



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA

INSTITUTO FEDERAL GOIANO – CAMPUS URUTAÍ

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PROTEÇÃO DE PLANTAS

**Flutuação Populacional de Insetos-pragas e Predadores em Áreas
Comerciais de Soja BT e Soja Não BT**

Paula Barcelos Simões de Oliveira Lima

Engenheira Agrônoma

URUTAÍ – GOIÁS
2026

PAULA BARCELOS SIMÕES DE OLIVEIRA LIMA

**Flutuação Populacional de Insetos-pragas e Predadores em Áreas Comerciais
de Soja BT e Soja Não BT**

Orientador: Prof. Dr. André Cirilo de Sousa Almeida

Dissertação apresentada ao Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Proteção de Plantas para obtenção do título de MESTRE.

Urutaí – GO
2026

**Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do
Programa de Geração Automática do Sistema Integrado de Bibliotecas do IF Goiano - SIBi**

L732 Barcelos Simões de Oliveira Lima, Paula
 Flutuação Populacional de Insetos-pragas e Predadores em Áreas
 Comerciais de Soja BT e Soja Não BT / Paula Barcelos Simões
 de Oliveira Lima. Urutaí 2026.

 58f. il.

 Orientador: Prof. Dr. André Cirilo de Sousa Almeida.
 Dissertação (Mestre) - Instituto Federal Goiano, curso de
 0133054 - Mestrado Profissional em Proteção de Plantas - Urutaí
 (Campus Urutaí).
 I. Título.

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO

PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS

NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

- ☐ Tese (doutorado)
☒ Dissertação (mestrado)
☐ Monografia (especialização)
☐ TCC (graduação)

- ☐ Artigo científico
☐ Capítulo de livro
☐ Livro
☐ Trabalho apresentado em evento

☐ Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

Paula Barcelos Simões de Oliveira Lima

Matrícula:

2024101330540020

Título do trabalho:

Flutuação Populacional de Insetos-pragas e Predadores em Áreas Comerciais de Soja BT e Soja Não BT

RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: ☒ Não ☐ Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: / /

O documento está sujeito a registro de patente? ☐ Sim ☒ Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? ☐ Sim ☒ Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

- Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- Que obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Documento assinado digitalmente

PAULA BARCELOS SIMOES DE OLIVEIRA LIMA
Data: 01/08/2026 20:04:21-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Urutaí

Local

1 / 8 / 2026

Data

Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo:

Assinatura do(a) orientador(a)

Documento assinado digitalmente

ANDRE CIRILO DE SOUSA ALMEIDA
Data: 03/08/2026 08:24:09-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

FOLHA DE APROVAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

Título da dissertação: "Flutuação Populacional de Insetos-pragas e Predadores em Áreas Comerciais de Soja RR e Soja BT".

Orientador: Prof. Dr. André Cirilo de Sousa Almeida

Autoria: Paula Barcelos Simões de Oliveira Lima

Dissertação de Mestrado **APROVADA** em 25 de junho de 2026, como parte das exigências para obtenção do Título **MESTRE EM PROTEÇÃO DE PLANTAS**, pela Banca Examinadora especificada a seguir:

Prof. Dr. André Cirilo de Sousa Almeida

IF Goiano Campus Urutaí

Prof. Dr. Flávio Gonçalves de Jesus

IF Goiano Campus Urutaí

Dr^a. Janayne Maria Rezende

AgBiTech

Documento assinado eletronicamente por:

- **Andre Cirilo de Sousa Almeida**, **ENGENHEIRO AGRONOMO**, em 25/06/2026 15:22:03.
- **Flavio Goncalves de Jesus**, **PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 01/07/2026 13:50:26.
- **Janayne Maria Rezende**, *****.054.681-** - Usuário Externo**, em 02/07/2026 17:26:57.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 16/06/2026. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 831475

Código de Autenticação: ff1abf4f57



INSTITUTO FEDERAL GOIANO

Campus Urutaí

Rodovia Geraldo Silva Nascimento, Km 2.5, SN, Zona Rural, URUTAÍ / GO, CEP 75790-000

(64) 3465-1900

DEDICATÓRIA

Primeiramente, agradeço a Deus, pela vida, pela saúde, pela força e por ter guiado meus passos ao longo desta caminhada.

Aos meus pais, minha eterna gratidão por todo amor, dedicação e apoio ao longo da minha vida. Agradeço por sempre acreditarem em mim, incentivarem meus sonhos e me ensinarem a perseverar diante dos desafios.

Ao meu esposo e ao meu filho, expresso minha mais profunda gratidão pelo amor, compreensão, apoio incondicional e incentivo durante toda esta jornada. Vocês foram minha fonte de motivação.

Ao Wilham Velasco, meu sincero agradecimento por ter me apresentado o Programa de Pós-Graduação do Instituto Federal Goiano - Campus Urutaí e pelo valioso auxílio nas análises estatísticas deste trabalho.

À Ana Luíza Costa, agradeço pela generosidade, paciência e apoio na elaboração e organização do meu Currículo Lattes, contribuindo para a minha ingressão nesse mestrado.

À professora Cecília Czepak, pela orientação, confiança, ensinamentos e valiosas contribuições para a realização deste trabalho.

Ao meu orientador, professor André Cirilo, minha sincera gratidão pela atenção, pelos conhecimentos compartilhados e pela confiança depositada em meu trabalho.

Aos alunos de graduação e pós-graduação da área de Manejo Integrado de Pragas (MIP) da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás, representados por Filipe Solá, expresso minha sincera gratidão pela valiosa colaboração na execução das atividades de campo, pelo empenho, dedicação, disponibilidade e espírito de equipe demonstrados ao longo deste trabalho.

À Chaenzy Specimille, pela amizade construída durante o mestrado, pelo companheirismo, pelas conversas, pela troca de experiências e pelo apoio durante essa importante etapa da minha vida.

A todos os professores, colegas e servidores do IFGoiano - Campus Urutaí, que direta ou indiretamente, contribuíram para a minha formação no mestrado, meus sinceros agradecimentos.

Por fim a todos que fizeram parte desta caminhada e que, de alguma forma contribuíram para a concretização deste sonho. Cada apoio recebido foi fundamental para que este momento se tornasse realidade.

SUMÁRIO

Resumo.....	vii
Abstract.....	viii
Introdução	1
Revisão de Literatura	3
Importância da soja no Brasil e no mundo	3
Tecnologia RR na soja.....	5
Tecnologia Bt na soja	7
Ocorrência de Insetos-Praga na Soja e o Papel do Manejo Integrado	9
Predadores e seu papel no controle de pragas da soja	12
Objetivos.....	14
Geral.....	14
Específicos	14
Material e Métodos	15
Caracterização das áreas de estudo	15
Método de Amostragem.....	17
Métodos Estatísticos	19
Resultados e Discussões	21
Conclusões	36
Referências	37

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar a dinâmica populacional de insetos-praga e predadores em áreas comerciais de soja Bt e soja não Bt nas safras 2018/2019 e 2024/2025, a fim de compreender alterações na composição, abundância e distribuição das espécies. O monitoramento foi conduzido semanalmente por meio do método do pano de batida e de inspeções visuais em talhões irrigados e de sequeiro localizados em Silvânia e Vianópolis, Goiás. Na safra 2018/2019, avaliou-se o sistema convencional com cultivares de tecnologia RR (não Bt para lepidópteros), enquanto na safra 2024/2025 adotou-se o cultivo de variedades Bt expressando as tecnologias IPRO e I2X. Os resultados evidenciaram uma redução acentuada na população do complexo de falsas-medideiras (*Chrysodeixis includens* e *Rachiplusia nu*) com a introdução da soja Bt, cuja média decresceu de 1,44 indivíduos por amostra (padrão agregado) para 0,01 (padrão aleatório). Em contrapartida, os coleópteros desfolhadores do gênero *Megascelis* registraram incremento populacional na safra com tecnologia Bt, elevando a média de 1,34 para 1,61 indivíduos por amostra, associada a um forte índice de superdispersão agregada (6,39). A comunidade de insetos predadores apresentou maior média na safra 2024/2025 (0,21) do que em 2018/2019 (0,16), indicando que a redução nas aplicações de inseticidas químicos para lagartas favoreceu a conservação desses inimigos naturais no agroecossistema.

A Análise de Componentes Principais (PCA) confirmou a segregação ecológica entre as safras, vinculando o período sem a tecnologia Bt à alta pressão de lepidópteros e o período sob cultivo Bt à dominância de pragas secundárias. Conclui-se que a tecnologia Bt é altamente eficaz no controle de pragas-alvo, mas desencadeia efeitos indiretos na estrutura da entomofauna pela emergência de pragas não-alvo, demandando a readequação e a execução contínua das premissas do Manejo Integrado de Pragas (MIP).

Palavras-chave: Flutuação populacional; Soja Bt; Pragas secundárias; Predadores; Manejo Integrado de Pragas (MIP); Análise de Componentes Principais (PCA).

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the population dynamics of insect pests and predators in commercial Bt and non-Bt soybean fields across the 2018/2019 and 2024/2025 seasons to understand shifts in species composition, abundance, and distribution. Monitoring was conducted weekly using the beat-sheet method and visual inspections in irrigated and rainfed fields. The 2018/2019 season assessed conventional systems with RR technology (non-Bt for lepidopterans), whereas the 2024/2025 season involved Bt varieties expressing IPRO and I2X technologies. The results demonstrated a sharp reduction in the looper complex (*Chrysodeixis includens* and *Rachiplusia nu*) population following the introduction of Bt soybean, with the mean density decreasing from 1.44 individuals per sample (aggregated pattern) to 0.01 (random pattern).

Conversely, defoliating coleopterans of the genus *Megascelis* exhibited a population increase in the Bt crop season, rising from 1.34 to 1.61 individuals per sample, coupled with a high aggregate overdispersion index (6.39). The predatory insect community showed a higher mean density in the 2024/2025 season (0.21) compared to 2018/2019 (0.16), indicating that the reduction in chemical insecticide applications targeting caterpillars favored the conservation of these natural enemies within the agroecosystem.

Principal Component Analysis (PCA) confirmed ecological segregation between the seasons, associating the non-Bt period with high lepidopteran pressure and the Bt period with the dominance of secondary pests. In conclusion, while Bt technology is highly effective in controlling target pests, it triggers indirect cascading effects on the entomofauna structure through the emergence of non-target pests, emphasizing the need for the continuous adaptation and execution of Integrated Pest Management (IPM) practices.

Keywords: Population fluctuation; Bt soybean; Secondary pests; Predators; Integrated Pest Management (IPM); Principal Component Analysis (PCA).

INTRODUÇÃO

O Brasil é o quarto maior produtor de grãos do mundo, atrás dos Estados Unidos, China e Índia, com uma produção de 298,41 milhões de toneladas na safra 2023/2024, segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB). A soja é o principal grão cultivado no país, que lidera a produção mundial, respondendo por mais de um terço do total global (EMBRAPA, 2023), com 147,38 milhões de toneladas produzidas nessa safra, uma redução de 7,23 milhões de toneladas em relação ao ciclo anterior, devido às condições climáticas adversas (CONAB, 2024). Nesse cenário, o estado de Goiás se destaca como o terceiro maior produtor de soja do país, com mais de 16,8 milhões de toneladas na safra 2023/2024, representando mais de 10% da produção nacional (CONAB, 2024). A soja também lidera o Valor Bruto da Produção Agropecuária do estado, com 28,2%, além de representar 60,0% das exportações do agronegócio goiano entre janeiro e março de 2024, sendo exportada para 37 países. Entre janeiro e agosto de 2024, Goiás exportou 9,7 milhões de toneladas de soja, superando as 8,9 milhões embarcadas no mesmo período de 2023 (SEAPA, 2024).

Apesar da relevância econômica e social da soja, a cultura é desafiada pelo complexo de insetos-praga que comprometem diretamente seu rendimento e qualidade. Entre as pragas que mais impactam negativamente a cultura, destacam-se os percevejos (Hemiptera: Pentatomidae), especialmente o percevejo-marrom (*Euschistus heros*) e o barriga-verde (*Dichelops melacanthus*), além do complexo de lagartas, como a lagarta-da-soja (*Anticarsia gemmatilis*), as falsas-medideiras (*Chrysodeixis includens* e *Rachiplusia nu*), a *Helicoverpa armigera* e as diferentes espécies do gênero *Spodoptera* (CONTE, 2014).

O sistema de produção de soja no Brasil passou por profundas transformações ao longo das últimas décadas. Destacam-se, entre essas mudanças, i) a adoção do sistema de plantio direto, que substituiu o modelo convencional na década de 1970 (FIDELIS et al., 2003); ii) a introdução da soja geneticamente modificada RR resistente ao herbicida glifosato em 1998 com regulamentação oficial em 2004 (VARELLA; FOK, 2014) e iii) o desenvolvimento da soja Bt, por meio da introdução do gene Cry1Ac, oriundo da bactéria *Bacillus thuringiensis* resistente a determinadas pragas em 2010 (BERNADI et al., 2016).

Bueno (2012) afirma que alternativas como aplicações antecipadas, calendarizadas ou em conjunto com outras pulverizações levam a desequilíbrios no agroecossistema. A presença de insetos-praga, por si só, não configura uma praga: é necessário avaliar se a espécie atinge níveis populacionais que causem danos econômicos (NEVES, 2022). No caso da soja, a planta apresenta certa resistência à perda de folhagem, suportando até 30% de desfolha durante a fase vegetativa e até 15% na reprodutiva, sem comprometer significativamente a produtividade (BUENO et al., 2010). Em relação ao ataque de percevejos, as recomendações técnicas indicam que medidas de controle devem ser adotadas quando forem observados dois indivíduos por metro linear, limite a partir do qual os prejuízos econômicos podem se tornar relevantes (CORRÊA-FERREIRA et al., 2013).

Para que o controle de pragas seja eficiente e ambientalmente correto, é primordial adotar os princípios do Manejo Integrado de Pragas (MIP) (GUEDES et al., 2011). Essa abordagem propõe a associação de diferentes métodos de controle (culturais, biológicos, físicos e químicos) fundamentados em critérios técnicos e econômicos, priorizando a sustentabilidade (PROKOPY & KOGAN, 2003). Apesar dessa abordagem integrada, o controle químico ainda predomina como a principal ferramenta utilizada tanto na cultura da soja quanto na agricultura em geral. No entanto, seu uso deve ser feito de forma adequada, com base no monitoramento das lavouras, aplicado somente quando necessário e utilizando produtos mais seletivos, a fim de evitar desperdícios, reduzir riscos à saúde humana, ao meio ambiente e preservar inimigos naturais (SOSA-GÓMEZ, 2012).

O avanço e a ampla adoção de plantas geneticamente modificadas (GM), especialmente aquelas expressando proteínas inseticidas derivadas de *Bacillus thuringiensis* (Bt), têm provocado mudanças significativas na dinâmica das populações de insetos-praga nos agroecossistemas. Esses cultivos podem exercer pressão de seleção sobre determinadas espécies, promovendo alterações em sua abundância, comportamento, distribuição e até na composição da comunidade de artrópodes presentes na lavoura (RODRIGUES et al., 2010; LORENZATO, 2012).

REVISÃO DE LITERATURA

Importância da soja no Brasil e no mundo

A soja (*Glycine max* L.), pertencente à família Fabaceae, é atualmente o grão de maior importância na agricultura brasileira, desempenhando um papel estratégico tanto na economia nacional quanto no cenário global (CARVALHO et al., 2023). Originalmente cultivada na Ásia, com provável centro de origem no nordeste da China, a soja é uma cultura tipicamente adaptada a climas temperados. No entanto, com o avanço das pesquisas e técnicas de melhoramento genético, foi possível adaptar a espécie às condições tropicais, possibilitando sua expansão em regiões como o Brasil (GAZZONI, 2018).

