices para catálogo sistemático:**

1. Plantas : Pragas e doenças : Controle ecológico :  
Agricultura 632.9

Camila Aparecida Rodrigues - Bibliotecária CRB -  
SP-010133/0

## **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 fez 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 26 pesquisadores pertencentes a Universidade Federal de Viçosa, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro e Universidade de Brasília.

## **Autores**

Alice Barbutti Barreto Maranhão: Universidade Federal de Viçosa, Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, Viçosa, MG.

Ana Beatriz Mamedes Piffer Holtz: Universidade Federal de Viçosa, Programa de Pós-graduação em Entomologia, Viçosa, MG.

Ana Gabrielle Silva Novais: Universidade de Brasília, Programa de Pós-graduação em Agronomia, Brasília, DF.

Bianca Sabina Olmedo Monteiro Ferreira: Universidade Federal de Viçosa, Programa de Pós-graduação em Entomologia, Viçosa, MG.

Daiane das Graças do Carmo: Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Entomologia, Viçosa, MG.

Damaris Rosa de Freitas: Universidade Federal de Viçosa, Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, Viçosa, MG.

Diana Unwana Affiah: Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal, Campos dos Goytacazes, RJ.

Ellen Caroline da Conceição de Aragão: Universidade Federal de Viçosa, Programa de Pós-graduação em Entomologia, Viçosa, MG.

Eraldo Lima: Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Entomologia, Viçosa, MG.

Filipe Garcia Holtz: Universidade Federal de Viçosa, Programa de Pós-graduação em Entomologia, Viçosa, MG.

Gabriel Garreto dos Santos: Universidade Federal de Viçosa, Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, Viçosa, MG.

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

Henri Castro Pacheco: Universidade Federal de Viçosa, Programa de Pós-graduação em Entomologia, Viçosa, MG.

Igor Paes Henriques: Universidade Federal de Viçosa, Programa de Pós-graduação em Entomologia, Viçosa, MG.

Jhulyana Sanches Ferreira: Universidade Federal de Viçosa, Programa de Pós-graduação em Entomologia, Viçosa, MG.

Kíssila França Lima: Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal, Campos dos Goytacazes, RJ.

Leandro Freitas Pereira: Universidade Federal de Viçosa, Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, Viçosa, MG.

Leandro Maranhão Simões: Universidade Federal de Viçosa, Programa de Pós-graduação em Genética e Melhoramento, Viçosa, MG.

Letícia Caroline da Silva Sant'Ana: Universidade Federal de Viçosa, Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, Viçosa, MG.

Lissandra Silva Moreira: Universidade Federal de Viçosa, Programa de Pós-graduação em Entomologia, Viçosa, MG.

Lucas Bretas Barbosa: Universidade Federal de Viçosa, Programa de Pós-graduação em Entomologia, Viçosa, MG.

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

Marcelo Coutinho Picango Filho: Universidade Federal de Viçosa, Programa de Pós-graduação em Entomologia, Viçosa, MG.

Maria Clara Siqueira Mussiello: Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal, Campos dos Goytacazes, RJ.

Nancy Miranda Sena: Universidade Federal de Viçosa, Programa de Pós-graduação em Entomologia, Viçosa, MG.

Talita Gomes Corso: Universidade de Brasília, Programa de Pós-graduação em Agronomia, Brasília, DF.

## Sumário

<b>Resumo</b> -----	1
<b>Abstract</b> -----	2
<b>Capítulo 1</b> ----- Formulações dos produtos usados no controle de pragas nos cultivos	3
<b>Capítulo 2</b> ----- Manejo integrado de pragas em pomares de banana	46
<b>Capítulo 3</b> ----- Manejo de pragas em cultivos certificados	87
<b>Capítulo 4</b> ----- Semioquímicos no manejo integrado de pragas	135
<b>Capítulo 5</b> ----- Produção <i>on-farm</i> de produtos usados no controle de pragas	180

## **Resumo**

Este livro possui cinco capítulos. O primeiro é sobre as formulações dos produtos usados no controle de pragas nos cultivos. Nele é abordado sobre as formulações de produtos sintéticos e bioprodutos. O segundo é sobre o manejo integrado de pragas em pomares de banana. Nele é feita a diagnose das pragas, descrito de sistemas de tomada de decisão e os métodos de controle das pragas. O terceiro é sobre o manejo de pragas em cultivos certificados. Nele é abordado sobre as etapas, vantagens, limitações, legislação, exigências e pesquisas sobre certificação dos cultivos. O quarto é sobre os semioquímicos no manejo integrado de pragas. Nele é abordado sobre as características, pesquisa, usos, vantagens, limitações do uso dos semioquímicos no manejo de pragas. Já o quinto é sobre a produção *on-farm* de produtos usados no controle de pragas. Nele é abordado sobre a produção industrial *versus* produção *on-farm*, legislação, produção e formulação para a produção *on-farm* no Brasil.

### **Abstract**

This book has five chapters. The first is about the formulations of products used in pest control in crops. It addresses the formulations of synthetic products and bioproducts. The second is about integrated pest management in banana orchards. It describes pest diagnosis, decision-making systems, and pest control methods. The third is about pest management in certified crops. It addresses the stages, advantages, limitations, legislation, requirements, and research on crop certification. The fourth is about semiochemicals in integrated pest management. It addresses the characteristics, research, uses, advantages, and limitations of using semiochemicals in pest management. The fifth is about on-farm production of products used in pest control. It addresses industrial production versus on-farm production, legislation, production, and formulation for on-farm production in Brazil.

## Capítulo 1

### **Formulações dos produtos usados no controle de pragas nos cultivos**

*Filipe G. Holtz, Henri C. Pacheco, Talita G. Corso, Alice B. Barreto, Leandro M. Simões, Marcelo C. Picanço*

#### **1. Introdução**

Os insetos e ácaros podem causar grandes perdas nos cultivos. Essas perdas podem ser quantitativas e qualitativas e em casos extremos elas podem comprometer até 100% da produção dos cultivos (Dhaliwal et al., 2010). Para que essas pragas não causem perdas econômicas são aplicados produtos naturais e sintéticos para controlá-las. Esses produtos são usados em formulações que contêm ingredientes ativo e adjuvantes. O ingrediente ativo consiste do produto que tem o efeito inseticida ou acaricida. Já os adjuvantes têm a função de melhorar as características do produto aplicado no controle das pragas (Buzzetti, 2017; Kaczmarek et al., 2021). Assim, nesse capítulo de livro é abordado sobre as formulações dos inseticidas e acaricidas usados nos cultivos. Nele será discutido sobre os tipos, etapas para a confecção e uso de formulações de bioprodutos e produtos sintéticos usados nos cultivos no controle de pragas nos cultivos.

## **2. Tipos de formulações**

No Brasil, as terminologias e definições das formulações de defensivos agrícolas são estabelecidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). A norma NBR 12679/2021 é a referência mais recente para classificação e nomenclatura dos diferentes tipos de formulação disponíveis no mercado (Tabela 1.1).

A formulação consiste na mistura do ingrediente ativo com outros componentes, os quais irão garantir aplicação uniforme, segura e eficiente (Hergueta-Castillo et al., 2022). O ingrediente ativo é o agente químico, físico ou biológico responsável pela eficácia do produto. Entretanto a sua performance depende da presença de adjuvantes e inertes (Ghosson et al., 2023; Hergueta-Castillo et al., 2022).

Essas substâncias desempenham funções essenciais no produto final. Elas são responsáveis por melhorar a solubilidade, estabilidade, absorção, adesão e penetração do ingrediente ativo, além de facilitar a aplicação e aumentar a eficácia do defensivo. Surfactantes, por exemplo, reduzem a tensão superficial da calda, promovendo melhor cobertura e deposição sobre as superfícies das plantas. Solventes e carreadores auxiliam na dissolução e transporte do ingrediente ativo, enquanto estabilizantes e conservantes garantem a estabilidade físico-química da formulação durante o armazenamento (Ghosson et al., 2023).

**Tabela 1.1.** Tipos de formulações de acordo com a ABNT.

Tipo	Sigla	Denominações
Diluições em água	CS	suspensão de cápsulas
	DC	Concentrado dispersível
	EC	Concentrado emulsionável
	EO	emulsão de água em óleo
	EW	emulsão de óleo em água
	ME	microemulsão
	SC	suspensão concentrada
	SE	suspoemulsão
	SG	granulado solúvel
	SL	concentrado solúvel
	SP	pó solúvel
	ST	tablete solúvel
	WT	tablete dispersível
	WG	granulado dispersível
	WP	pó molhável
	GL	gel emulsionável
	GW	gel solúvel em água
	EG	grânulo emulsionável
	OD	dispersão de óleo
	ZC	formulação mista de CS e SC
ZE	formulação mista de CS e SE	
ZW	formulação mista de CS e EW	
Diluição em solventes orgânicos	OL	líquido miscível em óleo
	DP	pó seco
	GR	grânulo
	SO	óleo para pulverização/espalhamento
	UL	líquido de ultrabaixo volume
	DT	tablete para aplicação direta
	KN	concentrado para nebulização a frio
	HN	concentrado para termonebulização

Continua....

**Tabela 1.1.** Continuação.

Tipo	Sigla	Denominações
Para aplicação direta	DS	pó para tratamento a seco de sementes
	ES	emulsão para tratamento de sementes
	FS	suspensão concentrada para tratamento de sementes
	LS	solução para tratamento de sementes
	WS	pó dispersível em água para tratamento de sementes, para preparação de pasta em água
Especiais	FU	fumigante
	GA	gás
	GE	gerador de gás
	PA	pasta
	RB	isca
	VP	liberador de vapor
	LN	saco formulado/ tela
	LA	laca
CB	isca concentrada	

A escolha da formulação de defensivos agrícolas está diretamente relacionada ao tipo de alvo e ao modo de ação do produto. Os inseticidas de contato, por exemplo, geralmente utilizam formulações que favorecem cobertura e aderência, como suspensão concentrada (SC), pó molhável (WP), granulado dispersível (WG) e dispersão de óleo (OD), proporcionando boa dispersão e molhamento foliar (Appah et al., 2020; 2018; Stejskal et al., 2021). Para produtos sistêmicos ou de solo são preferidas formulações que facilitem a absorção e translocação, como concentrado solúvel (SL), concentrados emulsionáveis (EC) e suspensão concentrada (SC), ou ainda formulações granuladas (GR) para aplicação localizada, ajustando a seletividade à cultura (Ahmad et al., 2024; Kalyabina et al., 2021).

Outro fator importante na escolha da formulação é a sua compatibilidade com o equipamento de aplicação. Formulações devem apresentar boa miscibilidade, baixa tendência à sedimentação, boa formação de espuma e estabilidade na água disponível, favorecendo o uso em pulverizadores convencionais, atomizadores e

equipamentos de aplicação via solo. A escolha também considera o risco de entupimento de pontas, abrasividade (maior em WP/WG do que em SC/SL) e compatibilidade em misturas de tanque, influenciando a preferência por formulações aquosas (SC, SL) em sistemas intensivos de aplicação (Pessoa et al., 2024; Tavares & Cunha, 2023).

Formulações à base de solventes orgânicos (EC) apresentam maior inflamabilidade, odor intenso e risco toxicológico e ambiental, estimulando a substituição por formulações aquosas (SC, WG, ME) quando tecnicamente viável (Ahmad et al., 2024; Kalyabina et al., 2021). Considera-se ainda o risco de deriva, potencial de lixiviação, retenção em palhada, impacto sobre organismos não alvo e a busca por formulações mais seguras e seletivas dentro do manejo integrado de pragas (Esimbekova et al., 2023; Wan et al., 2025).

Formulações em WG e SC tendem a gerar menos poeira, menor risco de exposição aplicador e maior precisão de dosagem em comparação a formulações de pó, sendo preferidas em operações de grande escala (Stejskal et al., 2021). O custo industrial, vida

útil, estabilidade no armazenamento e exigências de embalagem/transportes também influenciam a escolha, podendo justificar o uso de formulações clássicas (EC, WP) quando alternativas não apresentam vantagens econômicas claras (Stejskal et al., 2021; Pessoa et al., 2024).

Em sistemas de volume de calda reduzido, aplicações com óleo ou sob condições de seca ou alta insolação favorecem formulações oleosas ou dispersões em óleo (OD, EW, EO), que melhoram espalhamento e penetração em superfícies cerosas (Sun et al., 2023). Tendências em agricultura sustentável priorizam formulações de menor impacto ambiental (base água, encapsulados, alta concentração com menor dose de solvente) e maior compatibilidade com programas de manejo integrado de pragas e resistência (He et al., 2023).

### **3. Microformulações e nanoformulações**

Micro e nanoformulações consistem no encapsulamento e a agregação de compostos poucos solúveis em matrizes poliméricas, lipídicas ou

inorgânicas, como microcápsulas, nanopartículas e nanotubos. Essas são formulações inovadoras que têm sido empregadas nos cultivos, otimizando a aplicação e a eficácia do controle de pragas (Pavoni et al., 2020; Mushtaq et al., 2023). Além disso, micro e nanoformulações são utilizadas para contornar problemas de solubilidade de compostos em água, permitindo a aplicação mais uniforme no solo e nas plantas (Mejías et al., 2021; Koleva et al., 2025).

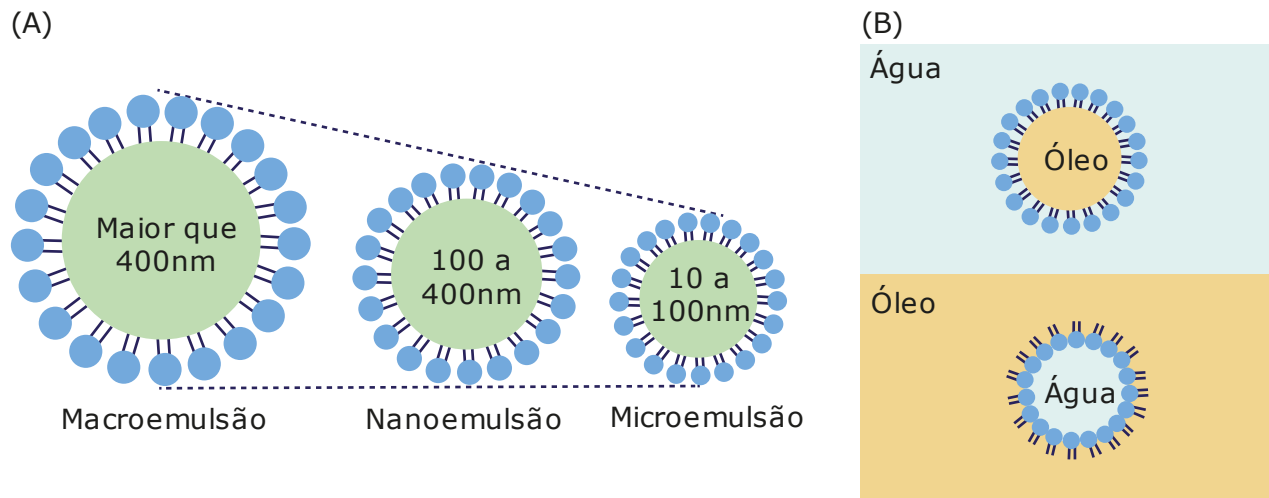
O sistema encapsulado também permite a liberação gradual do ingrediente ativo, reduzindo perdas por lixiviação, volatilização ou degradação, aumentando a eficácia do produto (Sowmiya et al., 2024), além de proteger compostos sensíveis contra a degradação por luz, oxidação e outras condições ambientais adversas, prolongando sua estabilidade e vida útil (Mejías et al., 2021; Riseh et al., 2024).

Com menor perda e degradação e maior tempo de permanência no ambiente, as formulações encapsuladas aumentam a eficácia dos produtos no controle de pragas e minimizam a necessidade de novas aplicações, reduzindo consideravelmente a contaminação ambiental, tornando o uso de agroquímicos mais sustentável (Mejías et al., 2021; Riseh et al., 2024).

### **3.1. Microformulações**

Microformulações são produtos compostos por partículas na escala entre 1 micrômetro ( $\mu\text{m}$ ) e 100 nanômetros (nm) (Figura 1.1), como micropartículas, microesferas ou microcápsulas, desenvolvidos para melhorar a aplicação, estabilidade e desempenho de ingredientes ativos (Chyzy et al., 2020; Vučković et al., 2024). As estruturas mais comuns são a de microesfera, que faz o melhor controle da liberação gradual do ingrediente ativo, e microcápsulas, com um núcleo ativo envolvido por uma membrana (Sharma et al., 2019; Silva et al., 2023).

A principal forma utilizada no meio agropecuário é o microencapsulamento de inseticidas utilizando principalmente materiais biodegradáveis ou naturais. Isso permite a liberação gradual do produto, que reduz a necessidade de reaplicação e aumenta o tempo de ação no campo, a proteção contra a luz UV, calor e oxidação, aumentando a estabilidade e a eficácia, reduz a fitotoxicidade e impactos ambientais pela redução de perdas por volatilização e lixiviação e pela menor exposição de organismos não-alvo (Zhao et al., 2023; Ayllón-Gutiérrez et al., 2024; Chen et al., 2024; Li et al., 2025). Também existem sistemas inteligentes que permitem a liberação do inseticida por meio de estímulos do ambiente, como pH, temperatura e enzimas, otimizando o uso do produto (Huang & Jiang, 2024; Zhao et al., 2022).



**Figura 1.1.** (A) Tipos e tamanho do diâmetro de macro, micro e nano formulações e (B) esquema representativo das misturas óleo em água e água em óleo (adaptado de Ma et al., 2019).

A principal limitação dessa tecnologia está relacionada à escolha do material de parede adequado, que influencia a estabilidade, toxicidade e perfil de liberação do inseticida (Ayllón-Gutiérrez et al., 2025; Zhao et al., 2023). Apesar dos avanços, ainda há carência de estudos sobre efeito em campo em algumas culturas, além de desafios de escalabilidade e custos para produção em larga escala (Angellotti et al., 2024; Sarmah et al., 2025).

### **3.2. Nanoformulações**

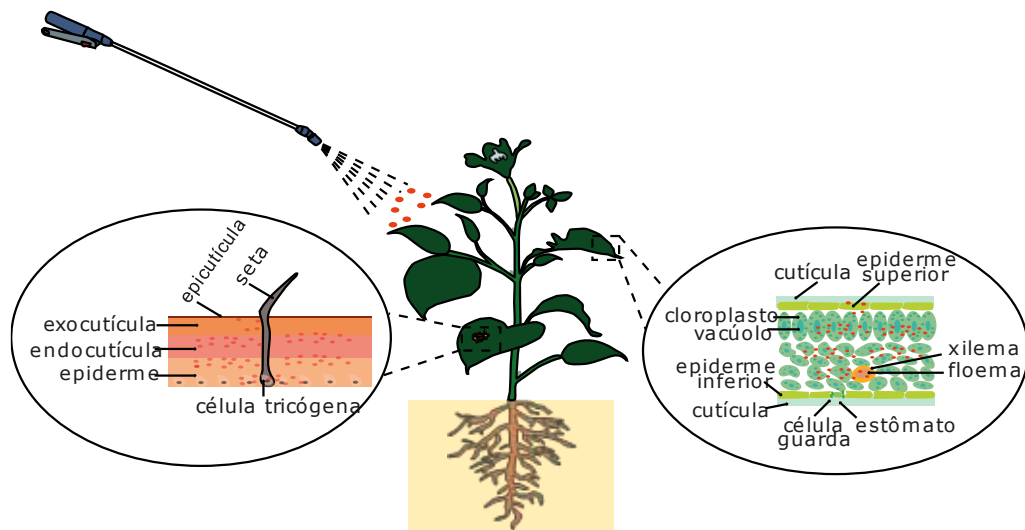
Nanoformulações são sistemas em que os ingredientes ativos e moléculas encontram-se na faixa de tamanho entre 10 e 400 nm (Figura 1.1). Incluem nanoemulsões, nanocápsulas, nanogéis, nanocompósitos metálicos, polímeros, sílica, argilas e biopolímeros (Chyzy et al., 2020; La Iacona et al., 2025).

No geral, possuem as mesmas propriedades das microformulações, porém com efeito aumentado devido às propriedades da nanotecnologia (Kumar et al., 2022; Páramo et al., 2020). As nanoformulações são mais eficientes pois agem de forma direcionada no sítio alvo devido à maior capacidade de penetração em barreiras biológicas (Kumar et al., 2022; La Iacona et

al., 2025), e possuem resposta mais rápida a estímulos externos (Chyzy et al., 2020).

Desta forma, o uso de inseticidas nanoformulados apresenta vantagens, pois o tamanho das nanopartículas facilita o espalhamento, a adesão e a penetração tanto na cutícula foliar quanto no tegumento do inseto (Arcot et al., 2024). A maior capacidade de atravessar barreiras físicas e biológicas faz com que haja maior absorção do ingrediente ativo, permitindo ação mais rápida e eficaz no sítio alvo (Figura 1.2) (Ferreira et al., 2019; Li et al., 2025).

As principais limitações para a sua adoção no campo estão relacionadas aos custos, pois exige processos mais sofisticados para a produção e controle da estabilidade, e produção em larga escala (Machado et al., 2022; Santos et al., 2025). Há também uma preocupação quanto a riscos toxicológicos, pois nanopartículas podem causar toxidez em plantas, animais e até mesmo seres humanos, o que juntamente com a escassez de estudos sobre toxicidade a longo prazo, comportamento ambiental e impactos sobre organismos não-alvo, dificulta avaliações de risco confiáveis (Kapeleka & Mwema, 2024).



**Figura 1.2.** Diagrama esquemático demonstrando a penetração de nanoemulsões de inseticidas atravessando a cutícula folias e tegumento de insetos (adaptado de Mustafa & Hussein, 2020).

#### **4. Etapas para a confecção das formulações**

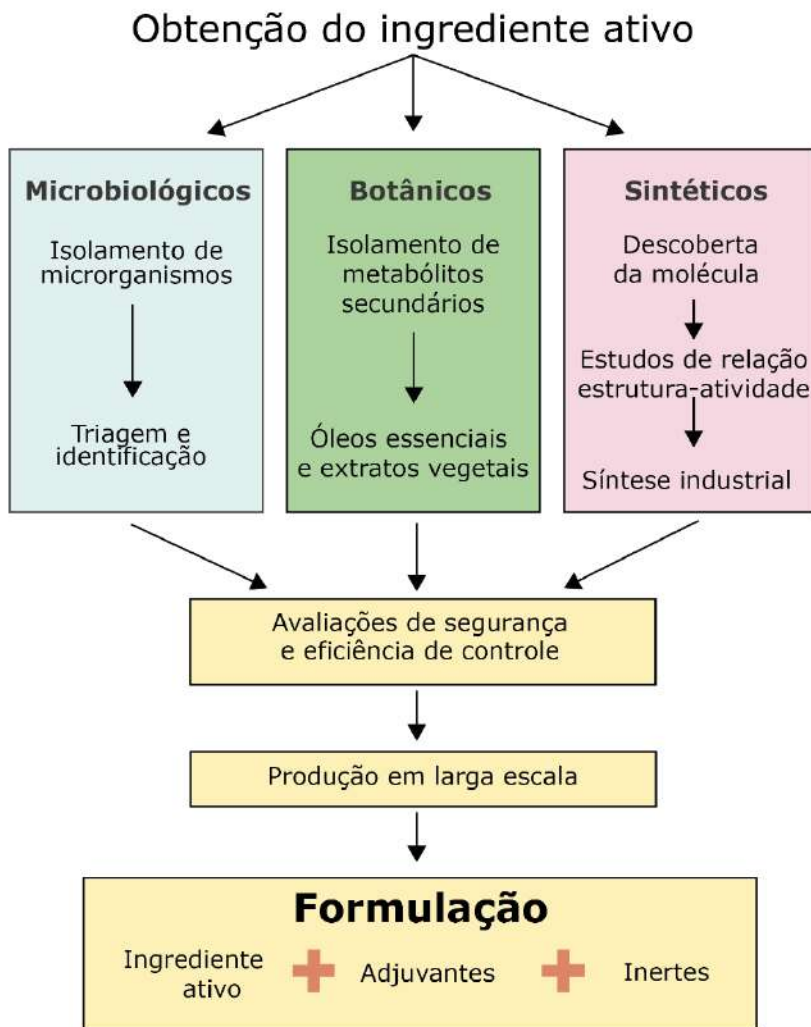
A formulação é a etapa responsável por transformar o ingrediente ativo em um produto estável, de fácil aplicação e com atividade biológica preservada no campo (Kariyanna et al., 2024). O processo de desenvolvimento de um pesticida é complexo e pode ser dividido em duas etapas principais: Obtenção do ingrediente ativo e a formulação (Tunay, 2010) (Figura 1.3).

##### **4.1. Obtenção do ingrediente ativo**

A etapa inicial no desenvolvimento de qualquer defensivo agrícola é a obtenção do ingrediente ativo, que podem ser microrganismos vivos ou derivados de processos microbianos, produtos derivados de plantas ou moléculas sintéticas (Gupta et al., 2023).

##### **4.1.1. Ativos microbiológicos**

A obtenção de um ativo microbiano começa com a prospecção de microrganismos em ambientes naturais, como solos, rizosfera, insetos infectados e plantas. O material coletado é levado para laboratório, onde ocorre o isolamento, triagem, identificação e avaliações de segurança e eficiência de controle (Sharma et al., 2020).



**Figura 1.3.** Etapas para a produção de defensivos agrícolas.

Para fungos entomopatogênicos, como os gêneros *Beauveria* e *Metarhizium*, a principal fonte de isolados é o solo, onde persistem como saprófitas ou em associação com insetos. Existem duas técnicas utilizadas no isolamento desses fungos. A Técnica da Isca de Inseto é a mais utilizada e baseia-se na capacidade do fungo de infectar um hospedeiro suscetível, maximizando a recuperação de linhagens virulentas (Doğan & Keskin, 2020). O procedimento envolve a incubação de amostras de solo com larvas de um inseto-isca, como a larva da traça-da-cera, *Galleria mellonella*, as quais sucumbem à infecção fúngica e apresentam esporulações que são transferidas para meios de cultura para posterior purificação (Gandarilla-Pacheco et al., 2021).

Alternativamente, o Isolamento Direto em Meio Seletivo é empregado. Onde, amostras de solo são submetidas a diluições seriadas e plaqueadas em meios de cultura (Sharma et al., 2020). O Meio de Cultura Seletivo de Dodine é um exemplo de meio utilizado para favorecer o crescimento dos fungos entomopatogênicos, pois inibe seletivamente fungos não-entomopatogênicos (Memela et al., 2024).

No caso das bactérias, como *Bacillus thuringiensis*, o isolamento também é predominantemente a partir do solo, por meio de técnicas de tratamento térmico e plaqueamento em meio seletivo (Travers et al., 1987). O princípio desta técnica está no fato de esta ser uma bactéria formadora de esporos. O choque térmico a 80 °C é aplicado a uma suspensão da amostra para eliminar células de outros microrganismos (Ramasamy et al., 2020). Após o tratamento, a suspensão é transferida para meios de cultura ricos, para permitir a germinação e o crescimento das colônias (Travers et al., 1987). As linhagens promissoras são submetidas as etapas de purificação, triagem e seleção por meio de bioensaios para determinar a eficiência de controle e a especificidade contra a praga-alvo, enquanto a identificação da espécie é feita com o uso de técnicas moleculares (Gutiérrez et al., 2024).

A produção em larga escala destes ingredientes ativos microbiológicos é realizada por meio de fermentação em biorreatores, em condições ótimas de cultivo, maximizando a concentração e a viabilidade do microrganismo ou de seus metabólitos (Verma et al., 2024). A literatura atual converge para dois métodos mais utilizados, fermentação em estado

sólido e fermentação submersa (Kumar et al., 2021). A fermentação em estado sólido é empregada para produção de conídeos de fungos entomopatogênicos, em um substrato sólido úmido, em condições ideais de desenvolvimento (Mattedi et al., 2023). A fermentação submersa é um método de produção em massa de bactérias em meios líquidos nutritivos, onde se tem controle total de parâmetros como pH, temperatura e aeração. Estas características conferem alta qualidade ao ativo biológico (Kumar et al., 2021).

#### **4.1.2. Ativos botânicos**

Para defensivos de origem botânica, o foco principal é isolar e concentrar os metabólitos secundários da planta, que possuem atividade inseticida, repelente ou inibidora de alimentação contra insetos-praga (Gupta et al., 2023).

No Brasil, os métodos de obtenção de óleos essenciais mais utilizados são a destilação por arraste de vapor e a hidrodestilação, onde os compostos aromáticos presentes no material vegetal são volatizados por meio do vapor d'água, seguida de condensação e separação do óleo (Liu, 2022). A obtenção de extratos vegetais envolve a imersão do

material vegetal em solventes orgânicos ou água. Nesta categoria, o aparelho de Soxhlet é um método de referência, devido à sua eficácia na extração de compostos (Uwineza & Waśkiewicz, 2020).

A maioria dos estudos comparativos conclui que técnicas modernas como Extração Assistida por Ultrassom, por Micro-ondas e com Fluido Supercrítico produzem extratos com maior atividade inseticida em comparação com métodos tradicionais como maceração e Soxhlet (Cannavacciuolo et al., 2024). A diferença na eficácia está diretamente ligada à quantidade e ao tipo de compostos secundários que cada método consegue extrair (Castro et al., 1999). Por exemplo, um método pode ser excelente para extrair piretrinas, enquanto outro pode ser melhor para óleos essenciais, resultando em diferentes níveis de mortalidade para a mesma praga (Uwineza & Waśkiewicz, 2020).

A produção em larga escala de compostos botânicos envolve a otimização dos processos de extração, garantindo a padronização e a concentração dos compostos ativos (Birch et al., 2018).

### **4.1.3. Moléculas sintéticas**

A síntese de moléculas sintéticas geralmente envolve etapas complexas, começando com precursores orgânicos e culminando em compostos com a estrutura molecular desejada (Le Cor, 2021). As principais etapas de síntese são a funcionalização de grupos específicos, a proteção de grupos funcionais e a otimização de rotas sintéticas para evitar reações indesejadas (Zipoli et al., 2024). Isto envolve a reação química de dois ou mais materiais na presença de solventes, catalisadores e reagentes ácidos ou básicos (Tunay, 2010). A otimização desses processos é crucial para garantir a pureza, rendimento e a segurança do ingrediente ativo, minimizando a formação de subprodutos indesejados (Beknozarova & Nazirov, 2023).

### **4.2. Formulação**

O objetivo da formulação é fazer a combinação do ingrediente ativo com adjuvantes e inertes. Embora adjuvantes e inertes não possuam atividade biológica, eles melhoram a eficácia, segurança e a aplicação do produto (Lin et al., 2023). Entre eles estão: surfactantes,

utilizados para reduzir a tensão superficial das gotas de pulverização e promovendo melhor molhamento e permeabilidade dos ingredientes ativos; agentes de penetração, como óleos minerais ou vegetais, utilizados para atravessar a cutícula das plantas ou insetos, facilitando a absorção do ingrediente ativo biológico; agentes antideriva, que ajudam a padronizar o tamanho das gotas pulverizadas, diminuindo a deriva de produtos; antiespumantes, prevenindo a formação de espuma excessiva na calda; ajustadores de pH, que garantem a estabilidade do ativo biológico na calda; e umectantes, responsáveis por melhorar o molhamento do produto (Santos et al., 2019; Lin et al., 2023).

