Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação — REASE

doi.org/10.51891/rease.v12i11.32593

MANEJO INTEGRADO DE PRAGAS NA CULTURA DA SOJA: ESTRATÉGIAS, DESAFIOS E PERSPECTIVAS PARA A SUSTENTABILIDADE PRODUTIVA

INTEGRATED PEST MANAGEMENT IN SOYBEAN: STRATEGIES, CHALLENGES AND PERSPECTIVES FOR PRODUCTIVE SUSTAINABILITY

MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS EN EL CULTIVO DE SOJA: ESTRATEGIAS, DESAFÍOS Y PERSPECTIVAS PARA LA SOSTENIBILIDAD PRODUCTIVA

Carlos Gabriel da Silva Shimada[1]
Roberta Yajima de Godoy Dias[2]

RESUMO: O manejo integrado de pragas (MIP) constitui uma abordagem estratégica para compatibilizar produtividade, rentabilidade e redução de impactos ambientais na cultura da soja. Este estudo teve como objetivo analisar as principais bases e táticas do MIP aplicadas à sojicultura, com ênfase no monitoramento, nos níveis de ação, no controle biológico, no uso de cultivares Bt, na seletividade de inseticidas e no manejo da resistência. Foi realizada revisão integrativa da literatura, considerando 27 estudos publicados entre 2018 e 2026, selecionados em bases e portais científicos nacionais e internacionais. A síntese evidenciou que a tomada de decisão fundamentada em amostragem e níveis de ação reduz intervenções desnecessárias e favorece a preservação de inimigos naturais. O controle biológico, especialmente com parasitoides de ovos e agentes microbianos, mostrou potencial de integração com produtos seletivos, enquanto a tecnologia Bt permanece relevante para lepidópteros-alvo, embora exija manejo de resistência e atenção a espécies de *Spodoptera*. Também foram identificados riscos associados à redução de suscetibilidade de percevejos e lagartas a diferentes grupos de inseticidas. Conclui-se que a eficiência do MIP na soja depende da integração entre monitoramento, diversidade de táticas, seletividade, rotação de modos de ação, extensão rural e capacitação do produtor, evitando a centralização do manejo no controle químico.

Palavras-chave: *Glycine max*. Controle biológico. Monitoramento de pragas. Nível de ação. Resistência a inseticidas.

[1] Graduando em Agronomia - Faculdade Cristo Rei (FACCREI).
[2] Professora - Orientadora - Faculdade Cristo Rei (FACCREI).

ABSTRACT: Integrated pest management (IPM) is a strategic approach for reconciling productivity, profitability, and reduced environmental impacts in soybean production. This study aimed to analyze the main foundations and tactics of IPM applied to soybean, emphasizing monitoring, action thresholds, biological control, Bt cultivars, insecticide selectivity, and resistance management. An integrative literature review was conducted using 27 studies published from 2018 to 2026 and selected from national and international scientific databases and portals. The synthesis showed that decision-making based on scouting and action thresholds reduces unnecessary interventions and favors the conservation of natural enemies. Biological control, especially with egg parasitoids and microbial agents, showed strong potential for integration with selective products, while Bt technology remains relevant against target lepidopterans, although it requires resistance management and attention to *Spodoptera* species. Risks related to reduced susceptibility of stink bugs and caterpillars to different insecticide groups were also identified. It is concluded that soybean IPM efficiency depends on integrating monitoring, tactical diversity, selectivity, rotation of modes of action, extension services, and farmer training, thereby avoiding management systems centered exclusively on chemical control.

Keywords: *Glycine max*. Biological control. Pest monitoring. Action threshold. Insecticide resistance.

RESUMEN: El manejo integrado de plagas (MIP) constituye un enfoque estratégico para conciliar productividad, rentabilidad y reducción de impactos ambientales en el cultivo de soja. El objetivo de este estudio fue analizar las principales bases y tácticas del MIP aplicadas a la soja, con énfasis en monitoreo, niveles de acción, control biológico, cultivares Bt, selectividad de insecticidas y manejo de la resistencia. Se realizó una revisión integradora con 27 estudios publicados entre 2018 y 2026. Los resultados indican que las decisiones basadas en muestreo y niveles de acción reducen intervenciones innecesarias, favorecen la conservación de enemigos naturales y mejoran la racionalidad del control. El control biológico y los agentes microbianos presentan elevada complementariedad con productos selectivos, mientras que la tecnología Bt exige estrategias permanentes de manejo de resistencia. Se concluye que la eficiencia del MIP depende de la integración de tácticas, del seguimiento sistemático de las poblaciones y de la capacitación técnica del productor.

Palabras clave: *Glycine max*. Control biológico. Monitoreo de plagas. Nivel de acción. Resistencia a insecticidas.

1 INTRODUÇÃO

A soja ocupa posição central na agricultura brasileira e reúne elevada escala produtiva, ampla distribuição territorial e forte integração com cadeias de proteína, óleo e exportação. Essa

importância amplia a necessidade de sistemas fitossanitários capazes de proteger o potencial produtivo sem intensificar, de forma automática, o uso de inseticidas. O manejo integrado de pragas responde a esse desafio ao combinar conhecimento ecológico, amostragem, níveis de ação e diferentes métodos de controle, buscando intervir apenas quando a densidade da praga justifica economicamente a medida adotada (Bueno et al., 2021).

A diversidade de artrópodes associados à soja torna o manejo particularmente complexo. Lagartas desfolhadoras, percevejos, mosca-branca e espécies invasoras apresentam padrões distintos de ocorrência, dano e resposta às táticas de controle. O cenário brasileiro também é marcado por mudanças na composição do complexo de pragas em razão da expansão territorial da cultura, da sucessão de hospedeiros e do uso intensivo de tecnologias de controle. Por isso, programas de MIP precisam ser dinâmicos e adaptados às condições regionais, evitando calendários fixos de pulverização (Pozebon et al., 2020).

Nos últimos anos, o controle biológico, a soja Bt, o sensoriamento aplicado ao monitoramento e o refinamento de programas de manejo da resistência ampliaram as possibilidades de integração de táticas. Ao mesmo tempo, populações de lagartas e percevejos com menor suscetibilidade a inseticidas reforçam a necessidade de reduzir pressões de seleção desnecessárias. A literatura recente indica que a sustentabilidade do MIP depende menos de uma tecnologia isolada e mais da compatibilidade entre métodos, da preservação de inimigos naturais e da qualidade da tomada de decisão no campo (Bueno et al., 2023).

Diante desse contexto, a pesquisa foi orientada pela seguinte questão: de que maneira a integração entre monitoramento, níveis de ação, controle biológico, cultivares Bt, seletividade de inseticidas e manejo da resistência pode tornar o controle de pragas da soja mais eficiente e sustentável no contexto produtivo brasileiro?

Para responder à questão proposta, o estudo teve como objetivo geral analisar as principais estratégias de manejo integrado de pragas empregadas na cultura da soja e sua contribuição para a redução de perdas, do uso desnecessário de inseticidas e dos riscos de resistência. Como objetivos específicos, buscou-se caracterizar o complexo de pragas de maior relevância, discutir os fundamentos de monitoramento e níveis de ação, examinar a integração entre métodos biológicos, químicos e biotecnológicos e identificar desafios atuais para a adoção do MIP.