O Brasil está entre os maiores produtores de grãos do mundo, ocupando o quarto lugar em produção global, atrás apenas dos Estados Unidos, China e Índia. Na safra 2023/24, segundo dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), o Brasil produziu 298,41 milhões de toneladas de grãos. Dentre os grãos produzidos a soja é o grão mais cultivado no Brasil, que lidera a produção mundial, seguido pelos Estados Unidos e pela Argentina e responde por mais de um terço da produção mundial (EMBRAPA, 2023). Foram 147,38 milhões de toneladas produzidas na safra 2023/2024, redução de 7,23 milhões de toneladas em relação ao período 2022/2023 (CONAB, 2024). A redução na produção é consequência das condições climáticas desfavoráveis que afetaram as principais regiões agrícolas do país.

Na safra 2023/2024, a produção de soja concentrou-se principalmente nos estados de Mato Grosso, Paraná e Goiás. Mato Grosso segue como o principal produtor nacional, com uma produção de 39,3 milhões de toneladas. O Paraná ocupa a segunda posição, com cerca de 18,3 milhões de toneladas, seguido por Goiás, que é o terceiro maior produtor do país, com mais de 16,8 milhões de toneladas, o que corresponde a mais de 10% da produção nacional (CONAB, 2024).

Em Goiás, a soja é a principal cultura do estado, possuindo o maior Valor Bruto da Produção Agropecuária (VBP), com participação de 28,2% no VBP total. No comércio exterior, o grão representa 60,0% do valor total das exportações do agronegócio goiano no acumulado de janeiro a março de 2024, sendo comercializado com 37 países. Entre janeiro e agosto de 2024, o

estado já exportou 9,7 milhões de toneladas, superando as 8,9 milhões embarcadas no mesmo período do ano anterior (SEAPA, 2024).

Essa oleaginosa destaca-se mundialmente por sua elevada produção e ampla utilização. Os grãos de soja apresentam alto teor de proteína (acima de 40%) e de óleo (superior a 20%), o que os torna uma matéria-prima essencial tanto para alimentação humana e animal (ROESSING et al., 2005; SEDIYAMA, 2009) quanto para a indústria de biocombustíveis (BRASIL. MME, 2022). Em função dessas características, a soja ocupa posição de destaque como principal cultura oleaginosa produzida e consumida no mundo.

O cultivo da soja no Brasil teve seus primeiros registros no final do século XIX, no estado da Bahia. No entanto, foi somente entre as décadas de 1920 e 1940 que a cultura passou a apresentar resultados mais expressivos, especialmente na região Sul, considerada pioneira nesse processo (GAZZONI, 2018).

Um marco importante no avanço do cultivo comercial da oleaginosa foi a sua expansão das regiões Sul, de clima subtropical, para o Cerrado, no Centro-Oeste do país, caracterizado por clima tropical. Essa mudança de cenário produtivo foi viabilizada, em grande parte, por inovações tecnológicas que englobaram desde melhorias no manejo do solo e na adubação até o desenvolvimento de cultivares adaptadas às condições das baixas latitudes (HORIKOSHI et al., 2021b).

Com o passar das décadas, a soja ganhou relevância estratégica, tornando-se uma das principais culturas agrícolas do país. Atualmente, o Brasil assumiu a liderança mundial na produção de soja em 2020, alcançando a marca de 135,4 milhões de toneladas cultivadas em 38,5 milhões de hectares, superando os Estados Unidos e consolidando-se como maior produtor global (CONAB, 2020). Essa expressiva produção foi alcançada com uma área cultivada em constante expansão e com elevado potencial produtivo, movimentando a economia nacional por meio da geração de empregos diretos e indiretos ao longo de toda a cadeia produtiva (MONTROYA et al., 2019).

A importância da soja transcende o campo produtivo e alcança dimensões socioeconômicas amplas. De acordo com Hiracury e Lazzarotto (2014), a relevância dessa cultura está vinculada à articulação de um vasto conjunto de agentes e organizações que atuam em diferentes segmentos, como empresas de pesquisa e desenvolvimento, fornecedores de

insumos, fabricantes de máquinas e equipamentos, produtores rurais, cooperativas agropecuárias e agroindustriais, indústrias processadoras, fabricantes de óleo e ração, além de usinas de biodiesel. Esse complexo agroindustrial se consolidou como um dos principais vetores de desenvolvimento regional, gerando riqueza, emprego e divisas para o país.

Tecnologia RR na soja

Nas últimas décadas, a agricultura mundial passou por profundas transformações impulsionadas pelo desenvolvimento e adoção de organismos geneticamente modificados (OGMs). Estima-se que, atualmente, a área global cultivada com plantas transgênicas ultrapasse 80 milhões de hectares, sendo a soja resistente ao herbicida glyphosate (soja Roundup Ready – RR) a cultura transgênica mais difundida no mundo, representando cerca de 61% dessa área. Em seguida, destacam-se o milho Bt, o algodão Bt e a canola resistente a herbicidas (ROESSING & LAZZAROTTO, 2005; MIYAMOTO, 2007).

A introdução comercial dessa tecnologia ocorreu em 1996, nos Estados Unidos, com o lançamento da soja RR. Essa inovação marcou a agricultura global, alterando significativamente as práticas de manejo de plantas daninhas (BORÉM & SANTOS, 2008). O desenvolvimento dessa tecnologia foi liderado pela empresa Monsanto, que patenteou a primeira soja geneticamente modificada resistente ao glyphosate, incorporando o gene cp4-epsps, responsável por conferir essa característica às plantas (SOUZA, 2017).

No Brasil, o uso da soja RR teve início de forma informal, por meio do contrabando de sementes provenientes da Argentina. A legalização ocorreu gradativamente: em 1998, a Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio) emitiu parecer técnico favorável ao cultivo da soja transgênica, e somente em 2003 o plantio comercial foi autorizado pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) com a sanção da Lei nº 10.814, regulamentando a produção e comercialização dessas cultivares (LIMA et al., 2018).

Desde então, a soja RR consolidou-se como a principal cultura transgênica no país. Na safra 2011/2012, as áreas cultivadas com soja atingiram 24,97 milhões de hectares, sendo aproximadamente 85% compostas por variedades tolerantes ao glyphosate. Atualmente, cerca de

97% da soja cultivada no Brasil é transgênica e utiliza a tecnologia Roundup Ready (EMBRAPA, 2020).

A rápida expansão dessa tecnologia está relacionada aos inúmeros benefícios agronômicos e operacionais que ela proporciona, especialmente no controle de plantas daninhas. Estima-se que o glyphosate represente entre 12% a 14% do mercado mundial de defensivos agrícolas, e cerca de 38% a 40% do mercado global de herbicidas, com uma produção anual em torno de um bilhão de quilos, apresentando crescimento médio de 15% ao ano, impulsionado pelo uso nas culturas RR (VELINI et al., 2009).

O glyphosate é um herbicida pós-emergente, pertencente ao grupo químico das glicinas substituídas, e atua de forma não seletiva, exceto para as culturas RR. Possui amplo espectro de controle sobre espécies daninhas anuais e perenes, de folhas largas e estreitas. Sua ação é sistêmica com absorção pelas folhas e tecidos verdes e translocado, preferencialmente via floema, até os meristemas, onde inibe a enzima 5-enolpiruvilshiquimato-3-fosfato sintase (EPSPS), essencial na biossíntese dos aminoácidos aromáticos fenilalanina, tirosina e triptofano, fundamentais para o desenvolvimento das plantas (GALLI & MONTEZUMA, 2005).

Adicionalmente, o glyphosate apresenta características que favorecem seu uso agrícola: é registrado em mais de 130 países, presente em mais de 150 marcas comerciais, utilizado em mais de 100 culturas, e tem controle eficaz sobre mais de 300 espécies de plantas daninhas. No solo, o composto é rapidamente adsorvido, o que minimiza sua lixiviação e absorção por outras plantas. Além disso, é biodegradável por uma ampla gama de microrganismos e possui baixa volatilidade (VELINI et al., 2009).

O avanço das culturas transgênicas trouxe soluções eficientes para o controle de plantas daninhas, as quais representam uma ameaça significativa à produtividade agrícola. Estima-se que existam aproximadamente 30.000 espécies daninhas, que competem com as culturas comerciais por água, luz, nutrientes e espaço físico. Devido ao melhoramento genético voltado à produtividade, as plantas cultivadas tornaram-se mais vulneráveis a essa competição, enquanto as daninhas mantiveram sua agressividade e adaptabilidade ao ambiente (CARVALHO & CHRISTOFFOLETI, 2008).

Antes do advento das culturas RR, o controle químico de plantas daninhas enfrentava limitações quanto à seletividade e ao espectro de ação dos herbicidas disponíveis. A introdução

da tecnologia Roundup Ready, portanto, representou um avanço significativo, ao permitir o uso de um único herbicida eficaz sobre uma ampla gama de invasoras, sem comprometer a cultura de interesse (BORÉM & SANTOS, 2008).

Apesar dos inúmeros avanços proporcionados pelas culturas transgênicas tolerantes ao glyphosate, especialmente no que se refere à eficácia no manejo de plantas daninhas, é fundamental considerar os desafios decorrentes do uso contínuo e intensivo dessa tecnologia. Entre os principais pontos de atenção estão a seleção de biótipos resistentes ao herbicida e a redução da diversidade de práticas de manejo, o que pode comprometer a sustentabilidade a longo prazo dos sistemas produtivos. Assim, a adoção de estratégias integradas de controle e o monitoramento constante da eficácia dos herbicidas tornam-se indispensáveis para garantir a longevidade e a eficiência do sistema agrícola baseado na tecnologia RR (GAZZIERO, 2006).

Tecnologia Bt na soja

O desenvolvimento de plantas resistentes a insetos iniciou no ano de 1782, inicialmente por meio de técnicas convencionais, e mais recentemente com o uso de ferramentas biotecnológicas, como a engenharia genética. Essas estratégias envolvem a inserção de genes específicos em culturas para conferir resistência a insetos-praga (KUMARI et al., 2022). Um marco nessa trajetória foi a aprovação comercial, em 1995, de culturas como milho, algodão, batata e tabaco geneticamente modificadas para expressar genes da bactéria *Bacillus thuringiensis* (Bt), os quais produzem proteínas inseticidas do tipo Cry (NARRANJO, 2021).

As proteínas Bt são classificadas principalmente em dois grupos: as proteínas Cry (cristalinas), produzidas durante a esporulação bacteriana, e as proteínas Vip (vegetativas), secretadas durante o crescimento vegetativo da bactéria (CHAKROUN et al., 2016). Ambas atuam no intestino das lagartas, promovendo a formação de poros que resultam na ruptura celular, paralisando a alimentação e levando à morte do inseto (MENDES et al., 2018).

A introdução da soja Bt no Brasil, contendo o gene Cry1Ac, foi um avanço significativo no manejo de pragas agrícolas. Essa tecnologia permitiu que a planta produzisse toxinas letais a determinados lepidópteros-praga, reduzindo o uso de inseticidas químicos e promovendo um maior equilíbrio no agroecossistema, ao favorecer a ação de inimigos naturais (BERNARDI et

al., 2016). A adoção da soja Bt começou na safra 2013/2014, com 1,2 milhão de hectares (cerca de 4% da área total cultivada), mas rapidamente atingiu níveis superiores a 80% em apenas oito safras (2020/2021), conforme recomendação técnica para retardar a seleção de populações resistentes (HORIKOSHI et al., 2021a, b).

Durante a safra 2023/2024, o Brasil cultivou 94% de sua soja com cultivares Bt, totalizando aproximadamente 42 milhões de hectares. Como toda a soja Bt atualmente cultivada no país também é tolerante a herbicidas, observou-se uma redução significativa na aplicação de inseticidas, herbicidas e adjuvantes. Estima-se que essas reduções tenham variado entre 36% e 37% no Brasil como um todo (CIB, 2018). Especificamente no estado do Paraná, a adoção da soja Bt resultou em quedas consideráveis no uso de inseticidas entre as safras 2015/2016 e 2022/2023, com uma média de 33,3% de redução sem o uso do MIP e até 66,9% quando o MIP foi adotado em conjunto (BUENO et al, 2025)

A nível global, a área cultivada com culturas Bt passou de 1,66 milhão de hectares em 1996 para 185,6 milhões em 2020, representando quase metade da área mundial cultivada com as principais culturas Bt (BROOKES, 2022). Essa rápida adoção se deve à eficácia da tecnologia contra pragas-alvo e à simplicidade de seu uso, tornando-se uma ferramenta importante no Manejo Integrado de Pragas (MIP) em mais de 26 países (NARRANJO, 2021).

No entanto, a soja Bt não controla todas as pragas. Espécies do gênero *Spodoptera spp.*, coleópteros desfolhadores, moscas-brancas, ácaros e percevejos não são afetados pelas toxinas Bt, exigindo a aplicação de métodos complementares de controle integrado (ROGGIA et al., 2016). Por isso, apesar de seu potencial, a tecnologia Bt deve ser inserida em um contexto mais amplo de MIP, que integre diferentes práticas com mínimo impacto ambiental (MACIEL & BUENO, 2022).

Entre os benefícios agronômicos observados com o uso da soja Bt, destaca-se a manutenção ou até o aumento da produtividade, com campos Bt apresentando uma média de 20 a 26 kg a mais em relação aos campos não Bt, possivelmente devido ao melhor controle de pragas (BUENO et al., 2025). Além disso, sua adoção tem contribuído para a redução do uso de inseticidas, o que é uma prioridade global diante dos efeitos colaterais causados pelo uso indiscriminado de produtos químicos (GAGIC et al., 2021; JACQUET et al., 2022).

O uso excessivo e muitas vezes inadequado de inseticidas tem gerado sérios impactos ambientais, como contaminação do solo, da água e do ar, além da redução da biodiversidade e da saúde humana (GONG et al., 2023; BUENO et al., 2023a). Isso também, leva à seleção de populações resistentes de pragas, à diminuição de inimigos naturais e ao ressurgimento de pragas secundárias (SERRÃO et al., 2022; SANTOS et al., 2018; TORRES & BUENO, 2018; BUENO et al., 2021). Nesse cenário, o MIP surge como a estratégia mais eficiente, prática e rentável, promovendo o uso racional de inseticidas e a integração de múltiplas táticas de controle (BUENO et al., 2023a).

A resistência das plantas é, portanto, um componente essencial do MIP, com vantagens econômicas, ecológicas e ambientais (WARGHAT et al., 2023). No entanto, a sustentabilidade dessa abordagem depende da gestão adequada da tecnologia. No Brasil, foram relatados os primeiros casos de resistência a Bt, com danos inesperados em lavouras de soja causados por *Crociosema sp.* e *Rachiplusia nu* em plantas Bt expressando Cry1Ac (HORIKOSHI et al., 2021a; HAYASHIDA et al., 2023). Esses episódios reforçam a importância da adoção de estratégias integradas e rotativas para o manejo da resistência de insetos às toxinas Bt.

Dessa forma, embora a tecnologia Bt represente um avanço significativo no manejo de pragas agrícolas, sua eficácia a longo prazo depende da adoção integrada com outras práticas sustentáveis, reforçando a necessidade de um MIP bem estruturado e cientificamente embasado (MACIEL & BUENO, 2022; WARGHT et al., 2023; BUENO et al., 2023a).

