

Controle biológico e manejo integrado de pragas na agricultura familiar: revisão aplicada e estratégias sustentáveis para quintais produtivos e hortas no Cerrado

Biological control and integrated pest management in family farming: an applied review and sustainable strategies for productive backyards and gardens in the Cerrado.

Edmundo da Paz Cabral

Resumo

Sistemas de base familiar no Cerrado enfrentam alta pressão de pragas, variabilidade climática e acesso irregular a insumos e assistência técnica. Nesses contextos, o uso reativo de pesticidas tende a elevar custos, aumentar riscos para inimigos naturais e polinizadores e favorecer a seleção de resistência. Esta revisão aplicada sintetiza fundamentos do Manejo Integrado de Pragas (MIP) e do controle biológico para hortas e quintais produtivos, com ênfase em táticas de baixo custo e alta viabilidade operacional. As evidências foram organizadas em quatro eixos: monitoramento e níveis de ação, medidas culturais e mecânicas, manejo do habitat e controle biológico por conservação e por aplicação. Como contribuição prática, propõe-se um modelo decisório em **8 passos**, ilustrado por três vinhetas técnicas. Conclui-se que a integração de táticas pode reduzir a dependência de intervenções químicas e fortalecer a adoção do MIP na agricultura familiar.

Palavras-chave: manejo integrado de pragas; controle biológico; agricultura familiar; manejo do habitat; quintais produtivos; Cerrado

Abstract

Family-based production systems in the Cerrado face strong pest pressure, climatic variability, and irregular access to inputs and technical assistance. Under these conditions, reactive pesticide use tends to increase costs, raise risks to natural enemies and pollinators, and favor resistance selection. This applied review synthesizes core principles of Integrated Pest Management (IPM) and biological control for vegetable gardens and backyard production systems, emphasizing low-cost tactics with high operational feasibility. Evidence is organized into four tactical domains: monitoring and action thresholds, cultural and mechanical measures, habitat management, and biological control through conservation and applied tactics. As a practical contribution, the article proposes an **8-step** decision model illustrated by three technical vignettes. The synthesis indicates that integrating tactics can reduce reliance on chemical interventions and support broader IPM adoption in smallholder agriculture.

Keywords: integrated pest management; biological control; smallholder agriculture; habitat management; backyard production systems; Cerrado.

I. Introdução

Pressão de pragas em hortas e quintais produtivos raramente é um evento isolado: ela se conecta a manejo de solo, irrigação, adubação, diversidade de plantas, presença de hospedeiros alternativos e ao calendário de plantio. No Cerrado, onde alternâncias de seca e chuvas intensas afetam o crescimento das culturas e a dinâmica de populações de insetos, decisões de controle tomadas “no susto” tendem a sair mais caras e menos estáveis ao longo das safras.

Dois fatores agravam esse cenário em sistemas familiares. Primeiro, a disponibilidade de mão de obra e tempo para monitoramento é limitada, favorecendo intervenções tardias e generalistas. Segundo, o acesso a assistência técnica regular nem sempre acompanha a velocidade de surgimento das infestações, o que reforça o uso repetido de poucos produtos e eleva riscos de resistência e efeitos não-alvo (Sparks; Nauen, 2015; Desneux; Decourtye; Delpuech, 2007). Ao mesmo tempo, horticultura e fruticultura de quintal demandam alto padrão visual e rápida resposta, o que pode colidir com abordagens que dependem de planejamento.

Manejo Integrado de pragas (MIP) e controle biológico oferecem uma rota técnica e socioambiental para reduzir perdas e aumentar previsibilidade, sem depender de “soluções únicas” (Stern et al., 1959; Kogan, 1998). A efetividade, porém, depende de uma tradução operacional: modelos de decisão simples, indicadores fáceis de medir e integração com rotinas de campo e extensão.

Objetivo geral: sistematizar fundamentos e estratégias de MIP e controle biológico aplicáveis à agricultura familiar em hortas e quintais produtivos do Cerrado.

Objetivos específicos: (i) organizar evidências por táticas e condições de aplicação; (ii) propor um modelo operacional de tomada de decisão no campo; (iii) discutir implicações para ATER/extensionismo e lacunas de pesquisa.

II. Referencial Teórico

2.1 Manejo Integrado de Pragas em sistemas de base familiar

O Manejo Integrado de Pragas consolidou-se, na literatura especializada, como um sistema de apoio à decisão orientado por critérios ecológicos, econômicos e operacionais, e não como simples justaposição de métodos de controle. Sua formulação histórica decorre da crítica ao uso indiscriminado de inseticidas e da necessidade de restabelecer o vínculo entre proteção fitossanitária, biologia das pragas e funcionamento do agroecossistema. Nessa perspectiva, o manejo deixa de ser medido apenas pela intensidade da supressão imediata e passa a ser avaliado por sua capacidade de reduzir dano com menor ruptura ecológica e maior estabilidade ao longo do tempo.