A realização do estudo justifica-se pela necessidade de reunir evidências recentes que apoiem decisões fitossanitárias mais criteriosas em uma cultura de grande importância econômica. A sistematização das pesquisas pode contribuir para a formação de profissionais, para a assistência técnica e para produtores que necessitam conciliar produtividade, custo de controle e conservação de serviços ecossistêmicos. Além disso, a análise integrada permite identificar limites das práticas atualmente utilizadas e apontar caminhos para reduzir a dependência de intervenções químicas calendarizadas.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Fundamentos do MIP, monitoramento e níveis de ação

Bueno et al. (2021) destacam que o MIP da soja se estrutura sobre a tomada de decisão baseada em conhecimento do agroecossistema, e não sobre a simples substituição de um inseticida por outro. O monitoramento regular permite reconhecer quais organismos estão presentes, sua densidade e o estágio fenológico da cultura, estabelecendo uma relação objetiva entre risco e necessidade de intervenção. Essa lógica reduz aplicações preventivas sem justificativa agronômica e preserva opções de controle para situações em que o potencial de dano realmente se aproxima do nível econômico.

A amostragem é o elo entre a presença da praga e a decisão de controle. Em sistemas extensivos, a qualidade da amostragem depende de distribuição adequada dos pontos, frequência de avaliação e identificação correta de espécies e estágios. Decisões tomadas sem esses elementos podem antecipar pulverizações, aumentar custos e eliminar inimigos naturais que manteriam populações abaixo do nível de ação. A experiência brasileira indica que o monitoramento contínuo é uma das práticas que mais diferencia lavouras conduzidas sob MIP das áreas manejadas por calendário (Bueno et al., 2026).

O complexo de artrópodes da soja não permanece estático ao longo das safras. Espécies anteriormente secundárias podem ganhar importância quando mudanças na paisagem agrícola, na sucessão de culturas ou nas tecnologias de controle modificam as relações ecológicas. A entrada e a expansão de artrópodes invasores no Brasil ilustram como o sistema produtivo precisa manter capacidade de diagnóstico e resposta, evitando protocolos rígidos que

considerem apenas as pragas historicamente dominantes. Essa plasticidade é essencial para que o MIP continue funcional em diferentes regiões (Pozebon et al., 2020).

Barros et al. (2021) demonstraram que o sensoriamento proximal hiperespectral pode discriminar folhas de soja infestadas e não infestadas por *Bemisia tabaci*, oferecendo uma perspectiva de apoio ao monitoramento em grandes áreas. Embora a inspeção de campo continue indispensável, ferramentas de detecção remota podem direcionar a atenção para manchas de infestação e otimizar o tempo de avaliação. Essa integração entre observação convencional e tecnologias de precisão tende a ampliar a capacidade de localizar focos antes que a infestação se torne generalizada.

A distribuição espacial da mosca-branca reforça a importância de conhecer a dinâmica da praga dentro da área cultivada. Rodrigues et al. (2022) observaram variações na flutuação populacional e no padrão de distribuição de *Bemisia tabaci* MEAM1 em cultivares de soja, evidenciando que a infestação pode apresentar agregação e mudanças ao longo do ciclo. Para o MIP, esse comportamento implica que médias gerais da lavoura nem sempre representam adequadamente os focos, sendo necessário posicionar amostragens de modo a captar a heterogeneidade espacial.

Hayashida, Hoback e Bueno (2023) reavaliaram níveis de ação relacionados à desfolha e à infestação por *Euschistus heros* e verificaram que os limiares tradicionalmente utilizados permanecem seguros em diferentes cenários. O estudo sustentou a adoção independente de 30% de desfolha no período vegetativo e 15% no reprodutivo, além de dois percevejos por metro para produção de grãos e um para produção de sementes. Esses parâmetros mostram que tolerar níveis subeconômicos de injúria é parte do manejo racional, não sinônimo de ausência de controle.

A mobilidade e a conectividade entre populações também interferem no planejamento do manejo. Zucchi et al. (2019), ao estudarem a estrutura populacional de *Euschistus heros*, evidenciaram elevada conectividade genética entre populações brasileiras. Em termos de MIP, esse resultado ajuda a compreender por que problemas de suscetibilidade ou alterações populacionais podem ultrapassar limites locais. A gestão de resistência, portanto, não deve ser pensada apenas na escala de uma propriedade, mas como processo influenciado por fluxos populacionais entre regiões produtoras.

Um dos principais entraves para o MIP está na distância entre conhecimento técnico e prática cotidiana. Bueno et al. (2021) discutem que a adoção é influenciada por fatores econômicos, culturais, operacionais e pela percepção de risco do produtor. A facilidade de realizar uma aplicação preventiva pode parecer atraente diante da incerteza, mas tende a gerar custos ocultos relacionados à seleção de resistência, à eliminação de agentes benéficos e ao aumento da dependência de intervenções posteriores.

Bueno et al. (2026) reuniram resultados de unidades de referência no Paraná e mostraram que propriedades que adotaram o MIP realizaram substancialmente menos aplicações de inseticidas, com manutenção ou pequeno incremento de produtividade. O resultado reforça que monitoramento e nível de ação não são apenas instrumentos ambientais, mas componentes econômicos do sistema. Quando a decisão evita aplicações sem retorno, o produtor reduz custos diretos e preserva o potencial de controle natural existente na lavoura.

A leitura do agroecossistema deve incluir a presença de inimigos naturais, pois sua atividade pode retardar ou impedir que uma população alcance o nível de ação. Bueno et al. (2023) ressaltam que a conservação e a liberação aumentativa de agentes de controle biológico são mais eficientes quando integradas ao monitoramento e à escolha criteriosa de produtos. Portanto, a contagem de pragas sem considerar parasitoides, predadores e patógenos fornece uma visão incompleta do risco e pode conduzir a decisões excessivamente conservadoras.

O registro histórico das avaliações amplia a qualidade do MIP ao permitir comparação entre talhões, estágios fenológicos e safras. Séries de dados sobre densidade, clima, produtos aplicados e resposta das populações ajudam a reconhecer recorrências e a avaliar a eficácia real das decisões tomadas. O monitoramento deixa, assim, de ser uma atividade isolada e passa a compor um sistema de aprendizagem agronômica. Essa perspectiva é coerente com a proposta de integração de tecnologias e de tomada de decisão baseada em evidências apresentada por Bueno et al. (2026).

Em síntese, monitoramento e níveis de ação constituem a infraestrutura decisória do MIP. Sem esses elementos, práticas como controle biológico, inseticidas seletivos ou cultivares Bt podem ser empregadas de forma desconectada e perder parte de seu valor estratégico. O manejo integrado exige observar, interpretar e somente então intervir, ajustando a intensidade do controle ao risco real. Essa sequência reduz a pressão sobre organismos não alvo e fortalece a durabilidade das táticas disponíveis (Hayashida; Hoback; Bueno, 2023).

2.2 Complexo de pragas, controle químico, soja bt e resistência

O complexo de pragas da soja inclui organismos com hábitos alimentares e fases de dano muito diferentes. Percevejos comprometem vagens, grãos e qualidade de sementes, enquanto lagartas reduzem área foliar e podem danificar estruturas reprodutivas. Sosa-Gómez et al. (2020) ressaltam que o manejo de percevejos se tornou especialmente desafiador pela grande área ocupada por *Euschistus heros* e pela redução de suscetibilidade observada para alguns inseticidas. Por isso, a escolha da tática deve considerar espécie, estágio, densidade e histórico de uso de produtos.