Ocorrência de Insetos-Praga na Soja e o Papel do Manejo Integrado

A cultura da soja é acometida por um extenso complexo de pragas que afetam diretamente sua produtividade e qualidade, podendo até inviabilizar economicamente a produção de uma safra inteira. No Brasil, as condições climáticas de clima tropical quente e úmido, somadas à prática do cultivo de duas ou mais safras por ano, favorecem a reprodução e o desenvolvimento dessas pragas. Além disso, muitas delas têm adquirido uma crescente capacidade de atacar múltiplas espécies, o que contribui para sua permanência nas áreas de cultivo ao longo de todo o ano (PITTA et. al., 2018)

Entre as principais pragas que causam maiores prejuízos à cultura da soja, destacam-se os percevejos da família Pentatomidae (Hemiptera), com ênfase para o percevejo-marrom, *Euschistus heros* (Fabricius, 1798) e o percevejo-barriga-verde, *Dichelops melacanthus* (Dallas, 1851). Além desses, o complexo de lagartas também exerce forte impacto, incluindo espécies como a lagarta da soja, *Anticarsia gemmatalis* (Hübner, 1818) (Lepidoptera: Noctuidae), as falsas-medideiras, *Chrysodeixis includens* (Walker, 1858) (Lepidoptera: Noctuidae) e *Rachiplusia nu* (Guenée, 1852) (Lepidoptera: Noctuidae), *Helicoverpa armigera* (Hübner, 1808) (Lepidoptera: Noctuidae) e diversas lagartas do gênero *Spodoptera* (Lepidoptera: Noctuidae) (CONTE, 2014).

Segundo Nakano et al. (1981) e Gallo et al. (2002), lagartas desfolhadoras como a lagarta da soja e as falsas medideiras são importantes pragas da soja, especialmente devido à perda de área foliar que comprometem a fotossíntese e, conseqüentemente, a produção, sobretudo nos estádios reprodutivos da cultura. Estima-se que uma lagarta de *A. gemmatalis* consome, em média, 90 cm² de área foliar; enquanto que a *C. includens* pode chegar a 120 cm².

A *Helicoverpa armigera* está entre as pragas agrícolas de maior relevância global, com ampla distribuição registrada em continentes como Europa, Ásia, África e Oceania (EPPO, 2006). No Brasil, até então, era considerada uma praga quarentenária, ou seja, ausente oficialmente do território nacional (HIROSE & MOSCARDI, 2012). No entanto, no início de 2013, sua presença foi confirmada por pesquisadores, gerando grande preocupação entre produtores e órgãos de defesa agropecuária (CZEPAK et al., 2013; SPECHT et al., 2013). Como consequência, foram registrados prejuízos expressivos em diversas regiões produtoras, especialmente no Cerrado brasileiro, com impactos econômicos significativos associados ao aumento no uso de inseticidas e à redução da produtividade das lavouras (EMBRAPA, 2013).

As lagartas de *Helicoverpa armigera* alimentam-se de estruturas vegetativas e reprodutivas das plantas (WANG & LI, 1984), com preferência por flores e vagens da soja, o que afeta diretamente a produtividade da cultura; essa praga já foi relatada atacando cerca de 60 espécies vegetais, incluindo plantas de importância econômica e espécies nativas (POGUE, 2004).

Diversas espécies do gênero *Spodoptera* são importantes pragas da cultura da soja, devido ao seu elevado potencial de destruição em diferentes fases do desenvolvimento da planta (GALLI

et al., 2006). Dentre as espécies registradas em lavouras brasileiras, destacam-se *S. frugiperda*, *S. cosmioides*, *S. eridania* e *S. albula*. Esses insetos podem comprometer o estande de plantas logo após a emergência, ao atacar plântulas, mas também atuam como desfolhadores durante os estádios reprodutivos e causam danos diretos ao se alimentarem das vagens (SANTOS et al., 2005).

Apesar dos avanços promovidos pelas tecnologias transgênicas, especialmente aquelas baseadas em proteínas Bt, o controle de lagartas do gênero *Spodoptera* por essas biotecnologias ainda é limitado, na cultura da soja. Por essa razão, mesmo em áreas cultivadas com soja Bt, é essencial que os produtores realizem o monitoramento frequente das lavouras, a fim de adotar estratégias de manejo adequadas para pragas que não são eficientemente controladas por essa ferramenta genética (ROGGIA et al., 2020).

Além das lagartas, os percevejos fitófagos representam sérias ameaças à cultura. Segundo Gazzoni e Yorinori (1995), os danos vão desde o aborto de vagens e grãos até a redução do vigor germinativo e alterações bioquímicas nas sementes, além da retenção foliar, que compromete a colheita. Gallo et al. (2002) ainda acrescentam que os prejuízos provocados pela sucção das vagens podem chegar a 30%.

O percevejo *Euschistus heros* (percevejo-marrom) é considerado a principal espécie, com ampla adaptabilidade, hábito polífago e difícil controle, além de entrar em diapausa nos meses frios. Seus danos incluem o atrofiamento de grãos, perda de peso e qualidade, retenção foliar e atraso na colheita (HOFFMANN-CAMPO, 2000).

Diante desse cenário, o conhecimento das principais pragas da soja, de suas características biológicas e das estratégias adequadas de controle torna-se fundamental para a obtenção de altas produtividades. Nesse contexto, o Manejo Integrado de Pragas (MIP) destaca-se como a principal estratégia para o controle racional das populações de insetos, promovendo o equilíbrio do agroecossistema. Baseado em práticas como o monitoramento populacional e na adoção de níveis de ação, o MIP permite a realização de intervenções químicas apenas quando necessárias, reduzindo custos, minimizando impactos ambientais e retardando a evolução da resistência (BORTOLOTTO et al., 2015; BUENO et al., 2023b; EMBRAPA, 2025).

O conceito do MIP foi introduzido no Brasil nos anos 1970 pela Embrapa Soja, em colaboração com o Instituto Emater, em Londrina-PR, com o objetivo de implementar um

programa de manejo sustentável que pudesse ser ampliado para outras culturas (KOGAN, 1998). O sucesso inicial do programa deveu-se à forte atuação de extensionistas rurais, que auxiliaram na disseminação das práticas entre os produtores, reduzindo pela metade o uso de inseticidas (MOSCARDI, 1983; GAZZONI, 1994).

O MIP baseia-se em princípios ecológicos, econômicos e sociais para a tomada de decisões adequadas (GALLO et al., 2002), explorando o controle natural, a tolerância da planta, o monitoramento de populações e o conhecimento da biologia e ecologia das pragas (WAQUIL, 2002).

Predadores e seu papel no controle de pragas da soja

Os sistemas agrícolas, especialmente aqueles manejados em larga escala, oferecem condições favoráveis para o aumento das populações de insetos-praga (CONTE et al., 2014). No caso da cultura da soja, observa-se a ocorrência de diversos insetos que causam danos significativos ao longo de todo o ciclo da cultura, sendo as lagartas mais frequentes na fase vegetativa e os percevejos durante a fase reprodutiva (BUENO et al., 2012).

Diante desse cenário, destaca-se a relevância dos inimigos naturais, que são organismos como determinados insetos, ácaros, aranhas, vírus, fungos, bactérias, etc, os quais desempenham um papel fundamental no controle populacional dos insetos-praga, frequentemente mantendo suas populações abaixo do nível de dano econômico (CUZZI et al., 2010; CONTE et al., 2014).

O controle dos insetos que afetam a soja pode ser feito de forma natural, pois tanto os predadores quanto os parasitoides e os entomopatógenos exercem papel importante na regulação dessas pragas. Dentre os predadores mais frequentes, destacam-se espécies de aranhas e diversos insetos, como os hemípteros *Tropiconabis spp.*, *Geocoris spp.*, *Orius spp.* e *Podisus spp.*, além dos coleópteros *Callida spp.*, *Calosoma granulatum* e *Eriopsis connexa*. Esses organismos contribuem significativamente para a supressão natural das populações de pragas da soja (MOSCARDI et al., 2000).

Essa interação, denominada controle biológico natural, constitui um dos pilares do Manejo Integrado de Pragas (MIP). A mortalidade natural de pragas em campo, provocada pela ação de inimigos naturais, é considerada uma base fundamental do MIP, contribuindo para a

manutenção das pragas agrícolas em níveis que não causam prejuízos econômicos (BATISTA FILHO et al., 2003). Entretanto, a efetividade desses agentes de controle está diretamente relacionada a diversos fatores, como as condições climáticas e o manejo de pragas adotado em cada lavoura (GODOY et al., 2010; CARMO et al., 2009).

Para a eficácia dos programas de Manejo Integrado de Pragas (MIP) na cultura da soja, é fundamental realizar a identificação e o acompanhamento contínuo das populações de predadores. Por meio de amostragens periódicas, torna-se possível reconhecer as espécies mais comuns, delimitar as regiões com maior incidência e analisar como as práticas de manejo adotadas na lavoura, especialmente a aplicação de inseticidas, influenciam esses organismos benéficos (CONTE et al., 2014).

A preservação dos predadores no ambiente agrícola deve ser priorizada para garantir o equilíbrio ecológico e o sucesso do controle biológico. Uma das estratégias mais eficazes é a adoção de produtos fitossanitários seletivos, que apresentem baixa toxicidade a esses organismos, favorecendo seu estabelecimento e persistência no agroecossistema (BATISTA FILHO et al., 2003; GODOY et al., 2010; CARMO et al., 2009). Além disso, o conhecimento da ação dos produtos químicos utilizados sobre essa comunidade de insetos é essencial para evitar desequilíbrios na fauna benéfica (CUZZI et al., 2010).

OBJETIVOS

Geral

O objetivo deste estudo foi avaliar a dinâmica populacional de insetos-praga e predadores em áreas comerciais de soja Bt e soja não Bt nos anos safra 2018/2019 e 2024/2025, a fim de compreender alterações na composição, abundância e distribuição das espécies.

Específicos

- Estudar a dinâmica populacional dos principais insetos-praga durante o ciclo da soja, nas diferentes safras, em sistemas Bt e não Bt.
- Comparar a ocorrência dos principais grupos de insetos-praga entre as safras, em cultivo Bt e não Bt.
- Verificar a influência dos predadores sobre a dinâmica das populações de insetos-praga ao longo do ciclo da cultura.
- Estimar os efeitos diretos e indiretos da tecnologia Bt sobre a comunidade de insetos.
- Analisar de que forma os resultados obtidos podem auxiliar a tomada de decisão no Manejo Integrado de Pragas (MIP) na cultura da soja.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização das áreas de estudo

O estudo teve início com a coleta de dados em propriedades rurais localizadas nos municípios de Silvânia e Vianópolis, na região central do estado de Goiás. As áreas sob sistema irrigado totalizam 178 ha, enquanto as áreas de sequeiro somam 238 ha, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Caracterização das áreas experimentais nos municípios de Silvânia e Vianópolis (GO)

Talhão	Município	Área (ha)	Latitude	Longitude	Altitude (m)
Pivô Anápolis	Silvânia	110	16°26'18"S	48°50'18"W	1000
Jamil	Silvânia	40	16°26'10"S	48°49'43"W	980
Virgílio	Silvânia	198	16°25'46"S	48°52'38"W	1050
Pivô Porteira	Vianópolis	32	16°51'05"S	48°30'02"W	905
Pivô Barracão	Vianópolis	36	16°50'52"S	48°29'46"W	902

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

O clima das regiões é classificado como Aw, segundo a classificação de Köppen-Geiger, caracterizado por estação seca no inverno e chuvosa no verão (KÖPPEN & GEIGER, 2006). O solo predominante é o latossolo, conhecido por ser muito desenvolvido e profundo, apresentando colorações que variam entre vermelho, vermelho-amarelo, amarelo e marrom.

Na safra 2018/2019, foram monitoradas duas cultivares de soja. A cultivar Desafio, da Brasmax, pertencente ao grupo de maturação 7.4, com hábito de crescimento indeterminado e tecnologia RR (Roundup Ready®), que confere tolerância ao herbicida glifosato, foi utilizada tanto nas áreas irrigadas de Silvânia e Vianópolis quanto na área de sequeiro Virgílio. A densidade de semeadura adotada foi de 22 sementes por metro linear nas áreas irrigadas e 23 sementes por metro linear na área de sequeiro, com espaçamento de 0,50 m entre linhas.

A cultivar NS7200, da Nidera Sementes, pertencente ao grupo de maturação 6.2, também com crescimento indeterminado e tecnologia RR, foi empregada exclusivamente na área de

sequeiro Jamil, com densidade de semeadura de 19 sementes por metro linear e o mesmo espaçamento entre linhas.

As sementes de ambas as cultivares foram submetidas a tratamento industrial com fungicida e inseticida, sendo posteriormente inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum* e grafitadas na própria fazenda.

Na safra 2024/2025, foram monitoradas as cultivares NEO790 IPRO e OLIMPO IPRO, utilizadas nas áreas irrigadas dos municípios de Silvânia e Vianópolis, respectivamente, e a cultivar NEO761 I2X, empregada nas áreas de sequeiro Virgílio e Jamil em Silvânia. As cultivares NEO790 IPRO e NEO761 I2X foram desenvolvidas pela empresa Neogen e apresentam hábito de crescimento indeterminado. Já a cultivar OLIMPO IPRO, desenvolvida pela Brasmax, também possui hábito de crescimento indeterminado, com grupo de maturação variando entre 7.7 e 8.0.

A cultivar NEO790 IPRO pertence ao grupo de maturação 7.9 e apresenta a tecnologia IPRO®, que expressa a proteína Cry1Ac, derivada da bactéria *Bacillus thuringiensis* (Bt), conferindo proteção contra importantes pragas da cultura. Por sua vez, a NEO761 I2X, pertencente ao grupo de maturação 7.6, incorpora a tecnologia I2X®, considerada a terceira geração de biotecnologia em soja, a qual combina as proteínas Cry1Ac, Cry1F e Vip3A, proporcionando maior eficiência no controle de lagartas, especialmente *Helicoverpa armigera* e *Spodoptera cosmioides*.

A densidade de semeadura foi de 9 sementes por metro linear para as cultivares NEO790 e OLIMPO e de 12 sementes por metro linear para a cultivar NEO761, ambas com espaçamento de 0,50 m entre linhas. As sementes das três cultivares receberam tratamento industrial com fungicida, inseticida e inoculante.

O monitoramento das lavouras de soja começou seis dias após a emergência, no estágio fenológico VC, e continuou até o final do estágio R6, conforme a escala fenológica proposta por Fehr & Caviness (1977). Na safra 2018/2019, o período de monitoramento ocorreu de outubro de 2018 a fevereiro de 2019, e na safra 2024/2025 estendeu-se de outubro de 2024 a fevereiro de 2025.

O controle dos insetos-praga foi realizado por meio da utilização de inseticidas químicos e biológicos, adotados de acordo com os princípios do Manejo Integrado de Pragas (MIP). Os

produtos utilizados nas áreas avaliadas durante as safras 2018/2019 e 2024/2025 estão apresentados nas Tabelas 2 e 3.

Tabela 2. Defensivos utilizados no manejo da soja não Bt no ano safra 2018/2019.

Área	Data Aplicação	Fenologia	Produto	Praga	Dose /ha	Unidade
Pivô Silvânia	14/12/2018	R5	Orthene®	Percevejo	1	Kg
Pivô Silvânia	14/12/2018	R5	Chrysogen®	Lagarta	0,05	L
Pivô Silvânia	02/01/2019	R7	Chrysogen®	Lagarta	0,05	L
Pivô Silvânia	09/01/2019	R8	Engeo Pleno®	Percevejo	0,25	L
Virgílio	16/01/2019	R4	Pirate®	Lagarta	1	L
Jamil	03/01/2019	R3	Chrysogen®	Lagarta	0,05	L
Jamil	08/01/2019	R4	Chrysogen®	Lagarta	0,05	L
Jamil	26/01/2019	R6	Chrysogen®	Lagarta	0,05	L
Vianópolis	14/02/2019	R6	Engeo Pleno®	Percevejo	0,25	L

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Tabela 3. Defensivos utilizados no manejo da soja Bt no ano safra 2024/2025.