Em sistemas de base familiar, essa racionalidade precisa ser traduzida para condições concretas de trabalho. A diversidade de cultivos em pequenas áreas, a alternância entre funções produtivas e domésticas, a limitação de mão de obra e o acesso descontínuo à assistência técnica tornam pouco viáveis modelos dependentes de amostragem complexa ou de protocolos excessivamente sofisticados. Por isso, a adoção do MIP em hortas e quintais produtivos depende de critérios simples, porém tecnicamente consistentes: monitoramento factível, reconhecimento precoce do problema, definição clara do momento de intervir e escolha de táticas compatíveis com a escala do sistema. A literatura contemporânea sobre IPM é explícita ao rejeitar soluções universais e ao defender princípios flexíveis, adaptáveis às realidades biofísicas e socioeconômicas de cada contexto produtivo.

Nesse quadro, três fundamentos adquirem centralidade. O primeiro é o diagnóstico precoce, porque amplia o repertório de respostas antes que o problema se converta em dano econômico relevante. O segundo é a integração de táticas, já que a estabilidade do manejo raramente decorre do uso isolado de uma única ferramenta. O terceiro é a seletividade, entendida como atributo essencial para preservar inimigos naturais, polinizadores e demais organismos benéficos que sustentam funções ecológicas do sistema. Em unidades produtivas pequenas e intensamente manejadas, preservar essa infraestrutura biológica não é um ganho marginal, mas condição de viabilidade do próprio manejo integrado.

2.2 Fundamentos do controle biológico e sua operacionalização no campo

Do ponto de vista conceitual, controle biológico deve ser restrito ao uso de organismos vivos para reduzir a densidade ou o impacto de um organismo-praga. Essa distinção é decisiva porque evita uma confusão frequente entre processo ecológico e produto comercial. Eilenberg, Hajek e Lomer propõem uma padronização terminológica particularmente útil para trabalhos acadêmicos e aplicados, ao distinguirem quatro estratégias: controle biológico clássico, inoculativo, inundativo e por conservação, além de recomendarem cautela com o uso genérico de “augmentation”, termo que pode obscurecer o processo ecológico efetivamente envolvido.

Em hortas e quintais produtivos, a aplicabilidade dessas estratégias não é simétrica. Programas clássicos de introdução e estabelecimento permanente têm caráter mais institucional e regulado, ao passo que, no nível da agricultura familiar, o maior potencial costuma residir no controle biológico por conservação e, em determinadas situações, no uso inoculativo ou inundativo de agentes vivos compatíveis com o sistema. Essa distinção importa porque o desempenho do controle biológico não depende apenas do agente utilizado, mas da forma como ele se integra à fenologia da cultura, à dinâmica da praga e às demais práticas de manejo.

Em outras palavras, o êxito não resulta do rótulo “biológico”, mas do ajuste entre organismo, momento e ambiente.

Essa leitura é particularmente relevante em cultivos de ciclo curto. Em sistemas hortícolas, a janela entre a detecção da infestação e a necessidade de resposta econômica tende a ser estreita, o que exige proporcionalidade técnica e oportunidade de ação. Táticas conservativas e preventivas costumam produzir resultados mais robustos quando incorporadas de modo contínuo ao manejo, enquanto aplicações de agentes vivos requerem maior precisão temporal e operacional. O equívoco recorrente consiste em esperar de uma intervenção isolada um efeito que, na prática, depende da coordenação entre monitoramento, prevenção, seletividade e avaliação. Nesse sentido, o controle biológico funciona menos como substituto automático do controle químico e mais como componente de uma arquitetura integrada de manejo.

2.3 Diversificação vegetal e manejo do habitat

A literatura internacional sobre manejo do habitat demonstrou, de forma consistente, que a estrutura vegetal associada ao cultivo pode modificar a dinâmica das pragas por duas vias complementares: pela influência sobre predadores e parasitoides e pela alteração das condições de localização, colonização e permanência do hospedeiro. Faixas floridas, bordaduras, cobertura do solo, plantas de serviço, consórcios e maior heterogeneidade espacial podem ampliar abrigo, alimento alternativo e microclimas favoráveis a inimigos naturais, ao mesmo tempo em que reduzem a previsibilidade do ambiente para herbívoros especializados. O ponto decisivo, contudo, não está em

supor que toda diversificação gera controle, mas em reconhecer que a composição, a disposição espacial e o tempo de implantação desses elementos condicionam a magnitude e a direção dos efeitos ecológicos.