Stacke et al. (2019) caracterizaram a suscetibilidade de populações brasileiras de *Chrysodeixis includens* a diferentes inseticidas e identificaram forte contraste entre grupos químicos. Algumas moléculas mantiveram elevada atividade, enquanto reguladores de crescimento e piretroides apresentaram razões de resistência superiores em determinadas populações. Esse tipo de informação é decisivo para o MIP porque demonstra que a eficácia observada em uma região ou período não pode ser generalizada indefinidamente, exigindo monitoramento de suscetibilidade e rotação baseada em modos de ação.

A seleção continuada de *Chrysodeixis includens* por inibidores da síntese de quitina resultou em níveis elevados de resistência a teflubenzuron e resistência cruzada a outros compostos da mesma classe. Stacke et al. (2020) mostraram que a resistência pode atingir magnitude suficiente para comprometer o desempenho de produtos anteriormente eficientes. A implicação prática é clara: aplicações repetidas do mesmo mecanismo de ação, especialmente quando realizadas antes do nível de ação, aceleram a perda de ferramentas e aumentam a pressão sobre alternativas químicas e biológicas.

Somavilla et al. (2020) avaliaram a suscetibilidade de *Euschistus heros* e *Dichelops furcatus* a inseticidas utilizados no Brasil e observaram diferenças relevantes entre moléculas e espécies. Em um sistema integrado, resultados desse tipo devem orientar a seleção do produto apenas quando o controle químico for necessário. A decisão não deve considerar somente mortalidade imediata, mas também histórico do talhão, frequência de uso do mecanismo de ação, compatibilidade com inimigos naturais e possibilidade de preservar opções eficazes para momentos críticos.

Tibola et al. (2021) ampliaram o diagnóstico ao monitorar populações de *Euschistus heros* coletadas em áreas de soja entre 2018 e 2020. A variação de suscetibilidade a neonicotinoides e piretroides evidenciou que a resistência é um processo espacialmente heterogêneo e que bioensaios padronizados são úteis para acompanhar sua evolução. Para o produtor, isso reforça que falhas de campo não devem ser automaticamente respondidas com aumento de dose ou repetição de aplicações, mas investigadas dentro de um programa de manejo da resistência.

A soja Bt modificou de forma importante o manejo de lagartas-alvo ao fornecer expressão contínua de proteínas inseticidas na planta. Horikoshi et al. (2021) observaram que a tecnologia MON 87701 x MON 89788 manteve eficácia sobre importantes lepidópteros, ao mesmo tempo em que registraram alterações em pragas secundárias. Esse resultado ilustra um princípio do MIP: uma tecnologia eficiente altera o ambiente de seleção e pode mudar a importância relativa das espécies, exigindo monitoramento mesmo quando o alvo principal permanece controlado.

Machado et al. (2020a) demonstraram resistência cruzada entre populações de *Spodoptera* frugiperda selecionadas em milho Bt e soja geneticamente modificada com proteínas Cry. Em paisagens onde milho, algodão e soja são cultivados em sequência ou proximidade, a exposição compartilhada pode conectar programas de manejo da resistência entre culturas. Assim, o planejamento de refúgios, a rotação de táticas e o uso criterioso de inseticidas precisam considerar a escala do sistema agrícola, não apenas o ciclo de uma cultura isolada.

A eficácia de diferentes eventos Bt varia entre espécies de *Spodoptera*. Machado et al. (2020b) observaram sobrevivência e desenvolvimento diferenciados de *S. eridania*, *S. cosmioides* e *S. albula* em soja expressando Cry1Ac e Cry1F. A presença de sobreviventes indica que a biotecnologia não deve ser tratada como solução universal para o complexo de lagartas. O monitoramento deve continuar mesmo em áreas Bt, especialmente para espécies menos suscetíveis ou não alvo, que podem ocupar nichos deixados pela supressão de outras lagartas.

Godoy et al. (2022) avaliaram a combinação de soja Bt com inseticidas para o manejo de espécies de *Spodoptera* e mostraram que a integração de táticas pode complementar limitações específicas da tecnologia. Alguns eventos conferiram proteção satisfatória para determinadas espécies, mas não para *S. frugiperda*. A aplicação química, quando necessária e baseada em diagnóstico, pode atuar como ferramenta complementar. O valor do MIP está justamente em

combinar essas respostas sem transformar a complementaridade em uso rotineiro e profilático de inseticidas.

A resistência de plantas também pode contribuir para reduzir a pressão das pragas. Ongaratto et al. (2021) identificaram diferenças de antixenose e antibiose entre genótipos de soja frente a *Anticarsia gemmatalis*. Embora a adoção comercial dependa de características agronômicas e de programas de melhoramento, a resistência varietal possui a vantagem de atuar de forma contínua sem exigir uma operação adicional do produtor. Quando integrada a monitoramento, inimigos naturais e outras táticas, pode diminuir a velocidade de crescimento populacional e ampliar a margem de decisão.

No caso da mosca-branca, o desafio inclui o pequeno tamanho do inseto, elevada taxa de multiplicação e distribuição heterogênea no campo. Barros et al. (2021) e Rodrigues et al. (2022) demonstram que o entendimento da infestação pode ser aprimorado por ferramentas de sensoriamento e análise espacial. Essas informações não substituem o controle direto quando necessário, mas tornam a decisão mais localizada e ajudam a evitar pulverizações generalizadas em áreas onde a população ainda não apresenta risco equivalente.

A integração entre controle químico, biotecnologia, resistência de plantas e monitoramento deve ser orientada por prevenção de resistência. Alternar mecanismos de ação, respeitar doses recomendadas, manter refúgios para tecnologias Bt, evitar aplicações abaixo do nível de ação e reduzir tratamentos redundantes são medidas complementares. O princípio central é diminuir a exposição seletiva sem perder capacidade de resposta. A literatura sobre lagartas e percevejos mostra que a durabilidade das ferramentas depende diretamente da forma como elas são inseridas no sistema de manejo (Sosa-Gómez et al., 2020; Horikoshi et al., 2021).

2.3 Controle biológico, seletividade e integração de táticas

Torres e Bueno (2018) apontam que o controle biológico de conservação pode ser fortalecido quando a decisão de pulverizar incorpora seletividade fisiológica e ecológica. Em soja, isso significa evitar intervenções desnecessárias e priorizar produtos menos prejudiciais a predadores e parasitoides quando o controle químico for indispensável. A preservação de inimigos naturais não deve ser tratada como efeito secundário, mas como componente econômico do MIP, pois esses organismos contribuem continuamente para manter populações de pragas abaixo dos níveis de ação.

Zantedeschi et al. (2018) verificaram diferenças expressivas na seletividade de pesticidas registrados para soja sobre *Telenomus podisi* e *Trissolcus basalis*. Produtos considerados inócuos ou pouco nocivos aos parasitoides oferecem melhores condições para integração entre controle químico e biológico. Em sentido oposto, moléculas com elevada toxicidade aos agentes benéficos podem interromper a regulação natural e favorecer ressurgência de pragas. A escolha do produto, portanto, deve incluir informações sobre organismos não alvo e não apenas a eficiência sobre a praga.