A formulação deve, portanto, fornecer um sistema de entrega que mantenha a viabilidade do agente ativo durante o armazenamento, facilite e melhore a eficiência da aplicação e proteja o agente ativo biológico das condições de campo (Kariyanna et al., 2024).

### **5. Formulações de bioprodutos**

Os bioprodutos têm ganhado destaque como alternativa essencial para uma agricultura moderna, ao substituir produtos químicos por soluções biológicas

capazes de minimizar os danos ambientais e contribuir para a produção sustentável (Barbosa et al., 2025). Em 2025, segundo dados do Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA), o Brasil liberou o registro de 162 produtos com ativos biológico.

Entretanto, muitos bioprodutos apresentam eficiência variável, rápida degradação e dificuldade de manuseio e aplicação. Dessa forma, a formulação representa um fator importante de melhoria desses produtos (Isman, 2020). Os bioprodutos são formulados de forma similar aos inseticidas sintéticos, entretanto, por serem organismos vivos ou produtos derivados de plantas, os desafios de formulação são maiores (Gašić & Tanović, 2013).

### **5.1. Tipos de formulações de bioprodutos**

Dentre as etapas da fabricação de um produto biológico um do mais importantes é a formulação, que começa com a definição das etapas de recuperação do ingrediente biológico. Nessa fase, é fundamental observar rigorosamente os procedimentos empregados, pois, conforme o tipo de tratamento utilizado, o

microrganismo ou o princípio ativo pode ter sua viabilidade e eficácia reduzidas (Seibert & Arioni, 2023). A formulação busca transportar o princípio ativo até o alvo biológico, garantindo que nesse processo haja estabilidade físico-química, viabilidade do microrganismo e eficácia no campo. (Šunjka & Mechora., 2022).

Quanto à sua forma física, as formulações de bioprodutos dividem-se em líquidas e sólidas (Paau, 1988). Os sistemas líquidos abrangem preparações aquosas, exigindo a inclusão de componentes inativos como protetores, fixadores, surfactantes, pigmentos, substâncias antigelo e suplementos nutritivos para assegurar durabilidade e funcionalidade. As formulações líquidas mais comuns são emulsões e suspensões concentradas (Barbu & Boiu-Sicuaia, 2021).

As preparações sólidas resultam de métodos como atomização, congelamento-liofilização ou desumidificação atmosférica, incorporando ligantes, desagregadores e umectantes para aprimorar solubilização na aplicação (Bharti & Ibrahim, 2020) Entre as principais formulações sólidas estão pós molháveis, pellets, grânulos e microgrânulos, pós solúveis e partículas encapsuladas (Schmaltz et al., 2023).

## **5.2. Desafios e perspectivas para os bioprodutos**

A formulação de bioprodutos agrícolas enfrenta alguns desafios impostos pela natureza viva ou bioquímica dos princípios ativos, que maioria das vezes são microrganismos ou metabólitos de alto peso molecular.

No caso de bioprodutos microbiológicos, a principal limitação é a viabilidade do microrganismo durante o longo período que abrange o isolamento no laboratório e aplicação do produto no campo. Ainda no laboratório, um dos motivos dessa limitação são os meios de cultura que são utilizados e a forma de manejo no bioprocessos (Abreu & Tutunji, 2004). A manutenção e multiplicação do microrganismo por meio de repicagens contínuas pode causar redução da sua eficiência (Unfer et al., 2019), portanto diferentes estratégias são necessárias para manter os bancos de microrganismos viáveis por longos períodos.

Após a elaboração do produto, fatores ambientais como dessecação, calor, luz e UV podem reduzir a

atividade microbiana, portanto a eficiência desses produtos é significativamente influenciada pelas condições de armazenamento, comercialização e aplicação (Essiedu et al., 2020; Guo et al., 2020). Nesse sentido, é necessário otimizar o armazenamento desses agentes biológicos afim de minimizar custos e ampliar a funcionalidade do produto (Rezende et al., 2021).

No caso de bioprodutos a base de óleos essenciais e extratos vegetais, a exposição ao calor e luz também podem reduzir a eficiência do produto. Outros desafios para este grupo de bioprodutos incluem o seu potencial efeito fitotóxico, a volatilidade e a instabilidade (Sarmah et al., 2024).

Para contornar as limitações apresentadas, a bioencapsulação, abordada no tópico 3 deste capítulo, tem se mostrado promissora. Esta tecnologia apresenta benefícios quanto a sobrevivência, além de garantir a liberação controlada dessas bactérias ao longo da safra (Wilson et al., 2020). Além disso, atua

estabilidade, persistência de liberação, redução da fitotoxicidade e dispersibilidade em água de produtos botânicos (Dunan et al., 2023).

## **6. Formulações de produtos usados no controle de pragas no Brasil**

Diversas formulações de inseticidas estão disponíveis no mercado, sendo que as mais utilizadas refletem tanto a facilidade de aplicação quanto a eficiência agrônômica. Em 2025, entre 79 inseticidas químicos registrados no Brasil, a distribuição das formulações foi: 34% Suspensão Concentrada, 22% Concentrado Emulsionável, 19% Grânulos Dispersíveis em Água e outras formulações, conforme conta da Tabela 1.2. Para inseticidas microbiológicos, dos 60 produtos registrados, 47% são Pó Molhável, 43% Suspensão Concentrada, 3% Concentrado Emulsionável e 7% outras formulações, confirmando tendências já relatadas na literatura (Souza et al., 2023; Carvalho et al., 2017).

**Tabela 1.2.** Distribuição e características das formulações de inseticidas.

Formulações	Químicos (%)	Microbiológicos (%)	Características
Suspensão concentrada	34	43	Líquida, partículas sólidas em suspensão, baixa toxicidade, boa cobertura, exige agitação
Concentrado emulsionável	22	3	Líquida, uso de solventes, boa dispersão, risco toxicológico, não entope filtros facilmente
Grânulo dispersível	19		Sólida, dispersão em água, reduz poeira, fácil dosagem
Dispersão de óleo	6		Líquida, base oleosa, boa aderência, indicada para baixa umidade
Grânulo solúvel	5		Sólida, solubilidade rápida, fácil manuseio
Emulsão óleo/água	4		Líquida, mistura óleo/água, reduz fitotoxicidade
Pó solúvel	3		Sólida, solubilidade total, risco de poeira
Suspensão de cápsulas	3		Líquida, liberação controlada, reduz exposição
Pó molhável		47	Sólida, diluição em água, alta concentração, risco de poeira, exige agitação

Fonte: MAPA, 2025.

## **7. Considerações finais**

As formulações conferem proteção, estabilidade e liberação controlada dos ingredientes ativos, o que aumenta a eficiência dos produtos usados no controle das pragas nos cultivos. Elas também possibilitam que os produtos usados sejam adaptados à cada alvo e cultura onde eles são utilizados devido as diferentes características de cada tipo de formulação. No mercado brasileiro há uma ampla variedade de formulações no tanto de produtos sintéticos como de bioprodutos o que possibilita a seleção do produto adequado a ser usado para cada situação. Além disso, a evolução das tecnologias usadas nas formulações faz com que cada vez mais os produtos a serem usados nos cultivos tenham maior eficiência no controle das pragas e que eles sejam mais seguros a saúde dos trabalhadores rurais e consumidores e que haja redução do impacto ambiental de suas aplicações.

## **10. Referências**

ABNT (2021). NBR 12679: Agrotóxicos e afins — Produtos técnicos, concentrados técnicos e formulações — Terminologia.

Abreu, M. M. V., & Tutunji, V. L. (2004). Implantação e manutenção da coleção de culturas de microorganismos do UniCEUB. *Universitas: Ciências da Saúde (encerrada)*, 2(2), 237-252.

Ahmad, M. F., Ahmad, F. A., Alsayegh, A. A., Zeyaulah, M., AlShahrani, A. M., Muzammil, K., Saati, A.A., Wahab, S., Elbendary, E. Y., Kambal, N., Abdelrahman, M. H., & Hussain, S. (2024). Pesticides impacts on human health and the environment with their mechanisms of action and possible countermeasures. *Heliyon*, 10(7).

Angellotti, G., Riccucci, C., Di Carlo, G., Pagliaro, M., & Ciriminna, R. (2024). Towards sustainable pest management of broad scope: sol-gel microencapsulation of *Origanum vulgare* essential oil. *Journal of Sol-Gel Science and Technology*, 112(1), 230-239.

Appah, S., Jia, W., Ou, M., Wang, P., & Asante, E. (2020). Analysis of potential impaction and phytotoxicity of surfactant-plant surface interaction in pesticide application. *Crop Protection*, 127, 104961.

Arcot, Y., Iepure, M., Hao, L., Min, Y., Behmer, S. T., & Akbulut, M. (2024). Interactions of foliar nanopesticides with insect cuticle facilitated through plant cuticle: effects of surface chemistry and roughness-topography-texture. *Plant Nano Biology*, 7, 100062.

Ayllón-Gutiérrez, R., Díaz-Rubio, L., Montaña-Soto, M., Haro-Vázquez, M. del P., & Córdova-Guerrero, I. (2024).

Applications of plant essential oils in pest control and their encapsulation for controlled release: A review. *Agriculture*, 14(10), 121766.

Barbosa, M. F., Sales, R. M. M., Galarza, F. A. D., Kruger, C. Q., Fávaro, L. C. D. L., & Quirino, B. F. (2025). Biological resources driving productivity: bioinputs for sustainable plant agriculture in Brazil. *Sustainable Microbiology*, 2(3), qvaf011.

Barbu, L. D. N., & Boiu-Sicuia, O. A. (2021). Plant-beneficial microbial inoculants and their formulation-a review. *Romanian Journal for Plant Protection*, 14.

Beknozarova, Z., & Nazirov, K. (2023). Study, production and environmental impact of arylamide derivatives of pesticide substances. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 410, p. 03033). EDP Sciences.

Bharti, V., & Ibrahim, S. (2020). Biopesticides: Production, formulation and application systems. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 9(10), 3931-3946.

Birch, H., Trac, N. L., & Mayer, P. (2018). New approaches for determining solubility of volatile liquid chemicals. In *SETAC Europe 28th Annual Meeting* (pp. 235-235). Society of Environmental Toxicology and Chemistry.

Buzzetti, K. (2018). Role of the formulation in the efficacy and dissipation of agricultural insecticides. In: Begum, G. (Ed.). *Insecticides - Agriculture and Toxicology*. London: IntechOpen. p.43-64.

Cannavacciuolo, C., Pagliari, S., Celano, R., Campone, L., & Rastrelli, L. (2024). Critical analysis of green extraction techniques used for botanicals: Trends, priorities, and optimization strategies-A review. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 173, 117627.

Carvalho, F. K., Antuniassi, U. R., Chechetto, R. G., Mota, A. A. B., de Jesus, M. G., & de Carvalho, L. R. (2017). Viscosity, surface tension and droplet size of sprays of different formulations of insecticides and fungicides. *Crop Protection*, 101, 19-23.

Castro, M. L., Jiménez-Carmona, M. M., & Fernández-Pérez, V. (1999). Towards more rational techniques for the isolation of valuable essential oils from plants. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 18(11), 708-716

Chen, L., Zhang, W., Du, H., Ding, X., Li, L., Chen, H., Gao, F., Cui, B., Gao, J., Cui, H., Yao, Y., & Zeng, Z. (2024). Enhancing safety through the biodegradable pesticide microcapsules produced via melt emulsification and interfacial polymerization. *Chemical Engineering Journal*, 483, 149407.

Chyzy, A., Tomczykowa, M., & Plonska-Brzezinska, M. E. (2020). Hydrogels as potential nano-, micro-and macro-scale systems for controlled drug delivery. *Materials*, 13(1), 188.

Dhaliwal, G. S., Jindal, V., & Dhawan, A. K. (2010). Insect pest problems and crop losses: changing trends. *Indian Journal of Ecology*, 37(1), 1-7.

Doğan, Y., & Keskin, N. (2020). Isolation of entomopathogenic fungi from Turkey soil and testing of different doses on *Galleria mellonella* (Lepidoptera: Pyralidae). *Communications Faculty of Sciences University of Ankara Series C Biology*, 29(2), 213-242.

Dunan, L., Malanga, T., Benhamou, S., Papaiconomou, N., Desneux, N., Lavoit, A. V., & Michel, T. (2023). Effects of essential oil-based formulation on biopesticide activity. *Industrial Crops and Products*, 202, 117006.

Esimbekova, E. N., Kalyabina, V. P., Kopylova, K. V., Lonshakova-Mukina, V. I., Antashkevich, A. A., Torgashina, I. G., ... & Kratasyuk, V. A. (2023). Enzyme Inhibition-based assay to estimate the contribution of formulants to the effect of commercial pesticide formulations. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(3), 2268.

Essiedu, J. A., Adepoju, F. O., & Ivantsova, M. N. (2020). Benefits and limitations in using biopesticides: A review. In *AIP conference proceedings* (Vol. 2313, No. 1, p. 080002). AIP Publishing LLC.

Ferreira, T. P., Haddi, K., Corrêa, R. F. T., Zapata, V. L. B., Piau, T. B., Souza, L. F. N., Santos, S. M. G., Oliveira, E. E., Jumbo, L. O. V., Ribeiro, B. M., Grisolia, C. K., Fidelis, R. R., Maia, A. M. S., & Aguiar, R. W. S. (2019). Prolonged mosquitocidal activity of *Siparuna guianensis* essential oil encapsulated in chitosan nanoparticles. *PLoS neglected tropical diseases*, 13(8), e0007624.

Gandarilla-Pacheco, F. L., de Luna-Santillana, E. D. J., Alemán-Huerta, M. E., Pérez-Rodríguez, R., & Quintero-Zapata, I. (2021). Isolation of native strains of entomopathogenic fungi from agricultural soils of northeastern Mexico and their virulence on *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae). *Florida Entomologist*, 104(4), 245-252.

Gašić, S. M., & Tanović, B. (2013). Biopesticide formulations, possibility of application and future trends. *Pesticides and Phytomedicine/Pesticidi i fitomedicina*, 28(2).

Ghosson, H., Raviglione, D., Salvia, M. V., & Bertrand, C. (2023). Characteristic response of formulation ingredients revealed by ultra high performance liquid chromatography-electrospray ionization-high resolution mass spectrometry-based untargeted screening of pesticides in soil. *Journal of Mass Spectrometry*, 58(7), e4962.

Guo, N., Wei, Q., & Xu, Y. (2020). Optimization of cryopreservation of pathogenic microbial strains. *Journal of Biosafety and Biosecurity*, 2(2), 66-70.

Gupta, I., Singh, R., Muthusamy, S., Sharma, M., Grewal, K., Singh, H. P., & Batish, D. R. (2023). Plant essential oils as biopesticides: Applications, mechanisms, innovations, and constraints. *Plants*, 12(16), 2916.

Gutiérrez, Y., Alarcón, K. A., Ortiz, C., Santos-Holguín, J. M., García-Riaño, J. L., Mejía, C., ... & Uribe-Gutiérrez,

L. (2024). Isolation and characterization of a native strain of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* for the control of the palm weevil *Dynamis borassi* (Coleoptera: Curculionidae) in the neotropics. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 40(9), 260.

He, J., Li, J., Gao, Y., He, X., & Hao, G. (2023). Nano-based smart formulations: A potential solution to the hazardous effects of pesticide on the environment. *Journal of Hazardous Materials*, 456, 131599.

Hergueta-Castillo, M., López-Ruíz, R., Frenich, G., & Romero-González, R. (2022). Characterization of the composition of plant protection products in different formulation types employing suspect screening and unknown approaches. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 102, 5995 - 6004.

Huang, L., & Jiang, G. (2024). Photothermal controlled-release microcapsule pesticide delivery systems constructed with sodium lignosulfonate and transition metal ions: construction, efficacy and on-demand pesticide delivery. *Pest Management Science*, 80(6), 2827-2838.

Isman, M. B. (2020). Commercial development of plant essential oils and their constituents as active ingredients in bioinsecticides. *Phytochemistry reviews*, 19(2), 235-241.

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.

Kalyabina, V. P., Esimbekova, E. N., Kopylova, K. V., & Kratasyuk, V. A. (2021). Pesticides: formulants, distribution pathways and effects on human health—a review. *Toxicology reports*, 8, 1179-1192.

Kapeleka, J. A., & Mwema, M. F. (2024). State of nano pesticides application in smallholder agriculture production systems: human and environmental exposure risk perspectives. *Heliyon*, 10(20).

Kariyanna, B., Ratnala, S., Panda, S., & Sainath, G. (2024). Formulations of Biopesticides: Techniques, Applications, Challenges and Future Prospects. *HEXAPODA*, 97-113.

Koleva, I. Z., Kamenova, K., Petrov, P. D., & Tzachev, C. T. (2025). Water-Soluble Formulations of Curcumin and Eugenol Produced by Spray Drying. *Pharmaceuticals*, 18(7), 944.

Kumar, R., Kumar, N., Rajput, V. D., Mandzhieva, S., Minkina, T., Saharan, B. S., Kumar, D., Sadh, P. K., & Duhan, J. S. (2022). Advances in biopolymeric nanopesticides: A new eco-friendly/eco-protective perspective in precision agriculture. *Nanomaterials*, 12(22), 3964.

Kumar, V., Ahluwalia, V., Saran, S., Kumar, J., Patel, A. K., & Singhanian, R. R. (2021). Recent developments on solid-state fermentation for production of microbial

secondary metabolites: Challenges and solutions. *Bioresource Technology*, 323, 124566.

La Iacona, M., Scavo, A., Lombardo, S., & Mauromicale, G. (2025). The Exploitation of Nanotechnology in Herbicides and Bioherbicides: A Novel Approach for Sustainable Weed Management. *Agronomy*, 15(1), 228.

Le Cor, F., Banas, D., & Dauchy, X. (2021). Étangs et qualité des cours d'eau de têtes de bassins versants agricoles: impact sur le devenir des pesticides et leurs produits de transformation.

Li, X., Wang, X., Sun, C., Wang, A., An, C., Li, N., Shen, Y., Hu, J., Liu, H., Xie, J., Luo, D., & Wang, Y. (2025). A unimolecule nanopesticide delivery system applied in field scale for enhanced pest control. *Nature Communications*, 16(1), 6809.

Lin, F., Mao, Y., Zhao, F., Idris, A. L., Liu, Q., Zou, S., Guan, X., & Huang, T. (2023). Towards sustainable green adjuvants for microbial pesticides: recent progress, upcoming challenges, and future perspectives. *Microorganisms*, 11(2), 364.

Liu, J. K. (2022). Natural products in cosmetics. *Natural products and bioprospecting*, 12(1), 40.

Ma, Z., Zhang, B., Fan, Y., Wang, M., Kebebe, D., Li, J., & Liu, Z. (2019). Traditional Chinese medicine combined with hepatic targeted drug delivery systems: A new strategy for the treatment of liver diseases. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 117, 109128.

Machado, T. O., Grabow, J., Sayer, C., de Araújo, P. H., Ehrenhard, M. L., & Wurm, F. R. (2022). Biopolymer-based nanocarriers for sustained release of agrochemicals: A review on materials and social science perspectives for a sustainable future of agri-and horticulture. *Advances in Colloid and Interface Science*, 303, 102645.

MAPA – MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. AGROFIT: sistema de agrotóxicos fitossanitários. Brasília: MAPA, 2025. Disponível em: <[http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principa\\_l\\_agrofit\\_cons](http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principa_l_agrofit_cons)>. Acesso em: 12 abr. 2026.

Mejías, F. J., Trasobares, S., Varela, R. M., Molinillo, J. M., Calvino, J. J., & Macias, F. A. (2021). One-step encapsulation of ortho-disulfides in functionalized zinc MOF. Enabling metal–organic frameworks in agriculture. *ACS Applied Materials & Interfaces*, 13(7), 7997-8005.

Memela, N. S., Rutherford, R. S., & Schmidt, S. (2024). Endophytic *Beauveria bassiana* in sugarcane and associated *Eldana saccharina* host plants in South Africa. *Biocontrol*, 69(4), 397-411.

Mushtaq, A., Wani, S. M., Malik, A. R., Gull, A., Ramniwas, S., Nayik, G. A., Ercisli, S., Marc, R. A., Ullah, R., & Bari, A. (2023). Recent insights into Nanoemulsions: Their preparation, properties and applications. *Food Chemistry: X*, 18, 100684.

Mustafa, I. F., & Hussein, M. Z. (2020). Synthesis and technology of nanoemulsion-based pesticide formulation. *Nanomaterials*, 10(8), 1608.

Paau, A. S. (1988). Formulations useful in applying beneficial microorganisms to seeds. *Trends in Biotechnology*, 6(11), 276-279.

Páramo, L. A., Feregrino-Pérez, A. A., Guevara, R., Mendoza, S., & Esquivel, K. (2020). Nanoparticles in agroindustry: Applications, toxicity, challenges, and trends. *Nanomaterials*, 10(9), 1654.

Pavoni, L., Perinelli, D. R., Bonacucina, G., Cespi, M., & Palmieri, G. F. (2020). An overview of micro-and nanoemulsions as vehicles for essential oils: Formulation, preparation and stability. *Nanomaterials*, 10(1), 135.

Pessoa, P. H., Silva, H. A., Silva Lima, L., Assis, R. B., Neres, N. A., Almeida, J. C., Cabral Filho, F. R., & Andrade, C. L. L. (2024). Chemical characteristics and compatibility of mixtures at different agricultural application rates. *Brazilian Journal of Science*, 3(7), 89-114.

Ramasamy, A., Suresh, M., & Mallesh, M. S. H. (2020). Toxicity evaluation of Aphidicidal crystalliferous toxins from *Bacillus thuringiensis* strains: a molecular study. *Annals of Microbiology*, 70(1), 52.

Rezende, C. C., Silva, M. A., Frasca, L. D. M., Faria, D. R., Filippi, M. D., Lanna, A. C., & Nascente, A. S. (2021). Multifunctional microorganisms: use in agriculture.

Research, Society and Development, 10(2), e50810212725.

Riseh, R. S., Vatankhah, M., Hassanisaadi, M., & Kennedy, J. F. (2024). Macromolecules-based encapsulation of pesticides with carriers: A promising approach for safe and effective delivery. *International Journal of Biological Macromolecules*, 269, 132079.

Santos, C. A. M. D., Santos, R. T. D. S., Della'Vechia, J. F., Griesang, F., Polanczyk, R. A., & Ferreira, M. D. C. (2019). Effect of addition of adjuvants on physical and chemical characteristics of Bt bioinsecticide mixture. *Scientific Reports*, 9(1), 12525.

Santos, J. S., Pontes, M. S., & Azevedo, R. A. (2025). Nanoformulations in agriculture food safety vs environmental safety. *Trends in Plant Science*.

Sarmah, K., Anbalagan, T., Marimuthu, M., Mariappan, P., Angappan, S., & Vaithiyanathan, S. (2024). Innovative formulation strategies for botanical-and essential oil-based insecticides. *Journal of Pest Science*, 98(1), 1-30.

Schmaltz, S., Silva, M. A., Ninaus, R. G., Guedes, J. V. C., Zobot, G. L., Tres, M. V., & Mazutti, M. A. (2023). Biomolecules in modern and sustainable agriculture. *3 Biotech*, 13(2), 70.

Seibert, J. B., & Arioni, T. R. (2023). Desafios enfrentados no desenvolvimento de formulações de bioinsumos. In *Bioinsumos: Revista Visão Agrícola* (Ed.

15, pp. 85–90). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – Universidade de São Paulo.

Sharma, L., Bohra, N., Rajput, V. D., Quiroz-Figueroa, F. R., Singh, R. K., & Marques, G. (2020). Advances in entomopathogen isolation: a case of bacteria and fungi. *Microorganisms*, 9(1), 16.

Sharma, S. B., Jain, S., & Ganesan, K. (2019). Preformulation Studies of Pralidoxime Chloride for Formulation Development of Microspheres. *Journal of Drug Delivery & Therapeutics*, 9.

Silva, R. Y., Menezes, D. L. de, Oliveira, V. D. S., Converti, A., & Lima, Á. A. de. (2023). Microparticles in the development and improvement of pharmaceutical formulations: an analysis of in vitro and in vivo studies. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(6), 5441.

Souza, M. C. O., Cruz, J. C., Cesila, C. A., Gonzalez, N., Rocha, B. A., Adeyemi, J. A., Nadal, M., Domingo, J. L., & Barbosa, F. (2023). Recent trends in pesticides in crops: A critical review of the duality of risks-benefits and the Brazilian legislation issue. *Environmental Research*, 228, 115811.

Sowmiya, S., Hemalatha, M., & Joseph, M. (2025). Controlled release formulations of encapsulated herbicide enhances herbicide activity as a tool for agroecotoxicity. *Journal of Molecular Structure*, 1324, 140759.

Stejskal, V., Vendl, T., Aulicky, R., & Athanassiou, C. (2021). Synthetic and natural insecticides: Gas, liquid, gel and solid formulations for stored-product and food-industry pest control. *Insects*, 12(7), 590.

Sun, Z., Zhao, R., Yu, M., Liu, Y., Ma, Y., Guo, X., Gu, Y., Formstone, C., Xu, Y., & Wu, X. (2024). Enhanced dosage delivery of pesticide under unmanned aerial vehicle condition for peanut plant protection: tank-mix adjuvants and formulation improvement. *Pest Management Science*, 80(3), 1632-1644.

Šunjka, D., & Mechora, Š. (2022). An alternative source of biopesticides and improvement in their formulation—recent advances. *Plants*, 11(22), 3172.

Swoboda, P., Döring, T. F., & Hamer, M. (2022). Remineralizing soils? The agricultural usage of silicate rock powders: A review. *Science of The Total Environment*, 807, 150976.

Tavares, R. M., & Cunha, J. P. A. R. D. (2023). Pesticide and adjuvant mixture impacts on the physical–chemical properties, droplet spectrum, and absorption of spray applied in soybean crop. *AgriEngineering*, 5(1), 646-659.

Travers, R. S., Martin, P. A., & Reichelderfer, C. F. (1987). Selective process for efficient isolation of soil *Bacillus* spp. *Applied and environmental microbiology*, 53(6), 1263-1266.

Tunay, O., & Kabdasli, I. (2010). Chemical oxidation applications for industrial wastewaters. Iwa publishing.

Unfer, R. K., Portela, V. O., Santana, N. A., Moro, L., Santos, Í. C. S., Castro, I. A., freiberg, J. A., & Seminoti, R. J. Métodos De Preservação De Fungos Em Laboratório.

Uwineza, P. A., & Waśkiewicz, A. (2020). Recent advances in supercritical fluid extraction of natural bioactive compounds from natural plant materials. *Molecules*, 25(17), 3847.

Verma, M. L., Kumar, A., Chintagunta, A. D., Samudrala, P. J. K., Bardin, M., & Lichtfouse, E. (2024). Microbial production of biopesticides for sustainable agriculture. *Sustainability*, 16(17), 7496.

Vučković, N., Prlainović, N., Glođović, N., Čalija, B., Milosavljević, N., Kalagasidis Krušić, M., & Milašinović, N. (2024). Novel chitosan and N-isopropylacrylamide-grafted-dextran-based microformulations as effective oral drug delivery system. *Journal of the Iranian Chemical Society*, 21(3), 781-792.

Wan, N., Fu, L., Dainese, M., Kiær, L., Hu, Y., Xin, F., Goulson, D., Woodcock, B., Vanbergen, A., Spurgeon, D., Shen, S., & Scherber, C. (2025). Pesticides have negative effects on non-target organisms. *Nature Communications*, 16.

Wilson, K., Grzywacz, D., Curcic, I., Scoates, F., Harper, K., Rice, A., Paul, N., & Dillon, A. (2020). A novel formulation technology for baculoviruses protects biopesticide from degradation by ultraviolet radiation. *Scientific Reports*, 10(1), 13301.

Wu, J., Yang, R., Zheng, Q., Wei, L., Wang, B., Yan, W., ... & Zhang, P. (2024). Effect of *Brucea javanica* oil on the toxicity of  $\beta$ -cypermethrin emulsifiable concentrate formulation. *ACS Applied Materials & Interfaces*, 16(8), 9713-9724.

Zhao, M., Chen, Z., Hao, L., Chen, H., Zhou, X., & Zhou, H. (2023). CMC based microcapsules for smart delivery of pesticides with reduced risks to the environment. *Carbohydrate polymers*, 300, 120260.

Zhao, M., Li, P., Zhou, H., Hao, L., Chen, H., & Zhou, X. (2022). pH/redox dual responsive from natural polymer-based nanoparticles for on-demand delivery of pesticides. *Chemical Engineering Journal*, 435, 134861.

Zipoli, F., Baldassari, C., Manica, M., Born, J., & Laino, T. (2024). Growing strings in a chemical reaction space for searching retrosynthesis pathways. *npj Computational Materials*, 10(1), 101.

## Capítulo 2

### **Manejo integrado de pragas em pomares de banana**

*Ana Beatriz M. Piffer, Nancy M. Sena, Ana Gabrielle S. Novais, Damaris R. Freitas, Leandro M. Simões, Marcelo C. Picanço*

#### **1 Introdução**

A banana (*Musa* spp.) é a fruta mais consumida no mundo. Seus pomares são conduzidos em regiões tropicais e eles têm grande importância econômica, alimentar e social. Seus frutos são ricos em carboidratos, fibras, vitaminas, sais minerais e antioxidantes (Zou et al., 2022; FAO, 2025). Em 2024 foram produzidos 139,41 milhões de toneladas de frutos de banana no mundo em 5,88 milhões de hectares (FAO, 2026). Cada hectare cultivado com banana no Brasil em 2024 gerou em média uma receita de R\$ 34.176,53 (IBGE, 2026). Os cultivos de banana têm grande importância social por eles serem conduzidos principalmente por agricultores familiares e suas atividades gerarem cerca de 500 mil empregos diretos no Brasil. Cada hectare cultivado com banana no Brasil gera 2,7 postos de trabalho, sendo que 0,7 de forma direta e dois de forma indireta (Rodrigues, 2017; CNA, 2021).

Os insetos pragas são os maiores causadores de perdas nos pomares de banana podendo causar até 100% de perdas. Essas perdas podem ser quantitativas ou qualitativas e causadas de forma direta ou indireta (Ocan et al., 2008). O controle eficiente das pragas é um dos fatores importantes para obtenção de altas produtividades nos pomares de banana. Os programas de manejo integrado de pragas constituem a forma mais eficiente e sustentável de controle desses organismos. Eles são compostos por diagnose, tomada de decisão e métodos de controle (Picanço et al., 2014). Assim, nesse capítulo de livro é abordado sobre os componentes de programa de manejo integrado de pragas em pomares de banana.

## **2 Diagnose**

No componente diagnose dos programas de manejo integrado de pragas são identificadas as pragas, descritos os fatores favoráveis a elas e os pontos críticos de seu controle (Picanço et al., 2014).

## **2.1 Identificação das pragas**

Os principais grupos de pragas associados aos cultivos de banana no Brasil são os besouros broqueadores de rizoma e do pseudocaule, lagartas e pragas das flores (Lacerda et al., 2019; McGuire & Northfield, 2021; Padmanaban & Mani, 2022; Valadares et al., 2023). A seguir temos a chave de identificação desses insetos. A descrição se inicia com o número índice desta chave, que representa o primeiro passo da chave. Em seguida está a descrição do ataque da praga que será utilizado na identificação. Por fim, temos o número de referência da possível praga, sendo o próximo passo desta chave de identificação.