Essa discussão precisa ainda ser situada em escala de paisagem. O desempenho do controle biológico conservativo não é definido apenas pelo interior do canteiro ou da copa, mas também pelo entorno: remanescentes vegetais, mosaicos de uso do solo, conectividade funcional e disponibilidade de recursos fora da área cultivada influenciam o fluxo e a permanência de inimigos naturais. Em sistemas familiares, isso significa que o manejo local deve considerar não apenas a cultura principal, mas também bordas, plantas espontâneas, hospedeiros alternativos, épocas de plantio e continuidade de recursos ao longo do ciclo. A simplificação extrema pode facilitar operações pontuais, mas tende a reduzir resiliência ecológica e a ampliar a dependência de intervenções externas.

A aproximação entre MIP e agroecologia, portanto, não se sustenta apenas em afinidade discursiva, mas em convergência funcional. Diversificação vegetal, cobertura permanente do solo, escalonamento de plantios e conservação de recursos para organismos benéficos podem atuar como mecanismos de regulação biótica e de amortecimento de risco. Ainda assim, a literatura não autoriza leituras idealizadas. O manejo do habitat não é solução universal nem substitui, por si só, o diagnóstico e a decisão técnica. Sua contribuição mais sólida está em ampliar a capacidade do sistema de sustentar controle biológico e reduzir a frequência de respostas puramente reativas.

2.4 Risco, segurança e governança do manejo

A discussão contemporânea sobre manejo de pragas não pode ser dissociada da noção de risco. Produtos fitossanitários podem afetar organismos benéficos não apenas por mortalidade direta, mas também por efeitos subletais que comprometem aprendizado, orientação, mobilidade, fecundidade, forrageamento e desempenho ecológico. Desneux, Decourtye e Delpuech mostram que avaliações baseadas exclusivamente em LD50 e LC50 são insuficientes para captar a complexidade desses impactos e que a seletividade real de um produto não pode ser inferida apenas por mortalidade aguda. Em termos de MIP, isso significa que a compatibilidade entre medidas de controle deve considerar também efeitos comportamentais e fisiológicos capazes de degradar, de forma silenciosa, a eficiência futura de inimigos naturais e polinizadores.

Outro eixo central é a resistência. A recorrência de exposição a poucos modos de ação aumenta a pressão seletiva sobre populações de pragas e compromete a longevidade das ferramentas químicas disponíveis. Nesse ponto, a contribuição de Sparks e Nauen é especialmente relevante ao enfatizar que o manejo de resistência deve ser organizado a partir da rotação de modos de ação, e não apenas da troca nominal de produtos comerciais. Em sistemas de base familiar, onde o repertório técnico costuma

ser mais restrito e a urgência operacional pesa no momento da decisão, o risco de repetição inadequada tende a ser maior. Por isso, a gestão de resistência deve ser entendida como princípio transversal do manejo integrado, articulado ao monitoramento, à diversificação de táticas e ao uso criterioso de medidas não químicas.

Por fim, a governança do manejo refere-se à capacidade de converter conhecimento técnico em rotina verificável. Em unidades familiares, essa governança não depende de sistemas complexos de documentação, mas de protocolos simples e repetíveis: registrar ocorrência de pragas, anotar intervenções, observar efeitos não alvo, revisar compatibilidades e comparar resultados entre ciclos. A literatura sobre os princípios do IPM insiste que não há método único aplicável a todos os contextos; o que existe é uma estrutura de decisão baseada em prevenção, observação, adaptação e avaliação continuada. Em termos práticos, isso significa que a consistência do manejo decorre menos de formalismo metodológico e mais da existência de critérios estáveis que permitam decidir com racionalidade sob condições reais de campo.

III. Metodologia

Este estudo foi desenvolvido como **revisão narrativa aplicada**, com estratégia de busca orientada por critérios explícitos de seleção e organização da literatura. A opção por esse delineamento decorreu do objetivo do trabalho: reunir fundamentos conceituais e evidências com utilidade prática para o manejo de pragas em hortas e quintais produtivos, especialmente em contextos de agricultura familiar, nos quais a tomada de decisão depende de recomendações tecnicamente consistentes e operacionalmente viáveis.

A busca bibliográfica concentrou-se em estudos e revisões sobre Manejo Integrado de Pragas, controle biológico, manejo do habitat, seletividade de intervenções e manejo da resistência, com prioridade para sistemas tropicais e subtropicais e, sempre que possível, para horticultura e fruticultura de pequena escala. Foram utilizadas como fontes principais as bases **SciELO** e **Google Scholar**, complementadas por buscas direcionadas em **Web of Science** e **Scopus** para recuperação de textos de referência, revisões de maior impacto e artigos clássicos amplamente reconhecidos na literatura internacional.