Área	Data Aplicação	Fenologia	Produto	Praga	Dose /ha	Unidade
Pivô Silvânia	01/11/2024	V4	Engeo Pleno®	Metaleiro	0,125	L
Pivô Silvânia	13/11/2024	V6	Engeo Pleno®	Metaleiro	0,125	L
Pivô Silvânia	31/12/2024	R6	Sperto®	Perc./Metal.	0,3	Kg
Virgílio	03/12/2024	V4	Engeo Pleno®	Metaleiro	0,125	L
Virgílio	27/01/2025	R5	Engeo Pleno®	Metaleiro	0,25	L
Jamil	15/11/2024	V2	Engeo Pleno®	Metaleiro	0,25	L
Jamil	21/01/2025	R7	Sperto®	Perc./Metal.	0,3	Kg
Vianópolis	26/11/2024	R1	Sperto®	Percevejo	0,3	Kg
Vianópolis	07/01/2025	R7	Sperto®	Percevejo	0,3	Kg

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Método de Amostragem

A amostragem dos insetos-praga e predadores foi realizada semanalmente com a utilização do “Pano de Batida”. As plantas amostradas (1 metro de linha) são agitadas com vigor sobre o pano para os insetos caírem no pano (EMBRAPA, 2017). Em seguida, o pano foi cuidadosamente retirado da fileira de plantas para evitar a perda de insetos antes da contagem. A quantidade de insetos-praga e predadores foi registrada em uma ficha de monitoramento, que

inclui a identificação de cada talhão, a cultivar, a data da avaliação e o estágio de desenvolvimento da cultura, conforme modelo proposto pela Embrapa.

Para o monitoramento, a quantidade de batidas de pano foi com base na recomendação da Embrapa (2017) de pelo menos seis amostragens em áreas de até 10 hectares, oito amostragens para áreas entre 11 e 30 hectares e, no mínimo, 10 amostragens para áreas acima de 30 hectares, considerando um limite máximo de 100 hectares. Do início da emergência da soja até o estágio V3, realizou-se uma inspeção visual de planta a planta em um metro linear. A partir do estágio V4 (com três trifólios), utilizou-se o método do pano de batida considerando-se, como resultado, a média de todos os pontos amostrados.

No acompanhamento fitossanitário da cultura da soja, a atenção foi voltada principalmente para os grupos de pragas mais recorrentes: os complexos de lagartas e de percevejos. As lagartas foram classificadas de acordo com o porte, sendo agrupadas em duas categorias: pequenas (com menos de 1,5 cm de comprimento) e grandes (com 1,5 cm ou mais). Nesse grupo, foram incluídas as espécies *Anticarsia gemmatalis* (lagarta da soja), as espécies do gênero *Spodoptera* (lagarta das vagens), o complexo da subfamília Plusiinae, formado por lagartas comumente chamadas de falsas-medideiras, como a *Chrysodeixis includens* e *Rachiplusia nu*, que foram agrupadas para fins de avaliação por apresentarem semelhanças morfológicas; além de lagartas da subfamília Heliothinae, que englobam *Helicoverpa armigera* e a *Chloridea virescens* (lagarta da maçã), também agrupadas para fins de avaliação.

Os percevejos, foram considerados tanto os indivíduos adultos quanto as ninfas com tamanho igual ou superior a 0,3 cm. As espécies monitoradas incluíram *Euschistus heros* (percevejo marrom), *Dichelops melacanthus* (percevejo barriga verde) e *Piezodorus guildinii* (percevejo verde pequeno).

Além dos principais grupos de pragas, o monitoramento também identificou a presença de insetos pertencentes à família Chrysomelidae, popularmente conhecidos como “vaquinhas” e “cascudinhos”. Os gêneros mais frequentemente observados foram *Cerotoma*, *Diabrotica*, *Megascelis* e *Maecolaspis*.

Métodos Estatísticos

A análise estatística foi conduzida com base em dados de contagem de insetos-praga e inimigos naturais obtidos ao longo do ciclo da cultura da soja, considerando duas safras distintas (2018/2019 e 2024/2025). O banco de dados incluiu informações de avaliações realizadas entre os meses de outubro e fevereiro, abrangendo diferentes grupos biológicos, como lagartas, percevejos e coleópteros. Em função da natureza dos dados, caracterizados por valores inteiros, assimetria e elevada frequência de zeros, adotou-se uma abordagem descritiva estruturada, adequada para esse tipo de variável. Todas as etapas de organização, processamento e análise dos dados foram realizadas no ambiente estatístico R, versão 4.4.3, para manipulação dos dados, cálculo das estatísticas descritivas e elaboração das representações gráficas (R CORE TEAM, 2025).

Para possibilitar a comparação entre as safras em um mesmo eixo temporal, foi realizada uma padronização das datas. As observações correspondentes aos meses de outubro, novembro e dezembro foram associadas a um ano-base, enquanto aquelas de janeiro e fevereiro foram atribuídas ao ano subsequente. Esse procedimento permitiu organizar os dados em um único intervalo contínuo de tempo (outubro a fevereiro), tornando comparáveis as dinâmicas populacionais observadas nas duas safras, independentemente do ano calendário.

Considerando as características dos dados de contagem, a análise da flutuação populacional foi baseada na média de indivíduos por data dentro de cada safra. Para cada variável e data padronizada, calculou-se a média das contagens observadas entre todas as unidades amostrais disponíveis, obtida pela soma das contagens dividida pelo número de amostras. Essa estratégia reduz o efeito da variabilidade individual entre unidades amostrais e permite representar de forma mais consistente o comportamento médio das populações ao longo do tempo.

Como complemento à análise, foram calculadas estatísticas descritivas para cada variável em cada safra, incluindo número de observações, média e desvio-padrão. Adicionalmente, foi estimada a proporção de zeros, definida como a razão entre o número de observações com ausência de indivíduos e o total de observações. Essa medida é particularmente relevante em estudos entomológicos, pois permite caracterizar a frequência de ocorrência das espécies e a

presença de períodos sem infestação (WARTON, 2005; O'HARA & KOTZE, 2010; ROGGIA et al., 2020).

Com o objetivo de avaliar a variabilidade dos dados, foi calculado o índice de dispersão, definido como a razão entre a variância e a média das contagens. Esse indicador permite inferir o padrão de distribuição dos organismos, sendo que valores próximos de 1 indicam comportamento compatível com uma distribuição de Poisson, valores superiores a 1 indicam superdispersão e valores inferiores a 1 indicam subdispersão. Em sistemas biológicos, especialmente em estudos com insetos, a ocorrência de superdispersão é comum e está frequentemente associada à agregação espacial ou temporal das populações (SOUTHWOOD & HENDERSON, 2000; TAYLOR, 1961; PEDIGO & RICE, 2009).

Além da análise descritiva univariada, foi realizada uma abordagem multivariada com o objetivo de avaliar o comportamento conjunto das variáveis biológicas e verificar possíveis diferenças entre as safras. Inicialmente, foram excluídas as amostras cuja soma das contagens era igual a zero, por não contribuírem para a análise da composição. Em seguida, os dados foram submetidos à transformação de Hellinger, que consiste na padronização das abundâncias de cada variável em relação ao total da amostra, seguida da aplicação da raiz quadrada, sendo essa abordagem indicada para dados de contagem com elevada frequência de zeros (LEGENDRE & GALLAGHER, 2001; BORCARD et al., 2011).

Posteriormente, foi aplicada a Análise de Componentes Principais (PCA), uma técnica de ordenação que permite reduzir a dimensionalidade dos dados e identificar padrões de variação conjunta entre as variáveis. Os resultados foram representados por meio de um biplot, no qual as amostras são projetadas em um espaço bidimensional, enquanto as variáveis são representadas por vetores que indicam sua contribuição para a variação observada. Adicionalmente, foram incluídas elipses de dispersão para cada safra, permitindo avaliar visualmente o grau de separação ou sobreposição entre os grupos.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A dinâmica populacional dos insetos-praga ao longo do ciclo da cultura da soja apresentou variações temporais significativas entre as safras avaliadas (2018/2019 e 2024/2025), bem como entre os sistemas de cultivo (soja Bt e soja não Bt), evidenciando diferenças quanto à intensidade populacional, composição de espécies e período de ocorrência.

Ao longo das safras foram avaliados insetos pertencentes aos principais grupos como as lagartas da ordem Lepidoptera, os percevejos da ordem Hemiptera, dos Chrysomelidae da ordem Coleoptera, além dos predadores com potencial de ocorrência na cultura da soja, tomando como base as diretrizes estabelecidas na ficha de monitoramento de pragas e inimigos naturais da Embrapa. Dentre esses, foram selecionadas para avaliação deste estudo as espécies: *Chrysodeixis includens* e a *Rachiplusia nu* (lagartas falsas medideiras), *Spodoptera frugiperda*, *Euschistus heros* (percevejo marrom), *Dichelops melacanthus* (percevejo barriga verde), além de representantes dos gêneros *Megascelis* spp. e *Maecolaspis* spp., por apresentarem maior relevância dentro do sistema de cultivos agrícolas, em função de sua recorrência, capacidade de causar danos econômicos significativos e adaptação às diferentes condições de manejo (BUENO et al., 2011; CORRÊA-FERREIRA et al., 2017).

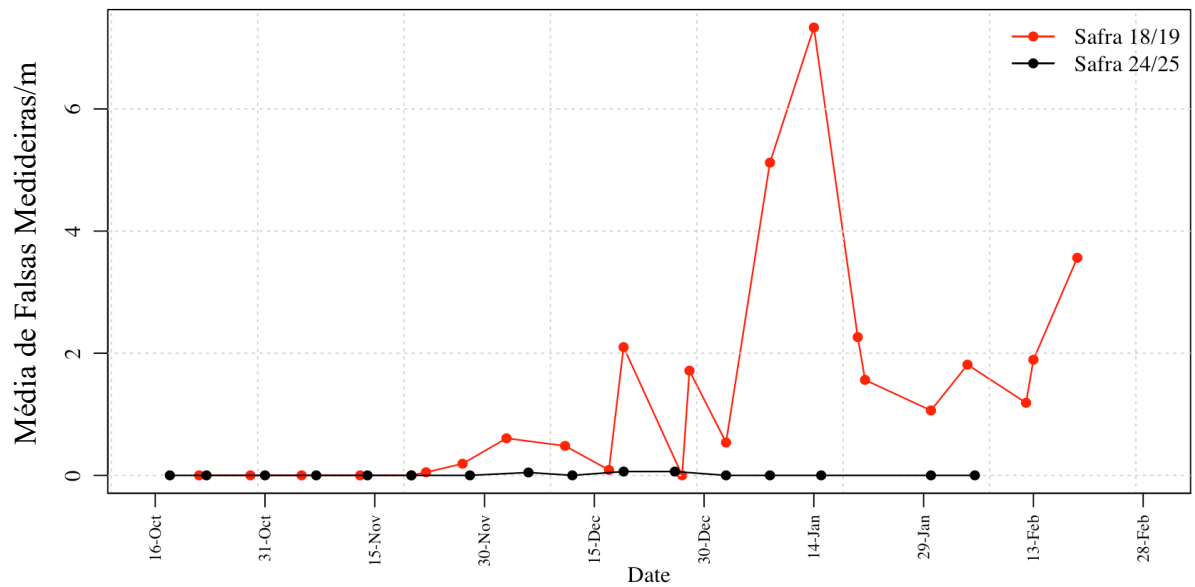
Tabela 4. Estatística descritiva por variável.

Safra	Nome da variável	n	Média	Desvio-padrão	Proporção de zeros (%)	Índice de dispersão
18/19	Falsas Medideiras Total	597	1,44	2,44	57,79	4,16
24/25	Falsas Medideiras Total	821	0,01	0,13	98,78	1,17
18/19	<i>S. frugiperda</i> Total	597	0,01	0,12	98,66	0,99
24/25	<i>S. frugiperda</i> Total	821	0,01	0,11	98,78	0,99
18/19	Predadores	597	0,16	0,54	88,27	1,86
24/25	Predadores	821	0,21	0,63	85,02	1,89
18/19	Maecolaspis	597	0,37	1,05	82,24	2,96
24/25	Maecolaspis	821	0,35	1,16	84,17	3,86
18/19	Megascelis	597	1,34	2,86	65,66	6,09
24/25	Megascelis	821	1,61	3,21	62,36	6,39
18/19	Percevejo Barriga Verde Total	597	0,02	0,16	97,82	1,12
24/25	Percevejo Barriga Verde Total	821	0,02	0,16	97,69	1,08
18/19	Percevejo Marrom Total	597	0,25	0,78	85,76	2,44
24/25	Percevejo Marrom Total	821	0,18	0,55	87,58	1,65

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

As falsas-medideiras constituem um importante grupo de lepidópteros desfolhadores associados à cultura da soja, sendo representadas pela *Chrysodeixis includens* e *Rachiplusia nu*. A diferenciação entre essas espécies requer a observação de características morfológicas específicas em seus diferentes estágios de desenvolvimento, incluindo larvas, pupas e adultos. No Brasil, *C. includens* é historicamente considerada a espécie predominante, especialmente em regiões de clima tropical e subtropical mais quente, enquanto *R. nu* apresenta maior adaptação a ambientes de temperaturas mais amenas, ocorrendo com maior frequência na região Sul do país e em áreas da Argentina (MORAES et al., 1991; ÁVILA, 2023).

Os resultados obtidos neste estudo demonstraram diferenças expressivas na ocorrência das falsas-medideiras entre as safras avaliadas. Na safra 2018/2019, observou-se maior abundância populacional (Figura 1), com média de 1,44 indivíduos por pano de batida e proporção de zeros de 57,8% (Tabela 4). O índice de dispersão de 4,16 evidenciou um padrão agregado de distribuição, indicando a formação de focos populacionais. Esse comportamento pode estar relacionado ao cultivo de soja não Bt, que não exerce pressão de controle sobre lepidópteros-praga, favorecendo o estabelecimento e a multiplicação dessas espécies ao longo do ciclo da cultura. Considerando o histórico de ocorrência do complexo Plusiinae em regiões tropicais, é provável que *C. includens* tenha sido a principal espécie responsável pelos níveis populacionais observados nessa safra.



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Figura 1. Flutuação populacional de Falsas Medideiras na cultura da soja nas safras de 2018/19 e 2024/25.

Em contraste, na safra 2024/2025 foi registrada uma redução acentuada na população de falsas-medideiras, refletida pela baixa média de indivíduos amostrados (0,01) e pela elevada proporção de zeros (98,8%). Além da diminuição da abundância, o índice de dispersão de 1,17 indicou uma distribuição próxima ao padrão aleatório, característica de populações em baixa densidade (Figura 1). Esse resultado está provavelmente associado à adoção de cultivares Bt, que expressam proteínas derivadas de *Bacillus thuringiensis* com comprovada eficiência no controle de lepidópteros desfolhadores, incluindo espécies do complexo *Plusiinae* (BUENO et al., 2011; BERNARDI et al., 2019).

Apesar da expressiva redução populacional observada na safra 2024/2025, a ocorrência de indivíduos ao longo do ciclo da cultura sugere que parte dessas populações possa ser composta por *Rachiplusia nu*. Nos últimos anos, essa espécie tem ampliado sua distribuição geográfica em importantes regiões produtoras de soja do Brasil, sendo registrada tanto em cultivares convencionais quanto em áreas cultivadas com soja Bt. Esse cenário tem despertado a atenção de pesquisadores e produtores devido aos relatos de sobrevivência da espécie em materiais contendo a proteína Cry1Ac (VIVAN et al., 2022).