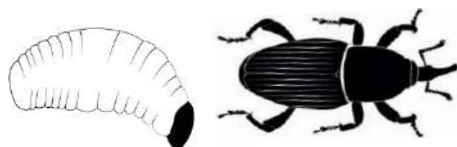
Os passos devem ser seguidos até que se chegue ao nome específico da praga (Gallo et al., 2002). Como exemplo, suponha que para ser identificada uma praga que ataca o rizoma da bananeira, sua larva é branca, semitransparente, e seu adulto mede cerca de 12 mm de comprimento. Nesta situação escolhe-se o número 1a da chave (já que a praga ataca o rizoma da planta). Ao final desta linha há o número de referência 2. Desta forma, deve-se buscar o número de referência da praga 2a ou 2b.

Baseado na descrição da praga que se encontra na linha correspondente aos números de referência 2a e 2b, escolhe-se o número 2a (já que o adulto do inseto causador do dano é uma praga de rizoma com cor preta). Finalmente se identifica como a broca do rizoma *Cosmopolites sordidus*.

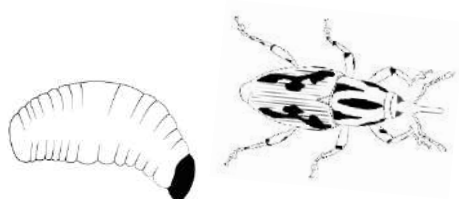
### **2.1.1 Chave de identificação das principais pragas nos cultivos de banana**

- 1a. A praga confecciona galerias no rizoma e no pseudocaule da bananeira.....2
- 1b. A praga ataca os frutos jovens e flores do coração. Deixa os frutos manchados e podem ocasionar a sua rachadura.....3
- 1c. A praga confecciona galerias no engaço da bananeira atingindo os frutos. Pode também atacar diretamente os frutos.....4
- 1d. A praga ataca a quina de frutos jovens e flores do coração, causando lesões.....5

2a. A larva é branca, semitransparente (trato digestivo visível), ápoda (sem pernas), possui cabeça marrom e ao se desenvolver completamente, tem cerca de 12 mm de comprimento. O adulto é de coloração preta e possui entre 10 e 15 mm de comprimento.....**Broca do rizoma ou moleque da bananeira *Cosmopolites sordidus***



2b. A larva é branca, semitransparente (trato digestivo visível), ápoda (sem pernas), ao se desenvolver completamente tem cerca de 12 mm de comprimento. O adulto é de coloração castanho-amarronzada com machas e faixas pretas distribuídas de forma simétrica ao longo do corpo e possui entre 13 e 16 mm de comprimento.....**Broca do pseudocaule ou falso moleque da bananeira *Metamasius hemipterus***



3a. As ninfas possuem coloração amarela quando recém-eclodidas e se alimentam por alguns dias antes de mudarem para o segundo estágio ninfal, que é amarelo ou laranja. Os adultos são pequenos, com cerca de 1 mm de comprimento. Possuem corpo alongado e estreito, com coloração amarelo-clara a marrom, com manchas pretas ao longo do corpo e dois pares de asas franjadas.....**Tripes da ferrugem dos frutos *Chaetanaphothrips spp.***



3b. As ninfas possuem coloração amarela quando recém-eclodidas, no segundo estágio ninfal possuem a coloração amarela ou laranja. Os adultos são pequenos, com cerca de 1 mm de comprimento. Possuem corpo alongado e estreito, com coloração amarelo-clara a marrom e dois pares de asas franjadas.....

**Tripes da erupção dos frutos *Frankliniella spp.***



4. As lagartas podem atingir até 3,5 cm de comprimento, possuem coloração esbranquiçada ou verde pálido e semitransparente (trato digestivo visível), cabeça marrom avermelhada e marcas escuras na parte superior e nas laterais do corpo. O adulto possui corpo marrom-amarelado, com as asas dianteiras podendo apresentar faixas longitudinais marrons mais escuras. O corpo mede cerca de 11 mm de comprimento e envergadura de 9 a 25 mm.....**Traça da bananeira *Opogona sacchari***



5. Os adultos possuem corpo preto reluzente, medem entre 5 e 7 mm de comprimento e 2 e 3 mm de largura, não possuem ferrão, usam as mandíbulas como palpos para beliscar e cortar materiais vegetais.....**Abelha Arapuá ou abelha cachorro *Trigona spinipes***



## **2.2. Bioecologia das pragas**

A seguir é descrita a biologia das pragas nos cultivos de banana.

### **2.2.1 Broca do rizoma ou Moleque da bananeira (*Cosmopolites sordidus*)**

A duração do ciclo de vida da broca do rizoma é de 30 a 40 dias. As fêmeas adultas ovipositam em média de 35 a 53 ovos nas bainhas das folhas do rizoma da bananeira. As larvas vão eclodir entre 7 e 14 dias após a oviposição (Koppenhöfer, 1993). Após a eclosão, as larvas se alimentam criando galerias no rizoma da bananeira, causando um dano severo a planta e servindo de entrada para patógenos. Ficam na fase de lagarta entre 2 e 6 semanas. As pupas formadas ficam escondidas dentro do rizoma, e os adultos emergem em média após 6 a 8 dias (Koppenhöfer, 1993; Padmanaban & Mani, 2022; Dassou et al., 2024).

Os adultos geralmente não voam e têm maior atividade noturna, em que ocorre sua movimentação para acasalamento e postura dos ovos. Além disso, a

sua movimentação é baixa, sendo sua disseminação realizada via material vegetal, principalmente mudas, contaminado (Dassou et al., 2024).

### **2.2.2 Broca do pseudocaule ou falso moleque da bananeira (*Metamasius hemipterus*)**

A broca do pseudocaule possui ciclo com duração de aproximadamente 140 dias (Weissling et al., 2003). As fêmeas adultas ovipositam nas bainhas das folhas do pseudocaule da bananeira. Elas ovipositam em média 51 ovos ao longo do seu ciclo. As larvas vão eclodir em média 8 dias após a oviposição (Cave et al., 2006). Após a eclosão, as larvas criam galerias para se alimentar, causando um dano severo no pseudocaule da planta e servindo de entrada para patógenos (Costa-Menezes et al., 2021). As pupas formadas ficam escondidas dentro do pseudocaule, e os adultos emergem em média após 5 a 14 dias (Weissling et al., 2003; Cave et al., 2006). Os adultos vivem cerca de 30 dias e não possuem hábito de voar, assim, sua disseminação tende a ser realizada via material vegetal, principalmente mudas contaminadas (Cave et al. 2006; Costa-Menezes et al., 2021).

### **2.2.3 Tripes (*Chaetanaphothrips* spp. e *Frankliniella* spp.)**

As fêmeas desses insetos depositam ovos com formato de rim de coloração amarelo-claro, no tecido vegetal das flores, no coração da bananeira ou nos pequenos frutos imaturos (Padmanaban & Mani, 2022). Ao eclodir após 6 a 9 dias, as ninfas se alimentam raspando o tecido vegetal que desenvolve manchas cor de ferrugem ou pequenas erupções e ao longo do crescimento, em casos severos, podem levar ao aparecimento de rachaduras nos frutos. Após 8 a 10 dias as ninfas vão para o solo onde se tornam pupas. Entre 6 e 10 dias os novos adultos emergem para infestar novas plantas (Padmanaban & Mani, 2022). O ciclo completo dura em média 28 dias. Essa praga é de difícil controle, sendo altamente sujeita a desenvolver resistência a inseticidas químicos sintéticos.

#### **2.2.4 Traça da bananeira (*Opogona sacchari*)**

A fase de ovo tem duração média de 7 a 8 dias. Após a eclosão, as lagartas permanecem nessa fase em média 20 dias. As lagartas formam galerias que servem como porta de entrada de fungos oportunistas e causam apodrecimento local. Elas permanecem na fase de lagarta em média 16 dias. Após isso, se tornam pupas, e posteriormente ocorre a emergência dos adultos. O ciclo de vida da traça da bananeira dura em média 43 dias (Lacerda et al., 2019; Hinz et al., 2020).

#### **2.2.5 Abelha arapuá (*Trigona spinipes*)**

As abelhas cachorro possuem entre 5 e 7 mm de comprimento e 2 a 3 mm de largura. Os adultos possuem coloração escura e não possuem ferrão. As fases de ovo, larva, pupa e adulto vivem em colônias (Zucchi et al., 1993; Valadares et al., 2023). As mandíbulas desenvolvidas dessas abelhas são utilizadas para raspar o tecido vegetal causando a exsudação de resinas. A resina é utilizada para a formação dos seus ninhos. Com isso, causam danos às casas dos frutos em forma de pontuações escuras que depreciam o seu valor comercial (Gazel et al., 2004; Moura et al., 2017).

### **2.3 Fatores favoráveis às pragas**

A umidade e temperatura são os principais fatores favoráveis às pragas presentes nos pomares de banana no Brasil (Alpizar et al., 2012). Esses elementos afetam o desempenho biológico das espécies favorecendo a disseminação e permanência dos insetos nas áreas cultivadas (Tabela 2.1).

### **2.4 Pontos críticos ao ataque das pragas**

Para a realização do controle eficiente das pragas citadas, é importante conhecer seus pontos críticos de controle (Picanço et al., 2014). O controle das brocas do rizoma e do pseudocaule é dificultado devido a necessidade de atingir os adultos antes deles ovipositarem no pseudocaule (Costa-Menezes et al., 2021; Tresson et al., 2021;). Já as lagartas da traça da bananeira ficam protegidas no interior do caule, o que dificulta o seu atingimento pelos métodos de controle (CABI, 2024).

**Tabela 2.1.** Pragas de cultivos de banana e fatores favoráveis.

Nome Comum	Fatores favoráveis
Moleque da bananeira	Ambientes escuros, excesso de umidade e presença de material vegetal
Falso moleque da bananeira	
Tripes da erupção dos frutos	Presença de inflorescências no pomar. Umidade e temperatura mais elevadas são favoráveis a emergência de inflorescências
Tripes da ferrugem dos frutos	
Traça da bananeira	Temperaturas mais amenas e inverno seco
Abelha cachorro	Presença de flores e néctar, alta temperatura e luminosidade, baixa umidade relativa e vento

Fonte: Lacerda et al., 2019; Santos et al., 2021; Soares et al., 2021; Sutil et al., 2022; Santos et al., 2023; Dassou et al., 2024.

Para os tripes e a abelha cachorro a remoção do coração das bananeiras e o ensacamento dos cachos antes do ataque desses insetos é um ponto crucial no seu controle. Além disso, no controle de tripes com inseticidas é necessárias três aplicações sucessivas. (Drizou et al., 2023; Juncá-Morales et al., 2025).

### **3 Sistemas de tomada de decisão**

Para que o controle seja feito no momento correto, e evitar perdas econômicas aos produtos, é necessário a utilização de sistema de tomada de decisão adequado. Ele irá indicar a necessidade de controle ou não da praga (Picanço, 2010). A tomada de decisão é constituída por planos de amostragem e índice de tomada, onde o mais usado é o nível de dano econômico (NDE) (Picanço, 2010).

O plano de amostragem consiste de procedimentos para determinação da densidade da praga no pomar. Inicialmente, recomenda-se a estratificação da área de cultivo em talhões homogêneos, se baseando em características como genótipo, idade das plantas, espaçamento, sistema de

condução, tipo de solo e condições topográficas (Picanço, 2010). A amostragem deve ser realizada em pontos equidistantes do talhão, avaliando o órgão da planta atacado pelo inseto. Para pragas broqueadoras de caule rizoma e pseudocaule a avaliação do inseto deve ser feita em armadilhas do tipo queijo ou do tipo telha, para os tripses deve ser realizada a contagem direta dos insetos, para a traça da bananeira a contagem dos frutos atacados e para a abelha cachorro contagem de flores atacadas (Picanço, 2010). As amostragens devem ser realizadas em períodos fenológicos críticos, nos quais se observa maior suscetibilidade ou ocorrência da praga. A periodicidade das avaliações deve ser semanal ou quinzenal (Picanço, 2010).

A densidade do inseto encontrada no monitoramento deve ser comparada ao seu NDE. Se a densidade encontrada for maior ou igual que o NDE a praga deve ser controlada. Já se a densidade encontrada for menor que o NDE a praga não precisa ser controlada. O NDE para as brocas do rizoma e do pseudocaule é de 5 adultos por armadilha, tripses 2

insetos/amostra, traça da bananeira 5% de frutos atacados e 5% de flores atacadas para a abelha cachorro (Picanço, 2010).

#### **4 Métodos de controle**

O controle das pragas em pomares de banana deve ser feito utilizando o Manejo Integrado de Pragas (MIP). Assim, diversas medidas de controle devem ser empregadas para um controle eficiente das pragas, e no momento em que atingirem o NDE (Prokopy & Kogan, 2009).

##### **4.1 Controle cultural**

O controle cultural consiste na implementação de um conjunto de medidas que visam, primordialmente, à modificação do agroecossistema para torná-lo ecologicamente desfavorável ao desenvolvimento e à proliferação de populações de insetos praga (Picanço, 2010).

Entre as práticas mais críticas está a sanidade de materiais propagativos e mudas (Gallo et al., 2002). O uso de sementes ou propágulos isentos de

pragas constitui uma das medidas mais eficazes para prevenir a introdução e o estabelecimento inicial de insetos praga nas áreas de cultivo. Essa prática reduz significativamente o risco de disseminação de organismos nocivos que podem ser veiculados pelo material propagativo e reforça a adoção preventiva dentro do manejo integrado de pragas (Picanço, 2010).

A destruição ou modificação de hospedeiros ou habitats alternativos é uma prática fundamental no controle cultural. Quando essas plantas alternativas são eliminadas, reduz-se a disponibilidade de abrigo e alimento, o que resulta em uma diminuição natural da população de insetos-praga (Picanço, 2010).

O desbaste de plantas por cova é uma técnica eficaz no controle das brocas do rizoma e pseudocaule e da traça da bananeira. As covas devem ter no máximo três plantas, a fim de reduzir a disponibilidade de alimento para os insetos (Picanço, 2010).

A eliminação do coração da bananeira logo após a formação do cacho, bem como o ensacamento dos cachos é utilizado no controle dos tripes e abelha

cachorro (Picanço, 2010). A redução da intensidade de ataque ocorre pela eliminação de abrigo para esses insetos e pela adição de barreira física ao ataque (Gallo et al., 2002). Já para a traça da bananeira, é recomendado rotineiramente a despistilagem antes que as flores sequem (Lichtemberg & Lichtemberg, 2011).

#### **4.2 Resistência de plantas**

No contexto específico da bananicultura a resistência de plantas é um tópico que necessita de mais estudos. Assim, os estudos existentes visam compreender a susceptibilidade das variedades a broca do rizoma e pseudocaule.

Embora todas as cultivares sejam suscetíveis à infestação pela broca do rizoma, a intensidade do ataque depende da interação genótipo-ambiente. Ela é modulada por fatores como as condições edafoclimáticas e o manejo agrônômico adotado, além da expressão varietal intrínseca (Dantas et al., 1999; Fancelli & Mesquita, 2008).

A literatura estabelece uma clara distinção no grau de susceptibilidade entre os grupos de cultivares.

Entre as cultivares consideradas altamente suscetíveis a *C. sordidus* destacam-se nanica, nanicão, terra, D'Angola, figo cinza e vermelho. Já as variedades que demonstram menor suscetibilidade à infestação incluem pacovan, prata, prata-anã, maçã e mysore. Elas podem ser recomendadas como opções preferenciais em regiões com alta pressão populacional da praga (Fancelli & Mesquita, 2008).

### **4.3 Controle comportamental**

O controle comportamental utiliza de técnicas que modulam o comportamento do inseto, visando o seu controle (Foster And & Harris, 1997). Há poucos estudos que envolva esse método de controle e pragas em pomares de banana.

O controle comportamental é indicado para a broca do rizoma e pseudocaule. Para isso é utilizado armadilhas do tipo queijo e tipo telha. A armadilha tipo queijo é confeccionada rebaixando as bananeiras que já produziram cachos a uma altura de 30 cm, e cortando novamente a 15 cm do solo. Os insetos são atraídos e se alojam entre as duas fatias. É a armadilha mais atrativa, uma vez que o rizoma permanece no solo. Já a armadilha tipo telha é

confeccionada por meio de um corte de longitudinal de 40 – 50 cm em um pedaço do pseudocaule de bananeira colhida. Assim, é formado duas iscas que são colocadas na base das plantas com as faces cortadas voltadas para o solo. Ela é a mais utilizada devido a facilidade de obtenção e preparo (Santos & Pereira, 2024).

Recomenda-se o uso de 40 a 100 iscas por hectare, de acordo com disponibilidade de mão-de-obra e o custo operacional. As armadilhas devem ser tratadas com inseticida, e substituídas a cada 15 – 20 dias (Raga, 2005; Picanço, 2010).

Pode também ser empregada a armadilha do tipo rampa ou poço. Ela consiste de um recipiente coletor que deve conter uma solução aquosa de detergente neutro a 3% para impedir que os insetos saiam da armadilha. Além disso, deve haver um sachê com feromônio, que deve ser colocado acima do solo, de forma a permitir a dispersão do odor. Os sachês são adquiridos em lojas agropecuários ou pela internet e instalados conforme recomendação do fabricante (Batista Filho et al., 2000).

## **4.4 Controle Biológico**

O controle biológico consiste na atuação de organismos vivos no controle de pragas, como predadores, parasitoides e patógenos. Objetiva promover o equilíbrio ecológico e reduzir a dependência de produtos químicos (Baker et al., 2020; Mantzoukas & Eliopoulos, 2020). Em pomares de banana, o controle biológico é uma estratégia promissora para o manejo de pragas, especialmente frente aos desafios impostos como resistência desenvolvida aos produtos químicos e a crescente demanda por alimentos livres de pesticidas (Padmanaban & Mani, 2022).

### **4.4.1 Controle Biológico Natural (Conservativo)**

O controle biológico conservativo objetiva preservar e estimular a presença dos inimigos naturais presentes no sistema por meio de práticas que visam aumentar a diversidade e a resiliência (Togni et al., 2021; França et al., 2023). Isso é feito por práticas como diversificação de plantas no entorno e dentro dos pomares, manutenção da vegetação nativa, uso

de plantas que ofereçam néctar e pólen para o inimigo natural e redução do uso de inseticidas de amplo espectro (Togni et al., 2021; Venzon et al., 2021).

A complexidade do sistema agrícola favorece a conectividade de habitats e o fluxo de inimigos naturais, o que pode aumentar tanto a diversidade quanto a abundância dessas espécies (Togni et al., 2021). Práticas naturais como a manutenção de cobertura vegetal, presença de gramíneas e a adoção de sistemas agroflorestais contribuem para o aumento da disponibilidade de recursos e locais de produção para os inimigos naturais (Togni et al., 2021; Padmanaban & Mani, 2022). A redução do uso de pesticidas e a adoção de práticas culturais compatíveis com a manutenção da biodiversidade são essenciais para o sucesso do controle biológico conservativo. Tais práticas não apenas aumentam a eficácia do controle biológico, mas também promovem serviços ecossistêmicos essenciais para a sustentabilidade do sistema produtivo.

#### **4.4.2 Controle Biológico Aplicado (Aumentativo)**

O controle biológico aplicado se dá por meio da liberação de inimigos naturais em pequenas ou em grandes quantidades (Padmanaban & Mani, 2022). No contexto dos pomares de banana, a liberação de grandes quantidades de parasitoides tem se mostrado eficaz no controle de pragas, reduzindo significativamente a necessidade de aplicações de inseticidas e mantendo os níveis populacionais das pragas sob controle (Del Pino et al., 2022; Dionisio & Calvo, 2022). Parasitoides de ovos tem sido investigado no controle da traça da bananeira, sendo o *Trichogramma atopovirilia* e *Trichogramma galloi* os mais eficientes (Carli et al., 2017).

No controle biológico aplicado, os predadores têm papel fundamental na redução das populações de pragas em sistemas agrícolas, incluindo os pomares de banana. A liberação de predadores no campo tem se mostrado eficaz no controle de pragas, reduzindo de forma significativa tanto a população e densidade desses organismos quanto os danos às frutas, que são o produto comercial (Singh et al., 2020; Dassou et al.,

2024). A diversidade e abundância dos predadores podem ser potencializadas por práticas de manejo, como o consórcio de culturas e a manutenção de vegetação diversificada, que fornecem abrigo e alimento alternativo para esses insetos (Putra & Sahnan, 2022; Dassou et al., 2024).

O uso de fungos entomopatogênicos, como *Beauveria bassiana* e *Metarhizium* spp., é destaque no controle de pragas como a broca do rizoma e do pseudocaule, apresentando altas taxas de mortalidade (Lozano-Soria et al., 2020; Garcia et al., 2023). Esses fungos podem ser aplicados diretamente no solo, em armadilhas ou em dispositivos combinados com feromônios, promovendo a infecção e morte das pragas (Garcia et al., 2023). Além disso, compostos voláteis produzidos por esses fungos têm efeito repelente sobre pragas, o que amplia as possibilidades do manejo integrado de pragas (Lozano-Soria et al., 2020). Já o fungo *B. bassiana* e *Isaria fumorosea* tem se mostrado promissor no controle dos tripes (Clercx et al., 2014; Padmanaban & Mani, 2022).

Estudos com o uso de nematoides entomopatogênicos vem ganhando destaque no controle da broca do rizoma e do pseudocaule (Holderness et al., 1999). Espécies como *Heterorhabditis bacteriophora*, *Heterorhabditis indica* e *Steinernema feltiae* podem causar a mortalidade de 100% dos indivíduos em condições de laboratório (Padilla-Cubas et al., 2010; Mwaitulo et al., 2011; Padmanaban & Mani, 2022).

#### **4.5 Controle Químico**

O controle químico refere-se ao uso de substâncias sintéticas ou naturais para eliminar ou reduzir populações de pragas. Embora seja eficaz a curto prazo, o uso indiscriminado de pesticidas pode causar resistência, contaminação ambiental, impactos negativos à saúde humana e redução da biodiversidade (Okolle et al., 2020; Méndez et al., 2023).

#### **4.5.1 Controle Químico Convencional**

O controle químico convencional baseia-se na aplicação de inseticidas sintéticos, frequentemente utilizados em larga escala para o manejo de pragas em diversas culturas, incluindo os pomares de banana (Padmanaban & Mani, 2022). No entanto, a dependência excessiva desses produtos pode acarretar o surgimento de populações de pragas resistentes e impactos nos organismos não-alvo, podendo ser efeitos letais ou subletais (Méndez et al., 2023). Estudos realizados identificaram resíduos de múltiplos ingredientes ativos em amostras de banana, levantando preocupações quanto à segurança alimentar e à saúde dos consumidores (Méndez et al., 2023). A aplicação de inseticidas feita com critério e tomando decisões com base no monitoramento de características do sistema é fundamental para minimizar os possíveis riscos.

No Brasil, o registro de produtos para controle químico é regulamentado por uma legislação específica que estabelece normas para pesquisa, produção, comercialização, utilização e fiscalização

desses produtos. Ela visa garantir a segurança para a saúde humana, animal e o meio ambiente. O processo de registro envolve a avaliação técnica de três órgãos federais: o Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA), a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) e o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) (Cione et al., 2024). Para que um produto seja aprovado, é necessário apresentar estudos toxicológicos, ecotoxicológicos, de eficácia, estabilidade, entre outros requisitos técnicos, conforme detalhado na legislação vigente (Magalhães et al., 2021).

Os produtos registrados e suas informações detalhadas, como ingredientes ativos, culturas autorizadas e restrições de uso, estão disponíveis publicamente na plataforma AGROFIT do MAPA, sendo base oficial de consulta para profissionais, pesquisadores e a sociedade em geral (Friedrich et al., 2021). Essa transparência é fundamental para o acompanhamento e fiscalização do uso de produtos químicos na agricultura brasileira. A seguir, é apresentada a Tabela 2.2 com os produtos registrados para controle químico de pragas dos pomares de banana disponíveis na plataforma AGROFIT.

**Tabela 2.2.** Produtos registrados no Brasil para controle de pragas de banana.

Ingrediente ativo	Grupo químico	Tecnologia de aplicação	Praga controlada
Fostiazato	Organofosforado	Isca com pseudocaule	Moleque da bananeira
Sordidim	Cetal bicíclico	Armadilha de solo com pseudocaule	Moleque da bananeira
Terbufós	Organofosforado	Aplicação em cova/torno de planta com matraca	Moleque da bananeira
Imidacloprido	Neonicotinóides	Equipamento costal estacionário turbo	Tripes da ferrugem dos frutos
Carbail	Metilcarbamato de naftila	Pulverização	Traça da bananeira
Tiacloprido	Neonicotinóides	Aplicação nos cachos	Tripes da ferrugem dos frutos

Fonte: Agrofit.

#### **4.5.2 Controle Químico Alternativo**

O controle químico alternativo envolve o uso de produtos de origem natural, como extratos botânicos e óleos essenciais, que apresentam menor toxicidade e impacto ambiental (Cakmak et al., 2022; Ngegba et al., 2022). Compostos derivados de plantas têm demonstrado eficácia no controle de pragas, podendo ser integrados ao manejo integrado de pragas para reduzir a dependência de produtos químicos convencionais (Okolle et al., 2020).

Bioinseticidas à base de extratos vegetais e óleos essenciais têm sido testados com sucesso no controle de pragas em bananais, apresentando alta eficiência e menor impacto sobre inimigos naturais (Cakmak et al., 2022). O neem (*Azadirachta indica*) é uma planta popularmente conhecida no controle de insetos praga, e tem efeito sobre pragas em pomares de banana (Benelli et al., 2017). Quando aplicado no controle da broca do rizoma ocasiona a dissuasão alimentar e mortalidade das larvas. As larvas sobreviventes apresentam menor tamanho e peso. Além disso, o composto inibi a oviposição pelos

adultos (Musabyimana et al., 2001; Sahayaraj & Kombiah, 2010; Okolle et al., 2020).

O uso de óleos essenciais em associação com fungos entomopatogênicos tem sido estudado como forma de potencializar a ação dos biocontroladores e ampliar o espectro de controle. Embora a literatura ainda seja inicial sobre a aplicação direta de óleos essenciais, há evidências de que a associação com *B. bassiana* pode aumentar a eficácia do controle. Além disso, pode contribuir para a redução da população de pragas resistentes a inseticidas convencionais (Silva, 2023).

## 5. Referências

Alpizar, D., Fallas, M., Oehlschlager, A. C., & Gonzalez, L. M. (2012). Management of *Cosmopolites sordidus* and *Metamasius hemipterus* in banana by pheromone-based mass trapping. *Journal of chemical ecology*, 38(3), 245-252.

Baker, B. P., Green, T. A., & Loker, A. J. (2020). Biological control and integrated pest management in organic and conventional systems. *Biological Control*, 140, 104095.

Batista Filho, A., Lamas, C., Almeida, J., & Saes, L. (2000). Eficiência da captura de *Cosmopolites sordidus* com

feromônio sintético. *Resumos Reunião Anual do Instituto Biológico*, 13.

Benelli, G., Canale, A., Toniolo, C., Higuchi, A., Murugan, K., Pavela, R., & Nicoletti, M. (2017). Neem (*Azadirachta indica*): towards the ideal insecticide?. *Natural product research*, 31(4), 369-386.

CABI. (2024). *Opogona sacchari* (banana moth). In *Invasive Species Compendium*. Centre for Agriculture and Bioscience International. Disponível em: <https://www.cabi.org/isc/datasheet/37954>. Acessado em 08 de abril de 2026.

Cakmak, T., Hernández-Suárez, E., Kaydan, M. B., Tange, D. A., Perera, S., & Piedra-Buena Díaz, A. (2022). Laboratory and field trials to identify reduced-risk insecticides for the control of the golden twin-spot moth *Chrysodeixis chalcites* (esper) (Lepidoptera: noctuidae) in banana plantations. *Agronomy*, 12(12), 3141.

Carli, M. D., Coelho, A., Milanez, J. M., Nardi, C., & Parra, J. R. P. (2017). Selection of *Trichogramma* species as potential natural enemies for the control of *Opogona sacchari* (Bojer). *Scientia Agricola*, 74(5), 401-404.

Cave, R. D., Duetting, P. S., Creel, O. R., & Branch, C. L. (2006). Biology of *Metamasius mosieri* (Coleoptera: Dryophthoridae), with a description of larval and pupal stages. *Annals of the Entomological Society of America*, 99(6), 1146-1153.

Cione, A. P., Santos, G. S., del Giudice Paniago, M., Sales, M., & Casallanovo, F. (2024). A new regulatory paradigm

for pesticide registration in Brazil: Comments on Recent Legislative Amendments (Law 14.785/2023). *Integrated Environmental Assessment and Management*, 20(3), 595-597.

Clercx, L., Arias Zambrano, M., Dulanto Bejarano, J., & Flores Espinoza, B. (2014). Towards biological control of red rust banana thrips in organic and conventional banana. In *XXIX International Horticultural Congress on Horticulture: Sustaining Lives, Livelihoods and Landscapes (IHC2014): 1105* (pp. 73-80).

CNA - Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil. (2021). Dia da Banana – Fruta é cultivada em todos os estados. Disponível em: [https://www.cnabrazil.org.br/noticias/dia-da-banana-fruta-e-cultivada-em-todos-os-estados?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.cnabrazil.org.br/noticias/dia-da-banana-fruta-e-cultivada-em-todos-os-estados?utm_source=chatgpt.com). Acessado em 25 de março de 2026.

Costa-Menezes, N. P., da Silva, V., Wanderley, M. J. A., dos Anjos, A. N., de Sousa Melo, T., & de Luna Batista, J. (2021). Use of bioinsecticide and sugarcane molasses in the management of *Cosmopolites sordidus* (Germar) and *Metamasius* spp. (Horn). *Científica*, 49(4), 158-164.

Dantas, J., Shepherd, K., Silva, S. D. O. E., Soares Filho, W. S., & Alves, E. (1999). A cultura da banana: aspectos técnicos, socioeconômicos e agroindustriais.

Dassou, A. G., Tovignan, S., Vodouhè, F., & Vodouhè, S. D. (2024). Meta-analysis of agroecological technologies and practices in the sustainable management of banana

pests and diseases. *Environment, Development and Sustainability*, 26(9), 21937-21954.

Del Pino, M., Cabello, T., & Hernández-Suárez, E. (2022). Biological control options for the golden twin-spot moth, *Chrysodeixis chalcites* (Esper) (Lepidoptera: Noctuidae) in Banana crops of the canary Islands. *Insects*, 13(6), 516.

Dionisio, M. A., & Calvo, F. J. (2022). Integrated management of *Chrysodeixis chalcites* esper (lepidoptera: Noctuidae) based on *Trichogramma achaeae* releases in commercial banana crops in the canary islands. *Agronomy*, 12(12), 2982.

Drizou, F., Redstone, S., & Salisbury, A. (2023). Impact and management of *Opogona sacchari* (Bojer, 1856) (Lepidoptera: Tineidae) in a display glasshouse in the United Kingdom. *EPPO Bulletin*, 53(3), 624-631.

Fancelli, M., & Mesquita, A. L. M. (2008). Manejo de pragas. *Informe Agropecuário*, 29(245), 66-77.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2025). Banana market review - Preliminary results 2024. Rome: FAO. 9p.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2026). FAOSTAT: Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/TCL>. Acessado em 25 de março de 2026.

Foster And, S. P., & Harris, M. O. (1997). Behavioral manipulation methods for insect pest-management. *Annual review of entomology*, 42(1), 123-146.