A estratégia de busca combinou descritores em português e inglês, de modo a ampliar a cobertura temática e terminológica. Entre os termos empregados, destacaram-se: *manejo integrado de pragas, controle biológico, habitat management, conservation biological control, action threshold, smallholder, vegetable crops, pollinators, selectivity e resistance management*. A seleção bibliográfica contemplou, de um lado, obras de base conceitual e histórica relevantes para a consolidação do MIP e do controle

biológico e, de outro, revisões e contribuições mais recentes voltadas à operacionalização dessas abordagens em sistemas agrícolas diversificados.

Foram incluídos trabalhos que apresentavam contribuição direta para ao menos um dos seguintes eixos: fundamentos conceituais do MIP; categorias e mecanismos do controle biológico; manejo do habitat e conservação de inimigos naturais; seletividade e efeitos não alvo; manejo de resistência; e implicações práticas para sistemas produtivos de pequena escala. Também receberam prioridade estudos que explicitavam condições de aplicação, limites, trade offs e possibilidades de reprodução técnica em situações de campo. Foram excluídos textos opinativos sem sustentação empírica ou conceitual suficiente, documentos excessivamente centrados em produtos comerciais e publicações que descreviam intervenções sem contextualização agrônoma mínima ou sem discussão de suas restrições de uso.

A etapa de análise consistiu em leitura interpretativa e comparação temática dos estudos selecionados. Os achados foram organizados por grupos de táticas e por problemas recorrentes em hortas e quintais produtivos, buscando identificar convergências, divergências e condições de sucesso reportadas na literatura. Em vez de sumarização puramente descritiva, priorizou-se uma síntese orientada por decisão, com ênfase em compatibilidade entre práticas, viabilidade operacional, riscos ecológicos e implicações para extensão rural.

Por se tratar de revisão narrativa aplicada, o estudo não teve por finalidade estimar efeito quantitativo agregado nem realizar metanálise. As conclusões, portanto, devem ser lidas como **generalizações condicionadas ao contexto**, e não como prescrições universais. Diferenças entre culturas, clima, solo, escala de produção, composição da paisagem e intensidade de manejo podem alterar substancialmente o desempenho das táticas discutidas. Essa limitação foi assumida como parte do próprio desenho metodológico, cujo propósito é oferecer uma síntese tecnicamente rigorosa, porém compatível com a diversidade de situações encontradas na agricultura familiar.

IV. Resultados e Discussão

4.1 Síntese aplicada por táticas: evidências, condições de uso e limites operacionais

A literatura examinada converge ao indicar que, em sistemas de pequena escala, a eficácia do manejo depende menos da sofisticação das ferramentas disponíveis do que da regularidade com que o sistema é observado. Em hortas e quintais produtivos, o monitoramento falha, em geral, não por ausência de conhecimento técnico, mas por descontinuidade da rotina de inspeção. Por essa razão, métodos simplificados de

observação tendem a apresentar maior aderência prática do que esquemas amostrais complexos. A inspeção periódica de pontos fixos, a observação do verso das folhas, de brotações novas, flores e frutos em formação e o registro da presença de formas jovens permitem identificar, com antecedência suficiente, mudanças na trajetória populacional da praga. Em contextos nos quais a contagem formal é pouco viável, critérios qualitativos estáveis — expansão da infestação no canteiro, aumento de formas imaturas e dano em estruturas críticas — podem funcionar como aproximação pragmática de níveis de ação, desde que sejam mantidos de modo consistente ao longo dos ciclos produtivos. O ganho central dessa simplificação não é substituir o raciocínio técnico, mas torná-lo executável sob restrições reais de tempo e mão de obra.

As medidas culturais e mecânicas aparecem, nesse contexto, como um dos componentes de maior retorno agrônomico. A literatura internacional sobre MIP mostra de forma recorrente que intervenções preventivas têm maior capacidade de estabilizar o sistema quando incidem sobre os fatores que favorecem surtos: excesso de brotação tenra, desuniformidade de plantio, estresse hídrico, acúmulo de resíduos, manutenção de hospedeiros alternativos e descontinuidade entre colheita e saneamento da área. Em sistemas familiares, práticas como sincronização de plantios, poda sanitária, retirada precoce de estruturas infestadas, descarte adequado de resíduos e uso de barreiras físicas apresentam elevada relação entre custo e benefício precisamente porque reduzem a pressão inicial da infestação antes que o problema exija respostas mais disruptivas. Sua efetividade tende a ser maior quando são incorporadas ao calendário de manejo e deixam de ser tratadas como correção emergencial.