A introdução da tecnologia Bt, em 2013, promoveu profundas alterações na estrutura das populações de lepidópteros-praga da soja. Espécies altamente suscetíveis à proteína Cry1Ac, como aquelas pertencentes ao complexo *Plusiinae*, tiveram suas populações significativamente reduzidas nas áreas cultivadas com essa tecnologia. Entretanto, registros recentes indicam a ocorrência de populações de *R. nu* em lavouras Bt nos estados de Mato Grosso e Goiás, incluindo casos associados à resistência à proteína Cry1Ac (NARDON et al., 2021). Dessa forma, a permanência de falsas-medideiras em baixas densidades na safra 2024/2025 pode estar relacionada à menor suscetibilidade dessa espécie à tecnologia Bt, embora os dados deste estudo não permitam confirmar a identidade específica dos indivíduos coletados nem caracterizar seu nível de resistência.

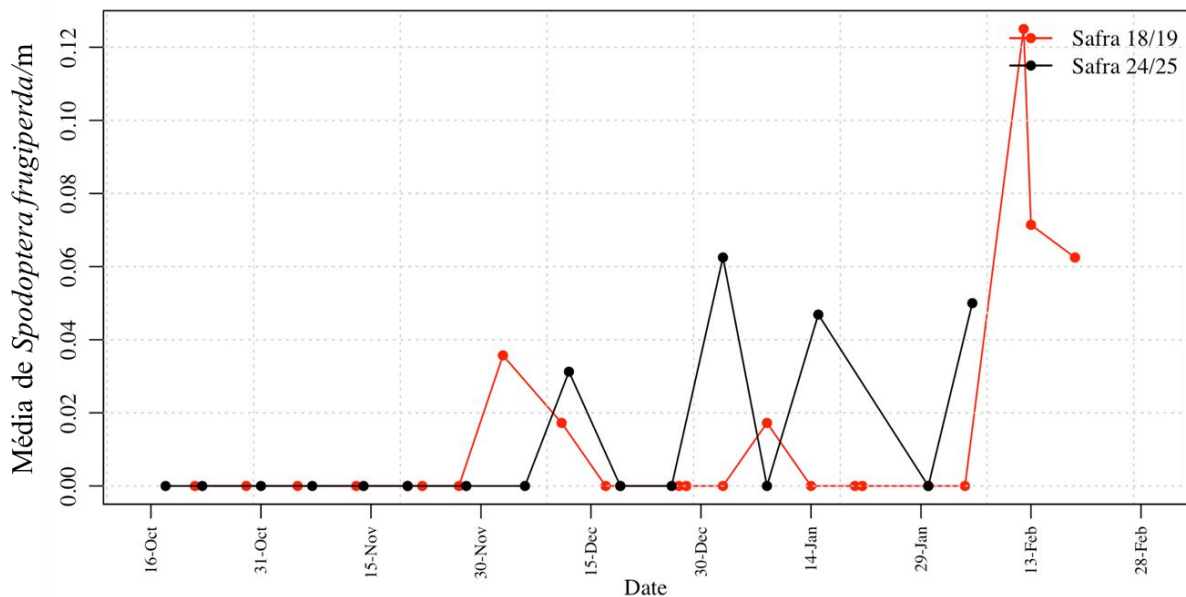
Em conjunto, os resultados evidenciam que a adoção da soja Bt alterou significativamente a abundância e a distribuição das falsas-medideiras no agroecossistema da soja. Enquanto populações de espécies mais suscetíveis, como *C. includens*, foram reduzidas, observa-se a necessidade de monitorar continuamente a ocorrência de espécies potencialmente menos sensíveis às proteínas inseticidas, como *R. nu*. Esse acompanhamento é fundamental para subsidiar estratégias de manejo da resistência e contribuir para a manutenção da eficácia da tecnologia Bt a longo prazo.

Quanto ao padrão agregado observado para as falsas-medideiras na safra 2018/2019, o fator pode estar relacionado a características comportamentais e ecológicas dessas espécies. Embora as fêmeas realizem a postura de forma isolada, depositando os ovos individualmente, principalmente na face inferior das folhas, a escolha dos locais de oviposição não ocorre de maneira aleatória. As fêmeas apresentam longevidade média de cerca de 15 dias, período durante o qual ovipositam em média 600 ovos (HOFFMANN-CAMPO, 2000). Esta postura isolada representa uma estratégia adaptativa que reduz a competição entre larvas e diminui o risco de perdas totais da progênie por ação de inimigos naturais (ALVES, 2019).

Entretanto, em escala de lavoura, a distribuição dos indivíduos tende a ocorrer em reboleiras. Esse padrão é influenciado pela dinâmica de deslocamento dos adultos, que realizam voos em busca de áreas mais favoráveis para alimentação e reprodução, concentrando a oviposição em determinados locais do cultivo. Além disso, características das plantas hospedeiras, como maior vigor vegetativo, densidade de tricomas e estímulos visuais ou químicos

específicos, podem aumentar sua atratividade para as fêmeas, favorecendo a concentração de ovos e, conseqüentemente, das populações larvais em pontos específicos da área. Esses fatores contribuem para a formação de focos populacionais e ajudam a explicar o padrão agregado identificado pelo índice de dispersão obtido neste estudo, corroborando observações de outros trabalhos que descrevem a distribuição espacial agregada de lagartas desfolhadoras na cultura da soja (BARBOSA & PERECIN 1982; FERNANDES et al., 2003).

Os resultados para *Spodoptera frugiperda* indicam baixa ocorrência da praga em ambas as safras, com média idêntica de 0,01 indivíduos por pano de batida em 2018/2019 e 2024/2025 (Tabela 2). Os desvios padrão próximos (0,12 e 0,11, respectivamente) evidenciam baixa variabilidade dos dados. A alta proporção de zeros (98,7% em 2018/2019 e 98,8% em 2024/2025) demonstra que a espécie esteve ausente na grande maioria das amostras. Além disso, o índice de dispersão igual a 0,99 em ambas as safras indica uma distribuição essencialmente aleatória, típica de populações em baixa densidade. Portanto, de forma geral, os resultados sugerem que *S. frugiperda* não apresentou relevância populacional nas áreas e safras avaliadas (Figura 2).



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Figura 2. Flutuação populacional de *Spodoptera frugiperda*, na cultura da soja nas safras de 2018/19 e 2024/25.

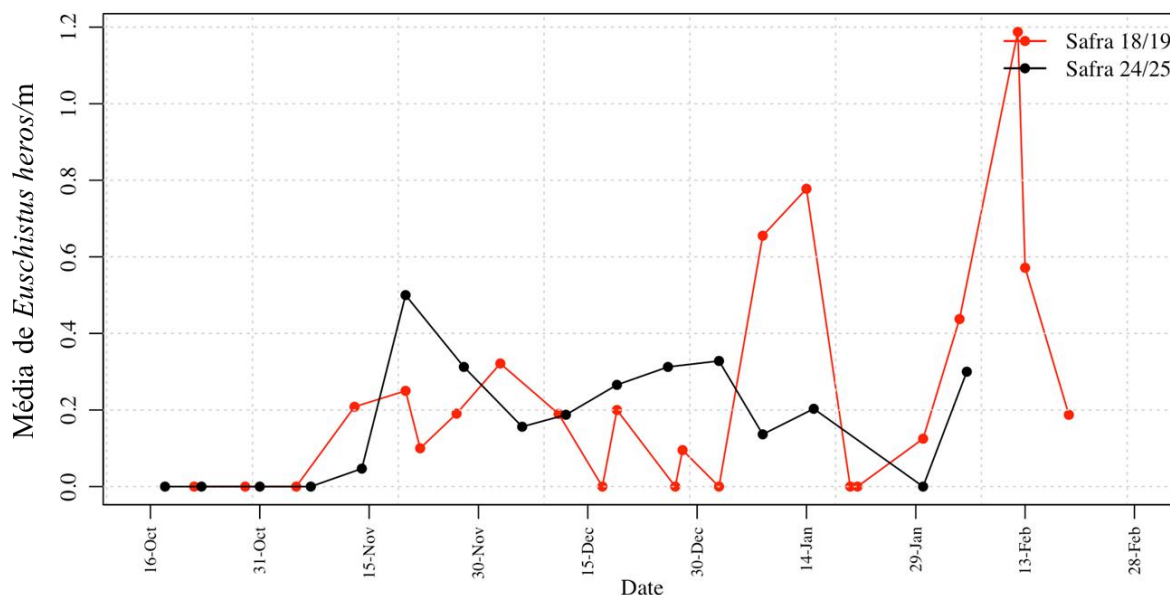
Ainda, a ocorrência de baixas densidades populacionais em soja Bt sugere a possível presença de espécies menos suscetíveis às proteínas ou à ocorrência de escapes ocasionais. Nesse contexto, destaca-se que a tecnologia Bt apresenta eficiência variável no controle de lagartas do gênero *Spodoptera*, sendo frequentemente relatada menor suscetibilidade dessas espécies em comparação a outros lepidópteros-praga da soja (SORGATTO et al., 2015). No entanto, quando essas lagartas se alimentam de plantas de soja Bt, podem ocorrer efeitos subletais, como prolongamento do período larval, diminuição da sobrevivência, aumento do ciclo de desenvolvimento e redução do potencial de crescimento populacional (BERNARDI et al., 2014).

A ocorrência de *S. frugiperda* na cultura da soja possui relevância crescente nos sistemas agrícolas brasileiros. Embora seja reconhecida como uma das principais pragas do milho, essa espécie apresenta hábito polífago e pode utilizar diversas culturas como hospedeiras, incluindo soja e algodão. Quando se desenvolve nessas culturas, alterações biológicas podem ocorrer, influenciando parâmetros como duração do ciclo, sobrevivência e potencial reprodutivo (VELOSO et al. 1983; SARRO, 2006; BOREGAS et al., 2013).

Mesmo apresentando desenvolvimento menos favorável em comparação ao milho, surtos populacionais de *S. frugiperda* têm sido cada vez mais frequentes em áreas de soja localizadas em regiões de agricultura intensiva. Esse cenário está associado principalmente aos sistemas de sucessão e rotação de culturas envolvendo milho, soja e algodão, amplamente adotados no Cerrado brasileiro. A disponibilidade contínua de hospedeiros ao longo do ano favorece a manutenção das populações da praga, fenômeno conhecido como "ponte verde", permitindo que insetos polípagos encontrem recursos alimentares durante praticamente todo o ciclo produtivo (SANTOS et al., 2009; BERNARDI et al., 2012; CARVALHO, 2019).

Em relação ao percevejo-marrom (*Euschistus hero*), na Tabela 2 observa-se, de modo geral, baixa densidade populacional, com médias reduzidas (0,25 indivíduos/pano de batida em 2018/2019 e 0,18 indivíduos/pano em 2024/2025) e alta proporção de zeros em ambas as safras (85,8% em 2018/2019 e 87,6% em 2024/2025). No entanto, o percevejo-marrom apresentou o índice de dispersão de 2,44 em 2018/2019 o que indica uma distribuição agregada, com tendência à formação de focos populacionais. Já em 2024/2025, o índice de 1,65, embora ainda superior a 1, aponta menor grau de agregação. Os picos populacionais (Figura 3) são coincidentes com as fases reprodutivas da cultura da soja, especialmente durante a floração e o enchimento de grãos.

Esse comportamento está diretamente relacionado à maior disponibilidade de vagens e grãos, que constituem os principais recursos alimentares dessa espécie, favorecendo sua colonização e desenvolvimento nesses estádios fenológicos.



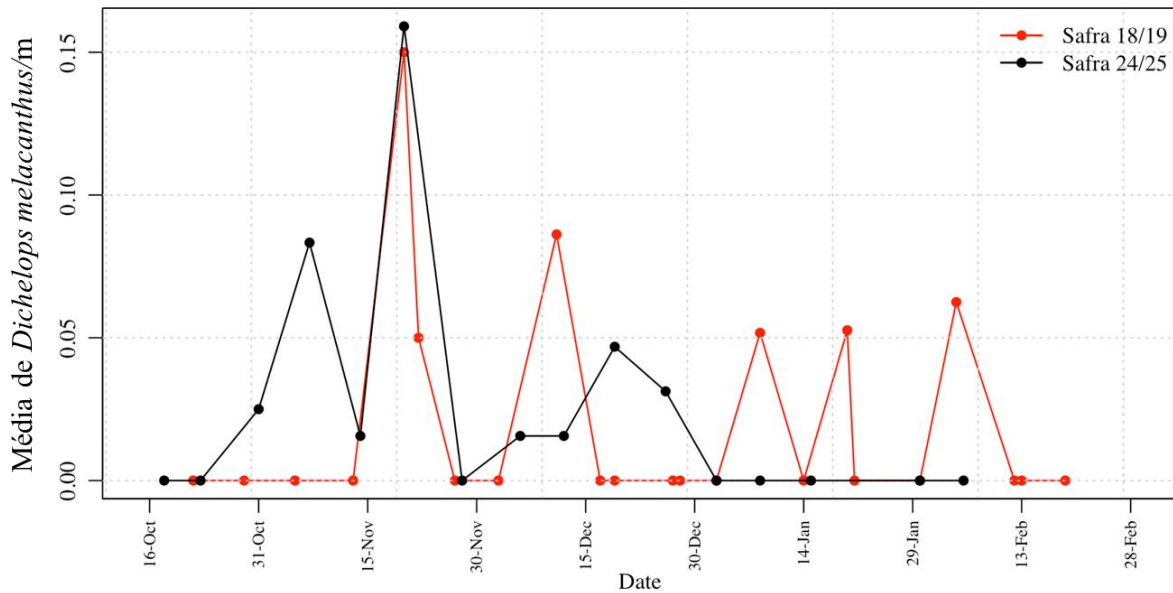
Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Figura 3. Flutuação populacional de *Euschistus heros*, na cultura da soja nas safras de 2018/19 e 2024/25.

Os resultados para o percevejo-barriga-verde (*Dichelops melacanthus*) indicam baixa ocorrência da praga em ambas as safras (Tabela 2), com médias semelhantes (~0,02). A elevada proporção de zeros (97,8% em 2018/2019 e 97,7% em 2024/2025) evidencia que a espécie esteve ausente na maioria das amostras, ocorrendo de forma esporádica. Os índices de dispersão próximos de 1 (1,12 e 1,08, respectivamente) indicam padrão de distribuição aproximadamente aleatório, característico de populações em baixa densidade.

Entretanto, ao analisar o gráfico de flutuação populacional (Figura 4), observa-se que, na safra 2024/2025, houve maior frequência de ocorrência e entrada mais precoce da espécie na lavoura. Esse comportamento pode estar associado à expansão do sistema de plantio direto, à intensificação do cultivo de milho safrinha e à antecipação da semeadura da soja, fatores que favorecem o aumento populacional e a persistência de *D. melacanthus* no sistema de sucessão

soja-milho. Além disso, a ocorrência mais precoce reforça a adaptação da espécie ao sistema produtivo, consolidando seu potencial como praga relevante (CORRÊA-FERREIRA et al., 2017).