Mesmo quando a mortalidade direta de inimigos naturais é baixa, efeitos subletais podem alterar sua contribuição para o sistema. Paiva, Beloti e Yamamoto (2018) estudaram inseticidas usados na soja sobre *Trichogramma pretiosum* e mostraram que parâmetros biológicos do parasitoide podem ser afetados. Essa dimensão é importante porque a seletividade precisa considerar sobrevivência, reprodução, busca pelo hospedeiro e persistência do agente. Avaliações mais completas permitem selecionar combinações de táticas que mantenham o controle biológico funcional após a aplicação.

Pazini et al. (2019) compararam os impactos de pesticidas sobre *Euschistus heros* e seu parasitoide *Telenomus podisi*, evidenciando que a toxicidade relativa entre alvo e inimigo natural varia entre produtos. No MIP, esse tipo de conhecimento permite escolher tratamentos que suprimam o percevejo com menor comprometimento do parasitoide. A compatibilidade é especialmente relevante em áreas onde liberações inundativas ou populações naturais de *T. podisi* são utilizadas, pois aplicações incompatíveis podem anular parte do investimento em controle biológico.

O controle biológico aumentativo de percevejos apresenta resultados concretos em condições de campo. Bueno et al. (2020) demonstraram que liberações de *Telenomus podisi* elevaram o parasitismo de ovos de *Euschistus heros* e podem alcançar desempenho comparável ao controle químico em determinadas condições. O posicionamento temporal das liberações, associado ao início da presença de adultos no campo, é decisivo para maximizar o encontro com massas de ovos e reduzir o crescimento da população antes do período de maior risco para vagens e sementes.

Parasitoides de ovos também podem ser utilizados contra lepidópteros. Pereira et al. (2019) avaliaram espécies de Trichogrammatidae para o controle de *Helicoverpa armigera* em soja e confirmaram potencial de parasitismo em diferentes linhagens. A aplicação prática requer

qualidade de criação, sincronização das liberações e conhecimento da fenologia da praga. Como esses agentes atuam antes da fase larval responsável pelo dano, podem reduzir a necessidade de aplicações posteriores e contribuir para programas que combinem prevenção biológica e monitoramento.

Muraro et al. (2019) caracterizaram a suscetibilidade de populações brasileiras de *Chrysodeixis includens* a um nucleopoliedrovírus e propuseram concentração diagnóstica para acompanhamento de resistência. O resultado reforça o papel dos baculovírus como ferramenta com modo de ação distinto dos inseticidas sintéticos. Além de contribuir para o controle da lagarta falsa-medideira, o uso de agentes virais amplia a diversidade de mecanismos empregados no MIP e pode reduzir a pressão seletiva exercida por grupos químicos repetidamente utilizados.

Em condições de campo, Botelho, Silva e Ávila (2019) verificaram que o isolado Chin-IA de nucleopoliedrovírus pode integrar o manejo de *Chrysodeixis includens* na soja. A mortalidade e a redução do consumo foliar observadas demonstram que agentes microbianos podem ser inseridos em programas de controle, desde que fatores como estádio larval, dose, cobertura e condições ambientais sejam considerados. A velocidade de ação pode diferir da de inseticidas convencionais, exigindo que a decisão seja antecipada por monitoramento adequado.

Lopes et al. (2020) avaliaram uma formulação à base de *Metarhizium rileyi* associada a nucleopoliedrovírus contra *Anticarsia gemmatalis* e *Chrysodeixis includens*. Os resultados mostraram que combinações de agentes microbianos podem ampliar a mortalidade em situações de infestação simultânea, embora a resposta dependa da espécie e da interação entre os patógenos. A abordagem evidencia o potencial de produtos biológicos com diferentes mecanismos, especialmente quando utilizados como parte de uma estratégia e não como substitutos isolados de todo o restante do MIP.

Bueno et al. (2023) sintetizam que o controle biológico na soja envolve conservação, aumento e uso de biopesticidas, com potencial para reduzir a dependência de inseticidas de amplo espectro. A expansão dessa estratégia depende de logística de aplicação, disponibilidade de agentes de qualidade, treinamento e compatibilidade com outras operações agrícolas. O controle biológico torna-se mais previsível quando integrado ao monitoramento e a produtos seletivos, formando uma sequência de decisões que protege tanto a cultura quanto os organismos responsáveis pela mortalidade natural.

A compatibilidade entre táticas não é automática. Um inseticida eficiente contra a praga pode inviabilizar parasitoides liberados no mesmo período, assim como um produto biológico pode apresentar desempenho reduzido quando aplicado em condições ambientais inadequadas. O MIP exige avaliar ordem, intervalo e objetivo de cada intervenção, buscando complementaridade. Estudos sobre seletividade e efeitos subletais demonstram que a qualidade da integração é tão importante quanto a eficácia individual dos componentes escolhidos (Zantedeschi et al., 2018; Paiva; Beloti; Yamamoto, 2018).

A consolidação do controle biológico na soja depende de superar a expectativa de resposta imediata associada ao controle químico. Agentes biológicos atuam dentro de relações populacionais e, por isso, são mais eficientes quando inseridos preventivamente em sistemas de monitoramento e conservação. A literatura analisada indica que parasitoides e entomopatógenos podem reduzir populações de pragas e ampliar a diversidade de táticas, mas seus benefícios são maiores quando o ambiente não é repetidamente perturbado por produtos não seletivos (Torres; Bueno, 2018; Bueno et al., 2023).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido como revisão integrativa da literatura, de caráter descritivo e analítico, direcionada ao manejo integrado de pragas na cultura da soja. A revisão foi escolhida por permitir reunir pesquisas experimentais, estudos de monitoramento e artigos de síntese, possibilitando comparar táticas de controle e identificar convergências, limitações e desafios para o MIP em sistemas de produção de soja.

Quanto às fontes de informação, as buscas bibliográficas foram realizadas em SciELO, PubMed, ScienceDirect, SpringerLink, Wiley Online Library, MDPI, Oxford Academic, Frontiers, Portal Embrapa e Google Scholar. Foram priorizados artigos com identificação DOI e acesso a informações bibliográficas completas. O recorte temporal compreendeu publicações de 2018 a 2026, com foco em estudos relacionados à realidade brasileira ou com aplicação direta ao manejo de pragas da soja no país.

Nessas fontes, foram empregados descritores em português e inglês, combinados de acordo com o foco de cada busca: “manejo integrado de pragas” AND soja; “soybean integrated pest management”; “soybean” AND “biological control”; “*Euschistus heros*” AND soybean; “*Chrysodeixis includens*” AND resistance; “*Bemisia tabaci*” AND soybean; “Bt soybean” AND

resistance; "*Telenomus podisi*" AND soybean; e "economic threshold" AND soybean. Também foram realizadas buscas direcionadas pelos títulos e DOI identificados em revisões recentes.

Com base nos registros recuperados, foram incluídos estudos publicados a partir de 2018 que abordassem pragas relevantes da soja, fundamentos do MIP, monitoramento, níveis de ação, controle biológico, seletividade, resistência de plantas, soja Bt, controle químico ou manejo da resistência. Excluíram-se trabalhos sem aderência ao recorte, estudos exclusivamente voltados a doenças ou plantas daninhas, materiais sem identificação bibliográfica verificável e registros duplicados. A seleção final foi composta por 27 publicações com DOI pesquisável.