O manejo do habitat amplia esse raciocínio ao deslocar a atenção do alvo imediato para as condições ecológicas que sustentam o controle biológico. Trabalhos clássicos e contemporâneos demonstram que bordaduras, faixas floridas, plantas de serviço, cobertura do solo e maior heterogeneidade espacial podem aumentar a disponibilidade de néctar, pólen, abrigo e microclimas favoráveis a predadores e parasitoides. O efeito, contudo, não é automático. A introdução de vegetação associada só é vantajosa quando a composição botânica não amplia a oferta de hospedeiros ou refúgios para a própria praga e quando há alguma compatibilidade com o restante do manejo fitossanitário. Em áreas submetidas a pulverizações frequentes e pouco seletivas, parte importante desse ganho ecológico tende a ser anulada. O valor do manejo do habitat, portanto, não reside em uma promessa genérica de biodiversidade, mas em sua capacidade de sustentar organismos benéficos ao longo do tempo e reduzir a instabilidade típica de agroecossistemas simplificados.

O controle biológico, por sua vez, apresenta melhor desempenho quando tratado como componente articulado do sistema, e não como solução isolada. Em hortaliças e frutíferas de pequena escala, o controle biológico por conservação costuma oferecer a via mais consistente de incorporação prática, pois se apoia na manutenção de inimigos

naturais já presentes e na redução de fatores que os eliminam ou desorganizam. Intervenções aplicadas com agentes vivos ou tecnologias biológicas podem ser úteis, mas sua resposta depende de oportunidade, estágio da praga, qualidade de cobertura, condição microclimática e compatibilidade com outras práticas. Em cultivos de ciclo curto, a defasagem entre o aumento populacional da praga e o tempo necessário para a resposta biológica torna especialmente importante a intervenção precoce. Infestações altas e tardias tendem a exigir integração com remoção de focos, poda, saneamento ou barreiras, sob pena de gerar frustração operacional e descrédito em relação às tecnologias biológicas.

Outro ponto de convergência da literatura diz respeito à seletividade. A escolha de intervenções deve considerar não apenas a capacidade de reduzir a praga-alvo, mas também seus efeitos sobre inimigos naturais e polinizadores. Estudos sobre efeitos subletais demonstram que a compatibilidade de uma medida não pode ser avaliada apenas por mortalidade aguda, já que alterações em mobilidade, forrageamento, aprendizado, fecundidade e orientação podem comprometer, de forma silenciosa, o desempenho ecológico de organismos benéficos. Em horticultura e fruticultura, esse aspecto é particularmente sensível porque a floração, a frutificação e a qualidade do produto colhido dependem diretamente de serviços ecossistêmicos que o próprio manejo pode degradar. Assim, seletividade, horário de aplicação, estágio fenológico da cultura e presença de polinizadores devem integrar o núcleo decisório do MIP, e não aparecer apenas como recomendação acessória.

4.2 Modelo operacional de decisão em 8 passos

A partir da literatura revisada e das condições mais recorrentes da agricultura familiar, propõe-se um modelo operacional de decisão em oito etapas, concebido para combinar simplicidade de execução e coerência técnica.

1. Delimitar a unidade de observação.

O primeiro passo consiste em definir com clareza o ambiente de manejo: cultura, cultivar, idade do plantio, fase fenológica, condição do solo e padrão de irrigação. Essa delimitação é indispensável porque a suscetibilidade ao dano varia conforme o estágio da cultura. Áreas em florescimento, frutificação inicial ou com brotação intensa exigem maior frequência de observação.

2. Diagnosticar corretamente o problema.

A identificação da praga e do estágio predominante da população é decisiva para qualquer escolha posterior. Quando houver incerteza diagnóstica, a conduta tecnicamente mais prudente é recorrer a medidas de baixo risco, como remoção

localizada de focos, barreiras físicas ou saneamento, até que o problema seja confirmado.

3. Estimar a pressão da infestação por critério simples e repetível.

Em vez de depender de contagens exaustivas, o produtor pode adotar pontos fixos de observação e registrar se a praga está localizada ou disseminada, se predominam formas jovens e se há dano em estruturas críticas. O ponto central é a repetibilidade do critério, pois ela permite comparar ciclos e ajustar decisões.

4. Identificar fatores predisponentes ao surto.

Excesso de nitrogênio, estresse hídrico, presença de plantas hospedeiras nas bordas, desuniformidade de plantio, resíduos mal manejados e interação com formigas associadas a insetos sugadores são fatores que frequentemente mantêm ou aceleram a infestação. Corrigir esses elementos antes ou juntamente com a intervenção aumenta a probabilidade de êxito.

5. Selecionar táticas em ordem de menor ruptura ecológica.

A priorização deve começar por medidas culturais, mecânicas e físicas, seguidas por práticas de manejo do habitat e, quando adequado, por ferramentas de controle biológico. Intervenções de maior impacto devem ser reservadas para situações em que o nível de ameaça ao cultivo justifique a ruptura adicional.