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

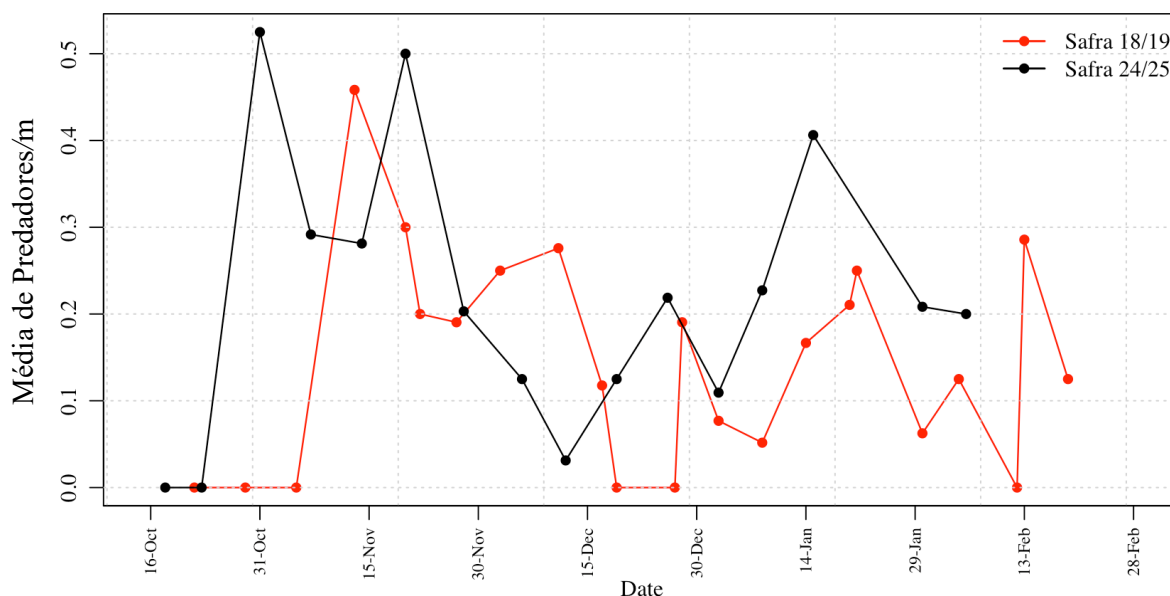
Figura 4. Flutuação populacional de *Dichelops melacanthus* na cultura da soja nas safras de 2018/19 e 2024/25.

Nessas condições, a disponibilidade contínua de hospedeiros e a presença de palhada favorecem a manutenção das populações ao longo do ano. Adicionalmente, a espécie apresenta ampla gama de plantas hospedeiras, incluindo diversas plantas daninhas, o que contribui para sua sobrevivência durante a entressafra e reforça seu caráter de praga de sistema. Dessa forma, o manejo do percevejo-barriga-verde deve ser realizado de forma integrada em todo o sistema produtivo, e não apenas durante o cultivo da soja, contemplando práticas de monitoramento, controle de plantas hospedeiras e manejo adequado das populações na transição entre as culturas (SANTOS et al., 2009; CORRÊA-FERREIRA et al., 2017).

Assim, o percevejo-barriga-verde apresenta importância que extrapola os limites da cultura da soja, sendo frequentemente caracterizado como uma praga de sistema. Embora utilize a soja como fonte de alimento e abrigo, sua relevância econômica está fortemente relacionada aos danos causados na cultura subsequente, especialmente o milho. A permanência de populações

elevadas durante a safra de soja favorece a sobrevivência dos insetos na área, permitindo que migrem para o milho logo após sua emergência. Nessa fase, o ataque pode provocar morte de plântulas, perfilhamento, deformações foliares e redução do estande, comprometendo significativamente o desenvolvimento inicial da cultura (FUNDAÇÃO MT, 2023).

Os resultados para os predadores indicam maior média populacional na safra 2024/2025 (Tabela 2), associada à leve redução na proporção de zeros (88,3% em 2018/2019 para 85% em 2024/2025), sugerindo ocorrência mais frequente desses organismos no campo (Figura 5). Os índices de dispersão superiores a 1 em ambas as safras (1,86 e 1,89) indicam padrão agregado, com possível concentração em áreas específicas da lavoura com mais disponibilidade de recursos alimentares.



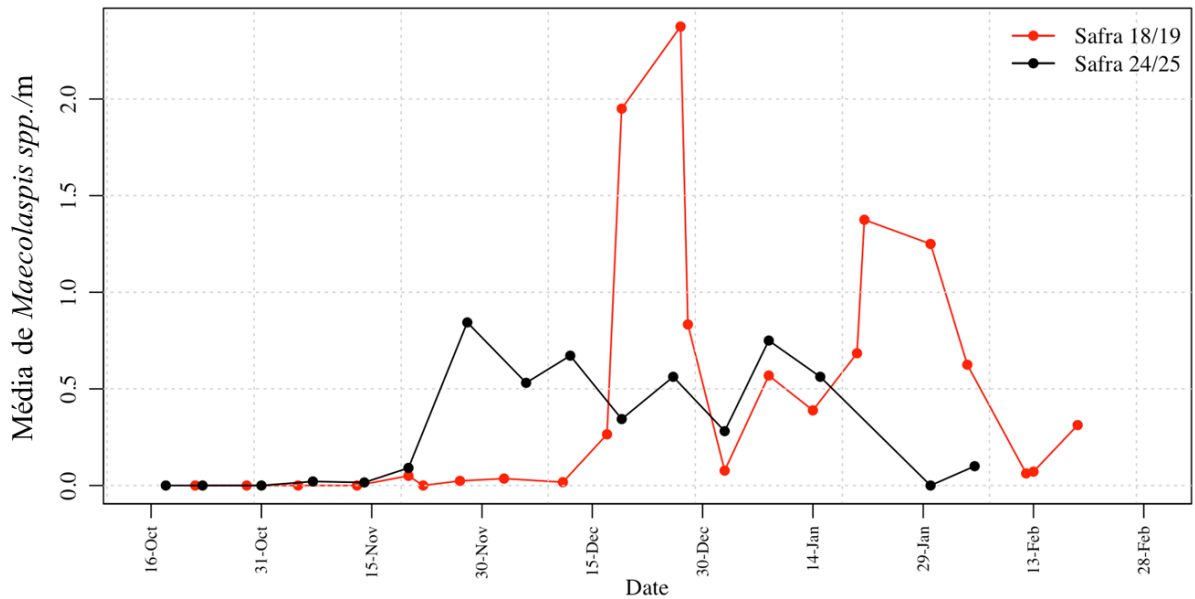
Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Figura 5. Flutuação populacional de insetos predadores, na cultura da soja, nas safras de 2018/19 e 2024/25.

Nesse contexto, a adoção da soja Bt pode ter contribuído para a manutenção das populações de predadores, uma vez que a redução de inseticidas químicos diminuiu os impactos negativos sobre esses organismos, favorecendo sua sobrevivência no agroecossistema (ROMEIS et al., 2019; BEZERRA-SILVA et al., 2020). Por outro lado, a elevada eficiência da tecnologia

no controle de lagartas pode resultar na redução da disponibilidade de presas, limitando os recursos alimentares necessários para o estabelecimento e crescimento dessas populações (PAN et al., 2016; BIANCO et al., 2022). Assim, observa-se um efeito dual da soja Bt, em que a conservação dos predadores é favorecida pela menor pressão química, mas pode ser parcialmente restringida pela menor oferta de hospedeiros, influenciando diretamente a dinâmica e a distribuição desses organismos na lavoura.

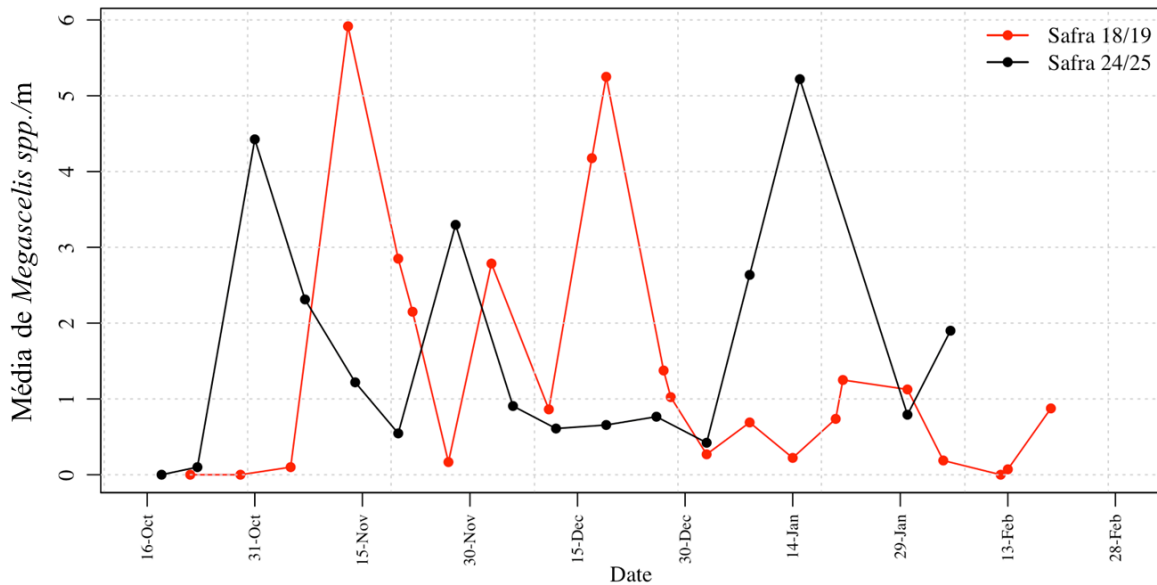
Os resultados para os coleópteros desfolhadores indicam diferenças no padrão populacional entre os gêneros avaliados. Para *Maecolaspis spp.*, observou-se na tabela 2 médias semelhantes nas safras avaliadas (0,37 indivíduos/pano de batida em 2018/2019 e 0,35 em 2024/2025), com altas proporções de zeros em ambos os períodos (82,2% e 84,2%, respectivamente), indicando ocorrência pouco frequente. Os índices de dispersão elevados (2,96 em 2018/2019 e 3,86 em 2024/2025) evidenciam distribuição agregada, com tendência à formação de focos populacionais, sendo esse padrão ainda mais acentuado na safra mais recente (Figura 6).



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Figura 6. Flutuação populacional de *Maecolaspis spp.*, na cultura da soja, nas safras de 2018/19 e 2024/25.

Para *Megascelis* spp., a média foi mais elevada na safra 2024/2025 (1,61 indivíduos/pano de batida, contra 1,34 em 2018/2019), com menor proporção de zeros em comparação a *Maecolaspis* (65,7% em 2018/2019 e 62,4% em 2024/2025), indicando ocorrência relativamente mais frequente (Tabela 2). Os altos índices de dispersão em ambas as safras (6,09 e 6,39, respectivamente) revelam forte padrão agregado, característico de surtos localizados (Figura 7).



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Figura 7. Flutuação populacional de *Megascelis* spp, na cultura da soja, nas safras de 2018/19 e 2024/25.

A análise do índice de dispersão foi essencial para aprofundar a interpretação do aumento de coleópteros observado na safra 2024/2025. De modo geral, os valores elevados desse índice para grupos como *Megascelis* spp. e *Maecolaspis* spp. indicam um padrão de superdispersão, evidenciando que esses insetos não estão distribuídos de forma aleatória na lavoura, mas sim agregados em focos de infestação.

Esses coleópteros apresentam hábito desfolhador, provocando danos caracterizados por perfurações e recortes nas bordas do limbo foliar (SCHNEIDER et al., 2015). Esses besouros geralmente ocorrem em baixas populações ao longo de todo o ciclo da soja. No entanto, em situações pontuais, podem apresentar aumentos expressivos na densidade populacional,

frequentemente associados a desequilíbrios no agroecossistema, muitas vezes decorrentes do uso intensivo de defensivos agrícolas, principalmente o uso de produtos com o mesmo princípio ativo, a exemplo daqueles aplicados para o controle de pragas como os percevejos. De acordo com Moscardi et.al (2012), registros de ocorrências mais severas já foram observados em estados como Rio Grande do Sul, Paraná, São Paulo, Goiás e Mato Grosso.

No contexto da adoção da soja Bt, a expressiva redução de lepidópteros desfolhadores pode ter promovido alterações na estrutura do agroecossistema, favorecendo processos de liberação competitiva e, conseqüentemente, o aumento relativo de pragas secundárias (LU et al., 2010; ZEILINGER et al., 2016). Nesse cenário, o índice de dispersão indica que o incremento observado nas populações de coleópteros não se restringe à densidade média, mas reflete uma mudança no padrão ecológico de distribuição. Os valores elevados desse índice evidenciam superdispersão, característica de populações com distribuição agregada, típica de insetos em ambientes agrícolas (TAYLOR, 1961; SOUTHWOOD & HENDERSON, 2000). Esse padrão sugere a formação de focos populacionais (reboleiras), o que possui implicações diretas para o manejo, exigindo estratégias de monitoramento mais intensivas e intervenções espacialmente direcionadas (BINNS et al., 2000; PEDIGO & RICE, 2009).

Corroborando essa interpretação, a análise da flutuação populacional demonstra que os coleópteros apresentaram ocorrência mais contínua e níveis relativamente mais elevados na safra com tecnologia Bt, especialmente em períodos de menor incidência de lagartas. Esse comportamento reforça a hipótese de efeito indireto da tecnologia, em que a supressão de lepidópteros reduz a competição por área foliar, favorecendo o estabelecimento dessas espécies (BERNARDI et al., 2012; DE SOUZA et al., 2020). Além disso, a menor intensidade de desfolha pode ter resultado em maior disponibilidade de recursos ao longo do ciclo da cultura, contribuindo para a persistência dessas populações. Esse tipo de resposta ecológica já foi descrito em sistemas agrícolas, nos quais o controle eficiente de pragas-chave altera a composição da comunidade e favorece a emergência ou o aumento relativo de espécies secundárias (BUENO et al., 2021; BERNARDI et al., 2019).

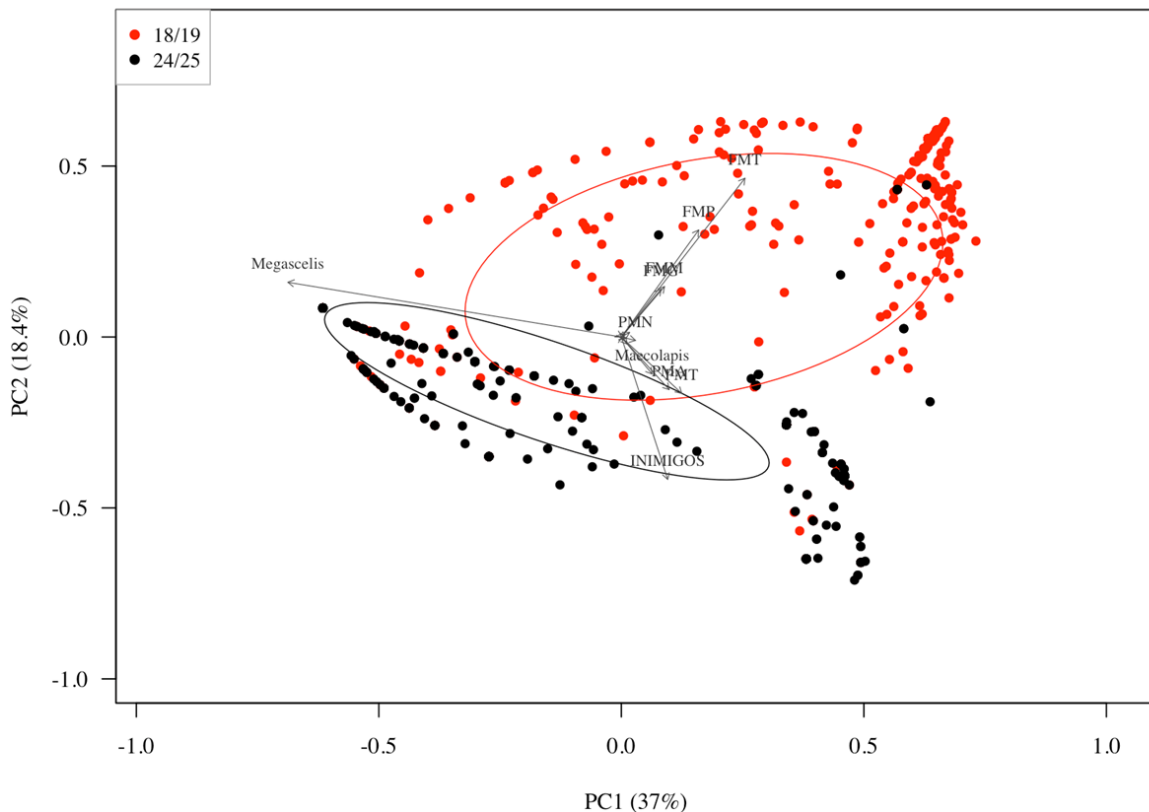
A comparação entre os manejos fitossanitários adotados nas safras 2018/2019 e 2024/2025 (Tabelas 2 e 3) evidencia mudanças importantes na estratégia de controle de insetos-praga, acompanhando as alterações observadas na composição da entomofauna. Na safra

2018/2019, conduzida com soja não Bt, as aplicações foram direcionadas principalmente ao controle de lagartas e percevejos, com destaque para o uso recorrente do bioinseticida Chrysogen® para o manejo de lepidópteros desfolhadores, dos inseticidas Orthene®, Engeo Pleno® para controle de percevejos e Pirate® para o controle de lagartas. O elevado número de intervenções voltadas às lagartas reflete a maior pressão exercida por esse grupo de pragas, especialmente pelas falsas-medideiras, que apresentaram elevada abundância ao longo da safra.