França, S., Silva, M., Silva, P., Rocha, N., Cruz, C., Macedo, A., Oliveira, M. M. F., Nogueira, D. C., Ribeiro, L. B., & Fernandes, F. (2023). Controle biológico conservativo de pragas no café. *Pacheco, CSGR; Santos, RP Agroecologia: produção e sustentabilidade em pesquisa, 4*.

Friedrich, K., Silveira, G. R. D., Amazonas, J. C., Gurgel, A. D. M., Almeida, V. E. S. D., & Sarpa, M. (2021). International regulatory situation of pesticides authorized for use in Brazil: potential for damage to health and environmental impacts. *Cadernos de saúde pública, 37*, e00061820.

Gallo, D., Nakano, O., Silveira Neto, S., Carvalho, R. P. L., Baptista, G. D., Berti Filho, E., Parra, J. R. P., Zucchi, R. A., Alves, S. B., Vendramim, J. D., Marchini, L. C., Lopes, J. R. S., & Omoto, C. (2002). *Entomologia agrícola*.

Garcia, G., Farias, G. D. G., Matos, A. D. S., Nomura, E., & MARinho-Prado, J. S. (2023). Dispositivos com *Beauveria bassiana* e feromônio no controle de *Metamasius hemipterus* em cultivos de banana.

Gazel Filho, A. B., Silva, R. A., Rodrigues, M., & Dias, J. (2018). Avaliação dos danos da abelha-cachorro em genótipos de bananeira no Estado do Amapá.

Hinz, R. H., Milanez, J. M., & da Silva, C. M. (2020). Aspectos biológicos da traça-da-bananeira. *Revista Agropecuária Catarinense, 24*(3).

Holderness, M., Bridge, J., & Gold, C. S. (1999). Pest management in organic systems. In *Organic Banana*

2000: *Towards an Organic Banana Initiative in the Caribbean: Report of the International Workshop on the Production and Marketing of Organic Bananas by Smallholder Farmers, 31 October-4 November 1999, Santo Domingo, Dominican Republic* (p. 133). Bioversity International.

IBGE – (2026). PAM - Produção Agrícola Municipal. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9117-producao-agricola-municipal-culturas-temporarias-e-permanentes.html?=&t=resultados>. Acesso em 25 de março de 2026.

Juncá-Morales, C., Catalán, J., Gómez-Martínez, M. A., Intrigliolo, D. S., & Tena, A. (2025). Moisture-dependent pupation of the invasive thrips *Chaetanaphothrips orchidii*: implications for its management. *Pest Management Science*, 81(3), 1539-1546.

Koppenhöfer, A. M. (1993). Observations on egg-laying behaviour of the banana weevil, *Cosmopolites sordidus* (Germar). *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 68(2), 187-192.

Lacerda, L. F., Coelho Jr, A., Garcia, A. G., Sentelhas, P. C., & Postali Parra, J. R. (2019). Biology at different temperatures, thermal requirements, and ecological zoning of *Opogona sacchari* (Lepidoptera: Tineidae). *Journal of economic entomology*, 112(4), 1676-1682.

Lichtemberg, L. A., & Lichtemberg, P. D. S. F. (2011). Avanços na bananicultura brasileira. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 33(spe1), 29-36.

Lozano-Soria, A., Picciotti, U., Lopez-Moya, F., Lopez-Cepero, J., Porcelli, F., & Lopez-Llorca, L. V. (2020). Volatile organic compounds from entomopathogenic and nematophagous fungi, repel banana black weevil (*Cosmopolites sordidus*). *Insects*, 11(8), 509.

Magalhães, N. M. G., Lima, R., & Espindola, L. S. (2021). Registro e perfil ecotoxicológico de produtos para controle de *Aedes aegypti*. *Vigilância Sanitária em Debate: Sociedade, Ciência & Tecnologia*, 9(1), 71-81.

Mantzoukas, S., & Eliopoulos, P. A. (2020). Endophytic entomopathogenic fungi: A valuable biological control tool against plant pests. *Applied Sciences*, 10(1), 360.

McGuire, A. V., & Northfield, T. D. (2021). Identification and evaluation of endemic *Metarhizium* strains for biological control of banana rust thrips. *Biological Control*, 162, 104712.

Méndez, J. M., Gutiérrez-Fernández, Á. J., Hardisson, A., Niebla-Canelo, D., Alejandro-Vega, S., Rubio-Armendáriz, C., & Paz-Montelongo, S. (2023). Pesticide residues in bananas from the Canary Islands. *Foods*, 12(3), 437.

Moura, R. S., de Souza, K. R., da Silva Souza, D., & Mendes, G. (2017). Danos em *Khaya ivorensis* provocado por *Trigona spinipes* na savana brasileira. *Acta Brasiliensis*, 1(1), 40-42.

Musabyimana, T., Saxena, R. C., Kairu, E. W., Ogol, C. P. K. O., & Khan, Z. R. (2001). Effects of neem seed derivatives on behavioral and physiological responses of the *Cosmopolites sordidus* (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Economic Entomology*, 94(2), 449-454.

Mwaitulo, S., Haukeland, S., Sæthre, M. G., Laudisoit, A., & Maerere, A. P. (2011). First report of entomopathogenic nematodes from Tanzania and their virulence against larvae and adults of the banana weevil *Cosmopolites sordidus* (Coleoptera: Curculionidae). *International Journal of Tropical Insect Science*, 31(3), 154-161.

Ngegba, P. M., Cui, G., Khalid, M. Z., & Zhong, G. (2022). Use of botanical pesticides in agriculture as an alternative to synthetic pesticides. *Agriculture*, 12(5), 600.

Ocan, D., Mukasa, H. H., Rubaihayo, P. R., Tinzaara, W., & Blomme, G. (2008). Effects of banana weevil damage on plant growth and yield of East African *Musa* genotypes. *J Appl Biosci*, 9(2), 407-415.

Okolle, N. J., Ngosong, C., Nanganoa, L. T., & Doggima, L. L. (2020). Alternatives to synthetic pesticides for the management of the banana borer weevil (*Cosmopolites sordidus*) (Coleoptera: Curculioniidae). *CABI Reviews*.

Padmanaban, B., & Mani, M. (2022). Pests and their management in banana. *Trends in Horticultural Entomology*, 577-603.

Padilla-Cubas, Á., Carnero Hernandez, A., & García-del-Pino, F. (2010). Laboratory efficacy against neonate larvae of the banana weevil *Cosmopolites sordidus* of two

indigenous entomopathogenic nematode species from the Canary Islands (Spain). *International Journal of Pest Management*, 56(3), 211-216.

Picanço, M. C. (2010). Manejo integrado de pragas. *Viçosa: UFV*, 144.

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 L., Silva A. A., Picanço M. C. (Eds.). O que Engenheiros Agrônomos devem saber para orientar o uso de produtos fitossanitários. Viçosa: UFV, p.389-436.

Prokopy, R., & Kogan, M. (2009). Integrated pest management. In *Encyclopedia of insects* (pp. 523-528). Academic Press.

Putra, I., & Sahnun, H. N. S. (2021). Inventory of predatory insects in banana germplasm Umbulharjo Yogyakarta. *Journal of Biotechnology and Natural Science*, 1(1), 1-11.

Raga, A. (2005). Principais pragas da bananeira e método de controle. *Proceedings, 13ª Reunião Itinerante de Fitossanidade do Instituto Biológico*, 23-24.

Rodrigues, M. G. V. (2017). Panorama nacional da produção de banana. Disponível em: [https://campoenegocios.com/panorama-nacional-da-producao-de-banana/?utm\\_source=chatgpt.com](https://campoenegocios.com/panorama-nacional-da-producao-de-banana/?utm_source=chatgpt.com). Acesso em 25 de março de 2026.

Sahayaraj, K., & Kombiah, P. (2010). Insecticidal activities of neem gold on banana rhizome weevil (BRW), *Cosmopolites sordidus* (Germar) (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Biopesticides*, 3(1), 304.

Santos, K., Carvalho, S., & Carvalho, C. (2023). Population Fluctuation of *Trigona spinipes* (Fabricius, 1793) in Peach Tree at the Experimental Station of Epamig, Maria da Fé, MG. *Journal of Agricultural Sciences Research (2764-0973)*.

Santos, R. S., Sutil, W. P., & LIMA, E. (2021). Registro de *Frankliniella brevicaulis* Hood (Thysanoptera: Thripidae) em banana comprida (cv. D'Angola) no estado do Acre. *Biota Amazônia*, 11(2), 58-60.

Santos, W. P., & Pereira, J. R. (2024). Iscas atrativas para o *Cosmopolites sordidus* (Germ.).

Silva, J. F., Costa, H., & Zanuncio Junior, J. S. (2023). Manejo integrado da broca-do-rizoma *Cosmopolites sordidus* (Germar) (Coleoptera: Curculionidae) na cultura da banana.

Singh, S., Sekhar, R., & Jose, K. S. (2020). Predatory spider fauna in fruit crops of Punjab, India along with new records. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 90(9), 1695-1701.

Soares, K. O., Lima, M. V., Evangelista-Rodrigues, A., Silva, A. A. F., Silva, F. J. D. A., Lima, A. I. B. L. C., & Da Costa, C. R. G. (2021). Factors influencing the foraging behavior of *Trigona spinipes* (Apidae, Meliponinae). *Biological Rhythm Research*, 52(7), 1109-1119.

Sutil, W. P., Barbosa, R. B., Santos, R. S., Fancelli, M., & Lima, É. F. B. (2022). Unravelling the identity of pest thrips (Thysanoptera: Thripidae) of bananas (Musaceae) in Brazil. *The Canadian Entomologist*, 154(1), e18.

Togni, P. H. B., Venzon, M., Lagôa, A. C. G., SILVA, A. D., Assunção, R. M., Rodrigues, C. A., & Profa, I. F. (2021). Interações entre escalas espaciais no controle biológico conservativo: da paisagem ao cultivo. *Controle alternativo de pragas e doenças: opção ou necessidade*, 66-78.

Tresson, P., Tixier, P., Puech, W., & Carval, D. (2021). The challenge of biological control of *Cosmopolites sordidus* Germar (Col. Curculionidae): A review. *Journal of Applied Entomology*, 145(3), 171-181.

Valadares, E. F., Carvalho, A. T., & Martins, C. F. (2023). Nest density, spatial distribution, and bionomy of *Trigona spinipes* (Apidae: Meliponini). *Journal of Apicultural Research*, 62(4), 680-691.

Venzon, M., Martins, E. F., Batista, M. C., Botti, J. M. C., Andrade, F. P., & Barroso, A. M. (2021). Green lacewings and their role in pest management. *Controle alternativo de pragas e doenças: opção ou necessidade*.

Weissling, T., Giblin-Davis, R., Center, B., Heath, R., & Peña, J. (2003). Oviposition by *Metamasius hemipterus sericeus* (Coleoptera: Dryophthoridae: Rhynchophorinae). *Florida Entomologist*, 86(2), 174-177.

Zou, F., Tan, C., Zhang, B., Wu, W., & Shang, N. (2022). The valorization of banana by-products: nutritional

composition, bioactivities, applications, and future development. *Foods*, 11(20), 3170.

Zucchi, R. A., Nakano, O., & Silveira Neto, S. (1993). Guia de identificação de pragas agrícolas.

## Capítulo 3

### Manejo de pragas em cultivos certificados

*Gabriel G. Santos, Igor P. Henriques, Jhulyana S. Ferreira, Leandro F. Pereira, Daiane G. Carmo, Marcelo C. Picanço*

#### 1. Introdução

A certificação de cultivos agrícolas visa garantir que os sistemas produtivos sejam conduzidos de acordo com normas técnicas, ambientais e legais (Sousa et al. 2022). Esse processo inicia com a seleção do tipo de certificação mais adequada, considerando aspectos legais, normas técnicas e exigências de mercado (Muñoz et al. 2016, Brasil 2017a). A seguir é realizado o cadastro do produtor e da propriedade nos sistemas oficiais (Sousa et al. 2022, Brasil 2017a).

A adequação da propriedade às normas técnicas envolve a implementação de boas práticas agrícolas, rastreabilidade, produção integrada e manejo integrado de pragas (MIP) promovendo a sustentabilidade e a segurança dos alimentos (Reganold & Wachter 2016, Lemes et al. 2021). A organização de registros e controles detalhados, monitoramento de pragas e insumos utilizados, é

fundamental para a transparência e avaliação durante auditorias (Sousa et al. 2022, Wiggins & Nandwani 2020). Posteriormente, auditorias e avaliações por organismos de certificação credenciados verificam a conformidade do sistema produtivo, para a emissão do certificado e autorização para uso do selo de conformidade (Muñoz et al. 2016, Sousa et al. 2022).

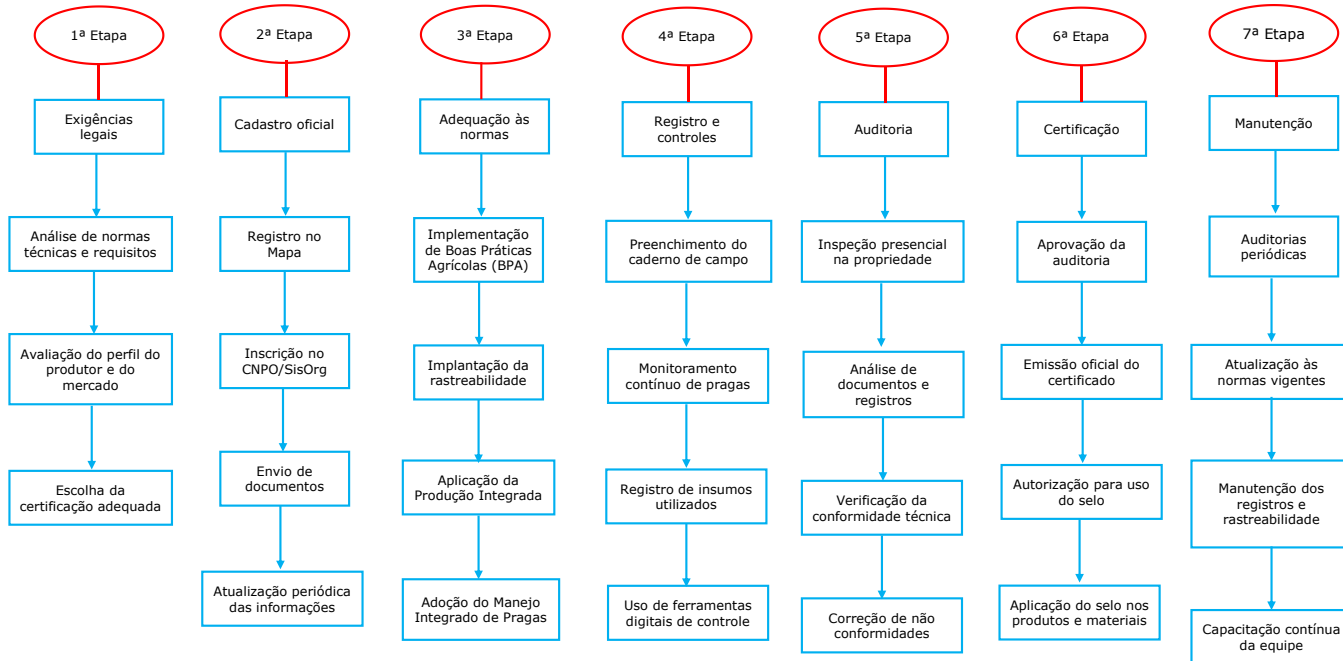
O monitoramento e a manutenção da certificação exigem auditorias periódicas e atualização constante frente às normas, assegurando credibilidade, rastreabilidade e acesso contínuo a mercados diferenciados (Sousa et al. 2022, Lemes et al. 2021, Brasil 2017a). Desta forma, a certificação representa um diferencial competitivo, compromisso com a sustentabilidade, a saúde do consumidor e a valorização do produto agrícola (Wiggins & Nandwani 2020, Reganold & Wachter 2016).

## **2. Etapas para certificação dos cultivos**

As etapas para certificação de cultivos consistem em um conjunto estruturado de procedimentos que visam garantir a conformidade dos sistemas produtivos com padrões técnicos, ambientais e legais reconhecidos nacional e internacionalmente (Figura 3.1) (Sousa et al. 2022).

O processo inicia-se com o levantamento das exigências legais e a escolha do tipo de certificação mais adequada ao perfil do produtor e do cultivo, considerando legislações específicas, normas técnicas e requisitos de mercado (Muñoz et al. 2016, Brasil 2017b). Em seguida, é necessário realizar o cadastro do produtor e da propriedade nos sistemas oficiais, como o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), Cadastro Nacional de Produtores Orgânicos (CNPO) e Sistema Brasileiro de Avaliação da Conformidade Orgânica (SisOrg) (Sousa et al. 2022, Brasil 2017c).

## TÓPICOS DE MANEJO INTEGRADO DE PRAGAS IV



**Figura 3.1.** Etapas para a realização da certificação dos cultivos.

A adequação da propriedade às normas técnicas envolve a implementação de boas práticas agrícolas, rastreabilidade, produção integrada e manejo integrado de pragas (MIP), promovendo a sustentabilidade e a segurança dos alimentos (Reganold & Wachter 2016, Lemes et al. 2021).

A etapa seguinte compreende a organização de registros e controles detalhados, como cadernos de campo, monitoramento de pragas e insumos utilizados, fundamentais para a transparência e para a avaliação durante auditorias (Sousa et al. 2022, Wiggins & Nandwani 2020). Posteriormente, a auditoria e avaliação por organismos de certificação credenciados verificam a conformidade do sistema produtivo, sendo condição para a emissão do certificado e autorização para uso do selo de conformidade (Muñoz et al. 2016, Sousa et al. 2022).

Por fim, o monitoramento e a manutenção da certificação exigem auditorias periódicas e atualização constante frente às normas, assegurando a credibilidade, a rastreabilidade e o acesso contínuo a mercados diferenciados (Sousa et al. 2022, Lemes et al. 2021, Brasil 2017a).

## **2.1 Levantamento das exigências legais e escolha da certificação adequada**

O levantamento das exigências legais é a etapa inicial e fundamental para a certificação de cultivos, pois envolve a análise detalhada da legislação vigente, normas técnicas e requisitos específicos para cada tipo de certificação (Muñoz et al. 2016, Sousa et al. 2022, Brasil 2003, Brasil 2007).

No Brasil, as produções certificadas são regulamentadas por um conjunto de leis, decretos e instruções normativas que estabelecem critérios para produção, manejo, processamento e comercialização. É importante que o produtor conheça e compreenda essas exigências antes de iniciar o processo de certificação (Muñoz et al. 2016, Sousa et al. 2022, Brasil 2017b). A escolha da certificação adequada deve considerar fatores como o perfil do produtor, o mercado-alvo, os custos envolvidos, a estrutura da propriedade e o grau de organização dos produtores (Sousa et al. 2022).

No estado brasileiro, existem diferentes mecanismos de certificação reconhecidos pelo Sistema Brasileiro de Avaliação da Conformidade Orgânica (SisOrg): Certificação por auditoria, Sistema Participativo de Garantia (SPG) e controle social para venda direta, cada um com requisitos, custos e abrangências distintas (Sousa et al. 2022, Brasil 2017b).

A certificação por auditoria é geralmente indicada para produtores que visam mercados mais exigentes ou exportação, enquanto o SPG é mais acessível para grupos de agricultores familiares organizados, devido ao menor custo e maior participação coletiva (Sousa et al. 2022). Além disso, é importante considerar certificações internacionais, como GlobalGAP, Fairtrade e Rainforest Alliance, caso o objetivo seja acessar mercados externos (Alvarez et al. 2010, Wiggins & Nandwani 2020).

## **2.2 Cadastro do produtor e propriedade nos sistemas oficiais**

O cadastro do produtor ou da propriedade é o primeiro passo formal para a certificação de cultivos, sendo obrigatório conforme a legislação brasileira para garantir a rastreabilidade e a conformidade dos

produtos (Brasil 2003, Brasil 2007, Muñoz et al. 2016). O produtor deve registrar-se no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), por meio do Cadastro Nacional de Produtores Orgânicos (CNPO), que integra o Sistema Brasileiro de Avaliação da Conformidade Orgânica (SisOrg) (Muñoz et al. 2016, Brasil 2017c).

Esse cadastro é fundamental para a emissão do selo de conformidade e para o acompanhamento oficial das atividades produtivas, sendo atualizado periodicamente para refletir mudanças na área, culturas e métodos de produção (Muñoz et al. 2016, Brasil 2017b). O registro no CNPO é obrigatório tanto para produtores individuais quanto para grupos organizados, independentemente do mecanismo de certificação adotado (auditoria, sistema participativo de garantia ou controle social para venda direta) (Muñoz et al. 2016, Brasil 2017b).

A inscrição exige a apresentação de documentos que comprovem a posse ou uso da terra, o plano de manejo orgânico e a adesão às normas técnicas vigentes (Brasil 2017c, Brasil 2021). O cadastro é

condição indispensável para a comercialização de produtos certificados, sendo também utilizado para fins estatísticos e de monitoramento das políticas públicas voltadas à produção orgânica no Brasil (Muñoz et al. 2016, Brasil 2017c).

O crescimento expressivo do número de produtores cadastrados nos últimos anos reflete o avanço da agricultura certificada no país e a importância do cadastro como instrumento de controle e transparência (Muñoz et al. 2016).

### **2.3 Adequação da propriedade às normas técnicas**

A adequação da propriedade às normas técnicas é etapa central para a certificação, exigindo a implementação de Boas Práticas Agrícolas (BPA), sistemas de rastreabilidade, Produção Integrada (PI) e Manejo Integrado de Pragas (MIP) (Muñoz et al. 2016, Brasil, 2017a, Sousa et al., 2022).

As BPA abrangem práticas que garantem a segurança alimentar, a sustentabilidade ambiental e a saúde dos trabalhadores, incluindo manejo correto do

solo, uso racional da água, controle de resíduos e higiene nas operações (Brasil 2017b, Sousa et al. 2022).

A rastreabilidade é obrigatória e permite o acompanhamento de todo o processo produtivo, desde a origem até o consumidor final, sendo fundamental para a transparência e para a rápida resposta em casos de não conformidade (Brasil 2018, Sousa et al. 2022).

A Produção Integrada (PI) exige o uso de práticas agronômicas baseadas em diagnósticos técnicos, priorizando métodos preventivos e o uso racional de insumos, com monitoramento constante de pragas, doenças e resíduos (Brasil 2018, Sousa et al. 2022).

O Manejo Integrado de Pragas (MIP) é obrigatório em sistemas certificados e envolve a integração de métodos biológicos, culturais, físicos e, quando necessário, químicos, sempre priorizando a redução do uso de agrotóxicos e a preservação de inimigos naturais (Sousa et al. 2022, Tong et al. 2022). A adoção do MIP é incentivada por certificações, pois promove a sustentabilidade, reduz custos e riscos ambientais, e agrega valor ao produto (Sousa et al. 2022, Tong et al. 2022).

A conformidade com essas normas é verificada por meio de registros detalhados das práticas adotadas, monitoramento sistemático e auditorias, sendo condição indispensável para a obtenção e manutenção da certificação (Muñoz et al. 2016, Brasil 2017a, Sousa et al. 2022).

## **2.4 Implementação de registros e controles**

A implementação de registros e controles é uma exigência central para a certificação de cultivos, sendo fundamental para garantir a rastreabilidade, a conformidade com as normas técnicas e a tomada de decisão baseada em evidências (Brasil 2017a, Sousa et al. 2022). O uso de cadernos de campo permite o registro sistemático de todas as atividades agrícolas, incluindo datas de plantio, tratamentos culturais, irrigação, aplicação de insumos e colheita, facilitando o acompanhamento e a auditoria dos processos produtivos (Brasil 2017a, Sousa et al. 2022).

O monitoramento de pragas deve ser realizado de forma contínua, com registros detalhados sobre a ocorrência, intensidade e distribuição das pragas, bem

como as ações de manejo adotadas, sendo essa prática essencial para o Manejo Integrado de Pragas (MIP) e para a certificação (Tong et al. 2022).

A documentação dos insumos utilizados, incluindo origem, quantidade, datas de aplicação e justificativas técnicas, é obrigatória e deve ser mantida atualizada, permitindo a verificação da conformidade com as listas de substâncias permitidas e a rastreabilidade dos produtos (Brasil 2017b, Sousa et al. 2022).

O uso de tecnologias digitais, como aplicativos e sistemas de monitoramento automatizado, tem se mostrado eficiente para otimizar o registro de dados, reduzir erros e facilitar a análise histórica das informações, contribuindo para a melhoria contínua dos processos produtivos (Chithambarathanu & Jeyakumar 2023).

A manutenção rigorosa desses registros é condição indispensável para auditorias, renovações de certificação e para a credibilidade do sistema produtivo perante o mercado e os órgãos reguladores (Brasil 2017a, Sousa et al. 2022).

## **2.5 Auditoria e avaliação por organismos de certificação credenciados**

A auditoria e avaliação por organismos de certificação credenciados são etapas essenciais para garantir que a propriedade e os processos produtivos estejam em conformidade com as normas técnicas e legais exigidas para a certificação de cultivos (Muñoz et al. 2016, Brasil 2017d, Sousa et al. 2022). O processo de avaliação inclui a checagem de práticas agrícolas, rastreabilidade, uso de insumos, manejo integrado de pragas e cumprimento das Boas Práticas Agrícolas, além da verificação de registros e controles implementados (Brasil 2017d, Lemes et al. 2021, Sousa et al. 2022).

Nos cultivos orgânicos, por exemplo, a auditoria é realizada por entidades independentes, reconhecidas pelo Sistema Brasileiro de Avaliação da Conformidade Orgânica (SisOrg). Este sistema verifica, por meio de inspeções in loco, entrevistas, análise de registros e documentos, se todos os requisitos do sistema de produção orgânica ou certificado estão sendo cumpridos (Brasil 2017c, Sousa et al. 2022).

A integridade do processo de auditoria é garantida por organismos de terceira parte, que asseguram a imparcialidade e a credibilidade da certificação (Sousa et al. 2022). Em casos de não conformidade, são estabelecidos prazos para adequação e, se necessário, podem ser aplicadas sanções ou a suspensão da certificação (Brasil 2017c, Sousa et al. 2022).

A auditoria periódica é fundamental para a manutenção da certificação, promovendo a melhoria contínua dos processos produtivos e a confiança do consumidor nos produtos certificados (Muñoz et al. 2016, Brasil 2017a, Sousa et al. 2022).

## **2.6 Emissão do certificado e uso do selo de conformidade**

Após a aprovação na auditoria, o produtor recebe o certificado emitido por um organismo de certificação credenciado, comprovando que o cultivo atende a todos os requisitos legais e técnicos estabelecidos para produção orgânica ou certificada (Muñoz et al. 2016, Brasil 2017c, Sousa et al. 2022). O certificado é um documento oficial que detalha a validade, o escopo da certificação e as condições para manutenção, sendo

fundamental para a comercialização dos produtos em mercados diferenciados (Brasil 2017b, Sousa et al. 2022).

Com a certificação, o produtor está autorizado a utilizar o selo de conformidade nos rótulos e materiais de divulgação dos produtos (Brasil 2017b, Sousa et al. 2022). O uso do selo é regulamentado e só pode ser feito durante o período de validade do certificado, sendo proibido em caso de suspensão ou cancelamento da certificação (Brasil 2017b, Sousa et al. 2022). O selo de conformidade é um importante instrumento de comunicação com o consumidor, conferindo credibilidade, agregando valor ao produto e facilitando o acesso a mercados nacionais e internacionais (Sousa et al. 2022).

## **2.7 Monitoramento e manutenção da certificação**

O monitoramento e a manutenção da certificação em cultivos certificados envolvem a realização de auditorias periódicas por organismos de certificação credenciados (Muñoz et al. 2016, Brasil 2017a, Sousa et al. 2022). Essas auditorias, geralmente anuais, avaliam registros, práticas de manejo, uso de insumos, rastreabilidade e a implementação do manejo integrado

de pragas (MIP), sendo fundamentais para identificar não conformidades e propor planos de ação corretiva (Brasil 2017a, Lemes et al. 2021, Sousa et al. 2022).

A manutenção da certificação exige que os produtores estejam atentos às atualizações normativas, uma vez que as legislações e regulamentos técnicos são periodicamente revisados para incorporar novas exigências relacionadas à sustentabilidade, segurança alimentar e práticas de manejo (Muñoz et al. 2016, Brasil 2017b, Wiggins & Nandwani 2020). O não acompanhamento dessas atualizações pode resultar em não conformidade e até na suspensão da certificação (Muñoz et al. 2016, Sousa et al. 2022).

Além disso, a adoção de sistemas de registros detalhados e rastreabilidade é essencial para facilitar o processo de auditoria e garantir a transparência das operações (Brasil 2017a, Sousa et al. 2022). A capacitação contínua dos responsáveis técnicos e trabalhadores também é recomendada para assegurar a correta implementação das normas e a rápida adaptação a eventuais mudanças regulatórias (Wiggins & Nandwani 2020, Lemes et al. 2021).

### **3. Vantagens e limitações da certificação**

O manejo de pragas em sistemas agrícolas certificados, adotam princípios de produção sustentáveis, os quais estão incluídos no Manejo Integrado de Pragas (MIP). Essa abordagem pode conferir múltiplas vantagens ao longo do processo produtivo, ainda que apresente limitações específicas em determinados contextos e etapas de cultivo (Tabela 3.1).

**Tabela 3.1.** Vantagens e limitações do uso de certificação nos cultivos.

Categories	Vantagens	Limitações	Referências
Valorização do produto	Agrega valor e amplia o acesso a consumidores que preferem produtos sustentáveis	Custos adicionais podem excluir pequenos produtores	Wiggins & Nandwani, 2020; Sousa et al, 2022
Redução de pesticidas	Menor uso de pesticidas sintéticos; reduz impactos ambientais e resistência de pragas	Alternativas biológicas e culturais podem falhar em surtos severos	Reganold & Wachter, 2016
Mercados exigentes	Facilita acesso a mercados internacionais (ex: USDA Organic, GlobalGAP)	Burocracia e altos custos dificultam adoção por pequenos produtores	Brasil, 2023a; Sartori & Bacha, 2007
Manejo sustentável com ênfase no MIP	Estimula rotação de culturas e controle biológico; favorece biodiversidade	Requer maior capacitação técnica e monitoramento contínuo	Rejesus & Jones, 2020; Garrett et al, 2021
Qualidade dos produtos	Adoção de técnicas aprimora a qualidade e regularidade dos produtos	Assistência privada para cumprir normas eleva custos	Loconto & Dankers, 2014

### **3.1 Vantagens da certificação**

A adoção do MIP em cultivos certificados, sejam orgânicos ou convencionais, representa um diferencial estratégico em toda a cadeia produtiva. Quanto aos alimentos orgânicos, essas vantagens tornam-se ainda mais evidentes, uma vez que o selo de certificação orgânica agrega valor ao produto, atendendo à crescente demanda dos consumidores por alimentos que promovam saúde, justiça social e conservação ambiental (Saminêz et al. 2007). Esse diferencial competitivo é ampliado quando os preços se tornam acessíveis e comparáveis aos produtos convencionais

Outro aspecto relevante está no aumento da oferta de alimentos certificados em mercados institucionais, como escolas, hospitais e programas governamentais de aquisição, o que contribui para a valorização do produto em até 30% em relação ao convencional (Saminêz et al. 2007).