6. Verificar seletividade e compatibilidade.

Toda decisão deve considerar a fase da cultura, a presença de inimigos naturais e polinizadores, as condições microclimáticas e a compatibilidade entre práticas. Em tecnologias biológicas aplicadas, aspectos como sensibilidade à radiação, temperatura, umidade, cobertura e mistura tornam-se determinantes.

7. Executar e registrar a intervenção.

O registro mínimo deve incluir data, área, praga-alvo, estágio da cultura, tática utilizada, condição climática e observação sintética do resultado. Esse procedimento reduz a improvisação e permite identificar padrões de sucesso ou fracasso.

8. Reavaliar a resposta e consolidar o aprendizado local.

A reinspeção dos mesmos pontos deve verificar redução de formas jovens, contenção da dispersão, estabilização do dano e manutenção de organismos benéficos. Quando houver reincidência rápida, a conduta mais racional não é repetir automaticamente a

mesma medida, mas revisar diagnóstico, fator predisponente e compatibilidade do manejo adotado.

Esse modelo não substitui protocolos específicos por cultura, mas organiza uma lógica de decisão ajustada à realidade operacional da agricultura familiar. Sua força reside menos na complexidade técnica de cada etapa do que na criação de uma rotina estável de observação, intervenção proporcional e revisão de resultados.

4.3 Vinhetas técnicas: aplicação do modelo em situações recorrentes

Em hortas folhosas, pulgões e mosca-branca tendem a encontrar condições favoráveis em tecidos jovens, em especial após adubação nitrogenada excessiva ou manejo hídrico que estimula brotações contínuas. Nesses sistemas, a infestação frequentemente se inicia nas bordas e nas folhas mais novas, o que torna a inspeção dirigida especialmente eficiente.

Quando os focos ainda são localizados, a retirada de folhas mais infestadas, o descarte fora da área e o ajuste do manejo nutricional podem reduzir de forma rápida a pressão da população. Em fases mais avançadas, a manutenção de inimigos naturais e o uso criterioso de tecnologias biológicas dependem fortemente da boa cobertura e da repetição planejada. Um indicador simples e útil é a proporção de ponteiros ou folhas jovens com colônias ativas, observada sempre nos mesmos pontos do canteiro.

Em solanáceas, o problema fitossanitário costuma ser mais sensível porque tripés, além do dano direto, podem atuar como vetores de viroses. Nesses casos, o custo do atraso diagnóstico é elevado. A observação de flores, folhas novas, prateamento e deformações iniciais deve ser articulada à avaliação de sintomas compatíveis com infecção viral. Quando houver suspeita robusta de virose, a remoção de plantas fortemente sintomáticas reduz a pressão de inóculo e impede que o foco se torne disseminador secundário. Ao mesmo tempo, o manejo de tripes exige alta atenção à seletividade, uma vez que pulverizações pouco criteriosas podem reduzir inimigos naturais, favorecer ressurgência e intensificar a seleção de resistência. O indicador mais útil, nesse caso, combina densidade observada em pontos fixos com evolução do dano em flores e tecidos novos.

Em frutíferas de quintal, lagartas e percevejos costumam apresentar distribuição espacial mais localizada, frequentemente associada a ramos, brotações ou frutos em formação. Esse padrão favorece o manejo por foco, com poda sanitária, retirada de estruturas infestadas e inspeção dirigida em órgãos mais suscetíveis. O controle biológico por conservação tende a ser particularmente relevante nessas condições, sobretudo quando a área mantém recursos para inimigos naturais e evita intervenções de amplo espectro. Para lagartas em estágios iniciais, tecnologias microbianas podem apresentar bom desempenho quando aplicadas no momento correto e com cobertura

adequada; para percevejos, a resposta tende a ser mais dependente da combinação entre monitoramento consistente, saneamento do entorno e integração de táticas culturais. Um indicador operacionalmente útil é a presença de dano novo em frutos associada à observação de formas jovens e de sinais de atividade de predadores ou parasitoides.

As três situações indicam um ponto comum: a efetividade do manejo não decorre da escolha de uma tática isolada, mas da capacidade de ajustar diagnóstico, oportunidade de ação, seletividade e correção dos fatores que sustentam o surto. Em sistemas familiares, essa articulação é mais importante do que a adoção pontual de tecnologias sofisticadas.

4.4 Implicações para ATER, extensão rural e políticas locais

A literatura e a análise realizada indicam que a adoção do MIP na agricultura familiar depende, em grande medida, da mediação extensionista. O principal desafio não é apenas transferir conhecimento, mas convertê-lo em rotina produtiva simples, inteligível e repetível. Protocolos mínimos de monitoramento por canteiro, guias de identificação visual, calendários de medidas culturais, orientações sobre seletividade e fichas curtas de avaliação pós-intervenção tendem a apresentar maior utilidade prática do que programas excessivamente longos e pouco conectados ao calendário agrícola. Em vez de separar manejo de pragas de manejo de solo, água e nutrição, a extensão rural ganha consistência quando trata esses componentes de forma integrada, reconhecendo que surtos fitossanitários são frequentemente expressão de desequilíbrios sistêmicos.