Em contrapartida, na safra 2024/2025, cultivada com soja Bt, observou-se uma redução expressiva das aplicações destinadas ao controle de lagartas, consequência da eficiência da tecnologia Bt sobre os principais lepidópteros-praga. Nessa safra, os tratamentos fitossanitários concentraram-se principalmente no manejo de percevejos e coleópteros desfolhadores, especialmente os chamados "metaleiros", utilizando predominantemente os produtos Engeo Pleno® e Sperto®. Esse padrão acompanha os resultados obtidos no monitoramento populacional, que demonstraram baixa ocorrência de lagartas e maior relevância relativa de coleópteros, particularmente representantes dos gêneros *Megascelis* e *Maecolaspis*. Além do controle desses coleópteros, os inseticidas empregados apresentam amplo espectro de ação, sendo também eficientes no manejo de percevejos. Dessa forma, as aplicações realizadas visando o controle dos metaleiros provavelmente contribuíram para a supressão simultânea das populações de percevejos, o que ajuda a explicar as menores densidades observadas desse grupo na safra 2024/2025. Esse resultado evidencia um efeito indireto do manejo fitossanitário adotado, no qual intervenções direcionadas a uma determinada praga podem influenciar a dinâmica populacional de outros insetos presentes no agroecossistema da soja.

Essas alterações evidenciam que a adoção da tecnologia Bt não apenas reduziu a necessidade de aplicações direcionadas ao controle de lepidópteros, mas também modificou a importância relativa dos diferentes grupos de insetos-praga presentes no sistema. Enquanto na soja não Bt o manejo esteve fortemente voltado para lagartas desfolhadoras, na soja Bt houve maior foco no controle de pragas não-alvo da tecnologia, como percevejos e coleópteros. Esse resultado reforça que a introdução de cultivares Bt promove mudanças na estrutura da comunidade de insetos associada à cultura da soja, exigindo adaptações contínuas nas estratégias de Manejo Integrado de Pragas (MIP).

O biplot da Análise de Componentes Principais (PCA) evidencia a separação parcial entre as safras 2018/2019 e 2024/2025 (Figura 8), indicando diferenças no comportamento conjunto das variáveis biológicas avaliadas. O primeiro componente principal (PC1), responsável por 37% da variação total, representa o principal gradiente de diferenciação entre as amostras, enquanto o segundo componente (PC2), com 18,4%, complementa essa separação.



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Figura 8. Biplot da Análise de Componentes Principais (PCA) demonstrando a associação entre as populações de insetos-praga (*Megascelis* spp., *Maecolaspis* spp., percevejo-marrom – PM, percevejo-barriga-verde – PBV, falsa-medideira – FM e *Spodoptera frugiperda* – SF) e inimigos naturais (Predadores), em áreas de soja não Bt (safra 2018/2019) e soja Bt (safra 2024/2025).

Observa-se que as amostras da safra 2018/2019 (em vermelho) concentram-se predominantemente na porção superior do gráfico, associadas a maiores valores de variáveis relacionadas às lagartas (como falsa-medideira), sugerindo maior contribuição desses insetos na estrutura populacional dessa safra. Por outro lado, as amostras da safra 2024/2025 (em preto)

distribuem-se majoritariamente na porção inferior e à esquerda, indicando um padrão distinto de composição biológica.

Os vetores das variáveis revelam a direção e a intensidade de contribuição de cada grupo de insetos. Destaca-se que *Megascelis* apresenta vetor orientado para a esquerda (PC1 negativo), estando mais associado às amostras da safra 2024/2025, explicado pelo aumento observado desse grupo nessa safra. De forma semelhante, *Maecolaspis* também se posiciona próximo à região central-inferior, demonstrando sua maior incidência na safra mais recente. Em contraste, variáveis associadas às lagartas concentram-se na região ocupada pela safra 2018/2019, reforçando a maior importância desse grupo na soja RR.

As elipses de dispersão evidenciam ainda que a safra 2018/2019 apresenta maior amplitude e variabilidade multivariada, enquanto a safra 2024/2025 demonstra uma distribuição mais concentrada, embora deslocada em direção a um novo padrão estrutural. Essa mudança sugere que a adoção da tecnologia Bt não apenas reduziu a abundância de lepidópteros, mas também promoveu uma reorganização da comunidade de insetos, favorecendo a maior participação relativa de coleópteros.

De forma geral, o biplot reforça que a adoção da soja Bt promove alterações na composição e na dinâmica da entomofauna, não apenas reduzindo populações de lepidópteros-alvo, mas também favorecendo mudanças na abundância relativa e na associação entre pragas secundárias. Esses resultados corroboram a hipótese de que intervenções tecnológicas podem desencadear efeitos indiretos no agroecossistema, influenciando a estrutura ecológica e o equilíbrio entre os diferentes grupos funcionais.

CONCLUSÕES

A dinâmica populacional dos insetos-praga e predadores na cultura da soja variou entre as safras avaliadas e entre as tecnologias de cultivo. A soja Bt apresentou menor abundância de lepidópteros desfolhadores, especialmente as falsas medideiras, evidenciando a eficiência dessa tecnologia no controle das pragas-alvo. Em contrapartida, observou-se maior participação relativa de coleópteros desfolhadores, indicando alterações na composição da entomofauna. Os resultados também demonstraram mudanças na distribuição das espécies ao longo do ciclo da cultura, confirmando que a adoção da tecnologia Bt influencia a composição, a abundância e a distribuição dos insetos no agroecossistema da soja.

REFERÊNCIAS

- ALVES, E. B. Lagarta-falsa-medideira na cultura da soja. In: PROMIP. MIP Experience. Conchal, SP: Promip, v. 2, 2019. p. 33-40.
- ÁVILA, C. J. Ocorrência da lagarta *Rachiplusia nu* em soja Bt em Mato Grosso do Sul. Embrapa Agropecuária Oeste, Nota Técnica, Dourados-MS, 2023.
- BARBOSA, J. C.; PERECIN, D. Modelos probabilísticos para distribuições de lagartas de *Pseudoplusia includens* em soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 17, n. 7, p. 1037-1042, 1982.
- BATISTA FILHO, A. et al. Impacto de inseticidas sobre inimigos naturais. In: Controle biológico no Brasil: parasitoides e predadores. Brasília: Embrapa, 2003. p. 351-375.
- BERNARDI, O. et al. Low susceptibility of *Spodoptera frugiperda* to Bt soybean and implications for pest management. *Crop Protection*, v. 58, p. 82–89, 2012.
- BERNARDI, O. et al. Low susceptibility of *Spodoptera cosmioides*, *Spodoptera eridania* and *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) to genetically-modified soybean expressing Cry1Ac protein. *Crop protection*, v. 58, p. 33-40, 2014.
- BERNARDI, O. et al. Manejo da resistência de insetos a plantas Bt. Engenheiro Coelho: Promip, 2016. 45p.
- BERNARDI, O. et al. Managing insect resistance to Bt crops in Brazil: challenges and opportunities. *Crop Protection*, v. 121, p. 79–87, 2019.
- BEZERRA-SILVA, G. C. D. et al. Selectivity of insecticides used in soybean crops to natural enemies. *Crop Protection*, v. 132, p. 105103, 2020.

BIANCO, R. et al. Effects of Bt crops on non-target arthropods: a global perspective. *Environmental Entomology*, v. 51, n. 2, p. 231–243, 2022.

BINNS, M. R. et al. Sampling and monitoring in crop protection: the theoretical basis for developing practical decision guides. Wallingford: CABI Publishing, 2000.

BORCARD, D. et al. Numerical Ecology with R. New York: Springer, 2011.

BOREGAS, B.K.G. et al. Estádio de adaptação de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em hospedeiros alternativos. *Bragantina*, v. 72, n. 1, p. 6–70, 2013

BORÉM, A.; SANTOS, F. R. Variedades Resistentes a Herbicidas: Legislação e liberação. In: A ciência das plantas daninhas na sustentabilidade dos sistemas agrícolas. XXVI CBCPD/ XVIII Congress ALAM. 2008. p.165-178.

BORTOLOTTI, O. C. et al. The use of soybean integrated pest management in Brazil: a review. *Agronomy Science and Biotechnology*, Londrina, v. 1, n. 1, p. 25–32, 2015.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. MME reafirma o acerto da decisão do CNPE de manter o teor de biodiesel no diesel em 10% ao longo de 2022. Brasília, DF, 2022.

BROOKES G. Genetically Modified (GM) Crop use 1996–2020: environmental impacts associated with pesticide use change. *GMCrops & Food* 13:262–289. <https://doi.org/10.1080/21645698.2022.211849>.

BUENO, A. de F. et al. Níveis de desfolha tolerados na cultura da soja sem a ocorrência de prejuízos à produtividade. Embrapa Soja. Circular Técnica, 79. Londrina, 11p, 2010.

BUENO, A. F. et al. Pragas da soja e seu manejo. Londrina: Embrapa Soja, 2011.

BUENO, A. de F. et al. Histórico e evolução do manejo integrado de pragas da soja no brasil. In: BUENO, Adeney de Freitas. Soja: manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga. Londrina: Embrapa, 2012. Cap. 1. p. 1-38.

BUENO, A. de F., et al. Challenges for adoption of integrated pest management (IPM): the soybean example. 2021. *Neotrop Entomol* 50:5–20. <https://doi.org/10.1007/s13744-020-00792-9>.

BUENO, A. de F. et al. Benefits and perspectives of adopting soybean-IPM: the success of a Brazilian programme. 2023a. *Plant Health Cases* 2023:1–16. <https://doi.org/10.1079/planthealthcases.2023.0006>

BUENO, A. de F. et al. Over 10 Years of Bt Soybean in Brazil: Lessons, Benefits, and Challenges for Its Use in Integrated Pest Management (IPM). *Entomologia Neotropical*. 54:61. 2025.

BUENO, A. de F. et al. Integrated pest management in soybean: current status and future perspectives. *Plants*, v. 12, n. 3, p. 366, 2023b.

CARMO, E. L. et al. Toxicidade de inseticidas a inimigos naturais de pragas da soja. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v. 4, n. 2, p. 112-118, 2009.

CARVALHO, N. S. et al. Revisão: A Importância da Soja Para o Agronegócio Brasileiro. In: MATOS, R. R. S. da S. et al. *Fitotecnia, Sistemas Agrícolas Ambientais e Solo*. Cap 6, 2023.

CARVALHO, S. J. P.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Biologia e manejo de plantas daninhas em áreas agrícolas. *Planta Daninha*, Viçosa, v. 26, n. especial, p. 789–798, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pd/a/Z5vbc6J6RQ5XkdRfzpMQ5cc>.

CARVALHO, I. F. Influência da “ponte verde” na atividade enzimática e eficiência de controle em populações de *Spodoptera frugiperda*. 47f. Dissertação (Mestrado em Entomologia) -

Programa de Pós-Graduação em Entomologia, Instituto de Biologia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2019.

CHAKROUN, M. et al. Bacterial vegetative insecticidal proteins (Vip) from entomopathogenic bacteria. Microbiology and molecular biology reviews: MMBR, v. 80, n. 2, p. 329-350, 2016.

CIB (Conselho de Informações sobre Biotecnologia). 20 anos de transgênicos: impactos ambientais, econômicos e sociais no Brasil. 20 p. 2018. Disponível em: [https:// agroavances.com/ img/ publicacion_ documentos/153575459920-anos-de-transgenicos-no-brasil. Pdf](https://agroavances.com/img/publicacion_documentos/153575459920-anos-de-transgenicos-no-brasil.Pdf).

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos. V.7 - SAFRA 2019/20 - N. 12 - Décimo segundo levantamento. 2020. <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras> (2020).

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). Produção da soja na safra 2023/2024. 2024. Disponível: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/5728-ultimo-levantamento-da-safra-2023-2024-estima-producao-de-graos-em-298-41-milhoes-de-toneladas>.

CONTE, O. et al. Resultados do Manejo Integrado de Pragas da Soja na Safra 2013/14 no Paraná. Embrapa Soja, Londrina, v. 356, p. 1-57, set. 2014.

CORRÊA-FERREIRA, B.S. et al. MIP-Soja: resultados de uma tecnologia eficiente e sustentável no manejo de percevejos no atual sistema produtivo da soja. Documentos 341. Embrapa Soja, 2013, 30p.

CORRÊA-FERREIRA, B. S. et al. Manejo de percevejos na cultura da soja. Londrina: Embrapa Soja, 2017.

CUZZI, L. M. et al. Monitoramento e amostragem de insetos-praga e inimigos naturais em soja. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento da Embrapa Soja, n. 62, 2010.

CZEPAK, C. et al. First reported occurrence of *Helicoverpa armigera* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae) in Brazil. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 43, n. 1, p. 110-113, 2013.

DE SOUZA, R. et al. Secondary pests in Bt crops: ecological implications and management. *Agricultural Systems*, v. 178, p. 102737, 2020.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Brasil pode superar a Índia em 2023 na produção de grãos. 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/73611968/brasil-pode-superar-a-india-em-2023-na-producao-de-graos>.

EMBRAPA. *Helicoverpa armigera*: situação e medidas de manejo recomendadas no Brasil. Brasília, DF: EMBRAPA, 2013.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Caderneta de Campo para Monitoramento de Insetos na Soja. Londrina: Embrapa Soja, 2017.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Cultivares de soja geneticamente modificadas. Brasília: Embrapa Soja, 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja>

EMBRAPA. Resultados do manejo integrado de pragas da soja na safra 2024/2025 no Paraná. Londrina: Embrapa Soja, 2025. Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja>

EPPO. Distribution maps of quarantine pests: *Helicoverpa armigera*. European and Mediterranean Plant Protection Organization, 2006.

FERNANDES, M. G. et al. Distribuição espacial de *Chrysodeixis includens* (Walker) (Lepidoptera: Noctuidae) em soja. *Neotropical Entomology*, Londrina, v. 32, n. 3, p. 427-435, 2003.

FIDELIS, R. R. et al. Alguns aspectos para do plantio direto para a cultura da soja. Bioscience Journal, Uberlândia, v. 19, p. 23-31, 2003.