Nesse sentido, a certificação assume papel estratégico na agregação de valor, como observado no caso do feijão comum produzido sob as diretrizes do MIP, que prioriza a redução do uso de inseticidas, minimiza impactos ambientais e oferece um alimento

mais saudável ao consumidor. Assim, a criação e consolidação de selos de qualidade, além de atestar práticas sustentáveis, funcionam como instrumentos de marketing capazes de ampliar a aceitação do produto em mercados especializados (Ferreira, Wander & Pinheiro 2025).

A conformidade com normas de certificação implica a adoção de técnicas agrícolas aprimoradas, resultando em produtos de maior qualidade, o que representa um atrativo adicional para consumidores exigentes (Loconto & Dankers 2014). Além de assegurar boas práticas agrícolas, a certificação viabiliza ganhos econômicos ao produtor, ao mesmo tempo em que incentiva a busca por alimentos mais saudáveis e ambientalmente responsáveis, pelos quais parte significativa dos consumidores está disposta a pagar um valor superior (Wiggins & Nandwani 2020).

Nesse sentido, a adoção de programas de MIP favorecem a conservação da biodiversidade, a manutenção dos serviços ecossistêmicos e a resiliência dos agroecossistemas, ao mesmo tempo em que reduz custos de insumos e potencializa a produtividade

agrícola, promovendo segurança alimentar e qualidade nutricional (Wiggins & Nandwani 2020).

Nesse contexto, as certificações contribuem para ampliar o acesso dos agricultores a mercados anteriormente restritos. Além disso, o processo de certificação confere legalidade e segurança às transações comerciais. Para circulação interestadual, por exemplo, é exigido o Certificado Fitossanitário de Origem (CFO), documento que atesta a conformidade sanitária de vegetais e autoriza a Permissão de Trânsito de Vegetais (Brasil 2023a).

No caso de exportações, torna-se necessária a obtenção do Certificado Sanitário Internacional de Produtos de Origem Vegetal (CSIV), condicionado ao cumprimento de normas estabelecidas tanto pelo Ministério da Agricultura e Pecuária (Mapa) quanto pelas autoridades fitossanitárias dos países importadores (Brasil 2023a).

### **3.2 Limitações da certificação**

Os processos de certificação, no geral, são dispendiosos, o que dificulta a adesão de pequenos produtores (Sousa et al. 2022). Além disso, para obter a certificação, os agricultores devem se adequar a diversas normas e a falta de conhecimento e compreensão dessas normas, pode dificultar com que os produtores cumpram todos os requisitos exigidos (Muñoz et al. 2016).

O período de transição necessário para a certificação orgânica é considerado o mais difícil financeiramente para os produtores, não apenas devido à redução de produtividade, mas também devido a despesas frequentemente negligenciadas em análises de desempenho econômico, incluindo o custo da certificação, bem como o tempo necessário para identificar e desenvolver relacionamentos no mercado. Embora este possa ser um período financeiro difícil, tomar várias decisões estratégicas sobre o tipo de cultura, diversidade de culturas e duração da rotação pode reduzir o ônus financeiro do gerenciamento do sistema orgânico durante a transição (Fess & Benedito 2018).

No geral, as políticas públicas são voltadas para garantir a qualidade e a segurança do produto para o consumidor. Entretanto, programas que auxiliam os produtores a cumprirem as normas exigidas para obter as certificações são, na maior parte dos casos, de iniciativa privada, aumentando os custos e dificultando o acesso de pequenos produtores (Loconto & Dankers 2014).

Uma outra limitação é a falta de incentivo e apoio por parte do estado brasileiro através de políticas públicas que fomentem e incentivem tal mercado (Ferreira, Wander & Pinheiro, 2025).

Além disso, um fator-chave que também tem dificultado a adoção do MIP é a alfabetização ecológica deficiente dos agricultores e a compreensão incompleta de seus processos constituintes (Wyckhuys et al. 2019). Essa barreira específica se aplica a todos os países e contextos agrícolas, abrange aspectos técnicos e conceitos ecológicos básicos e se manifesta como uma subvalorização de componentes do MIP (Zhang et al. 2018). Por exemplo, embora a conservação ativa ou o aumento no campo de organismos benéficos seja uma

importante tecnologia de MIP, muitos agricultores desconhecem completamente a existência de agentes de controle biológico, como vespas parasitas, ácaros predadores ou nematoides que matam insetos (Wyckhuys et al. 2019).

#### **4. Legislação para certificação dos cultivos**

Os sistemas de certificação têm como finalidade assegurar que os alimentos cheguem ao consumidor com qualidade comprovada, possibilitando rastrear sua origem e atestando a segurança alimentar (Zambolim et al. 2009). Para isso, as regulamentações incluem leis, instruções normativas e normas técnicas que estabelecem critérios específicos para cada modalidade de certificação, adequando-se tanto às características da produção nacional quanto às exigências do mercado internacional (Brasil 2010).

##### **4.1 Produção Integrada Agropecuária (PI Brasil)**

A Produção Integrada Agropecuária (PI Brasil) é um modelo de produção sustentável que busca conciliar eficiência econômica, responsabilidade ambiental e segurança alimentar. Baseia-se em princípios como

rastreabilidade, redução do uso de insumos químicos, boas práticas agrícolas e certificação oficial, atendendo às exigências dos mercados nacional e internacional (Brasil 2010).

A Instrução Normativa nº 27, de 30 de agosto de 2010, é o instrumento legal que estabelece as diretrizes gerais da PI Brasil. Ela funciona como marco regulatório para todos os programas e projetos que adotam esse modelo de produção sustentável no Brasil, promovendo práticas agropecuárias alinhadas à rastreabilidade, certificação e qualidade dos produtos (Brasil 2010).

Dentro desse sistema, destaca-se a Produção Integrada de Frutas (PIF), que foi a primeira cadeia produtiva a ser regulamentada, por meio da Instrução Normativa nº 20/2001. A PIF segue os princípios da PI Brasil, mas possui normas técnicas específicas para o setor frutícola, exigindo rastreabilidade detalhada, manejo fitossanitário sustentável e redução do uso de defensivos químicos, sendo especialmente relevante para exportações (Brasil 2017b).

Na PI Brasil, o Manejo Integrado de Pragas (MIP) é uma prática obrigatória que contribui diretamente para a

sustentabilidade e a qualidade dos alimentos. Por meio do monitoramento técnico das lavouras, da priorização de métodos biológicos e do uso racional de defensivos químicos, o MIP permite reduzir significativamente o uso de agrotóxicos. Essa abordagem não apenas diminui os custos de produção a longo prazo, como também atende às exigências legais de resíduos e fortalece a confiança do consumidor nos produtos certificados (Fernandes & Silva Nóbrega 2022).

#### **4.2 Certificação Nacional para Produção Orgânica**

Baseada na Lei nº 10.831/2003 e regulamentada pelo Decreto nº 6.323/2007, essa certificação determina que o cultivo orgânico seja realizado sem o uso de agrotóxicos sintéticos, adubos químicos solúveis e organismos geneticamente modificados (Brasil 2003).

O MIP nesses sistemas, deve ser realizado prioritariamente com práticas biológicas, culturais ou mecânicas, reforçando o equilíbrio ecológico (Brasil 2021). O uso de substâncias fitossanitárias é permitido apenas em caráter complementar, desde que estejam devidamente autorizados para a produção orgânica.

Nesse contexto, o Decreto nº 6913, de 23 de julho de 2009, regulamenta o uso desses produtos, autorizando apenas a utilização de substâncias compatíveis com os princípios da produção orgânica (Brasil 2009).

Essa legislação busca promover a sustentabilidade socioambiental e a saúde dos ecossistemas agrícolas, além de garantir transparência ao consumidor por meio do selo do Sistema Brasileiro de Avaliação da Conformidade Orgânica (SisOrg). Esse sistema é coordenado pelo MAPA e é responsável por assegurar que os produtos certificados atendam rigorosamente aos princípios da agricultura orgânica, por meio de auditorias, controle social e rastreabilidade (Brasil 2014). O selo reforça a confiança do consumidor na qualidade e na sustentabilidade dos produtos.

### **4.3 Certificados para Produção Animal**

Além das certificações dos produtos vegetais, existem normas específicas para a produção animal sustentável. O manejo cuidadoso e responsável do animal é essencial para garantir o bem-estar, a sanidade e a qualidade dos produtos de origem animal. Nesse

contexto, a IN MAPA nº 56/2008 estabelece diretrizes gerais de boas práticas de bem-estar, abrangendo desde o nascimento até o transporte dos animais (Brasil 2008). Essas normas conferem transparência ao processo produtivo, assegurando que os produtos de origem animal atendam aos padrões legais e às exigências dos consumidores, ampliando o acesso a mercados exigentes (Brasil 2025).

#### **4.4 Certificado Fitossanitário de Origem (CFO)**

O CFO é uma certificação exigida para o transporte interestadual e para a exportação de produtos vegetais, com a finalidade de comprovar que a carga está livre de pragas quarentenárias. Essa certificação é regulamentada pela IN MAPA nº 33/2016, que estabelece os critérios técnicos para a sua emissão, incluindo as responsabilidades do profissional habilitado. O CFO garante a segurança fitossanitária e contribui para a rastreabilidade e conformidade dos produtos (Brasil 2016).

#### **4.5 Selo MIP Experience**

Além das certificações previstas em lei, surgem iniciativas privadas e complementares que incentivam

boas práticas agrícolas, como o Selo MIP Experience. Validado pelo MAPA por meio da Portaria nº 337/2021, no âmbito do Programa BPA Brasil, o selo valoriza produtores que aplicam o Manejo Integrado de Pragas com foco na redução do impacto ambiental (Mipexperience 2020).

Em 2023, o MAPA reconheceu o programa como prática agrícola sustentável, o que significa que a iniciativa cumpre requisitos mínimos para o reconhecimento de Boas Práticas Agrícolas (Brasil 2025). Esse selo agrega valor competitivo aos produtos, apresentando uma produção ética, transparente e socialmente responsável (Brasil 2022).

### **4.5 Certificações Internacionais**

De forma geral, as certificações nacionais dialogam com padrões internacionais reconhecidos, como o GlobalG.A.P. e a Rainforest Alliance, o que amplia a competitividade dos produtos brasileiros no mercado externo (Sociedade Nacional de Agricultura 2025).

A GlobalG.A.P é voltada para boas práticas agrícolas, com foco em rastreabilidade, uso seguro de insumos e respeito ao meio ambiente (Global G.A.P 1997). Já a Rainforest Alliance, além da sustentabilidade

ambiental, envolve a responsabilidade social, incluindo as condições de trabalho e o respeito as comunidades locais (Rainforest Alliance 1987).

No setor florestal, destacam-se duas certificações Forest Stewardship Council (FSC) e Programme for the Endorsement of Forest Certification (PEFC). O FSC garante práticas ambientais e sociais mais rigorosas, podendo ser mais complexas para pequenos produtores. O PEFC é uma rede de reconhecimento de sistemas nacionais de certificação, é mais flexível e adaptável a diferentes países, se tornando acessível para pequenos produtores, no Brasil o PEFC reconhece o sistema CERFLOR como equivalente (Sistema Nacional de Informações Florestais 2024).

## **5. Exigências na área de manejo de pragas em cultivos certificados**

Nas últimas décadas, a agricultura mundial passou por mudanças profundas, desencadeadas pela maior demanda por alimentos e por pressões sociais e ambientais que exigem alimentos produzidos em sistemas de produção sustentáveis. Assim, alimentos que sejam rastreáveis, com menor uso de insumos agrícolas e produzidos em sistemas que adotam boas

práticas agrícolas, as quais incluem programas de Manejo Integrado de Pragas (MIP), ganham relevância e destaque na produção agropecuária.

Atender às exigências em MIP determinadas pelas agências certificadoras pode não ser algo tão fácil de alcançar, sendo necessário passar por um processo rigoroso de aprendizado e auditoria. Contudo, compreender as exigências relacionadas ao MIP em cultivos certificados é fundamental para atender tanto às exigências legais quanto para maior sustentabilidade do setor agropecuário.

### **5.1 Principais leis e programas que regulamentam práticas de MIP no Brasil**

No Brasil, práticas de MIP são sustentadas por diferentes leis e instruções normativas. Entre as mais importantes, destaca-se a Lei nº 14.785/2023, que trouxe atualizações e reforçou a obrigatoriedade do receituário agrônomo, a criação de um sistema unificado de cadastro e fiscalização do uso de defensivos agrícolas e responsabilidade compartilhada entre produtores, profissionais e órgãos fiscalizadores (Brasil 2023b). Outro aspecto é a rastreabilidade obrigatória

para frutas, legumes e verduras, estabelecida pela Instrução Normativa Conjunta do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) nº 02/2018, que exige registros detalhados dos produtos agrícolas por toda a cadeia produtiva (ANVISA 2023). Aspectos como segurança e saúde no trabalho também são asseguradas pela Norma Regulamentadora nº 31 do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE) de 2005, atualizada pela Portaria SEPRT nº 22.677, de 22 de outubro de 2020, que define critérios para aplicação e armazenamento de insumos agrícolas e treinamento de trabalhadores em atividades de agricultura, pecuária e silvicultura (MTE 2020).

O Sistema Brasileiro de Avaliação da Conformidade Orgânica (SISORG), gerido pelo MAPA, estabelece normas e regulamentos técnicos rígidos exclusivamente para os sistemas de produção orgânica. Neste sistema, há proibição do uso de agrotóxicos sintéticos e incentivo a adoção de práticas que controlam pragas de forma natural e integrada, como parte de princípios adotados pelo MIP. O SISORG foi recentemente atualizado com a

Portaria MAPA nº 52, de 2021, onde detalha práticas e substâncias permitidas, atualizando as regras para produção vegetal e animal (Mapa 2021).

O Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos (PARA), Portaria Anvisa nº 1.081, de 27 de setembro de 2023, é coordenado pela ANVISA em conjunto com órgãos estaduais e municipais de vigilância sanitária e laboratórios estaduais de saúde pública (ANVISA 2023). O Programa tem como objetivo monitorar resíduos de agrotóxicos em alimentos comercializados, sendo um dos indicadores mais importantes de conformidade, quando se trata de certificações. Por fim, as ações feitas pelo Instituto Nacional de Processamento de Embalagens Vazias (InPEV), entidade gestora do Sistema Campo Limpo e do Sistema Brasileiro de Logística Reversa de Embalagens Vazias de Defensivos Agrícolas, garante à destinação correta às embalagens de insumos agrícolas, prática adotada em programas de MIP e que atende às exigências tanto da legislação brasileira quanto das certificadoras (InPEV 2024).

## **5.2 Importância das certificações em programas de MIP**

No Brasil, a importância da certificação em programas de MIP é reconhecida pelo Governo Federal. O MAPA disponibiliza uma lista de programas geridos por entidades públicas e privadas aptas a auditarem boas práticas agrícolas na cadeia produtiva. Dentre as quais se destacam o Instituto BioSistêmico (IBS), com o programa Boas Práticas Agrícolas IBS que reconhece as práticas de MIP. A PROMIP com o selo MipExperience, cujo objetivo é promover um sistema agrícola mais sustentável, seguro e eficiente por meio do Manejo Integrado de Pragas, e a Certifica Minas Café, criado pelo Governo de Minas Gerais que incentiva a adoção de práticas sustentáveis na cafeicultura, assegura a rastreabilidade e melhora a qualidade do café (Emater-MG 2018, Mipexperience 2023, Brasil 2023a).

As certificações incentivam a adoção de práticas socioeconômicas e ambientalmente sustentáveis, as quais contribuem para o fortalecimento dos serviços agroecossistêmicos. Além disso, buscam assegurar a qualidade dos produtos agrícolas e sua rastreabilidade,

facilitando o acesso a novos mercados, seja nacional ou internacional (Brasil 2023a).

### **5.3 Auditoria em programas de MIP**

A auditoria é o mecanismo central que assegura credibilidade às certificações (Sousa et al. 2022). Para que um programa de MIP seja considerado auditável e apto a receber a certificação, alguns elementos são fundamentais e devem estar presentes.

O primeiro deles é o monitoramento das pragas, realizado por meio de amostragens de campo das populações de insetos-pragas, as quais devem ser documentadas (Lemes et al. 2021). A tomada de decisão deve ser baseada em níveis de dano econômico (NDE), para garantir uma intervenção técnica e economicamente justificada (Sousa et al. 2022).

As ações de controle devem priorizar o controle biológico e práticas culturais que contribuam para redução da população de pragas. A utilização de produtos químicos é feita somente quando for necessário e sempre respeitando os registros oficiais, doses recomendadas, períodos de carência e intervalos de reentrada (Mapa 2019).

Além disso, a saúde e segurança dos trabalhadores devem ser asseguradas por treinamentos contínuos, uso de equipamentos de proteção individual (EPIs) e conformidade com a NR-31, cujo objetivo inclui a prevenção de acidentes e doenças relacionadas ao trabalho rural (MTE 2020). Outro requisito indispensável é a correta destinação das embalagens de agrotóxicos, que devem passar por tríplex lavagem e devolução em centrais de recebimento (InPEV 2024).

Por fim, a rastreabilidade da produção, do plantio até a comercialização, garante transparência e confiabilidade no sistema (Brasil 2017a, Sousa et al. 2022). Esses critérios tornam os sistemas auditáveis, transparentes e confiáveis para consumidores e mercados.

#### **5.4 Vantagens obtidas com produção certificada**

O cumprimento das exigências do MIP para atender aos critérios das certificações pode promover diversos benefícios. Atualmente, essas certificações representam mais do que uma formalidade, pois atuam como estratégia competitiva, de acesso a novos mercados nacionais e internacionais e de promoção da sustentabilidade (Mipexperience 2020, Mapa 2021). As certificações contribuem para aumento da competitividade,

da responsabilidade social e redução de riscos de contaminação humana e ambiental, além de incentivar a adoção de práticas inovadoras na agropecuária (Reganold & Wachter 2016, Sousa et al. 2022).

Ao atender aos critérios de produtividade, segurança alimentar, saúde ocupacional e conservação ambiental, os programas de MIP fortalecem a agricultura brasileira como referência global em produção agropecuária sustentável.

### **5.5 Desafios em programas de MIP certificados**

Apesar dos avanços, a implementação de programas de MIP em cultivos certificados tem sido desafiadora. Entre os principais desafios estão a necessidade de harmonizar limites máximos de resíduos entre diferentes mercados consumidores, a ampliação da adoção de agentes de controle biológico, a capacitação técnica de agricultores e extensionistas, a digitalização de registros e monitoramentos principalmente em pequenas propriedades, e os custos de implementação e monitoramento, que ainda representam uma barreira para pequenos produtores (Wiggins & Nandwani 2020, Sousa et al. 2022). Além

disso, também é requerido constante atualização técnica e legal por parte dos produtores.

Nesse sentido, investimentos em programas de pesquisa aplicada, extensão rural e desenvolvimento de novas políticas públicas podem contribuir significativamente para popularização e conscientização dos benefícios promovidos pela adoção de programas de MIP em cultivos certificados (Lopes & Silva 2003, Picanço et al. 2004).

## **6. Etapas de pesquisas**

Para que uma cultura seja certificada, é essencial que ela siga as Boas Práticas Agrícola (BPA) e que estejam alinhadas as Normas técnicas específicas (NTEs) de acordo com o MAPA. Nesse sentido, se torna necessário pesquisas e validação técnicas ligadas ao Manejo Integrado de Pragas (Lopes & Silva 2003). Para a realização de uma pesquisa eficiente, é preciso levar em consideração os fatores econômicos, sociais e tecnológicos da cultura.

Existe um comitê técnico formado por pesquisadores para a elaboração das NTEs. As NTEs devem possibilitar um sistema com sustentabilidade econômica e ambiental. Elas possuem como objetivo

estabelecer procedimentos obrigatórios, recomendados e proibidos para todo o processo (Lopes & Silva 2003).

Depois de feita a avaliação da viabilidade técnica e econômica para iniciar o processo de certificação e ter formado um grupo técnico de pesquisadores, o próximo passo é fazer um diagnóstico da produção atual, levantando informações sobre as pragas-chaves, os fatores que as favorecem e seus pontos críticos de controle. Informações sobre as condições socioeconômicas dos produtores, também são essenciais. Após esse diagnóstico, precisam ser feitas pesquisas sobre nível de controle, métodos de monitoramento e táticas alternativas de controle (Picanço et al. 2004).

Por fim, é feita a elaboração da NTEs, onde são colocadas informações a serem seguidas, desde o manejo da cultura até os procedimentos da colheita e pós-colheita, informações sobre legislação trabalhistas também são acrescentadas (Lowhanne & Silva Nóbrega 2022). Esse documento será enviado ao MAPA, onde será avaliado pelo Comitê Gestor de Produção Integrada.

Após a aprovação do MAPA, deve-se promover treinamentos para técnicos e produtores, para que eles possam dominar o sistema de rastreabilidade e o caderno de campo. A última etapa é uma simulação de auditoria técnicas, para ajustar as não conformidades e preparar para a certificação (Lopes et al. 2013).

## **7. Considerações finais**

O uso de programas de manejo de pragas em sistemas agrícolas certificados representa um avanço para a sustentabilidade e a competitividade do setor agropecuário brasileiro. Ao estabelecer critérios mais rigorosos e transparentes, a certificação estimula a adoção de práticas que reduzem a dependência de pesticidas sintéticos, favorecem a conservação ambiental e agregam valor aos produtos, ampliando sua inserção em mercados mais exigentes e junto a consumidores cada vez mais conscientes. Entretanto, a consolidação desses sistemas ainda enfrenta desafios, sobretudo para pequenos produtores. Os custos adicionais e a complexidade dos processos burocráticos podem limitar tanto a adesão quanto a

permanência. Nesse contexto, torna-se fundamental o fortalecimento de políticas de apoio, capacitação técnica e mecanismos de inclusão produtiva, de modo a ampliar o acesso à certificação.

## 8. Referências

Alvarez, G. (2010). Fair trade and beyond: voluntary standards and sustainable supply chains. In *Delivering Performance in Food Supply Chains* (pp. 478-510). Woodhead Publishing.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. (2023). Programa de análise de resíduos de agrotóxicos em alimentos (PARA). <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/agrotoxicos/programa-de-analise-de-residuos-em-alimentos>

Brasil. (2003) Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Lei nº 10.831, de 23 de dezembro de 2003 [Lei]. Presidência da República. [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/2003/l10.831.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2003/l10.831.htm)

Brasil. (2007). Decreto nº 6.323, de 27 de dezembro de 2007: Regulamenta a Lei nº 10.831, de 23 de dezembro de 2003, que dispõe sobre a agricultura orgânica, e dá outras providências [PDF]. Ministério da Agricultura e Pecuária. <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/organicos/legislacao/portugues/s/decreto-no-06-323-de-27-de-dezembro-de-2007.pdf>

Brasil. (2008). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa MAPA nº 56/2008 [PDF]. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-animal/legislacao/IN562008bemestaranormais.pdf>

Brasil. (2009). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Decreto nº 6.913, de 23 de julho de 2009 [Decreto]. Presidência da República. [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2009/decreto/d6913.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/decreto/d6913.htm)

Brasil. Ministério da Agricultura e Pecuária. (2010). Instrução normativa nº 27, de 30 de agosto de 2010. <https://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?chave=446244074&method=visualizarAtoPortalMpa>

Brasil. (2014). Ministério da Agricultura e Pecuária. Instrução normativa nº 18, de 20 de junho de 2014. [https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/organicos/arquivos-organicos/IN\\_18\\_de\\_20062014\\_SELO\\_BRASILEIRO.pdf](https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/organicos/arquivos-organicos/IN_18_de_20062014_SELO_BRASILEIRO.pdf)

Brasil. (2016). Ministério da Agricultura e Pecuária. Instrução normativa nº 33, de 24 de agosto de 2016. <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sanidade-animal-e-vegetal/sanidade-vegetal/arquivos-prevencao/INSTRUONORMATIVANo33.pdf>

Brasil. (2017a). Ministério da Agricultura e Pecuária. Mecanismos de controle para a garantia da qualidade

orgânica.<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/organicos>

Brasil. (2017b). Ministério da Agricultura e Pecuária. Obter certificação de produtos orgânicos: Produção primária vegetal. <https://www.gov.br/pt-br/servicos/obter-certificacao-de-produtos-organicos-producao-primaria-vegetal>

Brasil. (2017c). Ministério da Agricultura e Pecuária. O que são produtos orgânicos? <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/organicos/o-que-sao-produtos-organicos>

Brasil. (2017d). Ministério da Agricultura e Pecuária. Produção orgânica: Credenciamento de organismos. <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/cartas-de-servico/desenvolvimento-agropecuario-cooperativismo-e-associativismo-rural/producao-organica>

Brasil. (2018). Instituto Nacional de Tecnologia – INT. *Guia certificação orgânica INT online* [PDF]. Instituto Nacional de Tecnologia – INT. <https://www.gov.br/int/pt-br/servicos-tecnologicos/guia-certificacao-organica-int-online-2018.pdf>

Brasil. (2021) Instituto Nacional de Tecnologia – INT. *Guia plano de manejo orgânico* (1ª ed.) [PDF]. Instituto Nacional de Tecnologia – INT. <https://www.gov.br/int/pt-br/servicos-tecnologicos/guia-pmo-1o-edicao-29out2021.pdf>

Brasil. (2022). Ministério da Agricultura e Pecuária. Boas práticas agrícolas para a produção de alimentos seguros. <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/boas-praticas->

agricolas/publicacoes-tecnicas/livro-boas-pratica-agricolas-para-a-producao-de-alimentos-seguros.pdf

Brasil. (2023a). Ministério da Agricultura e Pecuária. Exportação de produtos vegetais. <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/exportacao-dipov/exportacao-de-produtos-vegetais>

Brasil. (2023b). Lei nº 14.785, de 27 de dezembro de 2023: Altera a legislação referente a agrotóxicos e afins [Lei]. Presidência da República. [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2023-2026/2023/lei/L14785.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2023/lei/L14785.htm)

Brasil. (2025). Ministério da Agricultura e Pecuária. Legislação em inspeção de produtos de origem animal. <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-animais/legislacao>

Chithambarathanu, M., & Jeyakumar, M. K. (2023). Survey on crop pest detection using deep learning and machine learning approaches. *Multimedia Tools and Applications*, 82(27), 42277-42310.

EMATER-MG. (2018). Almanaque do cafeicultor. Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais. Disponível em: <https://www.emater.mg.gov.br>. Acesso em: 12 fev. 2025.

Fernandes, J. D., & Silva Nóbrega, D. (2022). Desafios da certificação: viabilidade e estratégias de redução de custos no sistema de Produção Integrada Agropecuária. *Revista Agro Em Questão*, 10(2).

Ferreira, A. L., Wander, A. E., & Pinheiro, P. V. (2025). IPM Adoption in Common Beans in Brazil. *Horticulturae*, 11(6), 611.

Fess, T. L., & Benedito, V. A. (2018). Organic versus conventional cropping sustainability: a comparative system analysis. *Sustainability*, 10(1), 272.

Garrett, R. D., Levy, S. A., Gollnow, F., Hodel, L., & Rueda, X. (2021). Have food supply chain policies improved forest conservation and rural livelihoods? A systematic review. *Environmental Research Letters*, 16(3), 033002.

GlobalG.A.P. (1997). About GlobalG.A.P. Disponível em <https://Www.Globalgap.Org/About/>. Acesso em 10 out. 2025.

INPEV – Instituto Nacional de Processamento de Embalagens Vazias (2024). Relatório de Sustentabilidade. Disponível em: <https://www.inpev.org.br>. Acesso em: 06 fev. 2025.

Lemes, P. G., Zanuncio, J. C., Jacovine, L. A., Wilcken, C. F., & Lawson, S. A. (2021). Forest stewardship council and responsible wood certification in the integrated pest management in Australian forest plantations. *Forest Policy and Economics*, 131, 102541.

Loconto, A., & Dankers, C. (2014). Impact of international voluntary standards on smallholder market participation in developing countries. FAO. Disponível em <https://openknowledge.fao.org/items/308a8c7a-ad7f-4211-83d2-84c97618e0af>. Acesso em 16 ago. 2025.

Lopes, P. R. C., & Silva, A. S. (2003). Possibilidades da Produção Integrada em Hortaliças. Disponível em

[http://www.cpatsa.embrapa.br/public\\_eletronica/downloads/OPB802.pdf](http://www.cpatsa.embrapa.br/public_eletronica/downloads/OPB802.pdf). Acesso em 03 out. 2025.

Lopes, P. R. C., de Morais Oliveira, J. E., de Moraes Oliveira, I. V., da Silva, R. R. S., & Moreira, A. N. (2013). Situação atual e Avanços do Programa de Produção Integrada de Manga. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/575856/1/OPB2585.pdf>. Acesso em 11 out. 2025.

Lowhanne, K. S. R. R., & da Silva Nóbrega, D. (2022). Produção Integrada Agropecuária: Normas Técnicas Específicas e segurança do trabalhador rural. *Revista Agro em Questão*, 10(2).

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. (2019). Programa Nacional de Controle de Agrotóxicos e Afins. Brasília, DF: MAPA. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-mapa-n-805-de-9-de-junho-de-2025-635048095>

MAPA. Sistema Brasileiro de Avaliação da Conformidade Orgânica – SISORG (2021). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Portaria nº 52, de 15 de março de 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/organicos/legislacao/portugues/PORTARIAMAPAN52.2021.pdf>

MTE - Ministério do Trabalho e Emprego (2020). Portaria SEPRT nº 22.677, de 22 de outubro de 2020. Norma Regulamentadora nº 31 – Segurança e Saúde no Trabalho Rural. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho>. Acesso em: 12 fev. 2025.

MIPExperience. (2020). Conheça o Selo MipExperience. Disponível em: <https://Mipexperience.Agr.Br/Conheca-o-Selo-Mipexperience/>. Acesso em 20 out. 2025.

MIPEXPERIENCE. (2023). Selo Mipxp – Manejo Integrado de Pragas Experience. Disponível em: <https://www.mipexperience.com>. Acesso em: 14 fev. 2025.

Muñoz, C. M. G., Gómez, M. G. S., Soares, J. P. G., & Junqueira, A. M. R. (2016). Normativa de Produção Orgânica no Brasil: a percepção dos agricultores familiares do assentamento da Chapadinha, Sobradinho (DF). *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 54(02), 361-376.

Picanço, M. C., Paula, S. V., Moraes Jr., A. R., Oliveira, I. R., Semeão, A. A., & Rosado, J. F. (2004). Impactos financeiros da adoção de manejo integrado de pragas na cultura do tomateiro. *Acta Scientiarum. Agronomy Maringá*, 26(2), 245-252.

Rainforest Alliance. (1987). Our Work. Disponível em <https://www.rainforest-alliance.org/>. Acesso em 03 out. 2025.

Reganold, J. P., & Wachter, J. M. (2016). Organic agriculture in the twenty-first century. *Nature Plants*, 2(2), 1-8.

Saminêz, T., Dias, R., Nobre, F., Gonçalves, J., & Mattar, R. (2007). Princípios norteadores. Produção orgânica de hortaliças: o produtor pergunta, a Embrapa responde. Editores: Henz, GP, 17-28.

Sartori, R. S., & Bacha, C. J. C. (2007). A Evolução da Certificação Florestal no Brasil. Londrina, PR. SOBER.

Sistema Nacional de Informações Florestais. (2024). Certificação Florestal. Disponível em <https://publicacoes-snif.florestal.gov.br/florestasdobrasil/pt/producao-economia-e-mercado-florestal/certificacao-florestal/>. Acesso em 14 out. 2025.