No plano institucional, políticas públicas locais podem fortalecer a adoção do MIP por meio de unidades demonstrativas, redes de troca de experiência entre produtores, formação continuada de agentes de ATER, ampliação do acesso a insumos seletivos e melhoria de infraestrutura básica, como telas, irrigação, armazenamento e materiais simples de monitoramento. Também são relevantes ações educativas voltadas ao uso seguro de produtos, à proteção de polinizadores e ao manejo da resistência, especialmente em contextos nos quais o repertório técnico do produtor é condicionado por oferta local limitada e por decisões de urgência.

Há, ainda, uma implicação estratégica para a agenda pública de inovação: o desenvolvimento de indicadores de campo simples, adaptáveis à diversidade de hortas e quintais, pode ampliar a adesão ao MIP mais do que a mera difusão de insumos. Em sistemas familiares, a estabilidade do manejo depende da capacidade de observar, comparar e corrigir trajetórias ao longo do tempo. Quando o extensionismo consegue apoiar essa construção de rotina, o MIP deixa de ser formulação abstrata e passa a

operar como tecnologia social e agrônômica efetivamente incorporada ao cotidiano produtivo.

V. Considerações Finais

A literatura analisada permite concluir que o Manejo Integrado de Pragas e o controle biológico constituem alternativas tecnicamente consistentes para hortas e quintais produtivos do Cerrado, desde que sejam incorporados como lógica permanente de manejo e não como resposta episódica a surtos já instalados. Em sistemas de base familiar, a efetividade dessas abordagens depende menos da adoção isolada de insumos específicos e mais da capacidade de articular observação regular, diagnóstico oportuno, intervenção proporcional e preservação dos processos ecológicos que sustentam a estabilidade do agroecossistema. Nesse sentido, monitoramento simplificado, medidas culturais e mecânicas, manejo do habitat, seletividade e atenção à resistência compõem uma base operacional coerente com os princípios clássicos e contemporâneos do MIP.

Os resultados discutidos indicam que a redução da dependência de intervenções químicas não decorre de substituição automática por tecnologias “biológicas”, mas da integração entre táticas que atuam em momentos e escalas distintas. A conservação de inimigos naturais, a correção de fatores predisponentes ao surto, a proteção de polinizadores e a escolha criteriosa do momento de intervenção tendem a produzir manejo mais estável do que decisões reativas centradas apenas na supressão imediata da população-praga. Essa constatação é particularmente relevante em unidades familiares, nas quais limitações de tempo, mão de obra e assistência técnica exigem protocolos simples, repetíveis e compatíveis com a rotina produtiva.

O modelo operacional em oito passos proposto neste estudo busca responder precisamente a essa exigência. Sua contribuição não está em oferecer um esquema universal, mas em organizar uma sequência decisória que favorece consistência, aprendizado local e integração com ações de ATER. Ao traduzir princípios ecológicos em procedimentos observáveis e executáveis, o modelo reforça a ideia de que a adoção do MIP depende da construção de critérios estáveis de campo, capazes de orientar decisões sob condições reais de diversidade de cultivos, restrição operacional e variabilidade ambiental.

Do ponto de vista aplicado, três direções se mostram particularmente relevantes. A primeira é a padronização de rotinas simples de inspeção, com pontos fixos e critérios comparáveis entre ciclos. A segunda é a priorização de medidas precoces, sobretudo culturais, mecânicas e físicas, antes que a infestação exija respostas mais disruptivas. A terceira é a incorporação sistemática da seletividade e da compatibilidade ecológica

ao processo decisório, de modo a evitar que a própria intervenção comprometa inimigos naturais, polinizadores e a estabilidade futura do sistema. Em termos práticos, registrar intervenções e revisar seus efeitos passa a ser parte constitutiva do manejo, e não mera etapa acessória.

Persistem, contudo, lacunas que merecem investigação adicional. Entre elas, destacam-se a definição de indicadores simples de nível de ação ajustados a sistemas diversificados, a avaliação de combinações de manejo do habitat sob condições tropicais e a incorporação de métricas operacionais relativas a polinizadores e inimigos naturais no processo cotidiano de decisão em horticultura familiar. Também permanece necessária maior aproximação entre pesquisa aplicada, extensão rural e condições concretas de adoção, para que o avanço conceitual do MIP se converta, com mais consistência, em prática produtiva disseminada.