Após a seleção final, para cada publicação foram registrados autores, ano, organismo ou tema principal, tática de manejo avaliada e contribuição para a tomada de decisão no MIP. A análise foi organizada em três eixos: monitoramento e níveis de ação; desempenho e integração de táticas de controle; e desafios de resistência, adoção e sustentabilidade. A síntese adotou abordagem comparativa, destacando resultados convergentes, diferenças entre espécies e implicações práticas para sistemas brasileiros de produção de soja.

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Monitoramento, níveis de ação e racionalização das intervenções

O corpus final reuniu 27 estudos publicados entre 2018 e 2026. Houve maior concentração entre 2019 e 2021, período que reuniu 19 publicações, com predominância de pesquisas brasileiras sobre percevejos, lagartas desfolhadoras, tecnologias Bt, inimigos naturais e resistência a inseticidas. A distribuição temática mostra que o MIP da soja tem sido investigado de forma multidimensional, embora parte expressiva da literatura ainda se concentre em eficiência de táticas específicas. As revisões recentes contribuem para conectar esses resultados em uma perspectiva de sistema (Bueno et al., 2021; Bueno et al., 2023).

A primeira convergência identificada foi a centralidade do monitoramento. Estudos sobre adoção, limiares, distribuição espacial e novas tecnologias de detecção sustentam que a decisão de controle precisa partir de informação atualizada sobre a população. Bueno et al. (2021) tratam o monitoramento como componente estruturante do MIP, enquanto Barros et al. (2021) mostram que ferramentas espectrais podem ampliar a capacidade de identificar áreas infestadas.

Em conjunto, as evidências apontam para um manejo menos dependente de calendário e mais responsivo à variabilidade do campo.

Os resultados de Hayashida, Hoback e Bueno (2023) oferecem suporte experimental para a manutenção dos níveis de ação recomendados para desfolha e percevejos. A ausência de interação que justificasse limiares mais conservadores indica que reduzir o nível de tolerância sem evidência pode apenas antecipar pulverizações. Essa constatação é relevante porque a percepção visual de dano frequentemente induz respostas precoces. O MIP exige diferenciar presença de injúria e perda econômica, preservando a capacidade de compensação da planta dentro de limites validados.

No monitoramento da mosca-branca, Barros et al. (2021) observaram assinaturas espectrais capazes de separar níveis de infestação em folhas de soja. O resultado não significa que o sensoriamento substitua a identificação entomológica, mas sugere um caminho para triagem rápida de áreas extensas. A principal contribuição para o MIP é a possibilidade de concentrar a inspeção em zonas de maior probabilidade de infestação, aumentando eficiência operacional e reduzindo o risco de tratar uniformemente talhões com distribuição espacial desigual.

Rodrigues et al. (2022) reforçam essa interpretação ao descreverem flutuação e distribuição espacial de *Bemisia tabaci* em cultivares de soja. A agregação da população e sua mudança ao longo do ciclo indicam que decisões baseadas em poucos pontos ou em bordaduras podem distorcer o diagnóstico. Para programas de MIP, a amostragem precisa representar a variabilidade do talhão e ser repetida ao longo do tempo. A integração com mapas de infestação pode futuramente tornar o controle mais localizado e compatível com agricultura de precisão.

A revisão de Pozebon et al. (2020) evidencia que a fauna de pragas da soja brasileira foi alterada por invasões e mudanças no sistema agrícola. A consequência direta é que programas de monitoramento precisam reconhecer espécies emergentes e pragas secundárias. Tecnologias eficientes contra um grupo podem reduzir sua pressão e criar oportunidade para outros organismos. Por isso, a manutenção de capacidade taxonômica, treinamento de equipes e atualização de protocolos é parte do próprio MIP, evitando que a tomada de decisão se baseie em listas desatualizadas.

A elevada conectividade populacional observada para *Euschistus heros* por Zucchi et al. (2019) adiciona uma dimensão regional ao monitoramento. Populações móveis podem

transportar alelos associados a características adaptativas entre áreas, o que limita a eficácia de respostas exclusivamente locais para problemas de resistência. A vigilância de suscetibilidade e a troca de informações entre regiões produtoras tornam-se, portanto, complementares ao monitoramento de densidade. O MIP deve considerar que a população observada em um talhão está inserida em paisagens agrícolas contínuas e altamente conectadas.

Outro resultado recorrente é que o uso profilático de inseticidas não representa aumento garantido de segurança produtiva. Bueno et al. (2021) discutem que a antecipação do controle pode elevar custos e reduzir inimigos naturais sem benefício proporcional. Hayashida, Hoback e Bueno (2023) demonstram, por outro lado, que os níveis de ação testados protegem a produtividade. A combinação dessas evidências enfraquece a justificativa de tratar a presença da praga como sinônimo de perda e reforça a necessidade de manter a intervenção condicionada ao risco econômico.

A dificuldade de adoção permanece como um dos principais pontos de tensão. Bueno et al. (2021) identificam fatores comportamentais e estruturais que ajudam a explicar a distância entre o conhecimento do MIP e sua aplicação contínua. O produtor precisa confiar no monitoramento e nos níveis de ação para aceitar a presença de insetos sem pulverização imediata. Essa confiança depende de assistência técnica, demonstrações em áreas comerciais e registro de resultados, pois decisões de não pulverizar também precisam ser percebidas como decisões agronômicas ativas.

Os dados reunidos por Bueno et al. (2026) para unidades de referência no Paraná indicam que a adoção de MIP pode reduzir pela metade, aproximadamente, o número de aplicações de inseticidas, com manutenção de produtividade e redução de custos de controle. A relevância desse resultado está em transformar princípios ecológicos em benefício econômico observável. Quando o monitoramento adia ou elimina aplicações desnecessárias, o produtor recebe retorno direto e também preserva inimigos naturais, reduz pressão de seleção e mantém maior flexibilidade para controlar surtos posteriores.

A análise conjunta sugere que registros de campo deveriam ocupar papel mais importante na gestão do MIP. Informações sobre data, densidade de pragas, estágio da soja, inimigos naturais e decisão adotada permitem avaliar o acerto de cada intervenção e comparar safras. Essa rastreabilidade transforma a experiência em evidência local e pode facilitar a adoção, pois o produtor passa a visualizar quanto foi economizado e quais condições precederam

cada tratamento. A proposta está alinhada à integração entre conhecimento técnico e gestão discutida por Bueno et al. (2026).

Os resultados desse eixo indicam que monitoramento e limiares não são etapas burocráticas anteriores ao controle, mas mecanismos que determinam a necessidade e o momento das demais táticas. Quando bem executados, reduzem a exposição de pragas a inseticidas, preservam agentes biológicos e tornam tecnologias Bt e produtos microbianos mais coerentes com seus objetivos. A racionalização das intervenções aparece, assim, como o ponto de maior potencial para aproximar eficiência econômica e sustentabilidade no MIP da soja (Bueno et al., 2021; Hayashida; Hoback; Bueno, 2023).

4.2 Desempenho das táticas biológicas, biotecnológicas e químicas

A literatura analisada mostra que o controle biológico possui maior consistência quando tratado como parte de um sistema e não como aplicação isolada. Bueno et al. (2023) destacam o potencial de conservação, liberações aumentativas e biopesticidas na soja, enquanto Torres e Bueno (2018) demonstram que a seletividade de inseticidas é condição para preservar inimigos naturais. O resultado integrado é que o desempenho biológico depende tanto da qualidade do agente quanto das decisões tomadas antes e depois de sua utilização no campo.