Sociedade Nacional de Agricultura. (2025). As certificações Rainforest Alliance e Beef on Track... Disponível em <https://sna.agr.br/as-certificacoes-rainforest-alliance-e-beef-on-track-prometem-impulsionar-o-agro-brasileiro-no-mercado-global/>. Acesso em 12 out. 2025.

Sousa, W. D., Fernandes, E. S., de Moura, C. S. R., de Oliveira, L. M. S. R., & Ramos, J. L. C. (2022). Certificação de produtos orgânicos: fundamentos, experiências e desafios.

Tong, R., Wang, Y., Zhu, Y., & Wang, Y. (2022). Does the certification of agriculture products promote the adoption of integrated pest management among apple growers in China. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(20), 29808-29817.

Wiggins, Z., & Nandwani, D. (2020). Innovations of organic agriculture, challenges and organic certification in the United States. *Sustainable Agriculture Research*, 9(3), 50-57.

Wyckhuys, K. A. G., Heong, K. L., Sanchez-Bayo, F., Bianchi, F. J. J. A., Lundgren, J. G., & Bentley, J. W. (2019). Ecological illiteracy can deepen farmers' pesticide dependency. *Environmental Research Letters*, 14(9), 093004.

Zambolim, L., Nasser, L. C. B., Andrigueto, J. R., Teixeira, J. M. A., Kososki, A. R., & Fachinello, J. C. (2009). Produção integrada no Brasil: agropecuária sustentável alimentos seguros. MAPA/ACS.

## Capítulo 4

### **Semioquímicos no Manejo Integrado de Pragas**

*Ellen C.C. Aragão, Lissandra S. Moreira, Marcelo C. Picanço Filho, Letícia Caroline S. Sant'Ana, Eraldo Lima*

#### **1. Introdução**

Os semioquímicos são moléculas que desempenham um papel fundamental na comunicação entre insetos e entre insetos e plantas (Dicke & Sabelis, 1988; Reddy, 2004). Essas moléculas regulam comportamentos essenciais como localização de hospedeiros, alimentação, agregação, defesa e reprodução (Landolt & Phillips, 1997; Khashaveh et al., 2025). Esses compostos podem ser classificados em feromônios, quando interferem na comunicação intraespecífica, e aleloquímicos, quando mediam as interações interespecíficas, incluindo substâncias como alomônios, cairomônios e sinomônios (Netam et al., 2025).

No manejo integrado de pragas, os semioquímicos têm sido amplamente utilizados como ferramentas na tomada de decisão (Agelopoulos et al., 1999; Cook et al., 2007; Witzgall et al., 2010). Ele

possibilita a detecção precoce dos insetos pragas, assim com sua redução populacional (Klassen et al., 2023; Witzgall et al., 2010). Além disso, o uso de semioquímicos tem impacto na redução do uso indiscriminado de inseticidas, que conseqüentemente, reduz os impactos ambientais e favorece a sustentabilidade dos sistemas agrícolas (Zarbin et al., 2009).

Dessa forma, esse capítulo descreve como os semioquímicos tem sido utilizado dentro do Manejo Integrado de Pragas, até o momento, usando exemplos práticos.

## **2. Características dos semioquímicos**

Os semioquímicos são moléculas que atuam no comportamento e comunicação entre organismos (Agelopoulos et al., 1999; Khashaveh et al., 2025). Em insetos, essas moléculas são os principais veículos de localização e comunicação interespecífica e intraespecífica (Khashaveh et al., 2025; Landolt & Phillips, 1997). Essas substâncias podem ser voláteis ou de contato. Os semioquímicos são divididos em:

Aleloquímicos e Feromônios (Agelopoulos et al., 1999; Netam et al., 2025; Regnier & Law, 1968).

Os aleloquímicos auxiliam na comunicação de organismos de espécies diferentes (interespecífica) (Chesson, 2000; Netam et al., 2025). Esses semioquímicos são classificados como: Alomônios, Cairomônios e Sinomônios. Os alomônios são semioquímicos que beneficiam o emissor e prejudicam o receptor (Nordlund & Lewis, 1976). Um exemplo disso são alomônios, produzidos por *Nepenthes albobmarginata*, uma planta carnívora. Essa planta produz alomônios que atraem insetos que serão predados por ela, uma espécie de armadilha biológica (Schmidt, 2009).

Os cairomônios são semioquímicos que beneficiam o receptor e prejudicam o emissor (Agelopoulos et al., 1999). Um exemplo deste tipo de compostos são os cairomônios, produzidos por plantas de milho. Esses cairomônios atraem gorgulhos do milho (*Sitophilus zeamais*), que são favorecidos por encontrarem alimento (Ukeh et al., 2012). No entanto, a planta de milho é desfavorecida, uma vez que sofrerá injúrias no

grão, produzindo menos descendentes. Os cairomônios também tem um papel importante como atrativos e estimulantes de oviposição para a traça do tomateiro, *Tuta absoluta*, como demonstrado por (Proffit et al., 2011).

Já os sinomônios são semioquímicos que beneficiam o emissor e o receptor (Tan & Nishida, 2000). Um exemplo desse composto, está relacionado com o caso da orquídea *Bulbophyllum cheiri* que produz metil-eugenol, substância que atrai mosca das frutas. Esses voláteis favorece a planta por atrair polinizadores e favorece o inseto por servir de alimento (Tan et al., 2002).

Em contraste a isso, existem os feromônios. Esses compostos são substâncias químicas que participam ativamente na comunicação entre organismos de uma mesma espécie (intraespecífica) (Karlson & Lüscher, 1959; Proffit et al., 2011). Os feromônios podem ser sexuais, de agregação ou até mesmo auxiliar na manutenção da hierarquia em insetos sociais (Blum et al., 1971; Wyatt, 2014). Esse último grupo de compostos, são os mais importantes e aplicáveis em

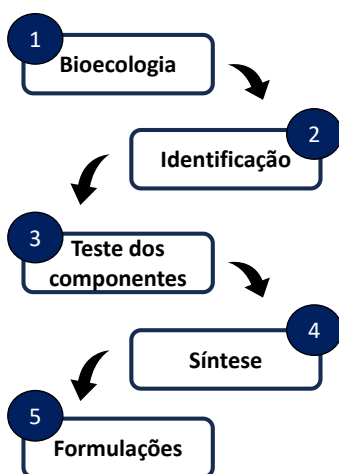
programas de manejo integrado de pragas. Além disso, os feromônios são muito específicos, tornando-os muito seguros para organismos não alvo (Witzgall et al., 2010).

### **3. Feromônios do laboratório até o campo**

Os feromônios são ferramentas que podem ser usadas no controle e monitoramento de pragas em programas de manejo integrado de pragas (Bacca et al., 2008; Groot et al., 2008; Klassen et al., 2023; Witzgall et al., 2010). No entanto, existem várias etapas que são necessárias para que este produto chegue até o consumidor final.

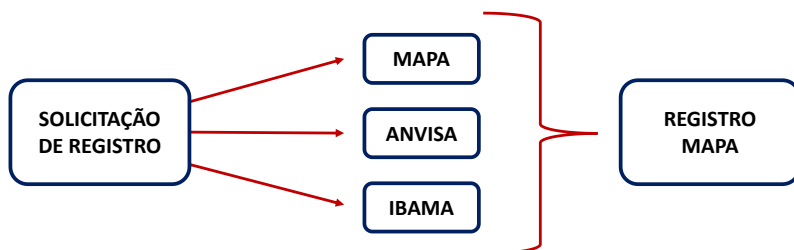
A primeira etapa é a criação/produção do inseto a ser estudado. Essa etapa é necessária para compreender melhor a bioecologia do inseto e determinar fatores importantes, como: horário de cópula, e conseqüentemente, horário de chamamento das fêmeas (Levi-Zada & Byers, 2021). Posteriormente, é feita a extração das glândulas produtoras de feromônios e identificação dos compostos principais presentes nesta glândula. Em

seguida, é feita a síntese destes compostos e comparada a resposta dos insetos aos compostos de forma individual e em blends. A resposta destes blends e compostos individualizados é comparada com a resposta ao feromônio natural, produzido pelos insetos (Batista-Pereira et al., 2006; Heath & Tumlinson, 1984; Millar et al., 2019; Smith et al., 1986; Tumlinson et al., 1975). Após determinada a composição química final do feromônio, são feitas formulações para melhorar a performance destes compostos no campo (Figura 4.1) (Hall et al., 1982; Hellmann et al., 2024; Zada et al., 2009).



**Figura 4.1.** Etapas para a formulação de um feromônio.

Em sequência, para a formulação final do feromônio é obrigatório o registro deste composto. Para isso, são necessários os seguintes passos: Avaliação da classificação toxicológica, feita pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA); Avaliação de eficácia agrônômica, feita pelo Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA); Avaliação de periculosidade ambiental, feita pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). Após a aprovação dos laudos nestas instituições, o registro do produto comercial para o uso em lavouras é feito pelo MAPA (Figura 4.2) (MAPA, 2026).



**Figura 4.2.** Passos para o registro de feromônios comerciais.

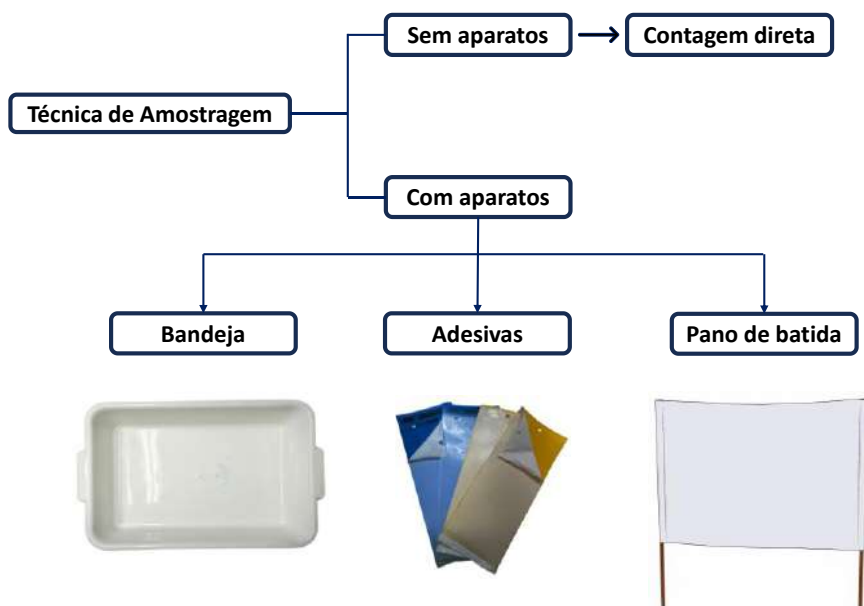
## **4. Uso de feromônios na detecção e monitoramento de pragas**

### **4.1 Monitoramento convencional**

O monitoramento é uma etapa crucial no manejo integrado de pragas, principalmente para a tomada de decisão de controle (Silva et al., 2025). Além de detectar a presença ou não da praga, essa etapa permite a determinação da densidade populacional, e com base nos índices de tomada de decisão, mensurar se as populações estão altas ou baixas (Santos et al., 2021). São diversas as técnicas usadas para a amostragem de pragas, podendo utilizar ou não aparatos (Figura 4.3).

### **4.2 Monitoramento com feromônios**

O monitoramento com feromônios permite a detecção precoce dos insetos. As armadilhas são fundamentais para o monitoramento de pragas exóticas e também na preservação de espécies ameaçadas (Rizvi et al., 2021). Sua alta especificidade, permite que seja capturada apenas a espécie desejada, minimizando a captura de insetos não-alvo, contribuindo para a redução do impacto ambiental (Santos et al., 2025).



**Figura 4.3.** Técnicas sem e com aparatos utilizados na amostragem de pragas.

O monitoramento com feromônios é muito valorizado por sua capacidade de oferecer indicativos confiáveis da ocorrência de um inseto-alvo. Ele permite detectar a densidade populacional de um inseto praga, mesmo com baixas densidades, situação em que as técnicas convencionais de detecção podem falhar (Larsson, 2016; Rizvi et al., 2021).

#### **4.2.1 Principais armadilhas**

A implantação dessa ferramenta no campo é feita através de armadilhas que podem ser do tipo delta, funil e balde. A armadilha delta é uma das mais comuns e utilizada para o monitoramento de lepidópteros (Sisay et al., 2024). Essa armadilha tem um formato de triângulo, geralmente colocada em um suporte, na própria planta na altura de voo do inseto-alvo. A armadilha possui uma superfície colante que captura os insetos atraídos pelo feromônio (Kumar et al., 2025).

O modelo do tipo funil é utilizado para capturar coleópteros, é um recipiente cilíndrico que contém o feromônio na parte superior. O inseto é direcionado para uma “câmara de retenção” localizada na base da armadilha (Kumar et al., 2025).

A armadilha do tipo balde, funciona como uma armadilha de queda, o inseto entra pela parte superior e cai para dentro, onde fica retido, o feromônio (ou outra isca) fica suspenso próximo à abertura superior (Kumar et al., 2025) (Figura 4.4).



**Figura 4.4.** Principais tipos de armadilhas com feromônios utilizadas no monitoramento de insetos. Armadilha delta (A), armadilha funil (B) e armadilha tipo balde (C).

A eficiência da captura com feromônios depende de alguns fatores, como a dosagem do feromônio, o tipo de armadilha utilizada, a altura de instalação, comportamento e a área de atuação da praga. O ajuste desses fatores é essencial para que se tenha um monitoramento eficiente e otimizado (Hussain et al., 2023).

#### **4.2.2 Mecanismos de ação dos feromônios**

O mecanismo de ação dos feromônios no campo funciona da seguinte maneira: o feromônio sintético

contido na armadilha é liberado, esse composto se dispersa no ambiente, mimetizando o sinal natural que o inseto (geralmente a fêmea) emite para atrair parceiros. O inseto-alvo detecta o sinal químico através de suas antenas, é atraído, segue o rastro químico até a fonte, e é capturado pela armadilha (Alam et al., 2023) (Figura 4.5).



**Figura 4.5.** Mecanismo de funcionamento dos feromônios na atração de insetos.

#### **4.2.3 Tipos de feromônios usados no monitoramento de pragas**

Para o monitoramento de pragas, os principais tipos de feromônios utilizados são: feromônios sexuais e feromônios de agregação. Os feromônios sexuais são utilizados principalmente por lepidópteros, liberados pelas fêmeas para atrair os machos. Com

isso é possível detectar e quantificar os machos presentes na cultura (Wyatt, 2014).

Já os feromônios de agregação são produzidos por machos e atraem indivíduos de ambos os sexos, sendo úteis em armadilhas para monitoramento (Hanks & Millar, 2016; Paudel et al., 2023).

#### **4.2.4 Casos de sucesso**

Há diversos exemplos práticos do uso de feromônios para monitoramento de pragas, que demonstram sua utilização como uma ferramenta consolidada e eficaz. A Tabela 4.1 contém exemplos de uso de feromônios no monitoramento do bicudo do algodoeiro *Anthonomus grandis* (Coleoptera: Curculionidae) e da lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae).

**Tabela 4.1.** Exemplos de uso feromônios de agregação e sexual no monitoramento de pragas.

Característica	Praga	
	<i>Anthonomus grandis</i>	<i>Spodoptera frugiperda</i>
Tipo de feromônio	Agregação	Sexual
Alvos	Fêmeas e machos	Machos
Culturas	Algodão	Milho, soja, algodão
Objetivo	Detectar migração na entressafra e na bordadura dos talhões	Prever picos de postura de ovos

Fonte: MAPA (2025).

## **5. Uso de feromônios na tomada de decisão de controle de pragas**

O manejo integrado de pragas (MIP) tem como princípio fundamental a tomada de decisão, baseada em informações precisas da população de insetos e seu nível de dano econômico (Picanço, 2010; Bažok, 2022). Nesse contexto, o uso de feromônios, substâncias químicas produzidas pelos próprios insetos para comunicação intraespecífica, tornou-se uma ferramenta essencial para o monitoramento populacional e a determinação do momento ideal de controle (Witzgal et al., 2010).

A síntese desses compostos em laboratório é fundamental para viabilizar sua produção em escala e aplicação no campo, com avanços metodológicos significativos alcançados na última década (Souza et al., 2023).

A utilização de armadilhas atrativas com feromônios permite detectar a presença das pragas e acompanhar a flutuação populacional ao longo do ciclo da cultura. Esse acompanhamento é fundamental para identificar se o nível de infestação da praga atingiu ou não o nível de ação ou nível de dano econômico

(Zarbin et al., 2009; Gouurlart et al., 2015). A interpretação dessas informações tende a ser ainda mais eficiente quando integrada a outros métodos de amostragem, o que permite uma avaliação mais precisa da intensidade de infestação da praga na cultura (Pedigo & Buntin, 1994).

O uso dessa tecnologia contribui para decisões mais precisas, reduzindo o uso indiscriminado de inseticidas, os impactos ambientais e a seleção de populações resistentes. Além disso, ela pode favorecer a sustentabilidade dos sistemas agrícolas. Trata-se, portanto, de uma abordagem que se projeta como base para a agricultura do futuro (Zarbin et al., 2009). De acordo com Howse et al. (2013), os feromônios consolidam-se como aliados estratégicos no MIP. Eles orientam o agricultor a intervir no momento exato, garantindo um controle mais eficiente das pragas e promovendo práticas de manejo equilibradas e compatíveis com a dinâmica dos agroecossistemas. A expansão do uso dessa tecnologia aprimora a tomada de decisão, permitindo intervenções sincronizadas com o comportamento das pragas e alinhadas com a sustentabilidade do sistema produtivo.

## 6. Uso de feromônios no controle de pragas

Atualmente, o Ministério da Agricultura apenas 49 produtos comerciais à base de feromônios, disponíveis no mercado brasileiro (Tabela 4.2).

**Tabela 4.2.** Grupos químicos dos feromônios registrados no Brasil para uso em programas de manejo integrado de pragas.

Grupo químico	Número (n=49)	Porcentagem
Acetatos insaturados	22	44,90
Álcoois	9	18,37
Aldeídos	5	10,20
Outros	13	26,53

Fonte: MAPA (2025).

Entre os feromônios de maior relevância agrícola, destaca-se o Rincoforol, responsável pela agregação de *Rhynchophorus palmarum*, conforme descrito por Navarro (2002). O inseto, amplamente conhecido como broca-do-olho-do-coqueiro, constitui uma das pragas-chaves de palmeiras cultivadas, causando severos prejuízos

econômicos em culturas como coqueiro e o dendê (Navarro, 2002; Gouurlart, 2012).

O Rincoforol, já disponível comercialmente, permite a montagem de armadilhas capazes de atrair tanto machos, quanto fêmeas, aumentando significativamente a eficiência da captura (Navarro, 2002). Revisões recentes da literatura, como a de Souza et al., (2023), destacam a síntese e aplicação de feromônios de agregação. Assim como para outras espécies de *Rhynchophorus*, consolidando a eficácia dessa estratégia no manejo direto de populações de insetos-praga.

Dessa forma, os feromônios consolidam-se não apenas como instrumentos de apoio à tomada de decisão, mas também como agentes diretos de controle. Isso permite uma integração de práticas ecologicamente corretas, sustentáveis e efetivas no manejo dos principais insetos-pragas de importância agrícola (Rizvi et al., 2021).

O avanço na síntese desses compostos tem ampliado seu uso em diferentes culturas, fortalecendo estratégias de monitoramento e captura. Esses avanços têm contribuído para reduzir intervenções

químicas desnecessárias e fortalecer a eficiência do MIP, reforçando o papel dos feromônios como componentes cada vez mais essenciais em sistemas agrícolas.

Mesmo com seu grande potencial, o número ainda limitado de produtos à base de feromônios registrados no Ministério da Agricultura (Agrofit, 2025), mostra que há um amplo espaço para expansão dessa tecnologia no Brasil. Isso fica evidente ao se observar que, apenas entre 2013 e 2022, foram publicadas sínteses para 268 feromônios diferentes (Souza et al., 2023). Isso indica um vasto campo de moléculas candidatas a futuros produtos comerciais. No entanto, o caminho que separa a síntese bem sucedida em laboratório do registro de um produto eficaz e economicamente viável é complexo, exigindo a superação de desafios que vão desde a formulação e estabilidade em campo até a produção em larga escala. Sendo assim, avanços em pesquisa, desenvolvimento e ajustes regulatórios são fundamentais para ampliar o conjunto de semioquímicos, principalmente os feromônios disponíveis.

## **7. Uso de semioquímicos em programas de MIP no Brasil**

A agricultura brasileira tem grande relevância no cenário global, por ter uma vasta diversidade de culturas agrícolas e, devido a isso, enfrentar de forma contínua, desafios no manejo de insetos pragas. Esse cenário se torna ainda mais desafiador, pois além de medidas cada vez mais eficientes, existe a preocupação com métodos mais seguros para o meio ambiente e para a saúde humana (Zarbin et al., 2009)

Historicamente, o modelo adotado para o controle de pragas, foi durante muitos anos, dependente de defensivos químicos, que refletiu no aumento de custos de produção, resistência de insetos a moléculas químicas e impactos ambientais (Washim et al., 2024). Nos últimos anos, esse cenário tem passado por uma transição para a utilização de práticas mais sustentáveis, com destaque para o Manejo Integrado de Pragas (MIP). Os semioquímicos, que atuam no controle comportamental, têm crescido e ganhado espaço no mercado brasileiro e representam uma estratégia

promissora devido ao conjunto de benefícios que oferecem (Tewari et al., 2014; Araújo et al., 2021).

A pesquisa brasileira avançou nas últimas décadas e isso está ligado a um ponto importante que foi marcado pela criação do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Semioquímicos na Agricultura (INCT-Semioquímicos), no qual o objetivo é desenvolver capacidade nacional para identificar, sintetizar e aplicar semioquímicos em pragas agrícolas. Esse projeto reúne laboratórios e pesquisadores de instituições renomadas de ensino, como a Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ/USP), a Universidade Federal do Paraná (UFPR), a Universidade Federal de Viçosa (UFV) e a Universidade Federal de Alagoas (UFAL) (CNPq, 2025).

O avanço na área acadêmica é notável, Bento e Peñaflor (2021), analisaram a aplicação de semioquímicos no controle biológico e a importância da integração desses compostos com inimigos naturais. Goulart et al., (2015) realizaram uma revisão que levantou as oportunidades, as estratégias de formulação e também as atuais limitações na aplicação dos

feromônios, em programas de manejo de pragas no Brasil.

O crescimento do país na pesquisa tem levado soluções até o campo para diversas culturas. A Tabela 4.3 apresenta exemplos do uso de semioquímicos para monitoramento e controle de insetos-pragas em diversas culturas.

O uso de semioquímicos no Brasil deixou de ser apenas um teste e se tornou fundamental no MIP, que contribuem para decisões mais precisas e seguras (Witzgall et al., 2010). O futuro caminha para a utilização de ferramentas cada vez mais tecnológicas, como armadilhas inteligentes conectadas à internet e iscas mais completas, que atraem melhor os insetos (Prete et al., 2021).

**Tabela 4.3.** Exemplos de semioquímicos comerciais utilizados para monitoramento e controle de pragas no Brasil.

Praga	Cultura	Função	Composto principal
<i>Anthonomus grandis</i>	Algodão	Monitoramento e coleta massal	Grandlure
<i>Ceratitis capitata</i>	Manga, uva	Monitoramento	Trimedlure
<i>Cydia pomonella</i>	Maçã, pera	Monitoramento e confusão sexual	(E,E)-8,10-dodecadien-1-ol
<i>Diatraea saccharalis</i>	Cana-de-açúcar	Monitoramento	(Z,E)-9,11-hexadecadienal
<i>Euschistus heros</i>	Soja	Monitoramento	Metil 2,6,10-trimetiltridecanoato
<i>Grapholita molesta</i>	Maçã, pêssigo	Monitoramento e confusão sexual	Acetato de (Z)-8-dodecenil
<i>Gymnandrosoma aurantianum</i>	Citros	Monitoramento	Acetato de (E)-8-dodecenil
<i>Leucoptera coffeella</i>	Café	Coleta massal	5,9-dimetilpentadecano
<i>Rhynchophorus palmarum</i>	Dendê, coco	Monitoramento	(2E)-6-metil-2-hepten-4-ol
<i>Spodoptera frugiperda</i>	Milho, soja, algodão	Monitoramento	Acetato de (Z)-9-tetradecenila

Fonte: MAPA (2025).

## **7.1 Monitoramento e tomada de decisão**

Armadilhas com feromônios e cairomônios seguem como o “painel de instrumentos” do MIP. A recente incorporação de armadilhas inteligentes (IoT + visão computacional) permite contagem e classificação automática, integrando dados com modelos fenológicos para alertas e intervenções no momento ótimo (Preti et al., 2021).

### **7.1.1 Confusão sexual**

Consolidada para diversas pragas em pomares, grãos armazenados e ambientes urbanos, via mecanismos competitivos e não competitivos (confusão, mascaramento, habituação). Os avanços incluem aerossóis, mesodispensadores e formulações microencapsuladas pulverizáveis. Em densidades populacionais muito altas, a eficácia tende a cair, recomendando estratégia de área ampla e reforço de bordaduras (Benelli et al., 2019; Klassen et al., 2023).

### **7.1.2 Atrai-e-mata**

Úteis para pragas móveis ou polípagas, exigem precisão no uso de armadilhas (dose, altura, densidade de estações). Para o percevejo-marrom (*Halyomorpha halys*), por exemplo, o desempenho é contextual e melhora quando se combinam feromônios, com sinergistas e liberadores adequados ao cenário produtivo (Campos & Phillips, 2014; Camelo et al., 2014).

### **7.1.3 Atração-repulsão**

A estratégia de atração-repulsão (*push-pull*) consagrada em cereais (ex.: desmódio + capim napier para lepidó-brocas) e em expansão para outras pragas com combinações de estímulos visuais e químicos. Considerada a técnica mais promissora na integração de semioquímicos (Kim et al., 2023).

### **7.1.4 Atrai-e-infecta**

Combina semioquímicos com fungos entomopatogênicos, para conduzir o patógeno ao inseto-alvo. É uma tática promissora, porém requer

características que evitem inativação do fungo por certos atrativos (muitas vezes exigindo separação espacial dos componentes) (Dembilio et al., 2018; Fetter et al., 2023).

### **7.1.5 Novas frentes tecnológicas**

Envolvem tecnologias emergentes como a disrupção vibracional (especialmente para hemípteros em videira) e a biofabricação de pré-feromônios em plantas ou organismos modificados, visando a redução de custos e a ampliação do acesso (Krugner & Gordon, 2018).

## **8. Vantagens do uso de semioquímicos**

Diversos estudos têm demonstrado que o uso de semioquímicos representa uma alternativa eficiente e sustentável no manejo de pragas agrícolas. Pesquisas destacam que esses compostos apresentam alta especificidade, atuando diretamente sobre a espécie-alvo, sem causar efeitos deletérios a organismos não alvos, o que reforça sua importância em programas de

manejo integrado de pragas (Goulart, 2012; Zarbin, 2009).

No contexto ambiental, estudos apontam que os semioquímicos contribuem significativamente para a redução do uso de inseticidas químicos, diminuindo a contaminação ambiental e os riscos à saúde humana. Esses compostos são amplamente reconhecidos como ferramentas biorracionais, por apresentarem alta especificidade e baixa toxicidade, além de possibilitarem a redução de resíduos de pesticidas nos alimentos e no ambiente (Witzgall et al., 2010).

Além disso, pesquisas realizadas no Brasil evidenciam a eficácia dos semioquímicos no monitoramento e controle populacional de pragas. O uso de armadilhas contendo feromônios, por exemplo, permite a detecção precoce e o acompanhamento da dinâmica populacional de insetos, possibilitando intervenções mais precisas e economicamente viáveis (Moreira et., 2005).

No Brasil, há também um avanço significativo nas pesquisas com semioquímicos, com diversas espécies de insetos-praga já estudados e produtos

disponíveis no mercado para diferentes culturas. Levantamentos indicam que, um grande número de espécies agrícolas já foi alvo de estudos com feromônios, evidenciando o potencial dessa tecnologia no cenário nacional (Zarbin et., 2009).

Dessa forma, o uso de semioquímicos representa uma abordagem moderna e sustentável, alinhada às demandas atuais da agricultura por maior eficiência e responsabilidade ambiental.

## **9. Limitações para o uso de semioquímicos**

A eficácia dos semioquímicos em condições de campo é influenciada por diferentes limitações que podem ser de natureza ecológica, operacional e regulatória, que devem ser consideradas para garantir seu uso eficiente no manejo de pragas.

### **9.1 Limitações da técnica de confusão sexual**

Em geral, a técnica de confusão sexual apresenta melhores resultados quando a densidade populacional da praga é baixa a moderada, principalmente em áreas extensas e contínuas. Em

situações de alta infestação ou em áreas fragmentadas, seu desempenho tende a diminuir. Isso pode ocorrer pela entrada de fêmeas copuladas vindas de áreas vizinhas não tratadas, o que compromete a eficácia do método. Além disso, falhas na proteção das bordas da área tratada (conhecidas como efeito de bordadura) também podem diminuir os resultados (Witzgall et al., 2010; Miller & Gut, 2015).

## **9.2 Custo e logística**

Outro ponto importante que deve ser levado em consideração é o custo operacional e a logística para a implementação. A instalação, a reposição e a manutenção dos dispensadores geram custos, o que dificulta a adoção em larga escala. A duração dos compostos no campo não é constante, e pode variar conforme fatores ambientais, como radiação ultravioleta, temperatura e o tipo de material do dispensador. Esses fatores influenciam a liberação e a estabilidade dos semioquímicos em campo (El-Sayed et al., 2009; Witzgall et al., 2010).

### **9.3 Compatibilidade com controle biológico**

Quando os semioquímicos são utilizados em conjunto com agentes de controle biológico, o funcionamento entre eles é um aspecto essencial. Em alguns casos, compostos usados como atrativos podem prejudicar os fungos entomopatogênicos, o que afeta a viabilidade dos conídios (estruturas responsáveis pela infecção dos insetos) e pode reduzir sua eficiência no controle da praga (Vega et al., 2009; Roy et al., 2010).

### **9.4 Especificidade excessiva**

Os semioquímicos costumam atuar de forma específica, direcionados a uma única espécie de praga. Essa característica é vantajosa em sistemas mais simples, e pode se tornar uma limitação em áreas onde várias pragas ocorrem simultaneamente. Nesses casos, pode ser necessário combinar diferentes semioquímicos ou integrar outras estratégias de manejo, ampliando o alcance do controle (Miller & Gut, 2015).

### **9.5 Processo regulatório**

Mesmo apresentando baixo risco ao meio ambiente e à saúde humana, os semioquímicos precisam passar por avaliações que comprovem sua eficácia e segurança antes de serem utilizados. No Brasil, esse processo envolve a elaboração de documentos técnicos (dossiês), com informações sobre funcionamento, eficiência e possíveis impactos do produto. Esses materiais são analisados por órgãos como o MAPA, a ANVISA e o IBAMA, e as exigências podem variar conforme o tipo de produto e sua finalidade de uso (Registrar Agrotóxico, 2025).

## **10. Recomendações operacionais para o uso de semioquímicos nos cultivos**

O uso eficiente de semioquímicos requer, inicialmente, a definição clara do objetivo, que pode envolver o monitoramento populacional, a supressão de pragas, por meio de estratégias como interrupção do acasalamento, atração seguida de controle ou captura massal ou ainda a manipulação

comportamental dos insetos no sistema de cultivo (Witzgall et al., 2010).