Por fim, é necessário reconhecer que esta revisão apresenta limitações inerentes ao seu próprio delineamento. Por tratar-se de revisão narrativa aplicada, a síntese privilegia relações condicionais, tendências consistentes e inferências transferíveis, sem pretensão de estimar magnitudes quantitativas agregadas. Diferenças entre culturas, escala de cultivo, composição da paisagem, clima, solo e intensidade de manejo podem alterar de modo substantivo o desempenho das táticas discutidas. Ainda assim, o conjunto das evidências examinadas sustenta a conclusão de que a integração entre MIP e controle biológico oferece caminho tecnicamente robusto, ecologicamente mais estável e operacionalmente plausível para o manejo de pragas em hortas e quintais produtivos do Cerrado.

Referências

- ALTIERI, M. A. *Biodiversity and pest management in agroecosystems*. Binghamton: Food Products Press, 1994.
- ALTIERI, M. A. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, v. 74, n. 1-3, p. 19-31, 1999.
- BALE, J. S.; VAN LENTEREN, J. C.; BIGLER, F. Biological control and sustainable food production. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, v. 363, n. 1492, p. 761-776, 2008.
- BELLOWS, T. S.; FISHER, T. W.; CALTAGIRONE, L. E.; DAHLSTEN, D. L.; HUFFAKER, C. B.; GORDH, G. (eds.). *Handbook of biological control: principles and applications of biological control*. San Diego: Academic Press, 1999.
- DEBACH, P.; ROSEN, D. *Biological control by natural enemies*. 2. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 1991.

- DENT, D. *Insect pest management*. 2. ed. Wallingford: CABI, 2000.
- DESNEUX, N.; DECOURTYE, A.; DELPUECH, J.-M. The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. *Annual Review of Entomology*, v. 52, p. 81-106, 2007.
- EILENBERG, J.; HAJEK, A.; LOMER, C. Suggestions for unifying the terminology in biological control. *BioControl*, v. 46, n. 4, p. 387-400, 2001.
- GALLO, D. et al. *Entomologia agrícola*. Piracicaba: FEALQ, 2002.
- GURR, G. M.; WRATTEN, S. D.; SNYDER, W. E.; READ, D. M. Y. (eds.). *Biodiversity and insect pests: key issues for sustainable management*. Chichester: Wiley-Blackwell, 2012.
- HAJEK, A. E.; EILENBERG, J. *Natural enemies: an introduction to biological control*. 2. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2018.
- HEIMPEL, G. E.; MILLS, N. J. *Biological control: ecology and applications*. Cambridge: Cambridge University Press, 2017.
- KOGAN, M. Integrated pest management: historical perspectives and contemporary developments. *Annual Review of Entomology*, v. 43, p. 243-270, 1998.
- LACEY, L. A. (ed.). *Microbial control of insect and mite pests: from theory to practice*. San Diego: Academic Press, 2016.
- LANDIS, D. A.; WRATTEN, S. D.; GURR, G. M. Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. *Annual Review of Entomology*, v. 45, p. 175-201, 2000.
- METCALF, R. L.; LUCKMANN, W. H. *Introduction to insect pest management*. 3. ed. New York: Wiley, 1994.
- PEDIGO, L. P.; RICE, M. E. *Entomology and pest management*. 6. ed. Long Grove: Waveland Press, 2014.
- POTTS, S. G.; BIESMEIJER, J. C.; KREMEN, C.; NEUMANN, P.; SCHWEIGER, O.; KUNIN, W. E. Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends in Ecology & Evolution*, v. 25, n. 6, p. 345-353, 2010.
- PRETTY, J. Agricultural sustainability: concepts, principles and evidence. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, v. 363, n. 1491, p. 447-465, 2008.
- SPARKS, T. C.; NAUEN, R. IRAC: mode of action classification and insecticide resistance management. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, v. 121, p. 122-128, 2015.

STERN, V. M.; SMITH, R. F.; VAN DEN BOSCH, R.; HAGEN, K. S. The integrated control concept. *Hilgardia*, v. 29, n. 2, p. 81-101, 1959.

THIES, C.; TSCHARNTKE, T. Landscape structure and biological control in agroecosystems. *Science*, v. 285, n. 5429, p. 893-895, 1999.

TILMAN, D.; CASSMAN, K. G.; MATSON, P. A.; NAYLOR, R.; POLASKY, S. Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature*, v. 418, p. 671-677, 2002.

VAN DRIESCHE, R. G.; BELLOWS, T. S. *Biological control*. New York: Chapman & Hall, 1996.

VAN LENTEREN, J. C. The state of commercial augmentative biological control: plenty of natural enemies, but a frustrating lack of uptake. *BioControl*, v. 57, n. 1, p. 1-20, 2012.

VEGA, F. E.; KAYA, H. K. (eds.). *Insect pathology*. 2. ed. San Diego: Academic Press, 2012.