FUNDAÇÃO MT. Percevejo-marrom e percevejo-barriga-verde: diferenças no manejo e impactos no sistema de produção. Rondonópolis: Fundação MT, 2023.

GAGIC V. et al. The effect of natural enemies on insect pests across multiple scales: a meta-analysis. Science 375:785–793. 2021. [https://doi.org/ 10.1126/science.aai8816](https://doi.org/10.1126/science.aai8816).

GALLO, D. et. al. Entomologia agrícola. Piracicaba: FEALQ, 2002. 920 p.

GAZZIERO, D. L. P. Soja transgênica: o que muda no manejo de plantas daninhas. Londrina: Embrapa Soja, 2006. 28 p. (Embrapa Soja. Documentos, 280).

GAZZONI, D. L. Manejo de pragas da soja: uma abordagem histórica. Embrapa, Centro Nacional de Pesquisa de Soja, Embrapa, Londrina, PR, Documentos 78, 72p, 1994.

GAZZONI, D. L.; YORINORI, J. T. Manual de identificação de pragas e doenças da soja. Brasília: EMBRAPA – SPI, 1995.

GAZZONI, D. L. A soja no Brasil é movida por inovações tecnológicas. Ciência e cultura, p. 70, n.3, p.16-18, jul. 2018.

GALLI, A. J. B.; MONTEZUMA, M. C. Alguns aspectos da utilização do herbicida glifosato na agricultura. 1. ed. Monsanto, 2005. 66 p.

GALLI, J. C.; PREZOTTI, L.; BUSOLI, A. C. Lagartas desfolhadoras em soja. Informativo Abrates, Londrina, v. 16, n. 1/2, p. 67–71, 2006.

GODOY, D. N. et al. Seletividade de inseticidas para inimigos naturais. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 40, n. 4, p. 470-476, 2010.

GONG Y., et al. The side effects of insecticides on insects and the adaptation mechanisms of insects to insecticides. 2023. *Front Physiol* 14:1287219. <https://doi.org/10.3389/fphys.2023.1287219>.

GUEDES, R. N. C. et al. Manejo Integrado de Pragas: conceitos, estratégias e aplicações. *Revista de Ciências Agrárias*, v. 54, n. 1, p. 1–9, 2011.

HAYASHIDA, Y. et al. Control of *Crociosema aporema* through integrated pest management strategies. *J Pest Sci* 96:1241–1260. 2023. <https://doi.org/10.1007/s10340-023-01548-2>

HIRAKURI, M. H.; LAZZAROTTO, J. J. *Evolução e perspectivas de desempenho econômico associadas com a produção de soja nos contextos mundial e brasileiro*. Londrina: Embrapa-Soja, 2014.

HIROSE, E.; MOSCARDI, F. Insetos de outras regiões do mundo: ameaças. In: HOFFMANN CAMPO, C. B. et al. *Soja: manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga*. Brasília, DF: Embrapa, 2012. p. 445-492.

HORIKOSHI R. J. et al. Resistance status of lepidopteran soybean pests following large-scale use of MON 87701 × MON 89788 soybean in Brazil. 2021a. *Sci Rep* 11:21323. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-00770-0>

HORIKOSHI R. J. et al. Large-scale assessment of lepidopteran soybean pests and efficacy of Cry1Ac soybean in Brazil. 2021b. *Sci Rep* 11:15956. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-95483-9>.

HOFFMANN-CAMPO, C. B. et al. Pragas da soja no Brasil e seu manejo integrado. Circular técnica Embrapa Soja, n.30, p.1-70, Londrina, 2000.

JACQUET, F. et al. Pesticide-free agriculture as a new paradigm for research. *Agron Sustain Dev* 42. 2022. <https://doi.org/10.1007/s13593-021-00742-8>.

KOGAN, M. Integrated pest management: Historical perspectives and contemporary development. *Annual Review of Entomology*, v. 43, p. 243–270, 1998.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. World map of the Köppen-Geiger climate classification updated. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 15, n. 3, p. 259–263, 2006.

KUMARI, P. et al. Biotechnological approaches for host plant resistance to insect pests. 2022. <https://doi.org/10.3389/fgene.2022.914029>.

LEGENDRE, P.; GALLAGHER, E. D. Ecologically meaningful transformations for ordination of species data. *Oecologia*, v. 129, p. 271–280, 2001.

LIMA D. et al. A inserção da soja Roundup Ready™ no registro nacional de cultivares In: VIII Congresso Brasileiro de Soja, Goiânia, GO, 2018.

LORENZATO, D. Resistência de insetos-praga a plantas transgênicas: realidade ou ficção? Embrapa Milho e Sorgo, 2012.

LU, Y. et al. Widespread adoption of Bt cotton and insecticide decrease promotes biocontrol services. *Nature*, Londres, v. 487, n. 7407, p. 362–365, 2012.

MACIEL, R.M.A.; BUENO A.F. The role of integrated pest management for sustainable food production: the soybean example. In: Galanakis CM (ed) *Biodiversity, functional ecosystems and*

sustainable food production. Springer, Switzerland, pp 117–139. 2022.
https://doi.org/10.1007/978-3-031-07434-9_4.

MENDES, S. M. et al. Manejo de pragas nos sistemas de produção de milho no Brasil: inovações tecnológicas no manejo de lagartas em lavouras de milho convencional e Bt. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 32., 2018, Lavras. Soluções integradas para os sistemas de produção de milho e sorgo no Brasil: livro de palestras. Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, p. 260-280, 2018.

MIYAMOTO, Y. Estimativa da área com soja transgênica no Brasil. Gazeta OnLine, 2007. Disponível em: <http://www.caminhosdocampo.ondarpc.com.br>.

MONTOYA, M. A. et al. Uma Nota Sobre Consumo Energético, Emissões, Renda e Emprego na Cadeia de Soja no Brasil. Revista Brasileira de Economia, v. 73, n. 3, p. 345–369, 25 nov. 2019.

MORAES, R. R. et al. Seasonal abundance of *Plusiinae* and *Anticarsia gemmatalis* Hübner, 1818 (Lepidoptera: Noctuidae) on soybean in Rio Grande do Sul, Brazil. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 26, n. 1, p. 51–56, 1991. DOI: 10.1590/S1678-3921.pab1991.v26.3161.

MOSCARDI, F. Utilização de Baculovirus anticarsia no controle da lagarta da soja, *Anticarsia gemmatalis*. Centro Nacional de Pesquisa de Soja, Embrapa, Londrina, PR, Com.Téc. 23, 21p, 1983.

MOSCARDI, F. et al. Artrópodes que atacam as folhas da soja. Londrina: EMBRAPA Soja, 2012. 44 p. (Circular Técnica, 91).

MOSCARDI, F. et al. Pragas da soja e seu manejo integrado. Londrina: EMBRAPA Soja, 2000. 70 p. (Circular Técnica, 30).

NAKANO, O. et al. Entomologia econômica. São Paulo: Livrocere, 1981.

NARDON, A. C. et al. Primeiro registro de *Rachiplusia nu* (Guenée, 1852) (Lepidoptera: Noctuidae) sobrevivendo em soja Bt no Brasil. Entomological Communications, Londrina, v. 3, e03028, 2021. DOI: 10.37486/2675-1305.ec03028.

NARRANJO, S. E. The importance of insect resistance management in Bt crops. Pest Management in Soybean. Springer, New York, pp 345–365, 2021.

NEVES, L. F. das. Percepção dos agricultores ao manejo integrado de pragas na cultura da soja na região de Laranjeiras do Sul. 2022. 64 f. TCC (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal da Fronteira Sul, Laranjeiras do Sul, 2022. Disponível em: <https://rd.uffs.edu.br/bitstream/prefix/5562/1/NEVES.pdf>.

O'HARA, R. B.; KOTZE, D. J. Do not log-transform count data. Methods in Ecology and Evolution, v. 1, n. 2, p. 118–122, 2010.

PAN, Z. et al. Bt cotton indirectly increases the abundance of natural enemies by suppressing herbivores. Agriculture, Ecosystems & Environment, v. 233, p. 80–85, 2016.

PEDIGO, L. P.; RICE, M. E. Entomology and Pest Management. 6. ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2009.

POGUE, M. G. A new synonym of *Helicoverpa zea* (Boddie) and differentiation of adult males of *H. zea* and *H. armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae: Heliothinae). Annals of the Entomological Society of America, v. 97, n. 6, p. 1222–1226, 2004.

PROKOPY, R.J.; KOGAN, M. Integrated pest management. In: RESH, V.H.; CARDÉ, R.T. (Ed.). Encyclopedia of insects. New York, Academic Press, 2003, p.4-9.

PITTA, R.M. et al. Pressão de pragas na cultura da soja. Revista Cultivar, 2018. Disponível em: <https://revistacultivar.com.br/artigos/pressao-de-pragas-na-cultura-da-soja>.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2025. Disponível em: R Project for Statistical Computing

RODRIGUES, T. R. et al. Distribuição espacial de *Aphis gossypii* (Glover) (Hemiptera, Aphididae) e *Bemisia tabaci* (Gennadius) biótipo B (Hemiptera, Aleyrodidae) em algodoeiro Bt e não-Bt. Revista Brasileira de Entomologia, Curitiba, v. 54, n. 1, p. 136–143, 2010.

ROGGIA, A. et al. Manejo integrado de pragas da soja no Brasil. Londrina: Embrapa Soja, 2020.

ROESSING, A. C. et al. As perspectivas de expansão da soja. Anais dos Congressos. XLIII Congresso da Saber em Ribeirão Preto. São Paulo, 2005.

ROESSING, A. C.; LAZZAROTTO, J. J. Soja transgênica no Brasil: situação atual e perspectivas para os próximos anos. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 2005, Londrina, PR. Resumos... Londrina: Embrapa, 2005. 578 p.

ROGGIA, S. et al. Refúgio: preservar a eficiência da soja Bt está em suas mãos. Londrina: Embrapa Soja, 2016. 2p. (Embrapa Soja. Folder, 3).

ROMEIS, J. et al. Genetically engineered crops help support conservation biological control. Biological Control, v. 130, p. 136–154, 2019.

SANTOS, C. F., et al. The dilemma of agricultural pollination in Brazil: beekeeping growth and insecticide use. 2018. PLoS ONE 13: e0200286. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0200286>.

SANTOS, W. J. et al. Lagartas do gênero *Spodoptera* em soja: ocorrência e danos. Embrapa Soja, Comunicado Técnico 58, Londrina, 2005.

SANTOS, K.B. et al. Selection and characterization of the *Bacillus thuringiensis* strains toxic to *Spodoptera eridania* (Cramer), *Spodoptera cosmioides* (Walker) and *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). *Biological Control*, v. 50, n. 2, p. 157–163, 2009.

SARRO, F. B. Biologia comparada de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) em milho e em cultivares de algodoeiro. 98 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Proteção de Plantas) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio De Mesquita Filho”, Botucatu, 2006.

SCHNEIDER, G. et al. Ocorrência e danos de coleópteros desfolhadores na cultura da soja. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2015.

SEDIYAMA, T. Tecnologias de produção e usos da soja. Londrina: Ed. Mecenaz, 314. p, 2009.

SECRETARIA DE ESTADO DE AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (SEAPA). Governo de Goiás. Soja – Agro em Dados: outubro 2024. Disponível: <https://goias.gov.br/agricultura/soja-agro-em-dados-outubro-2024>.

SERRÃO J. E. et al. Side effects of pesticides on non-target insects in agriculture: a minireview. *The Science of Nature* 109:17. 2022. <https://doi.org/10.1007/s00114-022-01788-8>

SPECHT, A. et al. Identificação morfológica e molecular de *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) e ampliação de seu registro de ocorrência no Brasil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 48, n. 6, p. 689-692, 2013.

SORGATTO, R. J. et al. Desempenho de tecnologias Bt no controle de *Spodoptera spp.* na cultura da soja. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo, Sete Lagoas*, v. 14, n. 3, p. 408–420, 2015.

SOSA-GÓMEZ, D.R.; OMOTO, C. Resistência a inseticidas e outros agentes de controle em artrópodes associados à cultura da soja. In: HOFFMANN-CAMPO, C.B.; CORRÊA-

FERREIRA, B.S.; MOSCARDI, F. (Ed.). Soja: manejo integrado de insetos e outros artrópodes-pragas. Brasília: Embrapa, 2012. p. 673-723.

SOUTHWOOD, T. R. E.; HENDERSON, P. A. Ecological Methods. 3. ed. Oxford: Blackwell Science, 2000.

SOUZA, L. S. Alimentos transgênicos: o que os alunos do curso de nutrição de uma instituição de ensino superior do Rio de Janeiro sabem sobre este tema? 2017. 44 f Trabalho de conclusão de curso (Graduação em nutrição). Centro Universitário – Laureate International Universities, Rio de Janeiro.

TAYLOR, L. R. Aggregation, variance and the mean. *Nature*, v. 189, p. 732–735, 1961.

TORRES, J. B., BUENO A. de F. Conservation biological control using selective insecticides: a valuable tool for IPM. *Biol Control* 126:53–64.2018. [https:// doi. org/ 10. 1016/j. bioco ntrol. 2018. 07. 012](https://doi.org/10.1016/j.biocntrol.2018.07.012).

VARELLA, M.D.; FOK, M. Evolução das regras de utilização da soja transgênica no Brasil – análise por meio de uma abordagem sistêmica da governança. *Revista de informação legislativa*, Brasília, v. 51, n. 201, p. 29-52, 2014.

VÁZQUEZ, L. L. Biología y ecología de *Pseudoplusia includens* (Walker) (Lepidoptera: Noctuidae). *Revista de Protección Vegetal*, Havana, v. 3, n. 2, p. 115-123, 1988.

VELINI, E. D. et al. Glyphosate: propriedades, toxicologia, usos e legislação. In: CARVALHO, S. J. P. et al. (Org.). Aspectos da biologia das plantas daninhas. 1. ed. Londrina: EMBRAPA Soja, 2009. p. 325–372.

VELOSO, V. R. S. et al. Dados biológicos comparativos de *Spodoptera frugiperda* em algodão e milho. *Anais da Escola de Agronomia e Veterinária da UFG*, p. 127–140, 1983.

VIVAN, L. M. et al. Panorama atual sobre a presença de *Rachiplusia nu* na safra 2021/22 em MT. Cuiabá: Instituto Mato-grossense do Algodão, 2022. (Circular Técnica, n. 51).

WANG, N. C.; LI, Z. H. Studies on the biology of cotton bollworm (*Heliothis armigera* Hübner) and tobacco budworm (*Heliothis assulta* Quenee). Journal of the Shandong Agricultural University, v. 1-2, n. 1, p. 13-25, 1984.

WAQUIL, J. M. Manejo integrado de pragas: revisão história e perspectivas. Embrapa Milho e Sorgo. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 24., 2002, Florianópolis, SC. Meio ambiente e a nova agenda para o agronegócio de milho e sorgo: [resumos expandidos]. Sete Lagoas: ABMS: Embrapa Milho e Sorgo; Florianópolis: Epagri, 2002.

WARGHAT, A. N., et al. Recent advancements in plant protection. In: KUMAR N., PURUSHOTHAM P., KUMAR A., SAHU A., NANDEESHA S. V. (eds) Recent advances in plant protection. Golden Leaf Publishers, Uttar Pradesh, pp 1–25, 2023.

WARTON, D. I. Many zeros do not mean zero inflation: comparing the goodness-of-fit of parametric models to multivariate abundance data. Environmetrics, v. 16, n. 3, p. 275–289, 2005.

ZEILINGER, A. R.; OLSON, D. M.; ANDOW, D. A. Competitive release and outbreaks of non-target pests associated with transgenic Bt crops. Ecological Applications, Washington, v. 26, n. 4, p. 1047–1054, 2016.