Antes da adoção em larga escala, recomenda-se a avaliação prévia da área, com monitoramento inicial que permita compreender a distribuição espacial e temporal da praga, possibilitando o ajuste da densidade e do posicionamento das armadilhas (Howse et al., 2013).

A escolha da estratégia deve considerar a compatibilidade com o sistema de cultivo e com a praga-alvo. Em lepidópteros associados a pomares, a interrupção do acasalamento é amplamente empregada, com atenção especial às bordaduras e à integração com outras táticas de controle (Howse et al., 2013; Lance et al., 2016). De modo geral, recomenda-se que o uso de semioquímicos seja integrado a outras práticas dentro do manejo integrado de pragas, considerando as características da espécie e sua interação com o ambiente (Zarbin, 2009; Witzgall et al., 2010).

Em áreas extensas, a coordenação entre propriedades vizinhas é recomendada para reduzir a

reinfestação por migração de insetos. Além disso, deve-se assegurar a compatibilidade com outros métodos de controle, especialmente biológicos, evitando interferências que comprometam sua eficácia (Witzgall et al., 2010).

Por fim, a eficiência do uso de semioquímicos depende de uma avaliação contínua, baseada em dados de captura e níveis de dano na cultura, permitindo ajustes nas estratégias ao longo do tempo (Witzgall et al., 2010).

## **11. Considerações finais**

Os semioquímicos representam um avanço significativo para a sustentabilidade agrícola, ao deslocarem o controle de pragas para a modulação comportamental, com baixo impacto ecológico. Essa abordagem contribui para a preservação dos serviços ecossistêmicos, ao mesmo tempo em que mantém a produtividade das culturas. Entretanto, ainda persistem desafios relevantes, especialmente relacionados à democratização do acesso a essas tecnologias, frequentemente limitada por custos

elevados e pela necessidade de assistência técnica especializada. Somado a isso, o risco de lock-in tecnológico, decorrente da dependência de patentes e de fornecedores exclusivos, o que reforça a importância do desenvolvimento de rotas de biofabricação e da padronização aberta de dados de monitoramento. Além disso, torna-se fundamental assegurar um arcabouço regulatório transparente e proporcional ao risco, com exigências robustas, porém viáveis, que favoreçam a inovação responsável e a ampla adoção dessas tecnologias.

## **12. Referências**

Agelopoulos, N., Birkett, M. A., Hick, A. J., Hooper, A. M., Pickett, J. A., Pow, E. M., Smart, L. E., Smiley, D. W.M., Wadhams, L. J., Woodcock, C. M. (1999). Exploiting semiochemicals in insect control. *Pesticide science*, 55(3), 225-235.

Alam, A., Abbas, S., Abbas, A., Abbas, M., Hafeez, F., Shakeel, M., Xiao, F., & Zhao, C. R. (2023). Emerging trends in insect sex pheromones and traps for sustainable management of key agricultural pests in Asia: beyond insecticides—a comprehensive review. *International Journal of Tropical Insect Science*, 43(6), 1867-1882.

Araújo, H. M. de, Batista, J. de L. B., Lacerda, L. B. de, Araújo, J. R. E. de S., Cartaxo, P. H. de A., Silva, J. H. B., & Santos, J. P. de O. (2021). Uso de semioquímicos no controle de lepidópteros. *Scientific Electronic Archives*, 14(12).

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(6), 430-438.

Batista-Pereira, L. G., Stein, K., De Paula, A. F., Moreira, J. A., Cruz, I., Figueiredo, M. D. L. C., Perri, J., & Corrêa, A. G. (2006). Isolation, identification, synthesis, and field evaluation of the sex pheromone of the Brazilian population of *Spodoptera frugiperda*. *Journal of Chemical Ecology*, 32(5), 1085-1099.

Bažok, R. (2022). Integrated pest management of field crops. *Agriculture*, 12(3), 425.

Benelli, G., Lucchi, A., Thomson, D., & Ioriatti, C. (2019). Sex pheromone aerosol devices for mating disruption: Challenges for a brighter future. *Insects*, 10(10), 308.

Bento, J. M. S., & Villalba Peñaflor, M. F. G. (2021). Uso de semioquímicos no controle biológico de pragas. *Controle biológico no Brasil com parasitoides e predadores na agricultura brasileira*, 592-il.

Blum, M. S., Doolittle, R. E., & Beroza, M. (1971). Alarm pheromones: Utilization in evaluation of olfactory theories. *Journal of Insect Physiology*, 17(12), 2351-2361.

Camelo, L. D. A., Landolt, P. J., & Zack, R. S. (2014). A kairomone based attract-and-kill system effective against alfalfa looper (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of economic entomology*, 100(2), 366-374.

Campos, M., & Phillips, T. W. (2014). Attract-and-kill and other pheromone-based methods to suppress populations of the Indianmeal moth (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of economic entomology*, 107(1), 473-480.

Chesson, P. (2000). Mechanisms of maintenance of species diversity. *Annual review of Ecology and Systematics*, 31(1), 343-366.

Cook, S. M., Khan, Z. R., & Pickett, J. A. (2007). The use of push-pull strategies in integrated pest management. *Annu Rev Entomol*, 52, 375-400.

Dembilio, Ó., Moya, P., Vacas, S., Ortega-García, L., Quesada-Moraga, E., Jaques, J. A., & Navarro-Llopis, V. (2018). Development of an attract-and-infect system to control *Rhynchophorus ferrugineus* with the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana*. *Pest management science*, 74(8), 1861-1869.

Dicke, M., & Sabelis, M. W. (1988). Infochemical Terminology: Based on Cost-Benefit Analysis Rather than Origin of Compounds? *Functional Ecology*, 2(2), 131-139.

El-Sayed, A. M., Suckling, D. M., Byers, J. A., Jang, E. B., & Wearing, C. H. (2009). Potential of "lure and kill" in long-term pest management and eradication of invasive species. *Journal of economic entomology*, 102(3), 815-835.

Fetter, I., Alves, L. F., Loeblein, J. S., Guimarães, A. T., & Patt, J. M. (2023). Biphasic production of the fungus *Beauveria bassiana* (Bals.-Criv.) Vuill. in an attract-and-infect device for control of the yerba mate ampoule *Gyropsylla spegazziniana* (Lizer & Trelles, 1919)(Hemiptera: Aphalaridae). *BioAssay*, 18, ba18005-ba18005.

Goulart, H. F. (2012). Desenvolvimento de feromônios para controle de pragas, novos caminhos de síntese, formulação, imobilização e liberação controlada.

Goulart, H. F., Lima, M. R. F., de Moraes, R. K., & Bernardo, V. B. (2015). Feromônios: uma alternativa verde para o manejo integrado de pragas. *Revista Virtual de Química*, 7(4), 1205-1224.

Groot, A. T., Marr, M., Schöfl, G., Lorenz, S., Svatos, A., & Heckel, D. G. (2008). Host strain specific sex pheromone variation in *Spodoptera frugiperda*. *Frontiers in Zoology*, 5(1), 20.

Hall, D. R., Nesbitt, B. F., Marrs, G. J., Green, A. S. J., Campion, D. G., & Critchley, B. R. (1982). Development of microencapsulated pheromone formulations.

Hanks, L. M., & Millar, J. G. (2016). Sex and aggregation-sex pheromones of cerambycid beetles: basic science and practical applications. *Journal of chemical ecology*, 42(7), 631-654.

Heath, R. R., & Tumlinson, J. H. (1984). Techniques for purifying, analyzing, and identifying pheromones. In

Techniques in pheromone research (pp. 287-322). New York, NY: Springer New York.

Hellmann, C., Greiner, A., & Vilcinskis, A. (2024). Design of polymer carriers for optimized pheromone release in sustainable insect control strategies. *Advanced Science*, 11(9), 2304098.

Howse, P., Stevens, J. M., & Jones, O. T. (2013). *Insect pheromones and their use in pest management*. Springer Science & Business Media.

Hussain, A., Hladun, S., Vincent, M., Wist, T. J., Hillier, N. K., & Mori, B. A. (2023). Development of a pheromone monitoring system for the goosefoot groundling moth, *Scrobipalpa atriplicella* (von Röslerstamm) in quinoa, *Chenopodium quinoa* (Willdenow). *Crop Protection*, 165, 106166.

Karlson, P., & Lüscher, M. (1959). 'Pheromones': a new term for a class of biologically active substances. *Nature*, 183(4653), 55-56.

Khan, Z. R., James, D. G., Midega, C. A. O., & Pickett, J. A. (2008). Chemical ecology and conservation biological control. *Canadian Entomologist*, 45(2), 210-224.

Khashaveh, A., Yi, C., Tang, H., Song, X., Zhang, G., Xie, J., & Zhang, Y. (2025). Biological roles of pyrazines in insect chemical communication. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 12(1), 109.

Kim, C. Y., Khan, F., & Kim, Y. (2023). A push-pull strategy to control the western flower thrips, *Frankliniella*

*occidentalis*, using alarm and aggregation pheromones. PLOS ONE, 18(2), e0279646.

Klassen, D., Lennox, M. D., Dumont, M. J., Chouinard, G., & Tavares, J. R. (2023). Dispensers for pheromonal pest control. *Journal of Environmental Management*, 325, 116590.

Krugner, R., & Gordon, S. D. (2018). Mating disruption of *Homalodisca vitripennis* (Germar) (Hemiptera: Cicadellidae) by playback of vibrational signals in vineyard trellis. *Pest Management Science*, 74(9), 2013-2019.

Kumar, N., Naveen, G., Padhan, S., Hembram, S., Rathore, T., Mohanta, S., & Mani, A. (2025). Pheromone traps in insect pest management: A comprehensive review of their applications, efficacy and future directions in integrated pest management. *Plant Archives* (09725210), 25(1).

Lance, D. R., Leonard, D. S., Mastro, V. C., & Walters, M. L. (2016). Mating disruption as a suppression tactic in programs targeting regulated lepidopteran pests in US. *Journal of Chemical Ecology*, 42(7), 590-605.

Landolt, P. J., & Phillips, T. W. (1997). Host plant influences on sex pheromone behavior of phytophagous insects. *Annual Review of Entomology*, 42, 371-391.

Larsson, M. C. (2016). Pheromones and other semiochemicals for monitoring rare and endangered species. *Journal of Chemical Ecology*, 42(9), 853-868.

Levi-Zada, A., & Byers, J. A. (2021). Circadian rhythms of insect pheromone titer, calling, emission, and response: a review. *The Science of Nature*, 108(5), 35.

Lima, E. R., & McNeil, J. N. (2009). Female sex pheromones in the host races and hybrids of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Chemoecology*, 19(1), 29–36.

MAPA. Ministério da Agricultura e Pecuária. (2025). AGROFIT: Sistema de agrotóxicos fitossanitários. Disponível em: [https://agrofit.agriculture.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](https://agrofit.agriculture.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons). Acesso em 23 de novembro de 2025.

MAPA. Ministério da Agricultura e Pecuária (2025). Registrar agrotóxico. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura>. Acesso em: 20 de novembro 2025.

Millar, J. G., Richards, A. B., Halloran, S., Zou, Y., Boyd, E. A., Quigley, K. N., & Hanks, L. M. (2019). Pheromone identification by proxy: identification of aggregation-sex pheromones of North American cerambycid beetles as a strategy to identify pheromones of invasive Asian congeners. *Journal of Pest Science*, 92(1), 213-220.

Miller, J. R., & Gut, L. J. (2015). Mating disruption for the 21st century: matching technology with mechanism. *Environmental entomology*, 44(3), 427-453.

Moreira, M. A. B., Zarbin, P. H. G., & Coracini, M. D. A. (2005). Feromônios associados aos coleópteros-praga de produtos armazenados. *Química nova*, 28(3), 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). Aspectos práticos relacionados ao uso do Rincoforol, o feromônio de agregação da Broca-do-olho-do-coqueiro *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Curculionidae) no controle de pragas do coqueiro: análise de sua eficiência em campo. *Química Nova*, 25(1), 32-36.

Netam, A., Akhilesh, K., Harikrishnan, R. G., & Kumar, B. A. (2025). Role of pheromones and semiochemicals in pest control. *Safeguarding Agricultural Productivity*, 182.

Nordlund, D. A., & Lewis, W. J. (1976). Terminology of chemical releasing stimuli in intraspecific and interspecific interactions.

Paudel, S., Jackson, T. A., Mansfield, S., Ero, M., Moore, A., & Marshall, S. D. (2023). Use of pheromones for monitoring and control strategies of coconut rhinoceros beetle (*Oryctes rhinoceros*): A review. *Crop Protection*, 174, 106400.

Pedigo, L. P., & Buntin, G. D. (Eds.). (1994). *Manual de métodos de amostragem para artrópodes na agricultura* (p. 714). CRC Press.

Picanço, M. C., Gonring, A. H. R., & Oliveira, I. D. (2010). *Manejo integrado de pragas*. Viçosa: UFV, 144.

Preti, M., Favaro, R., Knight, A. L., & Angeli, S. (2021). Remote monitoring of *Cydia pomonella* adults among an assemblage of nontargets in sex pheromone-kairomone-baited smart traps. *Pest management science*, 77(9), 4084-4090.

Preti, M., Verheggen, F., & Angeli, S. (2021). Insect pest monitoring with camera-equipped traps: strengths and limitations. *Journal of pest science*, 94(2), 203-217.

Proffit, M., Birgersson, G., Bengtsson, M., Reis Jr, R., Witzgall, P., & Lima, E. (2011). Attraction and oviposition of *Tuta absoluta* females in response to tomato leaf volatiles. *Journal of Chemical Ecology*, 37(6), 565–574.

Reddy, G. (2004). Interactions of insect pheromones and plant semiochemicals. *Trends in Plant Science*, 9(5), 253–261.

Regnier, F. E., & Law, J. H. (1968). Insect pheromones. *Journal of lipid research*, 9(5), 541-551.

Rizvi, S. A. H., George, J., Reddy, G. V., Zeng, X., & Guerrero, A. (2021). Latest developments in insect sex pheromone research and its application in agricultural pest management. *Insects*, 12(6), 484.

Roy, H. E., Vega, F. E., Chandler, D., Goettel, M. S., Pell, J., & Wajnberg, E. (Eds.). (2010). *The ecology of fungal entomopathogens*.

Santos, J. P., Fagundes, E., & Menezes-Netto, A. C. (2021). Custos de armadilhas adesivas artesanais para a captura de insetos-praga. *Agropecuária Catarinense*, 34(2), 26-29.

Santos, R. A. D., Costa, M. D. S., Goulart, H. F., Santana, A. E. G., & Pereira, M. J. B. (2025). Eficácia de campo e seletividade de feromônios sintéticos para monitoramento

de *Elasmopalpus lignosellus* e lepidópteros não-alvos na soja. Pesquisa Agropecuária Tropical, 55, e83295.

Schmidt, J. O. (2009). Defensive behavior. In Encyclopedia of insects (pp. 252-257). Academic Press.

Silva, B. L. S., Damasceno, N. C., Maia, P. T. N., Santos, N. M., Santos, D. G. dos, Oliveira, I. R. de, Marques, V., Redoan, A. C. M., Fadini, M. A. M., & Mendes, S. M. (2025). Population dynamics of *Dalbulus maidis* in maize: Effects of time of day and sampling technique. Revista Brasileira de Entomologia, 69(4), e20250044.

Sisay, B., Subramanian, S., Weldon, C. W., Krüger, K., Khamis, F., Tefera, T., Torto, B., & Tamiru, A. (2024). Evaluation of pheromone lures, trap designs and placement heights for monitoring the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in maize fields of Kenya. Crop Protection, 176, 106523.

Souza, J. P., Bandeira, P. T., Bergmann, J., & Zarbin, P. H. (2023). Recent advances in the synthesis of insect pheromones: An overview from 2013 to 2022. Natural Product Reports, 40(4), 866-889.

Tan, K. H., & Nishida, R. (2000). Mutual reproductive benefits between a wild orchid, *Bulbophyllum patens*, and *Bactrocera fruit* flies via a floral synomone. Journal of Chemical Ecology, 26(2), 533-546.

Tan, K. H., Nishida, R., & Toong, Y. C. (2002). Floral synomone of a wild orchid, *Bulbophyllum cheiri*, lures *Bactrocera fruit* flies for pollination. Journal of Chemical Ecology, 28(6), 1161-1172.

Tewari, S., Leskey, T. C., Nielsen, A. L., Piñero, J. C., & Rodriguez-Saona, C. R. (2014). Use of pheromones in insect pest management, with special attention to weevil pheromones. In *Integrated pest management* (pp. 141-168). Academic Press.

Tumlinson, J. H., Hendricks, D. E., Mitchell, E. R., Doolittle, R. E., & Brennan, M. M. (1975). Isolation, identification, and synthesis of the sex pheromone of the tobacco budworm. *Journal of Chemical Ecology*, 1(2), 203-214.

Tumlinson, J. H., Mitchell, E. R., Teal, P. E. A., Heath, R. R., & Mengelkoch, L. J. (1986). Sex pheromone of fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) identification of components critical to attraction in the field. *Journal of Chemical Ecology*, 12(9), 1909-1926.

Ukeh, D. A., Woodcock, C. M., Pickett, J. A., & Birkett, M. A. (2012). Identification of host kairomones from maize, *Zea mays*, for the maize weevil, *Sitophilus zeamais*. *Journal of Chemical Ecology*, 38(11), 1402-1409.

Vega, F. E., Goettel, M. S., Blackwell, M., Chandler, D., Jackson, M. A., Keller, S., Koike, M., Maniania, N. K., Monzón, A., Ownley, B. H., Pell, J. K., Rangel, D. E. N., & Roy, H. E. (2009). Fungal entomopathogens: new insights on their ecology. *Fungal ecology*, 2(4), 149-159.

Washim, M., Manda, P., & Das, R. (2024). Pesticide resistance in insects: challenges and sustainable solutions for modern agriculture. *Int. J. Agric. Food Sci*, 6, 121-127.

Witzgall, P., Kirsch, P., & Cork, A. (2010). Sex pheromones and their impact on pest management. *Journal of chemical ecology*, 36(1), 80-100.

Wyatt, T. D. (2014). *Pheromones and animal behavior: chemical signals and signatures*. Cambridge University Press.

Zada, A., Falach, L., & Byers, J. A. (2009). Development of sol-gel formulations for slow release of pheromones. *Chemoecology*, 19(1), 37-45.

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(3), 722-731.

## Capítulo 5

### **Produção *on-farm* de produtos usados no controle de pragas**

*Lucas B. Barbosa, Kíssila F. Lima, Maria Clara S. Mussiello, Diana U. Affiah, Bianca S. O. M. Ferreira, Gerson A. Silva, Marcelo C. Picanço*

#### **1. Introdução**

Os insetos e ácaros praga estão entre os principais fatores causadores de perdas nas lavouras, sendo que eles podem causar perdas de 30 a 100% em suas produtividades. No controle dessas pragas são usados métodos preventivos e curativos. Os principais métodos preventivos são as práticas culturais, resistência de plantas e o controle biológico natural. Já os métodos curativos são usados quando a densidade da praga atinge o nível de controle e isso deve ser feito para que elas não causem prejuízos econômicos (Cerdeira et al., 2027; Opoku et al., 2025; Picanço et al., 2014).

Os principais métodos curativos usados são o controle químico e o controle biológico aplicado. O controle químico pode ser feito aplicando-se nas

lavouras produtos sintéticos ou naturais. Já esse controle biológico é feito pela aplicação de predadores, parasitoides ou entomopatógenos nas lavouras (Pedigo et al., 2021; Picanço et al., 2014). Devido a razões técnico-científicas, econômicas, legais e mercadológicas os produtos usados de forma curativa no controle das pragas nas lavouras são tradicionalmente produzidos por indústrias especializadas. Entretanto, devido a razões logísticas, econômicas e de oferta, alguns grupos de produtores têm optado pela produção desses insumos em suas fazendas. Essa produção tem sido denominada no Brasil como *on-farm* (Faria et al., 2023). Assim, nesse capítulo de livro será abordado sobre a produção *on-farm* de produtos usados no controle de pragas.

## **2. Produção industrial**

Atualmente são produzidos industrialmente tanto produtos sintéticos como bioprodutos usados no controle das pragas nas lavouras. Nos dois últimos anos (2024 e 2025) esse mercado foi de cerca de 118 bilhões de dólares por ano e cerca de 7,30% desse

mercado é de bioprodutos. O Brasil é o principal componente desse mercado representando 19% dele (Global Agriculture, 2025; Statista (2024)). O modelo de produção industrial de produtos para controle de pragas evoluiu e se expandiu com os pesticidas sintéticos no século XX, é caracterizado por formulações padronizadas e ampla distribuição global (Corrêa et al., 2025; Faria et al., 2023; Mascarin et al., 2024). Ele se baseia em técnicas biotecnológicas avançadas, rigoroso controle de qualidade e segurança em todas as etapas. A conformidade regulatória também molda esse modelo, abrangendo o registro do produto, a segurança ambiental e ocupacional e a vigilância contínua pós-comercialização (Corrêa et al., 2025; Faria et al., 2023).

A produção industrial de produtos para o controle de pragas oferece vantagens notáveis na agricultura. Formulações padronizadas garantem eficácia consistente, enquanto a diversidade de formatos dos produtos (por exemplo, pó, líquido, granulado), estabilidade e tempo de prateleira os

tornam práticos e confiáveis. Juntas, essas qualidades facilitam a ampla adoção e a eficácia em diversos contextos agrícolas (Faria et al., 2023).

### **3. Produção *on-farm***

Considerando os custos envolvidos na produção dos produtos usados no controle das pragas, a produção *on-farm* surge como uma alternativa. Ela possibilita que alguns desses produtos sejam produzidos nas fazendas com redução de até 70% dos custos (). Além disso, essa modalidade possibilita que os produtores rurais tenham a sua disposição os produtos que ele necessita para controlar as pragas e que não estejam disponíveis no mercado.

A abordagem flexível da produção *on-farm* permite aos agricultores personalizar os produtos a serem usados no controle das pragas de acordo com as necessidades locais, incluindo a adição de adjuvantes e a preparação de pequenos lotes específicos ou, em alguns casos, o cultivo de agentes biológicos. Embora essa abordagem ofereça flexibilidade, ela possui riscos e se produzir com

qualidade é um desafio. Além de existirem riscos à segurança decorrentes do manuseio de ingredientes ativos concentrados e restrições regulatórias. Para garantir a eficácia e minimizar os danos, as recomendações consistem no uso de matérias-primas aprovadas, procedimentos de manuseio meticulosos, descarte adequado de resíduos e registros detalhados da aplicação dos produtos fitossanitários (Faria et al., 2023; Gabardo et al., 2021).

Os desafios associados à produção *on-farm* incluem a inconsistência devido à padronização e conhecimento técnico limitados, a suscetibilidade à contaminação na ausência de práticas de higiene rigorosas, o curto prazo de validade do produto, que exige uso imediato, e as dificuldades em ampliar a produção para atender às necessidades de operações agrícolas em larga escala (Gabardo et al., 2021; Singh et al., 2024).

Nos últimos anos, a produção *on-farm* cresceu devido à redução dos custos envolvidos. Essa modalidade de produção pode melhorar a viabilidade e a eficácia do produto devido ao preparo fresco e à

adaptação local às populações de pragas e às condições específicas da fazenda. Essa abordagem também está alinhada aos princípios da agricultura sustentável e aumenta a autonomia do agricultor por meio do envolvimento direto na tomada de decisões sobre o manejo de pragas (Gabardo et al., 2021).

#### **4. Legislação para a produção *on-farm* no Brasil**

A produção *on-farm* no Brasil não é uma prática recente. Estudos documentam a utilização desse método desde a década de 1970, com a produção de inóculos a partir do fungo entomopatogênico *Metarhizium anisopliae* em usinas de cana-de-açúcar, e na década de 1980, com a produção de diferentes grupos de vírus (Faria et al., 2023; Li et al., 2010). Mais recentemente, na década de 2010, passou-se a utilizar bactérias na produção própria, especialmente devido aos surtos populacionais da lagarta-do-algodoeiro *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) em lavouras de soja e algodão (Faria et al., 2023).

Embora seja uma prática antiga, a legislação para regulamentar de fato essa prática é recente. Com a criação da Lei n.º 15.070, em 2024, há o primeiro marco legal específico para a produção, fiscalização e uso dos bioprodutos voltados, especificamente, para o consumo próprio (Xavier & Rodrigues, 2024; Lei n.º 15.070, Brasil, 2024).

Com a evolução da legislação, algumas normas são necessárias para monitorar a produção destinada ao uso próprio, criando exceções à obrigatoriedade de registro em determinadas condições. O Decreto n.º 6.913/2009 permite, em alguns casos, isenção de registro para uso próprio, e recentemente, com a sanção da Lei n.º 15.070/2024, as unidades de produção para uso próprio podem operar sob a supervisão do MAPA e com regulamentos relacionados ao responsável técnico, boas práticas e controle de qualidade (Decreto nº 6.913, Brasil, 2009; Lei n.º 15.070, Brasil, 2024).

A Lei n.º 15.070/2024 cria normas gerais de interesse nacional, aplicáveis a todos os sistemas de cultivo (convencional, orgânico, agroecológico) e a

diversos tipos de bioinsumos utilizados em atividades agropecuárias. Também define conceitos importantes, como biofábrica (locais de produção com finalidade de comercialização), bioinsumo (produto oriundo de processo biotecnológico), ingredientes ativos (substância que confere eficácia aos bioinsumos), unidades de produção para uso próprio (local destinado à produção de bioinsumos de finalidade não comercial), entre outros. Além disso, a regulamentação reconhece especialmente a agricultura familiar, comunidades tradicionais e povos indígenas, respeitando os saberes tradicionais (Lei n.º 15.070, Brasil, 2024).

A legislação define normas para o uso de matérias-primas como princípio ativo, exigindo que sejam oriundos de bancos de germoplasma públicos ou privados credenciados aos órgãos de fiscalização agropecuária, dificultando o uso em excesso de bioinsumos comerciais. Para assegurar qualidade e segurança, a produção exige infraestrutura adequada e conhecimento técnico (Soares et al., 2023). A lei também prevê mecanismos de controle, fiscalização e

apoio técnico, incluindo incentivos financeiros e programas de capacitação para que os produtores adotem essas tecnologias com respaldo técnico (Suguiyama & Moreira, 2015).

## **5. Produção de bioprodutos *on-farm***

### **5.1 Produção *on-farm* de inimigos naturais**

Os inimigos naturais, como predadores e parasitoides, são fundamentais para o controle biológico aplicado de pragas, reduzindo a necessidade do uso de pesticidas químicos sintéticos na agricultura (Parra et al., 2002). Contudo, com o desequilíbrio ecológico, algumas espécies podem gerar impactos econômicos substanciais, tornando-se pragas.

No Brasil, a produção de inimigos naturais *on-farm* enfrenta grandes dificuldades, atreladas a diversos fatores, como controle da qualidade da dieta, sensibilidade às condições ambientais e falta de mão de obra especializada (Gabardo et al., 2021; Suguiyama & Moreira, 2015). Por conta disso, a produção própria no Brasil é mais frequente para microrganismos (fungos e

bactérias), já que ela usa metodologias que facilitam a produção nessa modalidade (Faria et al., 2023).

Contudo, Suguiyama & Moreira (2015) investigaram uma usina de cana-de-açúcar (USINAVI) no Mato Grosso do Sul que realiza multiplicação de inimigos naturais. Nessa usina, ocorre a produção da vespa parasitoide *Cotesia flavipes* (Hymenoptera: Braconidae), que atua como o principal agente de controle biológico da broca-da-cana *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae), uma praga de grande impacto na cultura da cana-de-açúcar (Dinardo-Miranda et al., 2014).

O percevejo bronzeado, *Thaumastocoris peregrinus* (Hemiptera: Thaumastocoridae), é uma praga exótica de ocorrência na cultura do eucalipto, introduzida no Brasil e na América do Sul. Os danos causados pelo inseto podem ocasionar perdas significativas de produtividade, dado o bronzeamento característico causado pela sucção de seiva das folhas, que evolui para o secamento e posterior desfolha (Andorno et al., 2022; Souza et al., 2012).

A criação massal em laboratório e a liberação em campo de vespas parasitoides *Cleruchoidea noackae* Lin & Huber (Hymenoptera: Mymaridae), um endoparasita de ovos, tem sido estudado como uma estratégia potencial de controle biológico de *T. peregrinus* em testes de campo experimentais de eucalipto em países da América do Sul (Brasil, Chile) e na África do Sul desde a última década (Souza et al., 2016; Souza et al., 2012). Além disso, o percevejo generalista *Supputius cincticeps* (Stål) (Hemiptera: Pentatomidae) tem sido relatado como um predador relevante de *T. peregrinus* em cultivos de eucalipto (Brugnera & Grazia, 2024).

## **5.2. Produção *on-farm* de inseticidas naturais**

Os inseticidas naturais são definidos como agentes de controle baseados em bioquímicos derivados de microrganismos vivos, plantas e outros ingredientes orgânicos atuando como pesticidas naturais (Penteado, 2016; Soares et al., 2023; Souto et al., 2021).

Historicamente, o uso de inseticidas naturais produzidos *on-farm* tem sido adotado por pequenos agricultores por meio de preparações caseiras à base de extratos vegetais, caldas e do plantio de plantas repelentes na propriedade (Godlewska et al., 2021). Eles podem ser categorizados em biológicos, botânicos e orgânico/minerais.

Os inseticidas biológicos são definidos como o uso de organismos vivos para o controle de pragas. Na produção *on-farm*, destacam-se bactérias, fungos, insetos predadores e vírus (Barathi et al., 2024; Nassary, 2025). O uso desses organismos tem sido recomendado junto aos programas de manejo integrado de pragas, seja adquirindo-os comercialmente ou produzindo-os *on-farm*.

Em relação aos inseticidas botânicos, as plantas são a principal matéria-prima para a produção desses bioprodutos, principalmente devido à diversidade de compostos bioativos que elas sintetizam (Campos et al., 2019). Esses compostos bioativos podem ser produzidos em diferentes partes das plantas, como sementes, frutos e raízes. As piretrinas, piperinas,

rotenona, nicotina e a azadiractina, dentre outros, são metabólitos secundários com atividade inseticida (Barathi et al., 2024; Corrêa & Salgado, 2011; Godlewska et al., 2021; Moreira et al., 2007).

Há evidências de que os inseticidas naturais à base de plantas podem apresentar efeitos variáveis sobre os insetos-praga, podendo ter atividade tóxica, de repelência, causar esterilidade, alteração de comportamento e desenvolvimento, ou reduzir a alimentação (Moreira et al., 2007).

Dentre os inseticidas botânicos usados no controle de pragas, os extratos de plantas são os mais utilizados. Na produção *on-farm*, os agricultores preparam os extratos por meio de métodos tradicionais e simplificados de extração (Godlewska et al., 2021). Após a produção, eles podem ser aplicados via pulverização foliar nos cultivos (Corrêa & Salgado, 2011; Godlewska et al., 2021; MAPA, 2025).

As caldas são bioprodutos orgânicos e minerais, geralmente de baixo custo, com ação repelente contra muitos insetos, além de aumentarem a resistência das

plantas contra as pragas e moléstias, atuando como adubo foliar (Penteado, 2016).