As liberações de *Telenomus podisi* representam um dos exemplos mais concretos de controle biológico aplicado ao percevejo-marrom. Bueno et al. (2020) observaram aumento de parasitismo e controle comparável à aplicação de inseticida em determinadas condições. A principal implicação é que a tática pode substituir ou adiar tratamentos químicos quando posicionada adequadamente. Entretanto, sua eficiência exige detecção precoce de adultos e ovos, além de compatibilidade com produtos usados para outras pragas presentes na mesma área.

A seletividade de produtos apresenta variação suficiente para alterar o resultado de programas biológicos. Zantedeschi et al. (2018) identificaram inseticidas prejudiciais e outros inócuos a *Telenomus podisi* e *Trissolcus basalis*. Essa diferença permite ao técnico escolher uma molécula que controle a praga sem eliminar completamente o serviço de parasitismo. A decisão ganha importância em lavouras com múltiplas pragas, nas quais uma aplicação dirigida a lagartas ou sugadores pode afetar inimigos naturais responsáveis por regular populações que ainda estão abaixo do nível de ação.

Os efeitos subletais observados por Paiva, Beloti e Yamamoto (2018) ampliam a interpretação de seletividade. Sobrevivência após a exposição não significa ausência de impacto, pois alterações no desempenho reprodutivo e comportamental podem reduzir o controle exercido por *Trichogramma pretiosum*. Assim, avaliações de risco mais refinadas são necessárias para compatibilizar defensivos e parasitoides. Essa abordagem favorece um MIP em que o controle químico é escolhido também pela capacidade de coexistir com processos biológicos que continuam atuando após a pulverização.

Pazini et al. (2019) demonstraram que a relação entre toxicidade ao percevejo e ao parasitoide pode variar substancialmente entre produtos. Esse contraste cria oportunidade para selecionar moléculas com melhor razão entre eficiência e risco ecológico. Em termos práticos, o resultado indica que listas genéricas de inseticidas "fortes" ou "fracos" são insuficientes para o MIP. A escolha deve ser específica para o alvo e considerar o agente benéfico presente, sobretudo quando o objetivo é manter *Telenomus podisi* ativo após o tratamento.

Os agentes microbianos apresentaram evidências de eficácia contra lagartas importantes. Muraro et al. (2019) confirmaram suscetibilidade de populações brasileiras de *Chrysodeixis includens* a nucleopoliedrovírus, enquanto Botelho, Silva e Ávila (2019) verificaram potencial de controle em condições de campo. A existência de concentração diagnóstica também é relevante para acompanhar possíveis alterações de suscetibilidade. Esses resultados mostram que baculovírus podem integrar a rotação de mecanismos de ação e reduzir dependência de moléculas sintéticas para a falsa-medideira.

Lopes et al. (2020) demonstraram que formulações combinando *Metarhizium rileyi* e nucleopoliedrovírus podem aumentar a mortalidade de lepidópteros em algumas situações de infestação. A resposta variou conforme a espécie e a composição da população, mostrando que misturas biológicas também precisam ser validadas para o cenário de uso. O principal ganho estratégico está em ampliar a diversidade de agentes e explorar compatibilidades, sem pressupor que toda combinação resulte em sinergia ou substitua o monitoramento da densidade larval.

A resistência de plantas acrescenta outra camada de prevenção. Ongaratto et al. (2021) encontraram genótipos com efeitos de antixenose e antibiose sobre *Anticarsia gemmatalis*, o que pode diminuir alimentação, desenvolvimento ou sobrevivência da lagarta. Essa tática não depende de decisão operacional a cada infestação e pode reduzir a velocidade com que a população atinge o nível de ação. Seu potencial é maior quando o melhoramento combina

resistência a insetos com produtividade e adaptação regional, permitindo integração sem perdas agronômicas relevantes.

No caso da soja Bt, Horikoshi et al. (2021) mostraram manutenção de eficácia de Cry1Ac contra importantes pragas-alvo, mas também registraram evidências de alteração de suscetibilidade em espécies secundárias. O resultado confirma que o sucesso da biotecnologia não elimina o risco evolutivo. A tecnologia deve permanecer inserida em manejo da resistência, com refúgio, monitoramento de sobreviventes e integração com outras táticas. O MIP é necessário justamente para evitar que uma ferramenta de alta eficiência se torne a única pressão de seleção disponível.

Os trabalhos de Machado et al. (2020a; 2020b) e Godoy et al. (2022) convergem ao mostrar que espécies de *Spodoptera* possuem respostas distintas às proteínas Bt expressas em soja. *S. frugiperda* apresenta limitações de controle particularmente importantes, e a resistência selecionada em outra cultura pode influenciar o desempenho em soja. A combinação com inseticidas pode recuperar controle de sobreviventes, mas deve ser usada com critério para não transferir a pressão de seleção de uma tecnologia para outra. A paisagem de cultivos precisa ser considerada no manejo.

A literatura de controle químico revela sinais claros de erosão de suscetibilidade. Stacke et al. (2019; 2020) identificaram resistência elevada de *Chrysodeixis includens* a determinados grupos, enquanto Somavilla et al. (2020) e Tibola et al. (2021) mostraram variação de resposta em populações de percevejos. Esses resultados não significam que inseticidas perderam sua função, mas que sua eficiência depende cada vez mais de rotação, diagnóstico, dose correta e redução de aplicações desnecessárias. O controle químico permanece importante, porém sua sustentabilidade é condicionada pelo MIP.

A comparação entre táticas mostra que nenhuma estratégia isolada responde a todo o complexo de pragas. O controle biológico oferece seletividade e conservação, a soja Bt protege contra alvos específicos, a resistência de plantas pode retardar o crescimento populacional e os inseticidas fornecem resposta rápida quando o nível de ação é atingido. O desempenho do sistema resulta da sequência e compatibilidade dessas ferramentas. A diversidade de mecanismos é também a principal proteção contra falhas associadas à resistência e à substituição de espécies (Bueno et al., 2023; Godoy et al., 2022).

4.3 Desafios de adoção, manejo da resistência e sustentabilidade

O principal desafio identificado é a persistência de sistemas de decisão centrados no controle químico preventivo. Bueno et al. (2021) mostram que a baixa adoção de MIP não decorre apenas de falta de conhecimento, mas também de percepção de risco, conveniência operacional e modelos de recomendação que favorecem intervenções antecipadas. Esse padrão reduz o espaço para que níveis de ação e controle natural funcionem. A mudança depende de assistência técnica que acompanhe a lavoura e demonstre, com resultados econômicos, a segurança de decisões baseadas em monitoramento.

A resistência a inseticidas é uma consequência acumulativa da repetição de pressões de seleção. Stacke et al. (2020) registraram resistência de alta magnitude em *Chrysodeixis includens*, enquanto Tibola et al. (2021) detectaram variação de suscetibilidade em *Euschistus heros*. Quando o controle falha, repetir a mesma classe ou aumentar a frequência de aplicação tende a intensificar o problema. Programas de manejo da resistência precisam ser incorporados ao MIP antes da perda de eficácia, com rotação de modos de ação e participação de métodos não químicos.