## **6. Misturas de pesticidas *on-farm***

A mistura de pesticidas em tanques corresponde à aplicação concomitante de defensivos agrícolas diretamente no recipiente antes de realizar a pulverização (Gandini et al., 2020; Santos et al., 2021). A mistura pode ser aditiva, quando a eficiência dos produtos misturados é igual à aplicação separada; sinérgica, quando os produtos misturados apresentam maior eficiência aplicados juntos do que separados; e antagonista, pelo decréscimo da eficiência quando misturados em comparação com a aplicação isolada (Santos et al., 2021). Cerca de 2/3 dos pesticidas registrados possuem em sua composição a mistura de dois ou mais tipos de defensivos, como fungicidas e inseticidas (Santos et al., 2021).

Em geral, adjuvantes são adicionados em misturas de tanque a fim de aumentar a eficiência dos pesticidas pelo incremento de propriedades físico-químicas das formulações (Abdelgaleil et al., 2015). A

compatibilidade entre os diferentes ingredientes ativos deve ser priorizada a fim de prevenir principalmente a contaminação ambiental e a inativação de ingredientes (Gandini et al., 2020).

Os pesticidas botânicos, quando misturados com pesticidas microbianos, apresentam uma maior eficiência no manejo de resistência adquirida por insetos-praga pela exposição a pesticidas químicos sintéticos, dada pela ação sinérgica no sistema imune dos insetos-praga que confere um efeito subletal prolongado (Reddy & Chowdary, 2021; Santos et al., 2021).

## **6.1. Etapas de produção das formulações**

### **6.1.1. Formulações líquidas**

A fermentação líquida, ou fermentação em estado líquido (FEL), é o processo mais utilizado para a produção *on-farm* de pesticidas microbianos, principalmente de formulações à base de *Bacillus thuringiensis* (*Bt*) (Faria et al., 2023; Freire et al., 2024). Os inóculos, que consistem em culturas entomopatogênicas isoladas, são obtidos a partir de

germoplasmas registrados no Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA) (Faria et al., 2023). A FEL possibilita a produção elevada de biomassa de culturas microbianas em meio líquido, redução da mão de obra e escalonamento da produção de propágulos (Amaresan et al., 2022; Mascarin et al., 2024; Mattedi et al., 2023).

De acordo com o nível tecnológico empregado, a FEL pode ser realizada em tanques de baixo custo ou em biorreatores industriais automatizados, além de empregar substratos econômicos, como melaço de cana-de-açúcar e levedo de cerveja, a fim de promover o desenvolvimento do agente biológico (Amaresan et al., 2022). O manejo de fatores de produção, como temperatura, pH, pressão, relação carbono:nitrogênio, aeração, assim como a composição nutricional dos formulados, é fundamental para criar condições adequadas à produção massal de propágulos dos agentes entomopatogênicos ativos (Mascarin et al., 2024).

Ao final do processo de fermentação líquida, obtém-se a suspensão concentrada (SC),

compreendida pela mistura de uma solução aquosa com ingredientes ativos (ex.: células microbianas) ou emulsões concentradas (EC), que consistem na mistura destes componentes com um emulsificante (Mascarin et al., 2024; Vermelho et al., 2024). As formulações líquidas contêm espessantes, dispersantes e estabilizantes em sua composição, a fim de reduzir a tensão superficial das gotas, aumentar a eficiência de armazenamento e aplicação e atenuar a sedimentação (Bharti & Ibrahim, 2020).

### **6.1.2. Formulações sólidas**

As formulações sólidas são comumente obtidas por meio da fermentação em estado sólido (FES), que consiste no processo em que o crescimento microbiano ocorre na superfície de um substrato sólido na ausência de água livre. Os substratos podem ser meios de cultivo como Ágar Batata Dextrose (BDA) ou subprodutos de cadeias produtivas como resíduos agroflorestais, esterco de animais, resíduos alimentícios e melaços (Bharti & Ibrahim, 2020; Zhang et al., 2015).

Em relação aos pesticidas microbianos, o método FES é amplamente utilizado para a produção de propágulos fúngicos (conídios, esporos, blastosporos) e esporos bacterianos (Mattedi et al., 2023). No Brasil, os produtores de biopesticidas para uso próprio utilizam conídios aéreos (principalmente *Beauveria bassiana* ou *Metarhizium anisopliae*) obtidos a partir da FES realizada com grãos de cereais pré-cozidos (ex.: arroz) para o controle de insetos-praga (Mattedi et al., 2023).

Geralmente, os parâmetros regulados são a temperatura, aeração contínua do sistema, troca de calor e teor de umidade, a fim de possibilitar uma maior eficiência de rendimento e esporulação dos agentes biológicos ou seus compostos presentes na formulação (Amaresan et al., 2022; Mattedi et al., 2023). Em geral, a FES apresenta desvantagens devido ao custo elevado dos substratos, custo de mão de obra elevado (manejo intensivo), tempo de produção prolongado, gasto energético significativo (Mattedi et al., 2023). Além disso, o controle inadequado das condições nutricionais e ambientais

pode ocasionar a contaminação por microrganismos patogênicos a humanos, comprometendo a qualidade do produto final (Faria et al., 2023).

Os dois tipos de formulações sólidas são os granulados (G) ou pós-solúveis (PS). Os granulados consistem na combinação de transportadores como carvão, areia e talco com o ingrediente ativo, que consiste em soluções microbianas que compõem cerca de  $\frac{2}{5}$  da composição dos grânulos. Já os pós-solúveis são obtidos por meio de técnicas de liofilização e secagem, mantendo as células desidratadas em uma matriz de proteção (Bharti & Ibrahim, 2020; Mattedi et al., 2023).

## **7. Formulações de bioprodutos produzidos *on-farm***

A produção *on-farm* de biopesticidas em propriedades rurais brasileiras tem crescido de forma significativa nos últimos anos. As propriedades estão distribuídas por todo o país, principalmente nas regiões Sudeste e Centro-Oeste (Xavier & Rodrigues, 2024). A prática é realizada por pequenos, médios e grandes produtores. No Brasil, estima-se que a área

total de aplicação dos biopesticidas produzidos *on-farm* compreendeu 3,1 milhões de hectares no ano de 2020 (Faria et al., 2023).

Os biopesticidas produzidos para uso próprio a nível de fazenda podem ser obtidos a partir de diferentes fontes naturais: microrganismos, plantas e nanopartículas (Ayilara et al., 2023; Medina et al., 2023). As formulações de biopesticidas microbianos têm sido amplamente produzidas dada a possibilidade de cultivo *in vitro*, escalonamento e redução de custos pela utilização de substratos acessíveis comercialmente ou advindos de subprodutos de outras cadeias comerciais (Ayilara et al., 2023).

### **7.1. Pesticidas microbianos**

Os pesticidas microbianos são constituídos por agentes biológicos como fungos, bactérias, vírus, protistas e seus compostos (Ayilara et al., 2023). As formulações de pesticidas microbianos podem ser obtidas através de dois processos: fermentação em estado líquido (FEL) e fermentação em estado sólido (FES). A FEL tem sido aplicada principalmente para a

produção massal de formulações bacterianas *on-farm* em grandes e pequenas propriedades no Brasil, que adotaram o uso de biorreatores e tanques para a realização do processo, a depender do nível tecnológico empregado (Kuman et al., 2024; Medina et al., 2023; Rocha et al., 2024). Já a FES é uma abordagem estratégica principalmente para o cultivo de fungos Oomicetos e seus propágulos (conídios, clamidósporos, blastósporos) (Kuman et al., 2024).

A produção de formulações à base de bactérias entomopatogênicas concentra-se principalmente em espécies como *Bacillus thuringiensis* (*Bt*), *B. amyloliquefaciens* e *B. kurstaki*. Estes agentes biológicos produzem esporos e toxinas (cristais, proteínas, endotoxinas) que apresentam ampla atividade inseticida (Kuman et al., 2024).

As espinosinas são substâncias obtidas da fermentação líquida da bactéria *Saccharopolyspora spinosa*. Uma vez expostas, as espinosinas são ativas nos receptores nicotínicos de acetilcolina dos insetos apresentando efeitos por contato ou ingestão (Küçüksari et al., 2021). Dada a seletividade do modo

de ação, a baixa toxicidade aos mamíferos, as espinosinas têm sido utilizadas no controle biológico de Lepidoptera, Thysanoptera e Diptera em várias culturas ( Küçüksari et al., 2021).

Estudos de campo anteriores relataram que aplicações foliares de espinosade em plantas de milho (*Zea mays*) apresentaram alta eficiência no controle inicial de populações da lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*) (Costa et al., 2025). O uso e a produção *on farm* de espinosinas no Brasil tem sido relatado na literatura científica (Faria et al., 2023).

Os vírus entomopatogênicos possuem como característica uma ação específica ao inseto-praga alvo, portanto estes apenas sobrevivem e se reproduzem dentro do organismo hospedeiro, o que leva a um baixo risco aos operadores (Ayilara et al., 2023). Neste contexto, a produção própria destes agentes biológicos na fazenda concentra-se em coletas de organismos infectados em campo, congelamento, e preparo de soluções contidas nas formulações para posterior aplicação (Faria et al., 2023). No Brasil, o baculovírus AgMNPV é utilizado em

programas de MIP para o controle da lagarta-da-soja (*Anticarsia gemmatalis*) (Haase et al., 2015).

## **7.2. Pesticidas botânicos**

Os pesticidas botânicos são um subgrupo obtido a partir da extração de metabólitos secundários produzidos pelas plantas, como os terpenóides, alcaloides e compostos fenólicos. Os botânicos apresentam bioacumulação reduzida e seletividade a inimigos naturais, polinizadores e seres humanos, o que os torna uma ferramenta segura para utilização no Manejo Integrado de Pragas (Riyaz et al., 2022).

O processo de extração dos metabólitos secundários inclui a extração com solventes ou a destilação a vapor, que é o principal processo realizado em fazendas para a obtenção de pesticidas botânicos (Riyaz et al., 2022). A destilação a vapor pode ser considerada um método seguro para o ecossistema local e os usuários, visto que, quando comparada a solventes químicos, a extração pelo vapor de água requer processos de separação

reduzidos e não gera resíduos nas formulações (Machado et al., 2022).

## **8. Formulações de produtos usados no controle de pragas no Brasil**

Os inseticidas podem ser apresentados como um produto formulado. O produto formulado é definido como “agrotóxico, produto de controle ambiental ou afim obtido a partir de produto técnico ou de pré-mistura, por intermédio de processo físico, ou diretamente de matérias-primas, por meio de processos físicos ou químicos isolados ou em mistura com biológicos” (Lei n.º 15.070, Brasil, 2024).

Os produtos usados no controle de pragas no Brasil são formulados pela mistura de ingredientes ativos (substância que confere eficácia ao produto formulado - a principal molécula ou organismo vivo) com ingredientes inertes (substância ou produto não ativo, utilizado apenas como veículo ou diluente ou para conferir características próprias às formulações) (Souza et al., 2023; Lei n.º 15.070, Brasil, 2024).

No país estão registrados mais de 800 produtos formulados sintéticos para controle de diferentes pragas agrícolas, além de mais de 400 produtos formulados registrados para uso no controle biológico (Tabela 5.1) (MAPA, 2026).

De forma geral, há diferentes tipos de formulações: pó, pós-molháveis, concentrados emulsionáveis, suspensão concentrada, pós-solúveis em água, soluções, grânulos, grânulos dispersíveis em água e outros. As características químicas e físicas da formulação determinam o método de aplicação e as medidas de segurança a serem realizadas (Jain et al., 2024).

As formulações usadas para controle de pragas agrícolas podem ser classificadas em diferentes grupos com base em sua estrutura química e modo de ação, como organofosforados, carbamatos, piretroides, neonicotinoides, reguladores de crescimento de insetos, inseticidas biológicos e inseticidas botânicos (Barathi et al., 2024; Jain et al., 2024).

**Tabela 8.1.** Bioprodutos utilizados comercialmente no Brasil.

Princípio ativo	Nº de produtos registrados	Principais alvos
<i>Bacillus thuringiensis</i>	58	<i>Phthorimaea absoluta</i> ; <i>Diaphania nitidalis</i> ; <i>Plutella xylostella</i> ; <i>Anticarsia gemmatalis</i> ; <i>Helicoverpa armigera</i> ; <i>Helicoverpa zea</i> ; <i>Spodoptera frugiperda</i> ; <i>Chrysodeixis includens</i> ; <i>Trichoplusia ni</i> .
<i>Beauveria bassiana</i>	110	<i>Hypothenemus hampei</i> ; <i>Sphenophorus levis</i> ; <i>Bemisia tabaci</i> ; <i>Dalbulus maidis</i> ; <i>Diabrotica speciosa</i> ; <i>Cosmopolites sordidus</i> .
<i>Metarhizium anisopliae</i>	99	<i>Anthonomus grandis</i> ; <i>Leucoptera coffeella</i> ; <i>Chrysodeixis includens</i> ; <i>Spodoptera frugiperda</i> ; <i>Scaptocoris castanea</i> ; <i>Sphenophorus levis</i> ; <i>Mahanarva fimbriolata</i> ; <i>Deois flavopicta</i> ; <i>Notozulia entreriana</i> .
<i>Cordyceps javanica</i>	5	<i>Dalbulus maidis</i> ; <i>Bemisia tabaci</i> .
<i>Isaria fumosorosea</i>	9	<i>Diaphorina citri</i> ; <i>Dalbulus maidis</i> ; <i>Helicoverpa armigera</i> ; <i>Hypothenemus hampei</i> ; <i>Planococcus minor</i> ; <i>Glycaspis brimblecombei</i> ; <i>Frankliniella schultzei</i> .

Continua...

**Tabela 8.1.** Continuação.

Princípio ativo	Nº de produtos registrados	Principais alvos
<i>Baculovirus spp.</i>	17	<i>Anticarsia gemmatalis</i> ; <i>Chrysodeixis includens</i> ; <i>Helicoverpa armigera</i> ; <i>Spodoptera frugiperda</i> .
<i>Chrysoperla externa</i>	39	<i>Aphis gossypii</i> ; <i>Bemisia tabaci</i> ; <i>Macrosiphum euphorbiae</i> ; <i>Schizaphis graminum</i> ; <i>Myzus persicae</i> ; <i>Rhodobium porosum</i> ; <i>Macrosiphum rosae</i> .
<i>Cotesia flavipes</i>	28	<i>Diatraea saccharalis</i>
<i>Telenomus podisi</i>	10	<i>Euschistus heros</i>
<i>Trichogramma galloi</i>	9	<i>Diatraea saccharalis</i>
<i>Trichogramma pretiosum</i>	57	<i>Anticarsia gemmatalis</i> ; <i>Helicoverpa zea</i> ; <i>Phtorimaea absoluta</i> ; <i>Spodoptera frugiperda</i> ; <i>Chrysodeixis includens</i> .

Fonte: MAPA (2026).

Em relação ao seu mecanismo de ação, podem ser agrupados em 4 classes: (1) Sistema nervoso e muscular; (2) Inseticidas que atuam sobre a produção de energia; (3) Interferência no crescimento e desenvolvimento dos insetos-alvo; (4) Produtos biológicos e botânicos (Rezende-Teixeira et al., 2022).

O conhecimento sobre as diversas formulações disponíveis, os ingredientes ativos que as compõem e seu modo de ação, torna-se fundamental para o uso racional de inseticidas na agricultura brasileira.

## **9. Considerações finais**

A produção *on-farm* possibilita a redução de custos, maior autonomia e controle sobre os insumos e processos de fabricação. Em razão disso, a lei que rege esse tipo de produção auxilia a difundir os direitos e deveres quanto a essa técnica para produtores rurais.

Na produção realizada na própria fazenda, se destacam os microrganismos entomopatogênicos e os botânicos como matéria-prima dos bioprodutos. As formulações líquidas e sólidas são fundamentais para

garantir a eficácia, estabilidade e viabilidade prática dos bioprodutos. A escolha e controle dos processos, desde o cultivo dos microrganismos até o desenvolvimento das formulações impactam diretamente a qualidade dos produtos e sua eficiência no manejo de pragas.

As dificuldades de produção na própria fazenda existem, e criam gargalos para os produtores que mais precisam. Portanto, há a necessidade de alternativas que facilitem a produção de boa qualidade para os agricultores. Entre algumas alternativas possíveis, pode-se destacar a oferta de cursos profissionalizantes, a elaboração de materiais de produção mais acessíveis e a ampliação de divulgação de informações técnicas sobre o tema. A atuação contínua dos órgãos de regulamentação e fiscalização, como o MAPA, pode viabilizar a adoção de práticas mais acessíveis, seguras e eficientes nas propriedades.

## 10. Referências

Abdelgaleil, S. A. M., Abdel-Aziz, N. F., Sammour, E. A., El-Bakry, A. M., & Kassem, S. M. I. (2015). Use of tank-mix adjuvants to improve effectiveness and persistence of chlorpyrifos and cyhalothrin formulations. *Journal of Agricultural Science and Technology*, *17*, 1539-1549.

Amaresan, N., Sankaranarayanan, A., Dwivedi, M. K., & Druzhinina, I. S. (2022). *Advances in Trichoderma Biology for Agricultural Applications*. Springer International Publishing.

Andorno, A. V., Hernández, C. M., Cuello, E. M., Cagnotti, C. L., Botto, E. N., & López, S. N. (2022). Biological control of the Eucalyptus bronze bug *Thaumastocoris peregrinus* (Hemiptera: Thaumastocoridae) in Argentina: release and recovery of the introduced egg parasitoid *Cleruchoides noackae* (Hymenoptera: Mymaridae). *BioControl*, *67*(5), 473-483.

Ayilara, M. S., Adeleke, B. S., Akinola, S. A., Fayose, C. A., Adeyemi, U. T., Gbadegesin, L. A., Omole, R. K., Johnson, R. M., Uthman, Q. O., & Babalola, O. O. (2023). Biopesticides as a promising alternative to synthetic pesticides: A case for microbial pesticides, phytopesticides, and nanobiopesticides. *Frontiers in Microbiology*, *14*, 1040901.

Barathi, S., Sabapathi, N., Kandasamy, S., & Lee, J. (2024). Present status of insecticide impacts and eco-friendly approaches for remediation - A review. *Environmental Research*, *240*, 117432.

Bharti, V., & Ibrahim, S. (2020). Biopesticides: production, formulation and application systems. *International Journal of*

*Current Microbiology and Applied Sciences*, 9(10), 3931–3946.

Brugnera, R., & Grazia, J. (2024). Predatory stink bugs of economic importance as biological control agents. In *Stink bugs (Hemiptera: Pentatomidae) research and management: Recent advances and case studies from Brazil, Europe, and USA*. Springer Nature Switzerland.

Campos, E. V. R., Proença, P. L. F., Oliveira, J. L., Bakshi, M., Abhilash, P. C., & Fraceto, L. F. (2019). Use of botanical insecticides for sustainable agriculture: Future perspectives. *Ecological Indicators*, 105, 483–495.

Cerda, R., Avelino, J., Gary, C., Tixier, P., Lechevallier, E., & Allinne, C. (2017). Primary and secondary yield losses caused by pests and diseases: Assessment and modeling in coffee. *PloS one*, 12(1), e0169133.

Corrêa, G. M., Pereira, C. S., Queiroz, A. T. S., Silva, M. P., Mello, M. E., Oliveira, T. M. L., Araújo, L. C., Frade, L. F. S., Santos, J. B., Silva, C. M., & Silva, A. V. (2025). Use of bioinputs in sustainable agriculture: trends, challenges and perspectives for reducing the use of agrochemicals. *Revista de Gestão Social e Ambiental*, 19(5), e011955.

Corrêa, J. C. R., & Salgado, H. R. N. (2011). Atividade inseticida das plantas e aplicações: revisão. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, 13(4), 500-506.

Costa, L. F. R., Miranda, A. E., dos Santos, M. P., dos Anjos, J. L. S., Maia, F. M., da Costa Silva, T., Martins, M. M., Silva, J. F., Martins, I. P. S., Alvarenga, C. D., Pereira, M. C. T., de Abreu Delvaux Júnior, N., & Rodrigues, L. P. (2025). Chemical

composition and bioinsecticidal activity of bioinputs produced by *Saccharopolyspora spinosa*. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 109(1), 267.

Decreto nº 6.913, de 23 de julho de 2009. (2009). Brasília, DF. Disponível em [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2009/decreto/d6913.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/decreto/d6913.htm). Acesso em: 13/09/2025

Dinardo-Miranda, L. L., Fracasso, J. V., da Costa, V. P., & Lopes, D. O. T. (2014). Dispersão de *Cotesia flavipes* em canavial e implicações para a liberação do parasitoide. *Bragantia*, 73(2), 163–170.

Faria, M., Mascarin, G. M., Butt, T., & Lopes, R. B. (2023). On-farm production of microbial entomopathogens for use in agriculture: Brazil as a case study. *Neotropical Entomology*, 52(2), 122–133.

Freire, Í. A., Nascimento, I. N., Rocha, G. T., Santos, P. L. B., Cunha, B. B. R., Ferreira, A. D. C. L., Moreira, F. M., Castro, M. T., & Monnerat, R. G. (2024). Production of *Bacillus thuringiensis* in “On Farm” biofactories is so efficient like a commercial product to control *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Agronomy*, 14(12), 2776.

Gabardo, G., Da Silva, H. L., & Clock, D. C. (2021). “On Farm” Production of microorganisms in Brazil. *Scientia Agraria Paranaensis*, 20(4), 312–318.

Gandini, E. M. M., Costa, E. S. P., dos Santos, J. B., Soares, M. A., Barroso, G. M., Corrêa, J. M., Carvalho, A. G., & Zanuncio, J. C. (2020). Compatibility of pesticides and/or fertilizers in tank mixtures. *Journal of Cleaner Production* 268, 122152.

Global Agriculture. (2025). Global Pesticides Market to Reach \$181.2 Billion by 2031. Disponível em: <https://www.global-agriculture.com/crop-protection/global-pesticides-market-to-reach-usd-147-35-billion-by-2037-herbicides-and-asia-pacific-to-lead-research-nester/>. Acesso em 15/04/2026.

Godlewska, K., Ronga, D., & Michalak, I. (2021). Plant extracts - Importance in sustainable agriculture. *Italian Journal of Agronomy*, 16(2), 1851.

Haase, S., Sciocco-Cap, A., & Romanowski, V. (2015). Baculovirus insecticides in Latin America: historical overview, current status and future perspectives. *Viruses*, 7(5), 2230–2267.

Jain, H. V., Dhiman, S., & Ansari, N. G. (2024). Recent trends in techniques, process and sustainability of slow-release formulation for pesticides. *Industrial Crops and Products*, 216, 118764.

Küçüksari, F., Tunaz, H., Fakültesi, Z., Koruma Bölümü, B., & Kampüsü, A. (2021). Residual Contact Toxic Effects of Spinosyn Insecticide, Spinetoram Against German Cockroach (*Blattella germanica*) Adults. *2021 KSU J. Agric Nat*, 24(4), 795–804.

Kuman, R., Singh, A., & Srivastava Amrita. (2024). *Agro-waste to Microbe Assisted Value Added Product: Challenges and Future Prospects* (S. P. Saha, D. Mazumdar, S. Roy, & P. Mathur, Eds.). Springer Nature Switzerland.

*Lei nº 15.070, de 23 de dezembro de 2024.* Brasília, DF: Presidência da República. Disponível em:

[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2023-2026/2024/lei/l15070.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2024/lei/l15070.htm)

Li, Z., Alves, S. B., Roberts, D. W., Fan, M., Jr., I. D., Tang, J., Lopes, R. B., Faria, M., & Rangel, D. E. N. (2010). Biological control of insects in Brazil and China: history, current programs and reasons for their successes using entomopathogenic fungi. *Biocontrol Science and Technology*, 20(2), 117–136.

Machado, C. A., Oliveira, F. O., de Andrade, M. A., Hodel, K. V. S., Lepikson, H., & Machado, B. A. S. (2022). Steam distillation for essential oil extraction: an evaluation of technological advances based on an analysis of patent documents. *Sustainability*, 14(12).

MAPA - Ministério da Agricultura e Pecuária. (2025). *Legislação orgânicos*. Brasília, DF. Disponível em: [Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/organicos/legislacao-organicos](https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/organicos/legislacao-organicos)

MAPA - Ministério da Agricultura e Pecuária. (2026). *Agrofit*. Brasília, DF. Disponível em: [https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons)

Mascarin, G. M., Golo, P. S., Souza Ribeiro-Silva, C., Muniz, E. R., de Oliveira Franco, A., Kobori, N. N., & Fernandes, É. K. K. (2024). Advances in submerged liquid fermentation and formulation of entomopathogenic fungi. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 108(1), 451.

Mattedi, A., Sabbi, E., Farda, B., Djebaili, R., Mitra, D., Ercole, C., Cacchio, P., Del Gallo, M., & Pellegrini, M. (2023). Solid-state fermentation: applications and future perspectives for

biostimulant and biopesticides production. *Microorganisms*, 11(6).

Medina, G. S., Rotondo, R., & Rodríguez, G. R. (2023). Agricultural bio-inputs as an innovative area of opportunity for agro-industrial growth in developing countries: lessons from Argentina. *World*, 4(4), 709–725.

Moreira, M. D., Picanço, M. C., Martins, J. C., Campos, M. R., Chediak, M., 2007. Uso de inseticidas botânicos no controle de pragas. In: Zambolin, L., Lopes, C. A., Picanço, M. C., Costa, H. (Eds.), *Manejo Integrado de Doenças e pragas*. Suprema Gráfica e Editora. Visconde do Rio Branco, Brasil, pp. 577–606.

Nassary, E. K. (2025). Fungal biocontrol agents in the management of soil-borne pathogens, insect pests, and nematodes: Mechanisms and implications for sustainable agriculture. *The Microbe*, 7, 100391.

Opoku, E., Haseeb, M., Rodriguez, E. J., Steck, G. J., & Cabral, M. J. (2025). Economically important fruit flies (Diptera: Tephritidae) in Ghana and their regulatory pest management. *Insects*, 16(3), 285.

Parra, J. R. P., Botelho, P. S. M., Correa-Ferreira, B. S., Bento, J. M. S. (2002). Controle Biológico: Terminologia. *Controle biológico no Brasil: Parasitoides e predadores* (Cap. 01 pp. 1-16), São Paulo, SP: Manole.

Pedigo, L. P., Rice, M. E., & Krell, R. K. (2021). Entomology and pest management. Long Grove: Waveland Press. 584p.

Penteado, S. R. (2016). *Defensivos alternativos e naturais: para uma agricultura sustentável*. São Paulo: Via orgânica. ISBN: 859078827X, 9788590788270.

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 L., Silva A. A., Picanço M. C. (Eds.). O que Engenheiros Agrônomos devem saber para orientar o uso de produtos fitossanitários. Viçosa: UFV, p.389-436.

Reddy, D. S., & Chowdary, N. M. (2021). Botanical biopesticide combination concept — A viable option for pest management in organic farming. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 31(1).

Rezende-Teixeira, P., Dusi, R. G., Jimenez, P. C., Espindola, L. S., & Costa-Lotufo, L. V. (2022). What can we learn from commercial insecticides? Efficacy, toxicity, environmental impacts, and future developments. *Environmental Pollution*, 300, 118983.

Riyaz, M., Mathew, P., Zuber, S. M., & Rather, G. A. (2022). Botanical pesticides for an eco-friendly and sustainable agriculture: new challenges and prospects. In *Sustainable Agriculture: technical progressions and transitions* (pp. 69–96). Springer International.

Rocha, T. M., Marcelino, P. R. F., Da Costa, R. A. M., Rubio-Ribeaux, D., Barbosa, F. G., & da Silva, S. S. (2024). Agricultural bioinputs obtained by solid-state fermentation: from production in biorefineries to sustainable agriculture. *Sustainability*, 16(3), 1076.

Santos, M. S., Rodrigues, T. F., Nogueira, M. A., & Hungria, M. (2021). The challenge of combining high yields with environmentally friendly bioproducts: a review on the compatibility of pesticides with microbial inoculants. *Agronomy*, 11(5).

Singh, A., Shraogi, N., Verma, R., Saji, J., Kumar Kar, A., Tehlan, S., Ghosh, D., & Patnaik, S. (2024). Challenges in current pest management practices: Navigating problems and a way forward by integrating controlled release system approach. *Chemical Engineering Journal*, 498, 154989.

Soares, I. A., Menezes Filho, A. C. P. de, & Ventura, M. V. A. (2023). Biofábricas no cenário atual agrícola brasileiro: revisão. *Brazilian Journal of Science*, 2(1), 16–33.

Souto, A. L., Sylvestre, M., Tölke, E. D., Tavares, J. F., Barbosa-Filho, J. M., & Cebrián-Torrejón, G. (2021). Plant-derived pesticides as an alternative to pest management and sustainable agricultural production: prospects, applications and challenges. *Molecules*, 26(16).

Souza, A. R., Candelaria, M. C., Barbosa, L. R., Wilcken, C. F., Campos, J. M., Serrão, J. E., & Zanuncio, J. C. (2016). Longevity of *Cleruchoides noackae* (Hymenoptera: Mymaridae), an egg parasitoid of *Thaumastocoris peregrinus* (Hemiptera: Thaumastocoridae), with various honey concentrations and at several temperatures. *Florida Entomologist*, 99(1), 33-37.

Souza, G. K., Pikart, T. G., Pikart, F. C., Serrão, J. E., Wilcken, C. F., & Zanuncio, J. C. (2012). First Record of a Native Heteropteran Preying on the Introduced Eucalyptus Pest,

*Thaumastocoris peregrinus* (Hemiptera: Thaumastocoridae), in Brazil. *Florida Entomologist*, 95(2), 517-520.

Souza, J. L., Santos, J. A., Marjotta-Maistro, M. C., & Montebello, A. E. S. (2023). Principais ingredientes ativos dos agroquímicos: comercialização e uso no Brasil. *Revista Gestão e Secretariado*, 14(6), 9842-9863

Statista. (2024). Global pesticide use by country. Disponível em <https://www.statista.com/statistics/1263069/global-pesticide-use-by-country>. Acesso em 15/04/2026.

Suguiyama, A. M., & Moreira, G. C. (2015). Mensuração dos custos de laboratório para produção da vespa *Cotesia flavipes* - Inimigo natural da broca da cana-de-açúcar na Usina Naviraí S.A.: uma análise comparativa. *Revista IPecege*, 1(2), 79-97.

Vermelho, A. B., Moreira, J. V., Akamine, I. T., Cardoso, V. S., & Mansoldo, F. R. P. (2024). Agricultural pest management: the role of microorganisms in biopesticides and soil bioremediation. *Plants*, 13(19).

Xavier, V. L., & Rodrigues, R. W. S. (2024). Perfil das biofábricas on farm e levantamento dos perigos biológicos potenciais na produção de bioinsumos. *Vigilância Sanitária Em Debate*, 12, 1-8.

Zhang, W., Zou, H., Jiang, L., Yao, J., Liang, J., & Wang, Q. (2015). Semi-solid state fermentation of food waste for production of *Bacillus thuringiensis* biopesticide. *Biotechnology and Bioprocess Engineering*, 20(6), 1123-1132.

## **Este livro possui cinco capítulos:**

- **Formulações dos produtos usados no controle de pragas nos cultivos.**
- **Manejo integrado de pragas em pomares de banana.**
- **Manejo de pragas em cultivos certificados.**
- **Semioquímicos no Manejo Integrado de Pragas.**
- **Produção on-farm de produtos usados no controle de pragas.**