A conservação de inimigos naturais representa uma forma de reduzir dependência química, mas exige coerência nas escolhas de produtos. Torres e Bueno (2018) argumentam que inseticidas seletivos podem ser combinados ao controle biológico de conservação. Zantedeschi et al. (2018) e Pazini et al. (2019) confirmam que a toxicidade sobre parasitoides varia entre moléculas. Assim, a sustentabilidade do manejo não depende apenas do número de aplicações, mas também da qualidade ecológica de cada aplicação e de sua capacidade de preservar processos de mortalidade natural.

Os níveis de ação funcionam como ferramenta de governança do uso de inseticidas. Hayashida, Hoback e Bueno (2023) demonstram que limiares consolidados permanecem seguros, fornecendo base para reduzir tratamentos motivados por receio e não por risco econômico. Esse princípio também tem efeito sobre resistência, pois cada aplicação evitada representa uma geração de pragas com menor exposição seletiva. A adoção de limiares, portanto, conecta economia, ecologia e gestão de resistência em uma mesma decisão de campo.

A sucessão de culturas e a mobilidade de insetos ampliam o desafio além dos limites da soja. Machado et al. (2020a) evidenciaram resistência cruzada associada a populações de

Spodoptera frugiperda selecionadas em milho Bt, enquanto Zucchi et al. (2019) mostraram conectividade entre populações de *Euschistus heros*. Esses resultados indicam que programas de resistência precisam considerar a paisagem agrícola, especialmente em regiões com milho, soja e algodão em sequência. A seleção ocorrida em uma cultura pode modificar a resposta observada na seguinte.

A mosca-branca acrescenta dificuldades próprias pela rápida multiplicação, tamanho reduzido e distribuição em manchas. Barros et al. (2021) e Rodrigues et al. (2022) mostram que novas ferramentas de detecção e conhecimento espacial podem aumentar a precisão do manejo. A sustentabilidade depende de evitar aplicações generalizadas quando apenas parte da área concentra maior infestação. Tecnologias de agricultura de precisão, quando validadas e economicamente acessíveis, podem reduzir volume de intervenção e melhorar a representatividade da amostragem.

A adoção de MIP depende ainda de capacidade institucional e extensão rural. Bueno et al. (2026) mostram que unidades de referência e acompanhamento técnico contínuo produzem resultados econômicos favoráveis e reduzem aplicações. O desafio está em transformar experiências localizadas em rotina para um número maior de produtores. Programas de capacitação precisam trabalhar identificação de pragas e inimigos naturais, uso de pano de batida, interpretação de níveis de ação e escolha seletiva de produtos, criando autonomia para decisões menos dependentes de calendários comerciais.

O controle biológico também enfrenta desafios de escala. Bueno et al. (2023) discutem que disponibilidade de agentes, qualidade de produção, logística de distribuição, momento de aplicação e compatibilidade com defensivos influenciam a adoção. Em commodities de grandes áreas, pequenas falhas operacionais podem reduzir a previsibilidade e levar o produtor a retornar ao inseticida de resposta rápida. A expansão dos biológicos, portanto, precisa ser acompanhada de protocolos de uso, assistência técnica e avaliação econômica que mostrem em quais situações cada agente oferece melhor retorno.

A durabilidade da soja Bt depende de disciplina coletiva no manejo da resistência. Horikoshi et al. (2021) demonstram que a tecnologia permanece eficaz para alvos importantes, mas a detecção de alterações em espécies secundárias indica que o risco evolutivo é contínuo. Refúgios, monitoramento de dano inesperado e integração com outras táticas são essenciais. O uso de inseticidas sobre sobreviventes deve ser tecnicamente justificado e não pode substituir a

estratégia de prevenção, pois a pressão simultânea de múltiplas tecnologias pode acelerar respostas adaptativas.

A rotação de modos de ação é necessária, mas insuficiente quando o número de aplicações permanece elevado. Sosa-Gómez et al. (2020) ressaltam as dificuldades de manejo de percevejos em cenários de redução de suscetibilidade, e Stacke et al. (2019) mostram problema semelhante para a falsa-medideira. O melhor programa combina rotação química, redução do número de exposições, seletividade e táticas independentes de inseticidas. Essa integração diminui a probabilidade de que um único mecanismo seja responsável por todo o controle durante a safra.

A digitalização do monitoramento aparece como oportunidade para tornar o MIP mais escalável. Sensoriamento, georreferenciamento, registros de amostragem e mapas de aplicação podem transformar dados dispersos em informação para decisão. Barros et al. (2021) fornecem evidência de que respostas espectrais são sensíveis à infestação por mosca-branca, enquanto Bueno et al. (2026) reforçam o valor econômico de decisões baseadas em acompanhamento. O avanço dependerá de ferramentas simples, interoperáveis e validadas para diferentes regiões, de modo a não aumentar a complexidade sem benefício prático.

De forma integrada, os resultados indicam que a sustentabilidade do MIP da soja depende de três condições: decisão baseada em monitoramento, diversidade de táticas e gestão preventiva da resistência. O controle químico continua indispensável em situações de risco econômico, mas perde eficiência quando empregado como rotina. Controle biológico, soja Bt, resistência de plantas e tecnologias de precisão ampliam as alternativas, desde que coordenadas por níveis de ação e seletividade. O desafio contemporâneo é transformar esse conhecimento em prática ampla e consistente nas propriedades (Bueno et al., 2021; Bueno et al., 2026).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo permitiu compreender que o manejo integrado de pragas na soja deve ser tratado como sistema de decisão e não como conjunto avulso de produtos ou tecnologias. O monitoramento periódico, a identificação correta das espécies e a utilização de níveis de ação definem quando a intervenção é realmente necessária. Essa lógica preserva a capacidade de compensação da cultura, reduz custos sem retorno agronômico e cria condições para que o controle natural participe efetivamente da regulação das populações.

A integração de métodos amplia a estabilidade do manejo. Parasitoides, agentes microbianos, cultivares Bt, resistência de plantas e inseticidas seletivos apresentam funções complementares e limites próprios. A eficiência do sistema aumenta quando essas ferramentas são escolhidas de acordo com o alvo, o estágio da cultura e a densidade observada, evitando que uma única tática concentre toda a pressão de controle. Essa diversidade também é essencial para reduzir o risco de resistência e prolongar a vida útil das tecnologias disponíveis.

Entre os desafios, destacam-se a utilização preventiva de inseticidas, a redução de suscetibilidade de algumas populações de lagartas e percevejos, o manejo de espécies menos sensíveis às proteínas Bt e a necessidade de ampliar a adoção prática do MIP. A assistência técnica e a extensão rural possuem papel decisivo nesse processo, pois transformam recomendações em rotinas de amostragem, registros e decisões que o produtor consegue acompanhar economicamente ao longo das safras.

Conclui-se que a consolidação do MIP na cultura da soja depende de uma mudança de foco: controlar apenas quando necessário, escolher a tática mais compatível com o sistema e avaliar os efeitos da intervenção sobre as próximas decisões. A ampliação do controle biológico, o uso criterioso de inseticidas e biotecnologias, a agricultura de precisão e o manejo preventivo da resistência formam um caminho tecnicamente consistente para conciliar produtividade, rentabilidade e sustentabilidade no cultivo da soja.

REFERÊNCIAS

BARROS, P. P. S. et al. Monitoring *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) infestation in soybean by proximal sensing. **Insects**, v. 12, n. 1, art. 47, 2021. DOI: 10.3390/insects12010047.

BOTELHO, A. B. R. Z.; SILVA, I. F.; ÁVILA, C. J. Control of *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae) using Chin-IA (I-A) isolate as integrate component of management in soybean crops. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 86, e0712018, 2019. DOI: 10.1590/1808-1657000712018.

BUENO, A. F. et al. Release of the egg parasitoid *Telenomus podisi* to manage the Neotropical brown stink bug, *Euschistus heros*, in soybean production. **Crop Protection**, v. 137, 105310, 2020. DOI: 10.1016/j.cropro.2020.105310.

BUENO, A. F. et al. Challenges for adoption of Integrated Pest Management (IPM): the soybean example. **Neotropical Entomology**, v. 50, n. 1, p. 5-20, 2021. DOI: 10.1007/s13744-020-00792-9.

BUENO, A. F. et al. Biological control as part of the soybean integrated pest management (IPM): potential and challenges. **Agronomy**, v. 13, n. 10, art. 2532, 2023. DOI: 10.3390/agronomy13102532.

BUENO, A. F. et al. Advancements, challenges, and future perspectives of soybean-integrated pest management, emphasizing the adoption of biological control by the major global producers. **Plants**, v. 15, n. 3, art. 366, 2026. DOI: 10.3390/plants15030366.

GODOY, D. N. et al. Managing *Spodoptera* species (Lepidoptera: Noctuidae) found in Brazilian soybean fields with Bt soybean and insecticides. **Agronomy**, v. 12, n. 11, art. 2864, 2022. DOI: 10.3390/agronomy12112864.

HAYASHIDA, R.; HOBACK, W. W.; BUENO, A. F. A test of economic thresholds for soybeans exposed to stink bugs and defoliation. **Crop Protection**, v. 164, 106128, 2023. DOI: 10.1016/j.cropro.2022.106128.

HORIKOSHI, R. J. et al. Resistance status of lepidopteran soybean pests following large-scale use of MON 87701 x MON 89788 soybean in Brazil. **Scientific Reports**, v. 11, art. 21323, 2021. DOI: 10.1038/s41598-021-00770-0.

LOPES, R. B. et al. Efficacy of an oil-based formulation combining *Metarhizium rileyi* and nucleopolyhedroviruses against lepidopteran pests of soybean. **Journal of Applied Entomology**, v. 144, n. 8, p. 678-689, 2020. DOI: 10.1111/jen.12787.

MACHADO, E. P. et al. Cross-crop resistance of *Spodoptera* frugiperda selected on Bt maize to genetically-modified soybean expressing Cry1Ac and Cry1F proteins in Brazil. **Scientific Reports**, v. 10, art. 10080, 2020a. DOI: 10.1038/s41598-020-67339-1.

MACHADO, E. P. et al. Survival and development of *Spodoptera* eridania, *Spodoptera* cosmioides and *Spodoptera* albula on genetically-modified soybean expressing Cry1Ac and Cry1F proteins. **Pest Management Science**, v. 76, n. 12, p. 4029-4035, 2020b. DOI: 10.1002/ps.5955.

MURARO, D. S. et al. Baseline susceptibility of Brazilian populations of *Chrysodeixis includens* to *C. includens* nucleopolyhedrovirus and diagnostic concentration for resistance monitoring. **Journal of Economic Entomology**, v. 112, n. 1, p. 349-354, 2019. DOI: 10.1093/jee/toy361.

ONGARATTO, S. et al. Resistance of soybean genotypes to *Anticarsia gemmatalis* (Lepidoptera: Erebidae): antixenosis and antibiosis characterization. **Journal of Economic Entomology**, v. 114, n. 6, p. 2571-2580, 2021. DOI: 10.1093/jee/toab197.

PAIVA, A. C. R.; BELOTI, V. H.; YAMAMOTO, P. T. Sublethal effects of insecticides used in soybean on the parasitoid *Trichogramma pretiosum*. **Ecotoxicology**, v. 27, n. 4, p. 448-456, 2018. DOI: 10.1007/s10646-018-1909-5.

PAZINI, J. B. et al. Differential impacts of pesticides on *Euschistus heros* and its parasitoid *Telenomus podisi*. **Scientific Reports**, v. 9, art. 6544, 2019. DOI: 10.1038/s41598-019-42975-4.

PEREIRA, F. P. et al. Potential of two Trichogrammatidae species for *Helicoverpa armigera* control. **Neotropical Entomology**, v. 48, n. 6, p. 966-973, 2019. DOI: 10.1007/s13744-019-00730-4.

POZEBON, H. et al. Arthropod invasions versus soybean production in Brazil: a review. **Journal of Economic Entomology**, v. 113, n. 4, p. 1591-1608, 2020. DOI: 10.1093/jee/toaa108.

RODRIGUES, R. H. F. et al. Population fluctuation and distribution of *Bemisia tabaci* MEAM1 (Hemiptera: Aleyrodidae) in soybean crops. **Frontiers in Agronomy**, v. 4, 958498, 2022. DOI: 10.3389/fagro.2022.958498.

SOMAVILLA, J. C. et al. Susceptibility of *Euschistus heros* and *Dichelops furcatus* (Hemiptera: Pentatomidae) to selected insecticides in Brazil. **Journal of Economic Entomology**, v. 113, n. 2, p. 924-931, 2020. DOI: 10.1093/jee/toz340.

SOSA-GÓMEZ, D. R. et al. Prevalence, damage, management and insecticide resistance of stink bug populations (Hemiptera: Pentatomidae) in commodity crops. **Agricultural and Forest Entomology**, v. 22, n. 2, p. 99-118, 2020. DOI: 10.1111/afe.12366.

STACKE, R. F. et al. Susceptibility of Brazilian populations of *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae) to selected insecticides. **Journal of Economic Entomology**, v. 112, n. 3, p. 1378-1387, 2019. DOI: 10.1093/jee/toz031.

STACKE, R. F. et al. Field-evolved resistance to chitin synthesis inhibitor insecticides by soybean looper, *Chrysodeixis includens*, in Brazil. **Chemosphere**, v. 259, 127499, 2020. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2020.127499.

TIBOLA, C. M. et al. Monitoring resistance of *Euschistus heros* (Fabricius) (Hemiptera: Pentatomidae) to insecticides by using encapsulated artificial diet bioassay. **Insects**, v. 12, n. 7, art. 599, 2021. DOI: 10.3390/insects12070599.

TORRES, J. B.; BUENO, A. F. Conservation biological control using selective insecticides: a valuable tool for IPM. **Biological Control**, v. 126, p. 53-64, 2018. DOI: 10.1016/j.biocontrol.2018.07.012.

ZANTEDESCHI, R. et al. Selectivity of pesticides registered for soybean crop on *Telenomus podisi* and *Trissolcus basalis*. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 48, n. 1, p. 52-58, 2018. DOI: 10.1590/1983-40632018v4850348.

ZUCCHI, M. I. et al. Population genomics of the Neotropical brown stink bug, *Euschistus heros*: the most important emerging insect pest to soybean in Brazil. **Frontiers in Genetics**, v. 10, art. 1035, 2019. DOI: 10.3389/fgene.2019.01035.